COLOMBIA POTENCIA DE LA VIDA

Agricultura

Producción de búfalos

en pastoreo. Identificación de zonas aptas en Colombia, escala 1:100.000

upra
Unidad de Planificación Rural Agropecuaria

Producción de búfalos

en pastoreo. Identificación de zonas aptas en Colombia, escala 1:100.000

Gustavo Francisco Petro Urrego
Presidente de la República de Colombia

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)

Jhenifer Mojica Flórez
Ministra de Agricultura y Desarrollo Rural

Aura María Duarte Rojas
Viceministra de Asuntos Agropecuarios

Martha Viviana Carvajalino Villegas
Viceministra de Desarrollo Rural

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA)

Claudia Cortés López
Directora general

Juan Carlos López Gómez
Secretario general

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

Alexander Rodríguez Romero
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

Adriana Pérez Orozco
Emiro José Díaz Leal
Juan Carlos Avellaneda Micolta
Mónica Cortés Pulido
Sandra Milena Ruano Reyes
Asesores

CRÉDITOS AUTORES

Editores
Claudia Cortés López

Dirección técnica
Alexander Rodríguez Romero

Coordinación técnica
Renato Baldovino Guevara
Ricardo Fabián Siachoque Bernal

Autores
Daniel Alberto Aguilar Corrales
Ricardo Fabián Siachoque Bernal
Claudia Liliana Cortés López
Sebastián Polo Carrera
Gabriel Eduardo Páramo Rocha
Claudia Patricia Acosta Latorre
Juan Antonio Gómez Blanco
Luis Eduardo García Castellanos
Luisa María Lagos Riaño
Magda Alejandra Castro Pulido
Mayra Alejandra Velásquez Ramos
Jaime Vergara Hincapié
Ángela María Zapata Aristizábal
Heidy Soledad Rodríguez Albarracín
Carlos Eduardo Cárdenas Angarita
Juan Pablo Acosta Latorre

Compiladores
Carlos Eduardo Cárdenas Angarita
Diana Carolina Solano Suárez

Representación cartográfica
Nancy Alarcón
Wilson Cabanzo
Alejandra Castrillón
Leonardo Cifuentes
Jaime Unriza

Corrección de texto y estilo
Camila de Zubiría

Diseño y diagramación
Sonia Montaño Bermúdez

Fotografías
Banco de imágenes de la UPRA
Andrés Eduardo Paz Duarte

Este documento es propiedad intelectual de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). Solo se permite su reproducción parcial, cuando no se use con fines comerciales, citando este documento así: Aguilar. D., Siachoque, R., Cortés, C., Polo, S., Páramo, G., Acosta, C., Gómez, J., García, L., Lagos, L., Castro, M., Velásquez, M., Vergara, J., Zapata, A., Rodríguez, H., Cárdenas, C. y Acosta, J. (2020). *Producción de búfalos en pastoreo. Identificación de zonas aptas en Colombia, escala 1:100.000.* Bogotá: UPRA. Recuperado de <URL de ubicación del documento>.

FECHA: DICIEMBRE DE 2020
ISBN: 978-628-7697-14-0

Tabla de contenido

Introducción 19

1. Antecedentes 23

1.1. Contexto sectorial 26

1.1.1. Reseña histórica 26

1.1.2. Origen y clasificación taxonómica del ganado bufalino 26

1.1.3. Sistemas de producción 29

1.2. Contexto mundial 30

1.2.1. Dinámica de mercados a nivel global 30

1.2.2. Comercio mundial de búfalos, carne y productos lácteos bufalinos 32

1.3. Contexto nacional 33

1.4. Alcances y limitaciones 37

2. Marco conceptual 39

3. Marco metodológico 45

3.1. Definición del tipo de utilización de la tierra (TUT) 50

3.2. Criterios de análisis jerárquico 52

3.2.1. Criterios físicos 52

3.2.2. Criterios socioecosistémicos 58

3.2.3. Criterios socioeconómicos 63
3.3. Rangos de aptitud y exclusiones técnicas 71
3.3.1. Criterios y variables del componente físico 71
3.3.2. Criterios y variables del componente socioecosistémico 80
3.3.3. Criterios y variables del componente socioeconómico 88
3.4. Exclusiones legales y condicionantes legales 94
3.4.1. Exclusiones legales 94
3.4.2. Condicionantes legales 99
3.5. Análisis multicriterio 106
3.5.1. Proceso analítico jerárquico (AHP) 106
3.5.2. Matriz del proceso analítico jerárquico 106
3.6. Análisis espacial y modelo cartográfico 110
3.7. Proceso de socialización y validación 115
3.7.1. Reconocimiento de sistemas de producción bufalina 115
3.7.2. Reuniones de trabajo con el gremio 115
3.7.3. Salidas de campo y reuniones para la validación de criterios, variables y rangos 117
3.7.4. Salidas de campo de validación del mapa integrado 117
3.7.5. Socialización de resultados con los actores de la cadena productiva 117
4. Resultados 119
5. Conclusiones 127
Bibliografía 131
Anexos 145

Índice de tablas

Tabla 1. Clasificación taxonómica del búfalo 28

Tabla 2. Producción mundial de carne de búfalo por países (t), 2010-2018 32

Tabla 3. Principios de la evaluación de tierras 43

Tabla 4. Criterios y variables del componente físico 54

Tabla 5. Criterios y variables del componente socioecosistémico 60

Tabla 6. Criterios y variables del componente socioeconómico 66

Tabla 7. Categorías de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo 71

Tabla 8. Agrupaciones de pasturas por similitud en requerimientos edafoclimáticos, características morfológicas y calidades nutricionales 73

Tabla 9. Rangos de aptitud del componente físico para la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo 75

Tabla 10. Coberturas excluidas de la frontera agrícola nacional 80

Tabla 11. Coberturas incompatibles con el TUT 81

Tabla 12. Rangos de aptitud del componente socioecosistémico para la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo 83

Tabla 13. Rangos de aptitud del componente socioeconómico para la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo 89

Tabla 14. Exclusiones legales de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo 95

Tabla 15. Condicionantes legales de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo 101

Tabla 16. Escala de preferencia dentro del proceso de análisis jerárquico 107

Tabla 17. Esquema de la matriz de comparación a nivel criterio 107

Tabla 18. Matriz de evaluación multicriterio biofísica para la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo 108

Tabla 19. Matriz de evaluación multicriterio socioeconómica para la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo 109

Tabla 20. Matriz de paso para la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo 110

Tabla 21. Información recopilada en las entidades del Estado como insumo para la zonificación de aptitud para la producción de búfalos en pastoreo 111

Tabla 22. Fincas participantes de la socialización de resultados 117

Tabla 23. Áreas según categorías de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo en Colombia, escala 1:100.000 121

Tabla 24. Áreas por departamento de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo en Colombia, escala 1:100.000 123

Tabla 25. Áreas aptas por municipio (ha) para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*), en pastoreo en Colombia, escala 1:100.000 125

Índice de figuras

Figura 1.	Búfalo cafre o del Cabo (*Syncerus caffer*)	27
Figura 2.	Búfalo asiático (*Bubalus bubalis*)	28
Figura 3.	Inventario mundial de búfalos (*Bubalus bubalis*), 2010-2018	31
Figura 4.	Inventario ganado bufalino, primeros 10 departamentos, 2020	33
Figura 5.	Sacrificio de búfalos entre 2013 y 2019	34
Figura 6.	Rendimiento en canal de búfalos sacrificados, 2013-2019	35
Figura 7.	Exportaciones de queso, 2010-2019	36
Figura 8.	Exportaciones de yogur, 2012-2019	36
Figura 9.	Marco conceptual para la zonificación de cadenas productivas	41
Figura 10.	Tipos de criterios usados en la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo	48
Figura 11.	Esquema metodológico de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos en pastoreo	49
Figura 12.	Estructura de la cadena bufalina en Colombia	52
Figura 13.	Criterios y variables del componente físico	53
Figura 14.	Criterios y variables del componente socioecosistémico	59
Figura 15.	Criterios y variables del componente socioeconómico	65
Figura 16.	Mapa de exclusiones legales de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo	98

Figura 17. Mapa de condicionantes legales de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo 105

Figura 18. Proceso de análisis de información para la obtención del mapa de zonificación de aptitud 111

Figura 19. Modelo cartográfico integral para la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo 114

Figura 20. Estrategia de socialización y validación en la zonificación de aptitud para la producción de búfalos en pastoreo 115

Figura 21. Presentación de criterios, variables y rangos de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo, octubre 8 de 2020 116

Figura 22. Presentación general de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo, junio 16 de 2021 116

Figura 23. Presentación de criterios y variables de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo, junio 16 de 2021 116

Figura 24. Presentación mapas biofísicos de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo, junio 16 de 2021 116

Figura 25. Presentación mapas socioeconómicos de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo, junio 16 de 2021 117

Figura 26. Presentación mapa integrado de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (Bubalus bubalis) en pastoreo, julio 23 de 2021 118

Figura 27. Presentación de criterios de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo, julio 23 de 2021 118

Figura 28. Presentación de mapas integrados de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo, julio 23 de 2021 118

Figura 29. Mapa de zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo en Colombia, escala 1:100.000 122

Figura 30. Principales departamentos con aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*), en pastoreo en Colombia, escala 1:100.000 (ha) 124

Figura 31. Principales municipios con aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*), en pastoreo en Colombia, escala 1:100.000 (ha) 126

Lista de abreviatura, acrónimos y siglas

AC	Áreas críticas para especies migratorias en agroecosistemas
ACB	Asociación Colombiana de Criadores de Búfalos
ACES	Área de concentración de especies sensibles en el territorio
AHP	Proceso analítico jerárquico (*analytic hierarchy process*)
AICA	Áreas de importancia para la conservación de aves
APC	Áreas prioritarias de conservación
BPAA	Buenas prácticas en alimentación animal
BPG	Buenas prácticas ganaderas
BPMV	Buenas prácticas en el uso de medicamentos veterinarios
CAR	Corporación Autónoma Regional y de Desarrollo Sostenible
CECN	Conectividad estructural de las coberturas naturales
Ceza	Certificado zoosanitario para exportación
CIAT	Centro Internacional de Agricultura
CONPES	Consejo Nacional de Políticas Económicas y Sociales
Corpoica	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia a partir de noviembre del 2018)
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DEM	Modelo digital de elevación (*digital elevation model*)
DH	Disponibilidad hídrica
DHR	Disponibilidad hídrica real

DMI	Distrito de manejo integrado
DNP	Departamento Nacional de Planeación
ENA	Estudio Nacional del Agua
FAG	Fondo Agropecuario de Garantías
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
Fedegán	Federación Colombiana de Ganaderos
FEP	Fondo de Estabilización de Precios
Finagro	Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario
FNG	Fondo Nacional del Ganado
IAVH	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
ICANH	Instituto Colombiano de Antropología e Historia
ICR	Incentivo a la capitalización rural
Ideam	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IDHc	Índice de disponibilidad de humedad para cultivos
IE	Integridad ecológica
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
INAT	Índice de naturalidad por subzonas hidrográficas
Incoder	Instituto Colombiano de Desarrollo Rural
Incora	Instituto Colombiano para la Reforma Agraria
Invima	Instituto Nacional de Vigilancia de Alimentos y Medicamentos
IPM	Índice de pobreza multidimensional
OCDE	Organización para la Cooperación y Desarrollo Económico
OIE	Organización Mundial de Sanidad Animal
MADR	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
MADS	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
PET	Población en edad de trabajar
RSPP	Registro sanitario de predio pecuario
SGC	Servicio Geológico Colombiano
SENA	Servicio Nacional de Aprendizaje
Unaga	Unión Nacional de Asociaciones Ganaderas
UPRA	Unidad de Planificación Rural Agropecuaria
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos (United States Department of Agriculture)

Lista de símbolos

>	mayor que
<	menor que
≥	mayor o igual que
≤	menor o igual que
°C	grado Celsius
cm	centímetro
h	hora
ha	hectárea
kg	kilogramo
km	kilómetro
l	litro
m	metro
m^2	metro cuadrado
m^3	metro cúbico
mm	milímetro
ppm	partes por millón
t	toneladas métricas
Mt	millones de toneladas

Glosario

Álgebra de mapas: Incluye un amplio conjunto de operadores o algoritmos que se ejecutan sobre una o varias capas ráster con el propósito de producir una nueva capa ráster de salida. El uso de operadores lógicos y/o condicionales permite elaborar operadores complejos para implementar procesos de análisis de datos en estructuras de tipo ráster (Universidad de Murcia, 2021).

Aptitud de la tierra: Es la 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 (Debelis, 2003).

Beneficio de animales: Conjunto de actividades que comprenden el sacrificio y faenado de animales para consumo humano (Decreto 1500 de 2007).

Bienestar animal: Designa el modo en que un animal afronta las condiciones de su entorno. Un animal está en buenas condiciones de bienestar si (según indican pruebas científicas) está sano, cómodo, bien alimentado, en seguridad, puede expresar formas innatas de comportamiento y si no padece sensaciones desagradables de dolor, miedo o desasosiego. Las buenas condiciones de bienestar de los animales exigen que se prevengan sus enfermedades y se les administren tratamientos veterinarios; que se les proteja, maneje y alimente correctamente y que se les manipule y sacrifique de manera compasiva. El concepto de *bienestar animal* se refiere al estado del animal.

Bioseguridad: Designa un conjunto de medidas físicas y de gestión diseñadas para reducir el riesgo de introducción, radicación y propagación de las enfermedades, infecciones o infestaciones animales hacia, desde y dentro de una población animal (OIE, 2018).

Bucerro: Desde el nacimiento hasta los 12 meses de edad (Almaguer, 2007).

Buvilla: De 18 meses de edad hasta el parto (Almaguer, 2007).

Butorete: Desde los 18 meses hasta 24 meses (Almaguer, 2007).

Butoro: A partir de los 24 meses (Almaguer, 2007).

Cadenas productivas: 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).

Carne: Todas las partes comestibles de un animal (OIE, 2018).

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

Condicionante legal: Zonas que, independientemente de la categoría de aptitud, requieren de un análisis complementario de tipo legal, social, cultural o ambiental para el desarrollo de proyectos productivos del sector agropecuario (Resolución 261 de 2018, MADR).

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).

Endemismo: La palabra endémico proviene del griego «*endēmios* = nativo». Fue transferido desde la medicina a la botánica para indicar taxones nativos que se distribuyen en un lugar y no en otro (Noguera-Urbano, 2017).

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 (UPRA, 2014).

Evaluación de tierras: Proceso de determinación y predicción del comportamiento de una porción de tierra usada para fines específicos, teniendo en cuenta los aspectos físicos, económicos y sociales; considera los aspectos económicos del uso propuesto, las consecuencias sociales para la gente del área y del país en general y las repercusiones, benéficas o adversas, para el 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).

Exclusiones legales: Zonas en las cuales, por mandato legal, no se permite el desarrollo de proyectos productivos del sector agropecuario (UPRA, 2013).

Frontera agrícola nacional: Límite del suelo rural que separa las áreas donde se desarrollan las actividades agropecuarias, las áreas condicionadas y las áreas de especial importancia ecológica de las demás zonas donde las actividades agropecuarias están excluidas por mandato de Ley (Resolución 261 de 2018 del MADR).

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, 2015b).

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

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 (Orarbo, 2020).

Inocuidad: La inocuidad de los alimentos puede definirse como el conjunto de condiciones y

medidas necesarias durante la producción, almacenamiento, distribución y preparación de los alimentos para asegurar que, una vez ingeridos, no representen un riesgo apreciable para la salud. No se puede prescindir de la inocuidad de un alimento al examinar la calidad, dado que la inocuidad es un aspecto de la calidad (ICA, 2020).

Rendimiento en canal: Se refiere a la relación de pesos entre el peso en canal del animal y el peso del animal en pie antes de ser sacrificado. Una canal bovina está representada por las estructuras anatómicas que quedan luego de que un bovino vivo se ha sacrificado bajo procedimientos estándares en los mataderos, desollado (eliminado la piel completa), eviscerado y desprendido de la cabeza y manos (a nivel del carpo), las patas (a nivel del tarso), y la cola (a nivel de la tercera vértebra caudal (Fedegán, 2006).

Tipo de utilización de tierra (TUT): Conjunto de especificaciones técnicas de manejo y producción dentro de un marco social, económico, infraestructural 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) (Debelis, 2003).

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).

Zoonosis: Designa cualquier enfermedad o infección que puede ser transmitida naturalmente por los animales a las personas (OIE, 2018).

Resumen

Se presenta la memoria técnica de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo, a escala 1:100.000, elaborada por la UPRA, producto de los procesos de fortalecimiento de la planificación del uso eficiente del suelo rural y la adecuación de tierras que la entidad lleva a cabo para orientar la inversión del sector agropecuario.

El documento contiene cuatro secciones: la primera presenta algunos antecedentes del sector, contexto sectorial, producción, aspectos sanitarios, en términos de su importancia internacional y nacional, y algunas zonificaciones. La segunda parte aborda el marco conceptual, basado en un enfoque multidisciplinario que considera los principios y fundamentos del esquema de evaluación de tierras, el enfoque socioecosistémico y el enfoque de competitividad, los cuales se abordan en términos de criterios de carácter físico, socioecosistémico y socioeconómico; la tercera sección contiene el desarrollo metodológico de la zonificación, desde la definición del tipo de utilización de la tierra (TUT) hasta la evaluación de matrices multicriterio, y la última sección presenta los resultados de la zonificación, plasmados en el mapa de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo. 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 los mapas de salida, entre otros aspectos, como soporte al proceso metodológico.

Se identificaron 24 criterios (nueve físicos, ocho socioecosistémicos y siete socioeconómicos) y 73 variables (23 físicas, 18 socioecosistémicas y 32 socioeconómicas), a partir de los cuales se obtuvo el mapa de zonificación de aptitud para la producción de búfalos en pastoreo, que muestra un total de 28.397.925 ha aptas, de las cuales 4.097.884 ha son de aptitud alta (A1); 9.348.928 ha, aptitud media (A2); y 14.951.113 ha, aptitud baja (A3).

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

Abstract

The technical memory of the zoning of aptitude for the production of buffaloes (*Bubalus bubalis*) in grazing in Colombia, at a scale of 1: 100,000, prepared by UPRA, as a result of the processes of strengthening the planning of efficient use of rural land and the adaptation of lands that this carries out, oriented to direct the investment of the agricultural sector.

The document contains four sections: the first section presents some antecedents of the sector, context by zones, production, health aspects in terms of their international and national importance, and existing zoning. The second part addresses the conceptual framework, which is based on a multidisciplinary approach that takes into consideration the principles and foundations of the land evaluation scheme, the socio-ecosystem approach and the competitiveness approach, which are addressed in terms of criteria of character physical, socioecosystem and socioeconomic; The third section contains the methodological development of zoning, from the definition of the type of land use (TUT) to the evaluation of multi-criteria matrices, and the last section presents the results of the zoning, reflected in the suitability map for land use. production of grazing buffaloes (*Bubalus bubalis*). Finally, as an annex, for each of the criteria and variables used in the aptitude zoning, the methodological files that describe their importance, rating ranges and output maps are presented, among other aspects, as support to the methodological process. 24 criteria were identified (nine physical, eight socioecosystemic and seven socioeconomic) and 73 variables (23 physical, 18 socioecosystemic and 32 socioeconomic) from which the aptitude zoning map for grazing buffalo production was obtained, for a total of 28.397.925 ha suitable for establishment, of which 4.097.884 ha have a high aptitude (A1); 9.348.928 ha with medium aptitude (A2) and 14.951.113 ha with low aptitude (A3).

Keywords: physical criteria, socioecosystemic criteria, socioeconomic criteria, multi-criteria analysis, fitness map, land evaluation.

Introducción

Introducción

El Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 «Colombia potencia mundial de la vida», Ley 2294 de 2023, en el Título III, Artículos 32, 36 y 61, resalta las funciones de la UPRA en la protección del derecho humano a la alimentación de los habitantes del territorio nacional en las áreas de especial interés localizadas dentro de la frontera agrícola, en particular, en las incluidas en las Áreas de Protección para la Producción de Alimentos (APPA) declaradas por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural; en la estructuración de políticas sobre los distritos de adecuación de tierras; y la identificación de predios rurales idóneos, desde la dinámica del mercado de tierras, que puedan incluirse en la futura reforma rural integral.

En cumplimiento de lo señalado en la Ley 1955 de 2019; las funciones del Decreto 4145 de 2011, respecto al uso eficiente del suelo, la adecuación de tierras, el ordenamiento social de la propiedad, el mercado de tierras y el seguimiento y evaluación sobre las materias señaladas anteriormente; la Ley 1551 de 2012, en lo relacionado con la elaboración de planes de desarrollo y de ordenamiento territorial; la Ley 1776 de 2016 de zonas Zidres, y la Resolución 299 de 2019, la UPRA formuló y registró ante el Departamento Nacional de Planeación (DNP), el proyecto de inversión «Desarrollo de la planificación y gestión del territorio rural para usos agropecuarios en el ámbito nacional», cuyo objetivo general es «fortalecer la orientación de la política de planificación y la gestión del territorio para usos agropecuarios».

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

con lo señalado en el artículo 5 del Decreto 4145 de 2011, se establecen, entre otras, las siguientes funciones de la UPRA: planificar el uso eficiente del suelo rural; 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 del Suelo y Adecuación de Tierras de la UPRA propuso desarrollar estudios para la planificación del uso eficiente del suelo, la adecuación de tierras y el ordenamiento productivo.

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

Con base en lo anterior, surgió la necesidad, por parte de la UPRA, de proponer diferentes zonificaciones para el sector agropecuario, 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, socioeconómicas 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, socioecosistémicos y socioeconómicos que describen la heterogeneidad y particularidad de cada área geográfica (Ortiz-Lozano y Granados-Barba, 2009).

Desde el año 2013, la UPRA viene realizando adaptaciones a la metodología de evaluación de tierras de la FAO y se propuso, como un primer instrumento, la evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios a nivel nacional, metodología a escala 1:100.000 (UPRA, 2013), tomando como base el enfoque FAO en lo relativo a su forma de aplicación e incorporando los aspectos socioeconómicos (referidos a la competitividad de las áreas), así como los de política y gobernabilidad, metodología fundamentada en el análisis multicriterio, cuyos criterios y variables de los componentes físicos y socioecosistémicos en un matriz (biofísica) y socioeconómicos en otra matriz, son ponderados de acuerdo con las características propias de una determinada cadena productiva, consolidando, al final, una matriz de paso entre los dos mapas intermedios para obtener resultados de zonas aptas para un determinado uso.

En el marco de dicha actividad, la UPRA adelanta estudios que sirvan como referencia para su actividad misional o como medio para la validación de las metodologías, lineamientos y criterios propuestos en el marco de las demás actividades. Por lo anterior, para el 2020, la UPRA inició la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en Colombia a escala 1:100.000, la cual contó, en sus diferentes fases, con la activa participación de los actores de la cadena, Asociación Colombiana de Criadores de Búfalos (ACB), Fedegán, comités y asociaciones departamentales y regionales ganaderas y entidades del Estado como el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR), el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), Agrosavia y el Instituto Alexander von Humboldt (IAVH), cuyos resultados orientarán los procesos de planificación y uso eficiente del suelo rural para este subsector.

Dentro de los objetivos específicos de esta zonificación se encuentran los siguientes:

- La elaboración de los lineamientos técnicos y metodológicos para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en Colombia, a escala 1:100.000, mediante la definición de criterios y variables que incidan 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 bases de datos asociadas.

- La elaboración, con base en la metodología propuesta, del mapa de zonas aptas para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en Colombia a escala 1:100.000.

La memoria técnica se encuentra dividida en cuatro capítulos: en el primero, se desarrolla un contexto general del tema, que incluye la importancia económica del sector a nivel internacional y nacional, así como el marco político legal y sanitario relacionado con el sector; el segundo capítulo describe los fundamentos conceptuales de la zonificación de aptitud; el tercero describe la metodología empleada, incluyendo los criterios usados dentro de los componentes físico, socioecosistémico y socioeconómico, su evaluación y ponderación, para la obtención del mapa integrado de zonificación de aptitud, así como las técnicas de análisis utilizadas. Por último, el cuarto capítulo presenta los resultados obtenidos, para la identificación de las áreas aptas para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo en Colombia.

Al final se presentan las conclusiones y recomendaciones del proceso de zonificación y el anexo que contiene las fichas metodológicas de criterios y variables utilizadas en la zonificación de aptitud, que corresponde a las fichas técnicas donde se describen y se detallan los rangos, su análisis y procesamiento, como también las fuentes utilizadas para su obtención y el mapa respectivo del criterio y de las variables.

1. Antecedentes

1. Antecedentes

La Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) desde el año 2014 ha realizado la zonificación de aptitud 1:100.000 en Colombia para la cadena forestal y para los siguientes cultivos comerciales: caucho, cacao, palma de aceite, papa, maíz tecnificado de clima cálido, arroz secano mecanizado, aguacate hass, mango hilacha, papaya, fresa, piña, cebolla de bulbo, ají tabasco y pimentón, así como algodón, caña de azúcar para la producción de panela, banano de exportación y papa de la variedad diacol capiro para uso industrial, maracuyá, gulupa, granadilla, maíz tradicional y soya.

Las zonificaciones pecuarias comenzaron con la zonificación de aptitud para avicultura, en el año 2016, TUT que corresponde a la explotación comercial de la especie *Gallus gallus* en granjas cuya infraestructura permite el alojamiento de manera intensiva y confinada para un volumen igual o mayor a 200 aves, utilizadas para la producción de material genético, carne de pollo y huevo de mesa (Peña *et al*., 2018).

De forma paralela, se realizó la zonificación de aptitud para varias especies acuícolas y pesqueras, en las cuales se determinaron áreas que reúnen las condiciones físicas, ecosistémicas y socioeconómicas para el establecimiento de acuicultura para el cultivo comercial en estanques en tierra de tilapia, cachama, trucha, tres especies ícticas nativas de Colombia (yamú, bocachico y bagre rayado), camarón blanco y pirarucú, pesca marina artesanal de camarón y bocachico del Magdalena (UPRA, 2018).

Entre el año 2017 y 2018, se desarrolló la zonificación de aptitud para el sector porcícola a nivel nacional, en escala general (1:100.000), la que analizó la producción tecnificada de cerdos (*Sus scropha domesticus*) en granjas

con fines comerciales para el mercado nacional y de exportación (UPRA, 2019).

La identificación de zonas aptas para la producción de carne y leche bovina vacuna en pastoreo para el mercado nacional y de exportación fue elaborada por la UPRA desde el 2017 al 2019. Tuvo como marco de análisis el pastoreo de gramíneas como base forrajera representativa para los bovinos (pastoreo entendido como el consumo directo del pasto por el ganado en extensiones de campo). De 105 especies forrajeras, se obtuvieron ocho grupos de pastos introducidos diferenciados por características comunes, como requerimientos edafoclimáticos, morfología, hábitos de crecimiento y calidades nutricionales; asimismo, se analizaron dos grupos de pastos nativos, representados por especies de baja productividad, pero de alto valor ecosistémico, como son la lambedora —presente en los bajos de la sabana inundable del Casanare y Arauca— y guaratara —representativa de los bancos de estas sabanas y en la altillanura—.

Estas zonificaciones de aptitud se han desarrollado para contribuir al fortalecimiento de la planificación del uso eficiente del suelo rural a nivel nacional, para promover la expansión del sector agropecuario, aprovechando de forma sostenible los recursos naturales, y con el interés de generar instrumentos de planificación y ordenamiento productivo para la actividad que sirvan a los tomadores de decisiones, directivos, técnicos, inversionistas y productores.

Estos lineamientos de evaluación basan su análisis en dos niveles, ambos según criterios de evaluación de naturaleza física y de coberturas; uno primero, con criterios de evaluación con base en la producción de forrajes (pastos), y un segundo con criterios de evaluación teniendo en cuenta la producción animal.

Bajo este enfoque existen diversos ejercicios realizados en diferentes latitudes, principalmente en África y Asia (Kenya, 1977; Pakistán, 1977; Zambia, 1986 [FAO, 1991]; Somalia, 2007 [Venerma y Vargas, 2007]). Al mismo tiempo, el Departamento de Agricultura y Alimentación de Australia generó las normas de evaluación de la tierra para el mapeo de recursos de la tierra, donde incluye una evaluación del suelo para pastoreo, únicamente basándose en criterios de orden físico (Van Gool y Moore, 1999). Sin embargo, la Universidad de Cornell recomienda incluir una evaluación económica de las tierras que genere la aptitud en función del margen bruto, el valor presente neto, la tasa interna de retorno, la relación beneficio-costo y las funciones de utilidad, entre otras (Rossiter, 1995).

Existen otros ejercicios de evaluación de tierras para ganadería que igualmente utilizan los lineamientos recomendados por la FAO, pero que se basan principalmente en la oferta forrajera natural, dado que se presentan ecosistemas naturales que sustentan este tipo de producción agropecuaria, como lo define Gils: «Los pastizales son extensiones de tierra utilizadas para el pastoreo por el ganado doméstico o la vida silvestre, donde la vegetación natural es el principal recurso de forraje» (citado en FAO, 1991); bajo este enfoque, Canadá desarrolló la metodología para calcular la capacidad de carga y pastoreo en los pastizales públicos (Alberta Sustainable Resource Development, 2004); aún más, se tienen avances metodológicos como lo es a través de modelado de la aptitud de la tierra para la planificación del pastoreo del ganado en coberturas naturales basado en la aplicación de instrumentos de sistemas de información geográfica (SIG) (Amiri *et al.*, 2011).

En Latinoamérica se han realizado avances importantes en torno a trabajos de zonificación o evaluación de las tierras para diferentes actividades agropecuarias, como lo definió Embrapa en Brasil a través de una propuesta metodológica de evaluación de tierras (Pereira y Lombardi, 2004), así como los sistemas cuantitativos de evaluación de tierras por el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) en Argentina basados en criterios físicos (Morales *et al.*, 2015).

De igual manera, en Colombia, el Departamento de Antioquia, mediante el Plan de Ordenamiento Territorial Agropecuario de Antioquia (POTA), definió la zonificación de aptitud de sistemas agrarios comerciales, mediante los componentes físico, ambiental y socioeconómico, de los

sectores agrícola, forestal y pecuario, incluyendo dentro de este último sector al búfalo de agua (*Bubalus bubalis)* (Gobernación de Antioquia *et al*., 2018).

1.1. Contexto sectorial

1.1.1. Reseña histórica

La historia del búfalo en Colombia inició en abril de 1967 cuando el Instituto Colombiano de Reforma Agraria (Incora) importó de Trinidad y Tobago 30 hembras, 5 reproductores y 5 búfalos para trabajo.

Estos búfalos llegaron a la región Pacífico, bajo Calima y Guapi, y Cauca; posteriormente, el Fondo Ganadero de Caldas compró al Incora 18 hembras negras y 2 machos pardos, para ser llevados a una finca en el municipio La Dorada, donde se adaptaron y, en vista de los buenos resultados, se adquirieron otras 46 búfalas y unos pocos machos negros; y, así, continuó en forma acelerada la propagación y distribución de la especie en el país. A mediados de 1970, se importaron, desde el mismo lugar de origen, 110 hembras de levante. Una parte de este grupo se llevó para Guainía y el resto para el municipio de La Dorada, en el departamento de Caldas. El censo en 1977 reportó 380 búfalos (Lozano, 2003).

Para 1972, los fondos ganaderos de Caldas y Risaralda, y algunos particulares, trasladaron parte de estos animales a los valles interandinos del Magdalena Medio, donde empezaron la evaluación y desarrollo de la especie.

En 1984, gracias a las exposiciones nacionales que se adelantaron en Bucaramanga, son llevados los primeros ejemplares a la Costa Atlántica, Cúcuta, San Alberto y Aguachica en el departamento de Cesar; entre 1988 y 1989, de ese mismo hato se diseminó un lote de animales a Casanare, semillero para búfalos en los Llanos Orientales.

En 1988, el Fondo Ganadero de Caldas comenzó a fomentar la explotación del búfalo. Se programó el primer seminario sobre la especie y un remate de búfalos, que tuvo un éxito total, y así inició una nueva etapa en la historia del búfalo.

En 1995, comenzó una labor de ingreso de animales provenientes de Venezuela, con sangre de razas como la murrah, mediterráneo, surti y nili ravi, que entran a cubrir dos necesidades: repoblamiento y refrescamiento de sangres (Sanint, 2006).

Posteriormente, se genera un renglón muy importante del búfalo por parte del Fondo Ganadero del Centro y la Fundación Vapores del Magdalena con el «búfalo ecológico», que logró incursionar en mercados exigentes y dio un valor agregado a los productos ecológicos.

Finalmente, bajo la Resolución 000202 de 2013, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural delegó en la Asociación Colombiana de Criadores de Búfalos la función de abrir, registrar y llevar los libros genealógicos de la raza pura de búfalos murrah y la expedición de certificaciones.

1.1.2. Origen y clasificación taxonómica del ganado bufalino

El búfalo doméstico es originario del continente asiático, por ello también se lo conoce como búfalo asiático. Existen evidencias arqueológicas de la domesticación del búfalo hace 4000 años en la antigua Mesopotamia (entre los ríos Tigris y Éufrates), o región de Ur (actual Irak) (M. Shalash, 1991). Según Nguyen Xuan Hien, hay evidencias de que el búfalo ya estaba domesticado en Vietnam hace más de 3700 años. Y también en el valle del Indo, del subcontinente índico, donde fueron domesticados hace unos 6000 años (citado en Zava, 2011). De acuerdo con los hallazgos arqueológicos en la provincia de Chekiang, en China, fueron domesticados hace 7000 años. Es decir que esta especie en general se domesticó a mediados del tercer milenio a. C. (citado en Zava, 2011).

El búfalo se encuentra actualmente en todos los continentes (Almaguer, 2007), desde Asia el búfalo fue llevado a Europa, donde se le utiliza mayormente para la producción láctea, en

países como Italia, Bulgaria, Rumania y Hungría. Posteriormente, el búfalo fue introducido en Sudamérica por los europeos para ser utilizados como animal de tracción. Dada su gran rusticidad, longevidad y fuerza, tuvo una rápida difusión en Venezuela, Colombia y Brasil (Almaguer, 2007).

La importancia económica de los bufalinos en la explotación agropecuaria se debe a su rusticidad, su adaptación a las más variadas condiciones climáticas (incluyendo las más difíciles) y de manejo, a su fertilidad, longevidad, eficiencia de conversión y aptitud para producir carne, leche, trabajo y estiércol (Zava, 2011).

Los dos géneros de búfalos reconocidos actualmente son el *Syncerus*, con sus especies *caffer* y *caffer nanus,* y *Bubalus,* con sus especies *bubalis, arnee, mindoresis* y *depressicornis*. A continuación, se describen las características de los diferentes géneros.

Búfalo cafre o del Cabo (*Syncerus caffer*)

El búfalo salvaje (figura 1) es originario de África Meridional; son ungulados muy grandes y de dedos parejos, caracterizados por su complexión robusta y cuernos pesados, los machos tienen una joroba justo más allá de su cuello grueso y pueden tener pliegues de piel peludos y una papada debajo de la barbilla. Los cuernos de las hembras son relativamente delgados, su alzada oscila entre 1,40 a 1,60 metros; los machos pueden pesar más de 835 kg, mientras que las hembras pesan hasta 500 kg. Actualmente la especie cuenta con las siguientes subespecies, comúnmente reconocidas: *Syncerus caffer caffer, Syncerys caffer nanus, Syncerys caffer bracgyceros* y Caffer *aequinoctialis* (Animal Diversity Web, 2015).

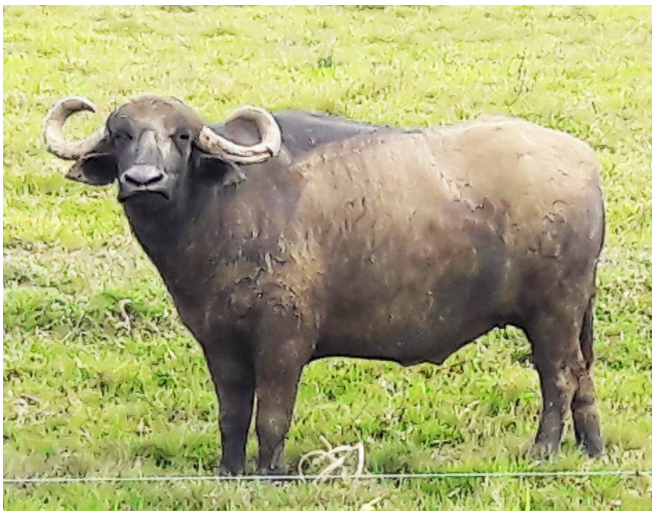
Figura 1. Búfalo cafre o del Cabo (*Syncerus caffer*)

Fuente: Tomado de https://co.pinterest.com/pin/569001734155411980/

Búfalo asiático (*Bubalus bubalis*)

- El búfalo de agua ha sido domesticado y se encuentra extendido en todo el mundo, los individuos miden de 1,5 a 1,9 m de altura, la cara es larga y estrecha con orejas bastante pequeñas y cuernos grandes. Ambos sexos tienen cuernos, siendo los de la hembra más pequeños que los de los machos, pesados en la base, acanalados y triangulares en sección transversal. Los búfalos de agua domesticados oscilan entre 250 y 550 kg; tienen pelo escaso, largo y de gris a ceniciento a negro (Animal Diversity Web, 2015).

Figura 2. Búfalo asiático (*Bubalus bubalis*)



Fuente: UPRA (2018).

En la evolución del búfalo de agua, se han desarrollado dos subespecies que difieren entre sí morfológica, cariológica y fisiológicamente, también en su comportamiento. El primero de ellos lo constituye el búfalo de pantano (2n=48) o carabao, que puede asociarse al típico animal de tracción empleado en labores agrícolas, es de contextura robusta y tiene una extraordinaria aptitud para la producción de carne.

La segunda subespecie la constituye el búfalo de río (2n=50), donde las razas murrah, neli, kundhi, jafarabadi, nili-ravi y mehsana están constituidas por animales con características productivas esencialmente lecheras o de doble propósito, mientras que las razas surti, tarai, bhadawaxi, egipcia, kalahandi, mediterránea y nagpuri las constituyen animales con aptitud especialmente cárnica. Producto de los apareamientos fortuitos y sin ningún tipo de control entre las diferentes razas, se ha descrito un tercer tipo de búfalo denominado desi o mestizo, estos animales presentan fenotipos variados y su aptitud es básicamente la producción de carne y doble propósito, es decir, producción de carne y leche como el cruce denominado «buffalypso» (Almaguer, 2007).

La población bufalina actual en el mundo, según cifras de la FAO (Faostat, 2018), es de 207.998.063 millones de cabezas, de las cuales Asia tiene el 96,8 % del total de dicha existencia, África cuenta con el 1,6 %, América con 0,6 %, Europa con el 0,2 % y Oceanía con el 0,0001 %.

La Federación Colombiana de Ganaderos (Fedegán, 2019) reporta que la población bufalina en el país está constituida aproximadamente por 411.492 animales, ubicados principalmente en los departamentos de Córdoba (21,5 %), Antioquia (13,4 %), Santander (13,1 %), Magdalena (10,5 %), Sucre (8,5 %), Bolívar (8,5 %), Cesar (4,7 %), Caquetá (4,1 %), Meta (2,8 %) y Casanare (2,5 %), lo que indica que el 89,7 % de la población de búfalos está distribuida en estos diez departamentos.

En la escala zoológica (tabla 1), el búfalo doméstico es agrupado dentro de la clase de los mamíferos; subclase de los ungulados, es decir, provistos de pezuñas; orden de los artiodáctilos, dotados con dos dedos centrales simétricos; suborden de los rumiantes; familia de los bóvidos (cuerpos óseos huecos en su base y sin dientes incisivos superiores); familia *Bovidae*, subfamilia *Bovinae*; género *Bubalus*; especie *Bubalus bubalis*.

Tabla 1. Clasificación taxonómica del búfalo

Reino	Animal
Clase	Mammalia
Subclase	Ungulata
Orden	Artiodactyla
Suborden	Ruminantia
Famila	*Bovidae*
Subfamilia	*Bovinae*
Género	*Bubalus*
Especie	*Bubalus bubalis*

Fuente: Elaboración propia.

1.1.3. Sistemas de producción

La actividad bufalina en el país se destaca por cuatro modelos principales de producción basados en aprovechar la capacidad de la especie como rumiante altamente eficiente para aprovechar los forrajes y transformarlos en carne o leche, y que a continuación se describen.

- **Doble propósito**

  Este modelo de producción se encuentra en el trópico bajo y medio, se caracteriza básicamente por ordeñar con la cría al lado de la madre para ejercer una mayor y mejor estimulación durante el proceso de ordeño; se realiza en promedio hasta los 240 días después de haber parido. La cría nace con un peso aproximado de 30 kg a 35 kg y al salir del ordeño ha logrado alcanzar los 170 kg-180 kg; su madre, al finalizar la lactancia, produce de 850 kg a 1.350 kg de leche y, además de esto, con una nueva preñez, pues una cualidad de esta especie es su alta fertilidad, que alcanza hasta un 92 %. Luego de salir del ordeño, se deja con su cría hasta que la madre alcance los 240 días de gestación y/o la cría tenga entre 11 y 12 meses de edad; al lograr aprovechar unos días la poca producción de leche de su madre que se encuentra finalizando lactancia, este la transforma de manera rentable en carne, alcanzando los 220 kg a 240 kg de peso.

- **Levante y ceba:**

  Es un sistema productivo altamente rentable pues la especie se caracteriza por su alta precocidad en la ceba; el búfalo es una especie eficiente en convertir y aprovechar el valor nutricional de las pasturas por tener un aparato digestivo más grande y hacer 30 masticaciones más por bolo, lo que le permite consumir forrajes lignificados o de menor calidad nutricional; las ganancias diarias de peso van desde 615 a 1340 gramos al día y son directamente proporcionales a la calidad de la pastura en la cual se desarrolle la actividad.

- **Ciclo completo**

- **Machos de labor y/o trabajo**:

  El aprovechamiento racional de los animales de trabajo inicia con la diversificación de su uso en las diferentes laborales; en agricultura desde la preparación del suelo hasta la cosecha, pasando por el transporte de carga, y otras labores que puedan realizarse eficientemente con energía animal. La fácil adaptación a las condiciones ambientales y a los sistemas productivos en pequeña, mediana o gran escala, es una ventaja comparativa de los búfalos de trabajo (Almaguer, 2007).

La ganadería en Colombia se ha caracterizado por ser en su mayoría extensiva y se ha desarrollado con un nivel tecnológico muy bajo. El buen manejo genera aportes de nutrientes, lo que incrementa poco a poco la fertilidad del suelo, el rendimiento de los forrajes y la producción animal (Fertig, 2006); por el contrario, el mal manejo, tanto del suelo como de los forrajes, lleva al deterioro ambiental y, como consecuencia, a una disminución en eficiencia económica de los sistemas de producción (Salazar y Villamizar, 2014).

En la presente zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo, se tuvo como marco de análisis el pastoreo de gramíneas como base forrajera, siendo estas utilizadas como referencia para determinar la aptitud de las tierras. No obstante, es pertinente aclarar que las praderas pueden estar compuestas, además, por leguminosas y otras familias de forrajes (tipo herbáceas, arbustivas o arbóreas), que amplían la oferta forrajera y los servicios ecosistémicos.

Las gramíneas y leguminosas constituyen principalmente una pradera, aunque también se encuentran otras plantas que enriquecen la oferta forrajera, no únicamente como plantas herbáceas sino como arbustos y árboles, como en los sistemas silvopastoriles (Bernal, 1994).

Las gramíneas son los principales constituyentes de las praderas y las sabanas que alimentan

al ganado bovino, por lo tanto, la carne y leche son productos generales de las gramíneas (Chase y Luces de Febres, 1972; Gloud y Shaw, 1992, en Giraldo-Cañas, 2013).

Algunas gramíneas son ricas en carbohidratos y proteínas, y contienen cantidades considerables de minerales, vitaminas y lípidos; sin embargo, no todos los componentes de las gramíneas contienen esos nutrientes directamente disponibles (FAO, 1990). Recientemente, se les ha dado uso a algunas que tienen la posibilidad de superar limitaciones observadas en los forrajes tradicionales, aumentando así el área potencial de desarrollo de la ganadería bovina y la factibilidad de mejorar sustancialmente los índices productivos (Faría, 2006).

Las zonas inundables de la costa atlántica y los valles interandinos eran dominadas por el pasto pará (muchas tierras hoy en día son drenadas artificialmente) y, en las zonas más húmedas, por el pasto alemán. Por su parte, en las tierras fértiles y bien drenadas de las mismas regiones se presentan el ángleton, el climacuna, las estrellas y las guineas (ICA, 1976) (Bernal, 1994). La Orinoquía, que tradicionalmente es ganadera, presenta vastas praderas en gramíneas nativas de baja productividad (CIAT, 1988), pero con un alto valor ecosistémico; ejemplos de estos son la lambedora en los bajos de la sabana inundable del Casanare y Arauca, y la guaratara en los bancos de estas sabanas y en la altillanura, junto con otras especies nativas (Peñuela *et al*., 2014). Por su parte, en el piedemonte llanero las especies utilizadas son las brachiarias, aunque predomina el pasto puntero (o uribe) y el gordura.

En las últimas décadas, el proyecto de forrajes tropicales de CIAT y de Agrosavia han permitido identificar y caracterizar gramíneas y leguminosas forrajeras con amplia adaptabilidad a condiciones adversas de clima (sequía) y suelo (acidez), las cuales han tenido procesos crecientes de adopción y reconocidos incrementos significativos en las áreas establecidas con pastos mejorados; estos incrementos en productividad animal se estiman en 26 % para leche y 6 % para carne, debido solamente a la adopción de cultivares de brachiaria (Argel, 2006).

1.2 Contexto mundial

La cría de búfalos es una de las actividades de mayor crecimiento y expansión en el mundo por ser una actividad dirigida a la producción de carne y de leche, y sus derivados.

De los productos lácteos bufalinos, la mayor parte es queso mozzarella, el cual, en su mayoría, es exportado a Estados Unidos.

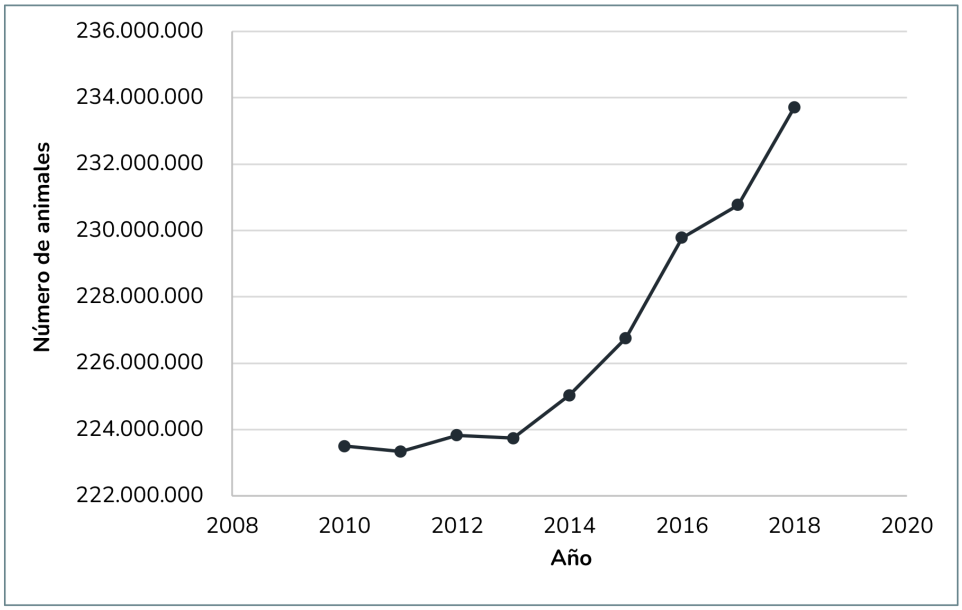
Konuspayeva y Faye (2012) indican que la producción mundial de la leche de búfala representa el 13, 2 % de la producción de todas las especies animales. India y Pakistán lideran la producción de leche de búfala, seguida por la de vaca. En los últimos 30 años, se estima que el crecimiento de la producción de la leche de búfala fue del 248 %.

1.2.1 Dinámica de mercados a nivel global

Los países con el mayor inventario mundial de búfalos en el periodo 2010-2018 fueron India, con un promedio 110.456.585 cabezas; China, con 54.835.877 y Pakistán, con 34.517.889, que representa cerca del 88 % del total mundial (FAO, 2020).

En la figura 3 se presenta el comportamiento del inventario bufalino en el mundo, con 233.719.311 cabezas en el 2018.

Figura 3. Inventario mundial de búfalos (*Bubalus bubalis*), 2010-2018



Fuente: FAO (2020).

En cuanto a la producción láctea de esta especie, se identifican la leche, la mantequilla y el queso. Para el 2014, los países con mayor producción de subproductos de leche de búfala fueron: India, con 3.660.000 toneladas, que equivalen al 76,2 % de participación mundial; Pakistán, con 725.029 toneladas (15,1 %) y Egipto, con 342.400 toneladas (7,1 %) (FAO, 2020).

Por otra parte, la producción de carne bufalina entre 2010 y 2018 presentó una notable disminución de 8.395.748 a 4.891.942 toneladas (FAO, 2020). India lideró la producción, seguida por China, Pakistán y Egipto (tabla 2).

Tabla 2. Producción mundial de carne de búfalo por países (t), 2010-2018

País	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
India	3.092.844	3.124.750	3.146.415	3.220.014	1.615.045	1.609.675	1.638.603	1.650.476	1.662.383
China	1.879.000	1.838.294	1.889.210	1.900.033	1.231.924	1.234.264	1.234.314	1.269.672	1.288.589
Pakistán	1.504.040	1.550.246	1.602.899	1.658.723	844.000	868.000	895.000	922.000	949.000
Egipto	796.766	791.590	769.810	779.619	380.000	407.119	375.293	369.296	381.520
Nepal	321.796	326.243	448.552	373.768	173.906	174.012	175.005	180.080	185.180
Otros países	801.300	792.604	861.652	717.629	373.347	379.815	377.782	380.845	425.269
Total general	8.395.746	8.423.727	8.718.538	8.649.786	4.618.222	4.672.885	4.695.997	4.772.369	4.891.941

Fuente: FAO (2020).

1.2.2 Comercio mundial de búfalos, carne y productos lácteos bufalinos

El análisis del comercio mundial de esta cadena productiva se realiza desde la comercialización de animales vivos (en pie), la carne y los productos lácteos derivados.

Los países con mayor valor de exportaciones de la partida arancelaria 010239 "*búfalos vivos (excepto de raza pura para reproducción)*" entre 2017 y 2019 fueron Canadá y Tailandia, que reportaron en 2017 USD 57 mil (58,3 % del total mundial) y USD 22 mil (22,9 %), respectivamente y en 2019 fueron estos dos mismos países, con USD 53 mil (59,7 % del total mundial) y USD 18 mil (21 %) (Trademap, 2020).

Estados Unidos lideró las importaciones de búfalos vivos en el año 2017 con USD 56 mil (54 % del total de las compras mundiales), seguido de Vietnam, con USD 12 mil (11,8 %); en 2019, Estados Unidos fue el mayor importador con USD 53 mil (55,9 % de las compras mundiales), seguido de Laos, con USD 18 mil (19,6 %) (Trademap, 2020).

Por otra parte, los países con mayor valor de exportaciones para la partida 020130 "*carne deshuesada, de bovinos, fresca o refrigerada*" en el año 2017 fueron Estados Unidos, con USD 3157 mil (18,9 % del total mundial), seguido de Australia, con USD 2.223 mil (13,3 %); para el 2019, Estados Unidos lideró con USD 3.298 mil (18,3 % del total mundial), seguido de Australia, con USD 2.630 mil (14,6 %) (Trademap, 2020).

En cuanto a importaciones para esta misma partida arancelaria, Estados Unidos y Japón lideraron las compras en 2017 con USD 2.268 mil (14,4 % del total mundial) y USD 1.912 mil (12,1 %), respectivamente; en 2019, Estados Unidos compró USD 2.839 mil (16,5 %), y Japón, USD 2.110 mil (12,3 %) (Trademap, 2020).

Así mismo, los países con mayor valor de exportaciones de la partida arancelaria 020230 "*carne deshuesada, de bovinos, congelada*" para 2017 fueron Brasil, con USD 4.356 mil (21,2 % del total mundial), seguido de India, con USD 3.233 mil (19,2 %); en 2019 Brasil lideró, con USD 5.592 mil (22,2 % del total mundial), seguido de Australia, con USD 4.458 mil (17,8 %) (Trademap, 2020). Respecto a las importaciones para dicha partida, en 2017 China lideró, con USD 2.703 mil (15,2 % del total mundial), seguido de Estados Unidos, con USD 2.186 mil (12,3 %); en 2019 estos mismos países compraron USD 7.195 mil (30 %) y USD 2.119 mil (8,8 %), respectivamente (Trademap, 2020).

Para la mantequilla, los países con mayor valor de exportaciones para la partida arancelaria 040510 en 2017 fueron Nueva Zelandia, con

USD 1.353 mil (18,7 % del total mundial), seguido de Países Bajos, con USD 1.127 mil (15,6 %); en 2019, Nueva Zelandia lideró, con USD 1.267 mil (17,2 % del total mundial), seguido de Irlanda, con USD 1.216 mil (16,5 %).

Por otra parte, en 2017 Francia lideró las importaciones de mantequilla con USD 962 mil (13,3 % del total mundial), seguido de Alemania, con USD 690 mil (9,5 %); en 2019, Francia lideró, con USD 899 mil (12,6 % del total mundial), mientras que Alemania llegó a USD 685 mil (9,6 %).

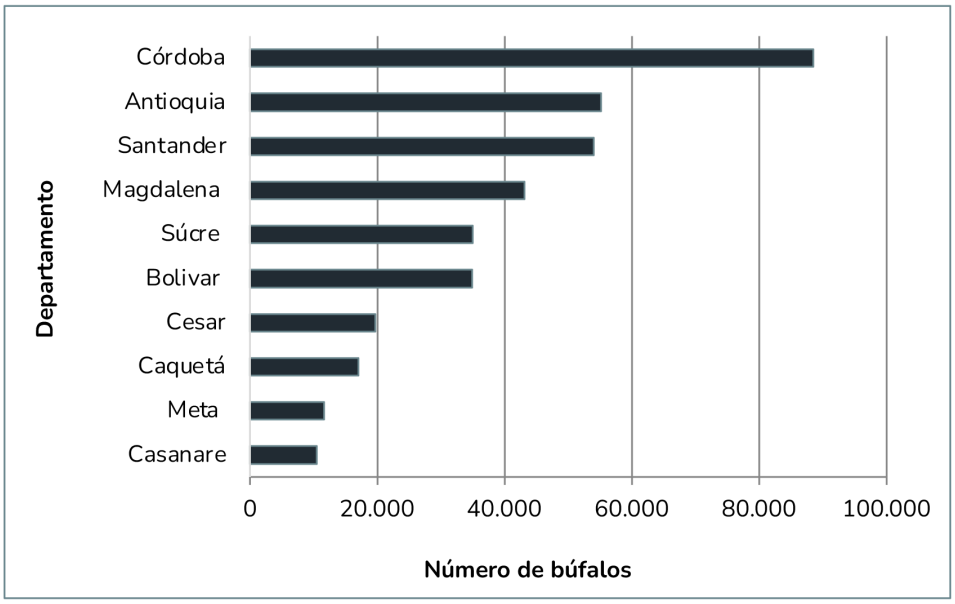
Así mismo, los países con mayor valor de exportaciones de queso, partida arancelaria 040690, en el año 2017, fueron Países Bajos, que lideró con USD 3.357 mil (18,5 % del total mundial), seguido de Alemania, con USD 2.334 mil (12,9 %); en 2019, Países Bajos lideró, con USD 3.188 mil (16,8 % del total mundial), seguido de Francia, con USD 2.332 mil (12,3 %). Alemania lideró las importaciones de queso en el año 2017 con USD 3.356 mil (18,1 % del total de las compras mundiales), seguido de Reino Unido, con USD 1.115 mil (6 %); en 2019, Alemania lideró con USD 3.501 mil (17,8 % de las compras mundiales) y Reino Unido compró USD 1.260 mil (6,4 %).

1.3. Contexto nacional

El búfalo en Colombia presenta altos índices de competitividad en carne, leche y trabajo. Para Asobúfalos, la tasa anual de crecimiento en número de animales está entre 25 y 30 %, con una rentabilidad del 63 % en la producción de leche, 40 % en búfalos de levante y 42 % en búfalos cebados.

En la figura 4 se observa la distribución del inventario bufalino en los principales departamentos, donde se destacan Córdoba, Antioquia, Santander y Magdalena.

Figura 4. Inventario ganado bufalino, primeros 10 departamentos, 2020

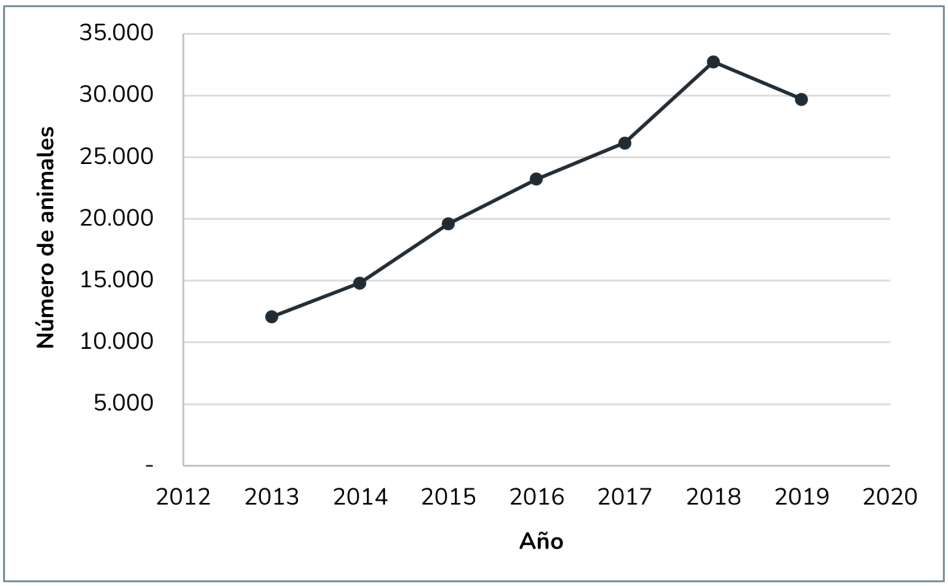


Fuente: Fedegán (2019).

En Colombia, la carne de búfalo ha ganado terreno gracias a sus bondades y la forma de su producción. Esta carne tiene 30 % menos colesterol, 55 % menos calorías, 11 % más proteínas y 10 % más minerales; es más magra, jugosa, blanda y tierna que otras carnes.

En la figura 5 se evidencia el comportamiento creciente del sacrificio de búfalos en el periodo 2013-2019, con un pico máximo en 2018.

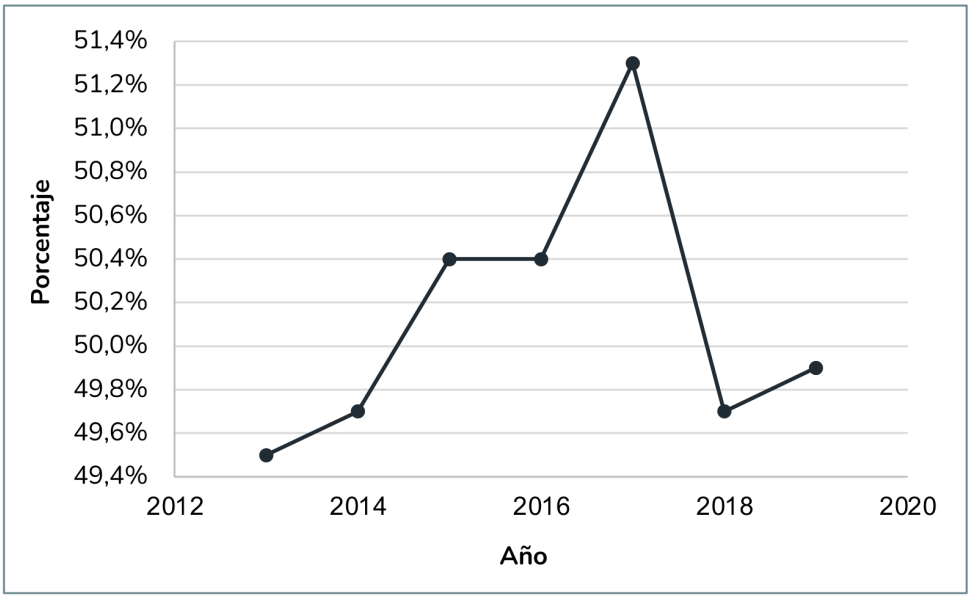
Figura 5. Sacrificio de búfalos entre 2013 y 2019



Fuente: DANE (2020).

Respecto al rendimiento en canal, para el mismo periodo, se destaca que entre 2015 y 2017 superó el 50 % (figura 6).

Figura 6. Rendimiento en canal de búfalos sacrificados, 2013-2019



Fuente: DANE (2020).

Por otra parte, el precio interno para ceba y levante de búfalos no mejoró respecto a los precios de vacunos, pero la rentabilidad en ceba (20 %) y en levante (16 %) fue más alta (ACB, 2020).

El destino dentro del mercado nacional de la carne de búfalo en el cuarto trimestre de 2018 fue principalmente el de las plazas de mercado, con un 66,4 % de participación de las ventas totales, mientras que en el cuarto trimestre de 2019 el principal destino fueron los supermercados, con 51,1 % de participación (DANE, 2020).

Así mismo, la producción de leche de búfala en el año 2018 fue de 99 millones de litros. Para el año 2019 se estimó en 126 millones (González, 2019).

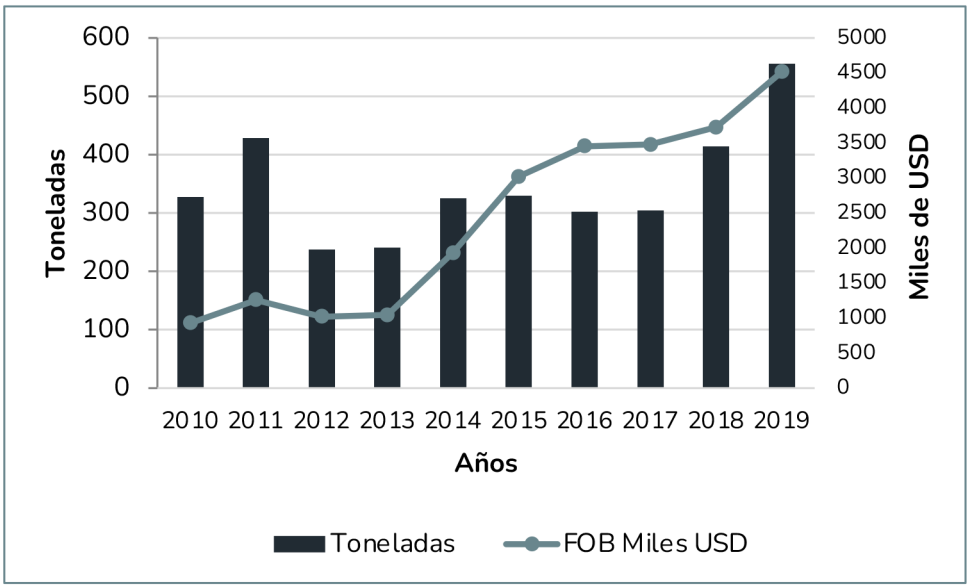
En cuanto a la rentabilidad, la lechería bufalina alcanza el 191 %, mientras que en la lechería vacuna especializada es del 31 % y en doble propósito es del 60 % (González, 2019).

La comercialización de subproductos bufalinos se concentra en Bogotá, Cali y Barranquilla, aunque Asobúfalos lo define como un mercado incipiente y desconocido para el público, con amplias expectativas en la demanda de leche, carne y quesos (ACB, 2020).

Respecto a la exportación de búfalos en pie, se revisaron las partidas arancelarias 0102310010-hembras, 0102310020-machos, 0102390010-hembras, 0102390020-machos, 0102900010-hembras y 0102900020-machos, y se encontraron 24.728 cabezas para el año 2012 y 3.598 para 2013.

El análisis de las exportaciones de la partidas arancelarias para queso de búfala, 0406909000-*los demás quesos* y 0406100000-*queso fresco* (*sin madurar*), incluido el de lactosuero y requesón mostró que, a pesar de marcarse una leve disminución entre 2011 y 2012, entre 2012 y 2019 se incrementaron las cifras vendidas (figura 7).

Figura 7. Exportaciones de queso, 2010-2019

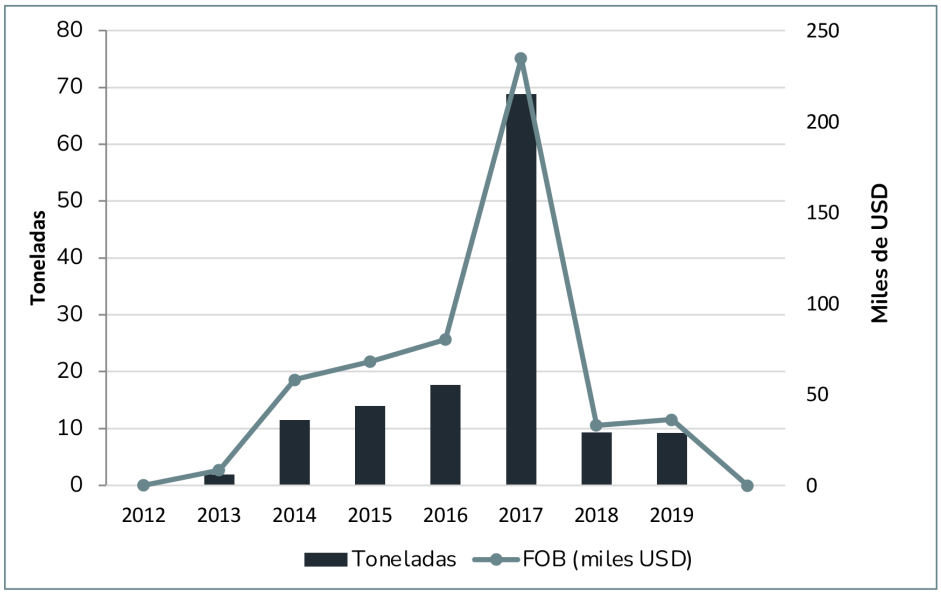


Fuente: LegisComex (2020).

Para el año 2019, Colombia exportó 556 toneladas de queso con destino a Estados Unidos (497 toneladas) y 59 toneladas a Chile (LegisComex, 2020). Para el mismo año, las exportaciones alcanzaron cerca de FOB USD 4.514.855, valores procedentes de Estados Unidos, con FOB USD 3.468.373 y Chile, con FOB USD 1.046.482 (LegisComex, 2020).

Para las exportaciones de yogur se analizó la partida arancelaria 0403100000-*yogur*, y se encontró en el periodo de 2012 a 2017 un incremento en las ventas, pero en el último periodo tuvo una reducción aproximada del 84,6 %.

Figura 8. Exportaciones de yogur, 2012-2019



Fuente: LegisComex (2020).

Para el año 2019, Colombia exportó de 9,27 toneladas de queso, con Chile como su principal destino (97 % de las exportaciones totales), seguido por Estados Unidos. Dichas exportaciones representaron FOB USD 36.189 (LegisComex, 2020).

1.4. Alcances y limitaciones

El mapa de zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo en Colombia a escala 1:100.000 fortalece el desarrollo de políticas para el sector desde su planificación hasta su ordenamiento territorial y del gremio para la orientación responsable de nuevos proyectos, por medio de estas herramientas que se generan en el marco de los objetivos y funciones de la UPRA.

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 remplaza la elaboración de proyectos de inversión puntuales, los cuales requieren de análisis e información más detallada, donde se evalúe 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 a obtener, el mercado y el flujo de caja.

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

- Prioriza las áreas más competitivas para la producción bufalina en pastoreo, 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 apliquen normas de tipo ambiental, social y cultural que condicionen el uso a otros procesos o instrumentos vigentes deben ser analizadas de forma diferencial, tales 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.

- Las áreas establecidas como potenciales para la producción bufalina en pastoreo no pondrán 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 y/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 recolección, custodia y desarrollo.

Finalmente, el mapa de zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo 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 periodo de tiempo, lo que plantea la necesidad de actualizar la zonificación por lo menos cada cinco años mediante un proceso que garantice la trazabilidad y mejoramiento de esta.

2. Marco conceptual

2. Marco conceptual

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 diversos usos de la misma (Harms *et al.*,2015), en razón de que este sector representa uno de los más importantes para el bienestar humano toda vez que aumenta los ingresos y mejora la condición social de los productores, sujeto a la distribución y calidad de los recursos disponibles.

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 socioecosistémicos 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 9).

Figura 9. Marco conceptual para la zonificación 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 para el uso del suelo, en las que se incluye la participación de diversos actores dentro del proceso de planificación, quienes asignan una calificación a un par de criterios y después lo llevan a un programa estadístico (Priest) para asignarle pesos a los mismos; dentro del proceso metodológico que implica la integración de los mapas, la UPRA utiliza una primera matriz AHP para integrar los componentes físico y socioecosistémico (biofísico) y una segunda que integra los criterios socioeconómicos en un solo mapa; posterior a ello, se genera una matriz de paso para obtener el mapa final de la zonificación de aptitud; este proceso se explica en el capítulo de procesos analíticos jerárquicos.

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

La FAO propone un conjunto de cualidades y características para ser usadas en el proceso de evaluación de tierras (denominados, en este desarrollo metodológico, 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).

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 al interior de estos sistemas complejos han de buscar de forma permanente el ideal de la sostenibilidad (UPRA, 2016).

Esta visión dentro de la zonificación incorpora los fundamentos para el mantenimiento del capital natural (biodiversidad, integridad ecológica, servicios ecosistémicos, entre otros), 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).

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; Martin-López *et al*., 2009; citados en UPRA, 2014).

Por otra parte, 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, permiten 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 un proceso mediante el cual un sistema productivo necesita en el municipio requerimientos y condiciones multidimensionales para desarrollar su producción.

A continuación, se sintetizan algunos de los lineamientos que (Rossiter, 2009) plantea contemplar en una evaluación de tierras y que representan el enfoque dado en la zonificación de aptitud de las cadenas productivas (Rossiter, 2009) (tabla 3).

Tabla 3. Principios de la evaluación de tierras

PRINCIPIOS
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 medioambiente.
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.

Fuente: Rossiter (2009).

3. Marco metodológico

3. Marco metodológico

La zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo 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 «Land evaluation. Towards a revised framework» (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, 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 requieren 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, en donde un factor es un criterio que mejora o reduce la aptitud de una alternativa específica para la actividad en consideración y una restricción es un criterio que limita dichas alternativas (Eastman *et al*., 1995).

Dentro de la evaluación multicriterio, una de las técnicas más sencillas y más frecuentemente aplicada es la suma lineal ponderada. Como se explicó anteriormente, el objeto principal de la evaluación multicriterio es el de 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 si sí o no existe la restricción y solo da lugar a una de esas calificaciones. En el caso de los 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 *et al*., 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 puede medirse o estimarse y que es utilizado como un medio para describir las cualidades de la tierra o el criterio.

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, en donde un factor es un criterio que mejora o reduce la aptitud para la producción de búfalos en pastoreo.
- **De exclusión técnica**: zonas en las cuales, por condiciones técnicas de tipo físico o socioecosistémico, no es factible la producción búfalos en pastoreo.
- **De exclusión legal**: independientemente de la categoría de aptitud, por consideraciones sociales, culturales, ambientales y/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 de un análisis complementario de tipo social, cultural, ambiental y/o de bioseguridad para el desarrollo de actividades agropecuarias con fines comerciales.

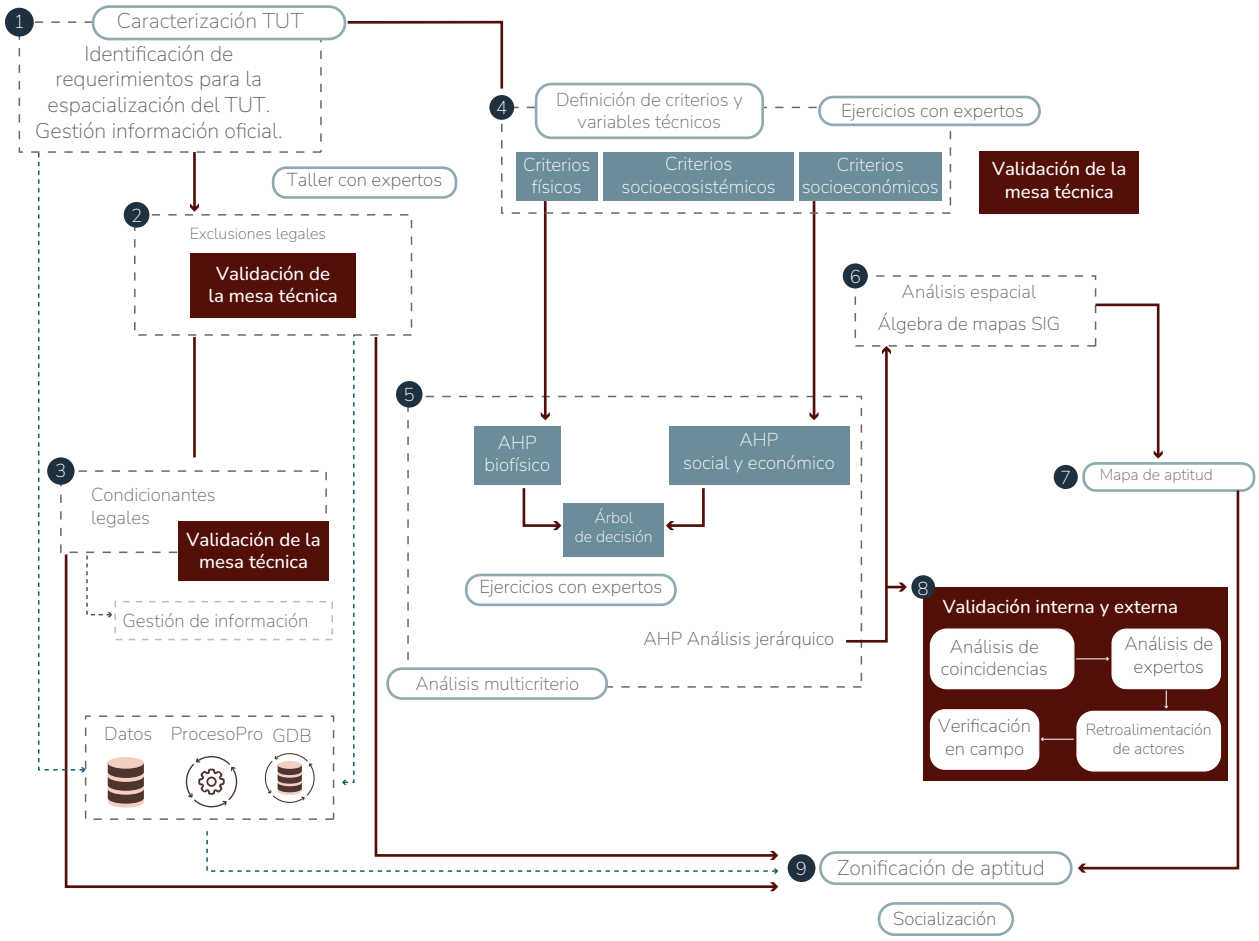
En la figura 10 se muestra el tipo de criterios que se abordaron en el desarrollo de la zonificación y la manera cómo interactúan entre sí.

Figura 10. Tipos de criterios usados en la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo

Fuente: UPRA (2015).

A continuación, se presentan cada uno de los pasos que conforman el esquema metodológico de la zonificación de aptitud (figura 11). Durante todo el proceso se contó con el acompañamiento y las discusiones con el sector bufalero y diferentes profesionales que aportaron conocimiento y experticia en la definición de los criterios y variables, y su importancia dentro de la zonificación.

Figura 11. Esquema metodológico de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos en pastoreo



Fuente: Elaboración propia.

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.

1. **Definición del tipo de utilización de la tierra (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. Así mismo, se definen criterios y variables objeto de la cartografía.

2. **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.

3. **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.

4. **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».

5. **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 matriz, al componente socioeconómico. Una vez ponderados los criterios de cada matriz, se comparan a través de una matriz de paso (árbol de decisión).

6. **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 la producción de búfalos en pastoreo.

7. **Mapa de aptitud:** resultado de la aplicación de la metodología propuesta, se presentan las zonas aptas y no aptas para la producción bufalina en pastoreo en Colombia y los resultados en el orden nacional, departamental y municipal.

8. **Validación de resultados:** se socializan los resultados de las zonas aptas y no aptas para la producción bufalina en pastoreo en el orden nacional, departamental y municipal y se validan los mismos.

9. **Resultados:** se obtiene la representación cartográfica de las zonas aptas y no aptas para la producción bufalina en pastoreo con sus respectivas estadísticas en el orden nacional, departamental y municipal.

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

El tipo de utilización de la tierra, denominado también TUT, es un conjunto de especificaciones técnicas de manejo y producción dentro de un marco social, económico, infraestructural 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 (Debelis, 2003).

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

El TUT evaluado en el presente documento corresponde a «Producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo».

La figura 12 muestra las distintas interacciones de los actores presentes en la estructura de producción de búfalos en Colombia, que se resume de la siguiente forma:

Proveedores: Se encargan de proporcionar los insumos necesarios para que los productores primarios puedan dar inicio a su ciclo productivo. La Confederación Colombiana de Consumidores (2021) los define como «Quien de manera habitual, directa o indirectamente, ofrezca, suministre, distribuya o comercialice productos con o sin ánimo de lucro»... para la presente cadena animales en pie, semen, embriones, equipos, alimentos, sales, semillas, mejoradores, medicamentos, vacunas, maquinaria.

Comercio de animales en pie: Se refiere a las distintas figuras que son parte de las concentra-

ciones de animales, establecidas por el ICA en la Resolución 001634 de 2010 como las subastas, remates, ferias comerciales, feria exposición, mercados ganaderos o paraderos, cuyo objetivo final es la venta de animales en pie.

Sistemas productivos: Contemplan principalmente la producción de carne, leche y doble propósito. La producción de búfalos en Colombia, además de los modelos anteriores, también incluye los búfalos de labor o trabajo, principalmente asociados a los cultivos de palma de aceite; igualmente, la necesidad de tener animales de alta producción ha incentivado la cría de búfalos para selección genética.

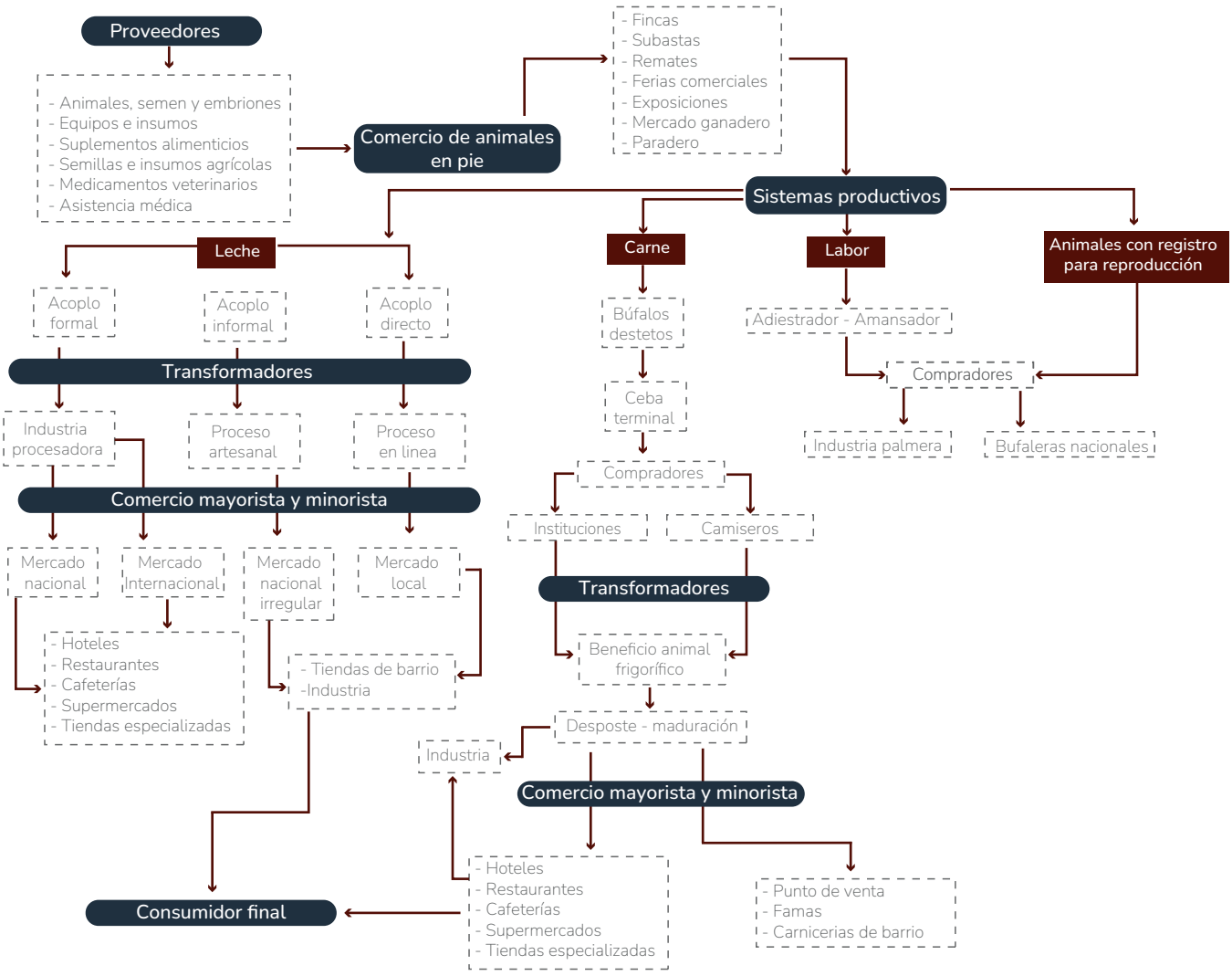
Transformadores: Eslabón relacionado con la producción de carne, y de leche y sus derivados; el primer caso hace referencia específica a los frigoríficos y el beneficio de animales; en la actualidad está regido por el Decreto 1500 de 2007, que crea el sistema oficial de inspección, vigilancia y control de la carne para consumo humano, así como los requisitos de inocuidad que se deben cumplir en la producción primaria, beneficio, desposte, procesamiento, almacenamiento, transporte, comercialización, expendio, importación o exportación. Por su parte, el Decreto 616 de 2006 del Ministerio de la Protección Social expide el reglamento técnico sobre los requisitos que debe cumplir la leche para el consumo humano que se obtenga, procese, envase, transporte, comercialice, expenda, importe o exporte en el país, señalando los requisitos que debe cumplir la leche de animales bovinos, bufalinos y caprinos destinada para el consumo humano, con el fin de proteger la vida, la salud y la seguridad humana y prevenir las prácticas que puedan inducir a error, confusión o engaño a los consumidores.

El eslabón industrial de la cadena láctea está conformada por una serie de eslabones adicionales, derivados de los diferentes tipos de proceso a los que se somete la leche cruda (Superintendencia de Industria y Comercio, 2021).

El eslabón de comercialización, conformado por intermediarios mayoristas o minoristas, se encarga de llevar los productos en distintas fases de transformación, hasta el centro de acopio o hasta el consumidor final (Superintendencia de Industria y Comercio, 2021).

Consumidor final: «Toda persona natural o jurídica que, como destinatario final, adquiera, disfrute o utilice un determinado producto, cualquiera que sea su naturaleza para la satisfacción de una necesidad propia, privada, familiar o doméstica y empresarial cuando no esté ligada intrínsecamente a su actividad económica» (Confederación Colombiana de Consumidores, 2021). Para la cadena bufalina se refiere al consumidor de carne, leche, o usuario del trabajo o de los animales genéticamente seleccionados.

Figura 12. Estructura de la cadena bufalina en Colombia



Fuente: Elaboración propia.

3.2. Criterios de análisis jerárquico

El criterio es un atributo de las cualidades de la tierra que actúa independientemente sobre la aptitud para un tipo específico de uso (FAO, 1976) o también se puede denominar como el conjunto de propiedades de la unidad de tierra que responde integralmente a un requerimiento de un tipo de utilización y los criterios de análisis jerárquicos se entienden como factores para los cuales se definen los niveles de aptitud, en donde un factor es un criterio que mejora o reduce la aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo, los cuales pueden ser de tipo físico, socioecosistémico y socioeconómico; las variables se consideran como atributos de la tierra que puede medirse o estimarse y son utilizadas como un medio para describir las cualidades de la tierra o los criterios.

3.2.1 Criterios físicos

Los criterios físicos se refieren a las condiciones generadas por el ambiente, haciendo énfasis en el clima y el suelo, enmarcados en los conceptos de productividad y sostenibilidad, que son orien-

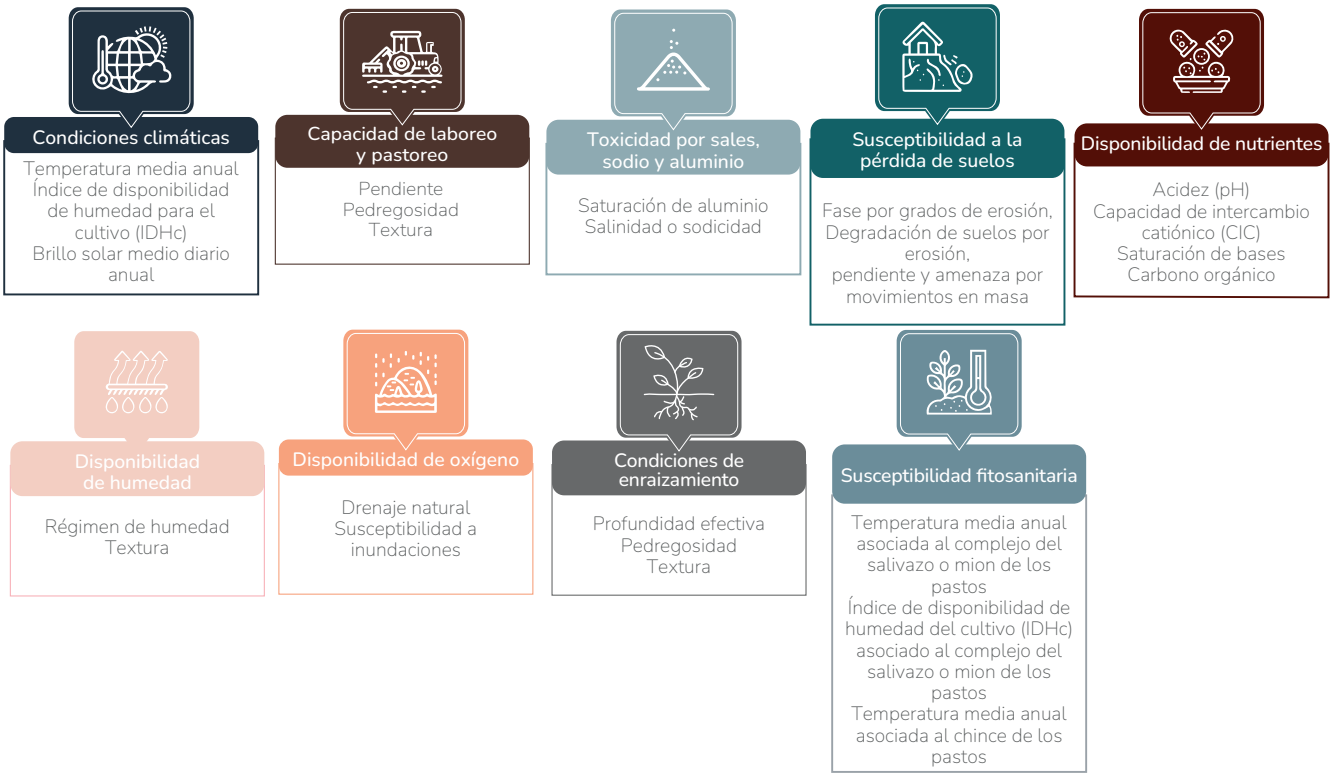
tados a través de la metodología de evaluación de tierras de la FAO, definida como:

> La evaluación de la aptitud de la tierra cuando se utiliza para propósitos específicos, involucrando estudios de suelos, de vegetación, de clima y otros aspectos de la tierra. El principal objetivo de dicha evaluación es definir los mejores usos posibles para cada unidad de tierra definida, tomando en cuenta la conservación de los recursos ambientales para su uso futuro. (FAO, 1976).

El componente físico hace énfasis a la producción de forraje para el pastoreo, específicamente se refiere a las gramíneas como base forrajera, siendo estas las utilizadas como referencia para determinar la aptitud de las tierras, aclarando que las praderas deben estar compuestas por gramíneas, leguminosas y otras familias de forrajes, que pueden ser herbáceas, arbustivas o arbóreas (sistemas silvopastoriles), que mejoran la oferta forrajera y los servicios ecosistémicos que, al final, dependen de la apuesta de manejo de cada bufalero.

En tal sentido, la metodología busca la mayor producción bajo la menor inversión de capital y la menor afectación de los recursos naturales, y es determinada mediante una comparación entre la demanda por parte de la producción forrajera, a partir de un paquete tecnológico definido por la oferta de pastos, y la oferta ambiental de las tierras, definidos por los siguientes criterios: condiciones climáticas, capacidad de laboreo, condiciones de enraizamiento, disponibilidad de humedad, disponibilidad de oxígeno, disponibilidad de nutrientes, toxicidad por sales, sodio y aluminio, susceptibilidad a la pérdida de suelos y susceptibilidad fitosanitaria (figura 13).

Figura 13. Criterios y variables del componente físico



Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 4 se definen los criterios y las variables que componen cada uno de los criterios del componente físico.

Con base en los requerimientos de los pastos, se construyeron los rangos de las variables y criterios, unificando cada uno por agrupación y finalmente a un criterio integrado para la producción de gramíneas forrajeras para pastoreo, mediante un proceso de análisis jerárquico multicriterio.

Tabla 4. Criterios y variables del componente físico

Criterio	Definición	Descripción de variables
Condiciones climáticas	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 (UPRA, 2013) (FAO, 1976).	**Temperatura media anual:** 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 un índice de balance calórico, expresado en grados centígrados (Ideam, 2014). **Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc):** índice de la relación mensual, entre la evapotranspiración actual, refiriéndose a la cantidad de agua que suministra la precipitación en el mes en que es evapotranspirada, y la evapotranspiración del cultivo mensual, llevado a una medida de tendencia anual, expresado en valores de 0 a 1. **Brillo solar medio diario anual:** la cantidad de horas en la que los rayos del sol llegan directamente sobre la superficie terrestre, se denomina brillo solar o insolación (Ideam, 2014).
Capacidad de laboreo y pastoreo	Condiciones del terreno para preparar un lecho con los nutrientes adecuados y con condiciones que permitan el establecimiento del cultivo (pastos) para su posterior desarrollo, mantenimiento y cosecha (las labores pueden ser en forma manual, con tracción animal o mecanizadas) (FAO, 1976; UPRA, 2013).	**Pendiente:** grado de inclinación de una superficie desde la horizontal, generalmente expresada en porcentaje o grados (Soil Science Society of America, 2018). **Pedregosidad:** cantidad de fragmentos de roca de 2 mm de diámetro o mayores en el suelo (Wambeke & Forbes, 1987). Los fragmentos se reconocen de acuerdo con su tamaño como grava, guijarro, piedra y bloques. **Textura:** 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 (Malagón y Montenegro, 1990).

Criterio	Definición	Descripción de variables
Toxicidad por sales y/o sodio y aluminio	Presencia de elementos minerales en el suelo en concentraciones mayores a las requeridas, que son tóxicos a las plantas, restringiendo el crecimiento y la producción, además de efectos adversos sobre algunas propiedades de los suelos (UPRA, 2013), (FAO, 1991), (FAO, 1976).	**Saturación de aluminio:** proporción de Al^{+++} en el complejo de cambio y en la solución del suelo. 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 (Garavito, 1974). La saturación de aluminio del suelo hace referencia a la acidez debida al ion aluminio (Al^{+++}), que es soluble en suelos ácidos con pH menor de 5,5.
		Salinidad o sodicidad: contenido alto de sales solubles y/o sodio intercambiable en el suelo. El contenido de sales se determina normalmente en términos de la conductividad eléctrica (CE), pero puede expresarse con cantidad o porcentaje de sales en el suelo, como también cantidad de aniones en la fracción de cambio. El sodio (Na) se determina como el porcentaje de sodio intercambiable (PSI). La salinidad y la sodicidad pueden presentarse en forma natural o adquirida. En forma natural, se asocian con el fenómeno climático de aridez, con los materiales de origen ricos en sales (como sucede con algunas rocas sedimentarias) y con el ascenso del nivel freático, el cual deja en la parte superficial del suelo altos contenidos de sales o de sodio. En forma adquirida, se relacionan con riegos prolongados con aguas de altos contenidos de sales, así como con aguas de buena calidad, pero mal manejadas en climas con régimen de humedad ústico (Garavito, 1974).
Susceptibilidad a la pérdida de suelos	Grado o nivel de vulnerabilidad de las tierras a ser afectadas por los agentes erosivos. Aunque suele ser un proceso natural, puede incrementarse con el uso y manejo inadecuado del suelo, originando una disminución de la productividad (FAO, 1991) (FAO, 1976).	**Fase por grados de erosión:** desgaste actual de la superficie de la tierra por el desprendimiento y transporte del suelo y de los materiales de roca, a través de la acción del agua en movimiento, viento u otros agentes geológicos (USDA, 1961). Degradación de suelos por erosión: pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua o del viento, que es mediada por los seres humanos; trae consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales (Ideam, 2015). Pendiente: grado de inclinación de una superficie desde la horizontal; generalmente expresada en porcentaje o grados (Soil Science Society of America, 2018). **Amenaza por movimientos en masa:** peligro latente de movimientos en masa, de origen natural, o causado o inducido por la acción humana de modo accidental, en función de la probabilidad de ocurrencia espacial y temporal (SGC, 2016).

Criterio	Definición	Descripción de variables
Disponibilidad de nutrientes	Cualidad del suelo que le permite proporcionar compuestos en cantidades adecuadas y en un balance apropiado para el crecimiento de plantas específicas, cuando otros factores de crecimiento tales como la luz, la humedad, la temperatura y la condición física del suelo son favorables (USDA, 1961). Considera las relaciones químicas en la zona radicular, de cara a las posibilidades de absorción de nutrientes disponibles para el crecimiento y desarrollo de los pastos	**Acidez (pH):** concentración de H^+ y OH^- en la solución del suelo que define su grado de acidez o alcalinidad, expresado como un valor de pH (Soil Science Society of America, 2018).
		Capacidad de intercambio catiónico (CIC): de acuerdo con Chapman (citado por Malagón y Montenegro, 1990), 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 reemplazados por aquellos de soluciones salinas y ácidas. La suma de estos cationes se define como la capacidad de intercambio catiónico, usualmente se expresa en miliequivalentes por 100 g de suelo, cmol/kg de suelo o milimoles de carga por kg de suelo, o del material edáfico al que se le determinó. La capacidad de intercambio de cationes y aniones es 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).
		Saturación de bases: relación entre la cantidad de bases intercambiables y la capacidad de intercambio de cationes. El valor de la saturación de la base varía, si la CIC incluye solo la acidez extraíble de la sal o la acidez total, determinada a pH 7 u 8. A menudo se expresa como un porcentaje (Soil Science Society of America, 2018).
		Carbono orgánico: el carbono orgánico del suelo se encuentra en forma de residuos orgánicos alterados de plantas y animales y microorganismos vivos y muertos, en el humus y en forma muy condensada, casi como carbono elemental (carbón vegetal, grafito, carbón) (Jackson, 1958). El carbono orgánico del suelo se relaciona con la sustentabilidad de los sistemas agrícolas, afectando las propiedades del suelo, relacionadas con el rendimiento sostenido de los cultivos; se vincula con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo, al aportar elementos como el N, cuyo aporte mineral es normalmente deficitario.
Disponibilidad de humedad	Capacidad que tienen los suelos de almacenar y suministrar agua para las plantas en cantidades suficientes para su desarrollo en condiciones naturales. Se relaciona con el contenido y movimiento del agua en el suelo durante el año (FAO, 1991; FAO, 1976; UPRA , 2013).	**Régimen de humedad del suelo:** presencia o ausencia de un manto freático, o agua retenida a una tensión inferior a 1500 kPa, en la sección de control de humedad del suelo, durante un periodo correspondiente a un año normal (Soil Survey Staff, 2014).
		Textura: 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 (Malagón y Montenegro, 1990).

Criterio	Definición	Descripción de variables
Disponibilidad de oxígeno	Cualidad que indica las condiciones de aireación del suelo. Cuando el suelo está libre de saturación 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 (UPRA, 2013; FAO, 1991; FAO, 1976).	**Drenaje natural:** 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 y también de la profundidad a la cual aparece el nivel freático (Cortés y Malagón, 1984).
		Susceptibilidad a inundaciones: desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o cualquier masa de agua, o la acumulación de agua procedente de drenajes en zonas que normalmente no se encuentran anegadas (IGAC, 2010).
Condiciones de enraizamiento	Conjunto de características físicas del suelo que permiten el desarrollo de las raíces, tanto en forma vertical como horizontal (FAO, 1991; FAO, 1976).	**Profundidad efectiva:** espacio en el que las raíces de las plantas pueden penetrar sin restricciones para conseguir el agua y los nutrientes indispensables; también se define como el total de la profundidad del perfil del suelo que es favorable para el desarrollo de las raíces (USDA, 1961).
		Pedregosidad: fragmentos de roca de 2 mm de diámetro o mayores; se reconocen de acuerdo con su tamaño como grava, guijarro, piedra y bloques (Van Wambeke y Forbes, 1987). Se relaciona con el efecto sobre el volumen y espacio de exploración de las raíces.
		Textura: 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 (Malagón y Montenegro, 1990).
Susceptibilidad fitosanitaria	Condiciones ambientales que afectan el potencial de aparición, dispersión y propagación de plagas y enfermedades en los pastos; en este caso, se refiere al complejo de salivazo o mión de los pastos y el chinche de los pastos.	**Temperatura media anual asociada al complejo de salivazo o mión de los pastos:** medida del estado térmico del aire y su habilidad de comunicar calor a su alrededor que, para este caso, es determinante en el metabolismo del insecto, afectando su potencial aparición, incidencia y severidad (Barreto y Martínez, 2019; Rodríguez, 2011; Ramírez y Díaz, 2002).
		Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc) asociado al complejo de salivazo o mión de los pastos: relación entre la precipitación y la evapotranspiración mes a mes, llevada a una medida de tendencia central; permite estimar la estacionalidad de la humedad ambiental que, para este caso, es determinante en el potencial de aparición, incidencia y severidad de la plaga.
		Temperatura media anual asociada al chinche de los pastos *Collaria* sp.: medida del estado térmico del aire y su habilidad de comunicar calor a su alrededor, que para este caso es determinante en el metabolismo del insecto, afectando su potencial aparición, incidencia y severidad (Barreto y Martínez, 2019; Rodríguez, 2011; Ramírez y Díaz, 2002).

Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Criterios socioecosistémicos

Los criterios socioecosistémicos se definen desde la visión sectorial agropecuaria, buscando el establecimiento de sistemas de producción con la capacidad de perdurar en el tiempo (sostenibilidad), gracias a la integración con su entorno territorial, contribuyendo así a la conservación del capital natural que soporta la producción agropecuaria (Corrales, 2002), (MADR, 2008). De esta forma, los sistemas de producción y el territorio, en el enfoque socioecosistémico, se retroalimentan positivamente para el mantenimiento de la producción y la conservación de los agroecosistemas y ecosistemas vinculados.

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 la prestación de bienes y servicios ecológicos que proveen los ecosistemas, o bien, los potencializa mediante el mejoramiento y la probabilidad de mantenerlos sin afectar el desempeño del sistema productivo.

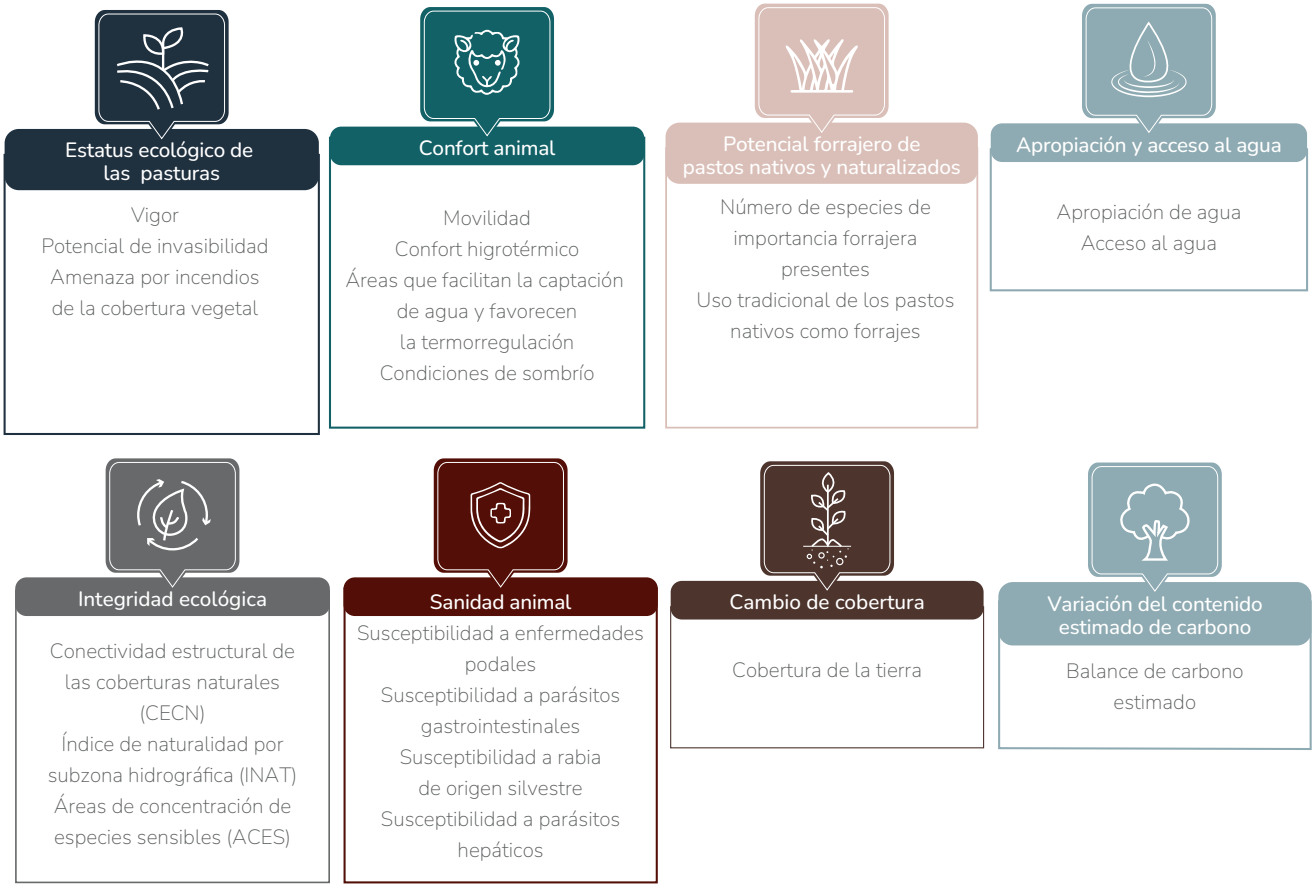
Adicionalmente, dentro de la zonificación de la presente cadena se orienta a identificar y delimitar las áreas con aptitud para el establecimiento de la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*); se consideran también dentro de los criterios socioecosistémicos aspectos relacionados con el bienestar animal definidos en el Código Sanitario para los Animales Terrestres, el cual «designa el estado físico y mental de un animal en relación con las condiciones en las que vive y muere». Los principios de la OIE sobre el bienestar animal describen el derecho al bienestar que tienen los animales que se encuentran bajo el control del ser humano, también conocidas como las siguientes libertades (OIE, 2018):

- Libre de hambre, sed y desnutrición
- Libre de miedos y angustias
- Libre de incomodidades físicas o térmicas
- Libre de dolor, lesiones o enfermedades
- Libre para expresar las pautas propias de comportamiento.

Teniendo en cuenta que las libertades de «libre de miedos y angustias» y de «libre de expresar las pautas propias de comportamiento» pertenecen a cada animal específicamente, estas no pueden ser representadas cartográficamente; por lo tanto, no se incluyen en el análisis.

Los criterios y variables socioecosistémicos contribuyen al análisis del territorio que acoge el sistema productivo descrito en el TUT para propender por la sostenibilidad, tanto de la actividad productiva como del territorio que lo recibe. Con este fin, se definieron 16 variables agrupadas en ocho criterios de análisis jerárquico (figura 14). En la tabla 5 se presentan elementos técnicos relacionados con la definición de los criterios y variables socioecosistémicas.

Figura 14. Criterios y variables del componente socioecosistémico



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5. Criterios y variables del componente socioecosistémico

Criterio	Definición	Descripción de variables
Estatus ecológico de las pasturas	Capacidad de las pasturas para soportar y mantener su capital natural, sin degradarse ante alteraciones externas, y de funcionar permanentemente de forma saludable o apropiada, como condición indispensable para la prestación, regulación y el flujo de servicios ecosistémicos requeridos para la sostenibilidad de los sistemas productivos y del territorio mismo. Este criterio responde tanto a la productividad y resiliencia de las pasturas, como también de una forma indirecta a la evaluación del bienestar animal en lo concerniente a que se encuentren libres de hambre y desnutrición.	**Vigor:** está referido a la productividad de las pasturas, con particular atención a las interacciones que afectan los flujos de energía (ONU, 2006). De acuerdo con Hofstede (2004), se puede afirmar que entre mayor vigor tenga una pastura, mayor será su productividad. En términos de salud ecológica, se refiere a la productividad del ecosistema. Esto en términos biológicos explica que entre mayor sea la productividad del material vegetal, en mejor salud se encuentra el ecosistema (Hofstede, 2004).
		Potencial de invasibilidad: condiciones o características propias de las áreas con pasturas que facilitan el establecimiento y posterior dispersión de las especies exóticas con alto riesgo de invasión en Colombia. La variable contribuye a discriminar las áreas, que, por sus condiciones naturales, tienen mayores probabilidades para el establecimiento de estas especies.
		Amenaza por incendios de la cobertura vegetal: identifica aquellas coberturas que, por sus características, tienen una mayor probabilidad de verse afectadas por un incendio de la cobertura vegetal, lo cual repercute de forma directa en la aptitud del territorio en el establecimiento y desarrollo de actividades agropecuarias. 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.

Criterio	Definición	Descripción de variables
Confort animal	Muestra la capacidad del medio para proveer las mejores condiciones que favorecen el bienestar y desarrollo de los búfalos sin alterar sus mecanismos fisiológicos y expresar al máximo sus rendimientos zootécnicos.	**Movilidad:** expresa el concepto de locomoción, es decir, el desplazamiento que hacen los animales por motivos instintivos, como son la búsqueda de alimento, la reproducción y la protección, entre otros; lo que permite caracterizar los suelos que garantizan la facilidad en el desplazamiento de los búfalos en pastoreo. El termino locomoción viene del latín *locus* que significa «desde un lugar» y *motionem* que significa «movimiento» (Online Etimology Dictionary, 2020)
		Confort higrotérmico: es la capacidad que tiene el medio de brindar a los búfalos, durante su ciclo productivo, las comodidades térmicas (sensación térmica) suficientes que les permitan expresar su potencial genético, productivo, reproductivo y comportamental, sin alterar sus mecanismos fisiológicos y generar algún signo de estrés calórico. De acuerdo a lo citado por Berdugo «El búfalo de agua, (*Bubalus bubalis*) es un mamífero cuyo cuerpo absorbe una gran cantidad de radiación solar debido a su escaso pelo y piel oscura, además poseen un sistema de enfriamiento evaporativo poco eficiente, puesto que su sudoración es escasa lo que puede hacerlo más susceptible al estrés por calor» (en Marai & Haeeb, 2010).
		Áreas que facilitan la captación de agua y favorecen la termorregulación: capacidad que tienen las diferentes áreas del territorio para facilitar la captación de agua, lo que podría favorecer la termorregulación de los búfalos y aumentar la aptitud de aquellas zonas del territorio con condiciones de sensación térmica no tan favorables para el desarrollo del búfalo en pastoreo.
		Condiciones de sombrío: mide la capacidad que tiene el medio de brindar sombrío mediante las coberturas naturales existentes; se obtiene mediante la reclasificación de las coberturas Corine y Modis.
Potencial forrajero de pastos nativos y naturalizados	Expresa la distribución natural de algunas de las principales especies de pastos de la familia Poaceae (gramíneas) utilizadas en mayor o menor grado como forrajes para la producción de ganado bufalino en Colombia, así como el uso potencial que podrían tener, según el grado de conocimiento y tradición en su utilización a nivel regional.	**Número de especies de importancia forrajera presentes:** describe los patrones de distribución natural de un grupo seleccionado de especies de gramíneas nativas y naturalizadas, que por su importancia como potencial forrajero pueden servir como alternativas para la producción pecuaria en las principales zonas bufaleras del país.
		Uso tradicional de los pastos nativos como forrajes: identifica las zonas en las cuales se tiene conocimiento del uso de especies nativas como forrajes y que se usan frecuentemente en la alimentación del ganado bufalino.

Criterio	Definición	Descripción de variables
Apropiación y acceso al agua	Balance entre la oferta hídrica de una subzona hidrográfica (calculada como uso consuntivo de agua por las pasturas) y la demanda hídrica, incluyendo el consumo potencial (cantidad de agua que contiene la subzona hidrográfica para el consumo del inventario actual del ganado bufalino, determinando la disponibilidad del recurso para futuras producciones), y la cercanía a los cuerpos de agua para garantizar el suministro y acceso al líquido para el ganado, lo cual además asegura su confort.	**Apropiación de agua:** estima el consumo potencial de agua por parte del ganado bufalino para su producción en pastoreo en una subzona hidrográfica, mediante la evaluación de su oferta hídrica natural.
		Acceso al agua: hace referencia a la accesibilidad a los cuerpos de agua para garantizar la cantidad requerida para el sustento animal.
Integridad ecológica	Capacidad del ecosistema para soportar y mantener su capital natural sin degradarse, además de funcionar permanentemente de forma saludable o apropiada, como condición indispensable para la prestación, regulación y el flujo de servicios ecosistémicos requeridos para la sostenibilidad de los sistemas productivos y del territorio mismo. La integridad ecológica (IE) es un estimador de la calidad ambiental, útil en la planificación y toma de decisiones para la conservación; se define como «la habilidad de un ecosistema para soportar y mantener una comunidad, balanceada y adaptada, de organismos con una composición de especies, diversidad y organización funcional comparable con aquella de los hábitats naturales en una región». La IE constituye una medida del funcionamiento permanente saludable o apropiado de los ecosistemas en un territorio, así como de la provisión continuada de recursos naturales y servicios ecosistémicos (autogenerados y autosostenibles), por lo que vincula el bienestar humano actual y futuro con el cuidado y protección de la tierra y sus ecosistemas como hábitat de las especies (Mackey, 2005) (Ciontescu, 2012).	**Conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN):** se analiza a partir de la fragmentación y la heterogeneidad del paisaje (McArthur & Wilson, 1967), por lo cual requiere establecer la continuidad y determinar la existencia de barreras (resistencias, contrastes) en el territorio, que limiten o impriman mayor costo para el flujo de la biodiversidad y los bienes y servicios ecosistémicos, fundamentales para el desarrollo de los sistemas productivos y la sostenibilidad del territorio.
		Índice de naturalidad por subzona hidrográfica (INAT): está referida a las coberturas naturales en las cuales se desarrollan los procesos ecológicos esenciales y necesarios para sustentar la vida. La prestación de servicios ecosistémicos y la sostenibilidad ambiental en un área geográfica de análisis está determinada por la cantidad de espacios que permiten la prevalencia de los procesos naturales necesarios para sustentar la vida y satisfacer la demanda de recursos en el mismo territorio (Vélez y Gómez, 2008).
		Áreas de concentración de especies sensibles (ACES): establece lugares donde tiene lugar la concentración de especies sensibles a través de indicadores como la densidad en polígonos definidos como Áreas Prioritarias para la Conservación (APC), o la riqueza de especies migratorias en Áreas Críticas sobre agroecosistemas (AC). De igual forma, se integran las Áreas de Importancia para la Conservación de Aves Silvestres (Aicas).

Criterio	Definición	Descripción de variables
Sanidad animal	Es un «pilar fundamental para asegurar la competitividad del sector pecuario» (SAG, 2020). Es un factor clave para el establecimiento de cualquier sistema productivo, ya que se debe mantener durante todas las etapas productivas. Tiene como objeto preservar la salud y vida de los animales y ser una herramienta en la toma de medidas preventivas con respecto a las enfermedades presentes o introducidas al país que puedan poner en riesgo la vida animal o humana.	**Susceptibilidad a la transmisión de enfermedades vectoriales de control oficial y hemoparásitos:** son aquellas enfermedades endémicas de prioridad nacional «que un ser vivo (casi siempre un vector artrópodo) transmite a un hospedador» (Verwoerd, 2015). Dichas enfermedades afectan de manera directa la rentabilidad de la producción por ser un limitante en el comercio de animales; además, algunas de ellas pueden ser trasmitidas a los humanos (zoonosis), convirtiéndose en un problema de salud pública. «Por disposiciones internacionales de la OIE, deben ser manejadas con programas de obligatorio cumplimiento para reducir el riesgo de afectar las diferentes especies productivas y a los mercados nacionales e internacionales».
		Susceptibilidad al contagio por enfermedades no vectoriales de control oficial: las enfermedades no vectoriales de control oficial y de importancia sanitaria son aquellas de prioridad nacional que, por sus características epidemiológicas, afectan el comercio nacional y de exportación de productos o subproductos de origen bufalino. Se evalúa a través de la distribución y concentración de focos georreferenciados con diagnóstico ICA de brucelosis y tuberculosis en un periodo de 5 años (2012-2017) para bufalinos y vacunos; para 2018-2019 solo bufalino; frontera terrestre (Venezuela-Ecuador-Brasil) y la conectividad medida mediante guías de movilización ICA 2019, tanto para vacunos como para bufalinos.
Cambio de cobertura	Aptitud del territorio al cambio de cobertura existente asociado a la producción de búfalos (B. bubalis) en pastoreo, determinando la favorabilidad o no del cambio de la cobertura, en el marco de la sostenibilidad del territorio, bajo los principios que se mencionan a continuación: •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.	
Variación del contenido estimado de carbono	Balance entre el contenido de carbono estimado en la biomasa (aérea y subterránea) de la cobertura vegetal actual, frente al carbono estimado proveniente de las emisiones generadas por la ganadería bufalina; permite determinar la sostenibilidad ambiental asociada a este servicio ecosistémico (UPRA, 2016).	

El componente socioecosistémico resalta la importancia de incorporar en los procesos de planeación agropecuaria y de zonificación de aptitud las demandas de agua y las producciones de gases por parte de la actividad de producción de búfalos en pastoreo, y cómo los cambios en el uso del suelo pueden afectar negativa o positivamente estos recursos en el tiempo.

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 nacionales e internacionales y se define por la eficiencia 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, y la eficiencia con la que se pueden producir (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 de un uso eficiente de los factores de producción, de la consolidación de altos niveles de innovación en los sistemas productivos, de la diversificación y ampliación de los mercados, así como de la articulación de los mercados regionales y la población rural para desarrollar su potencial productivo y elevar su calidad de vida.

En relación con la zonificación de aptitud del territorio rural para la producción de búfalos, la competitividad se expresa como la capacidad de una región (municipio) para generar las condiciones de producción que promuevan el desarrollo sostenido de las zonas dedicadas a la producción bufalina con fines comerciales; esto permite mejorar de manera permanente las condiciones de vida y bienestar de sus habitantes y, en particular, de los empresarios.

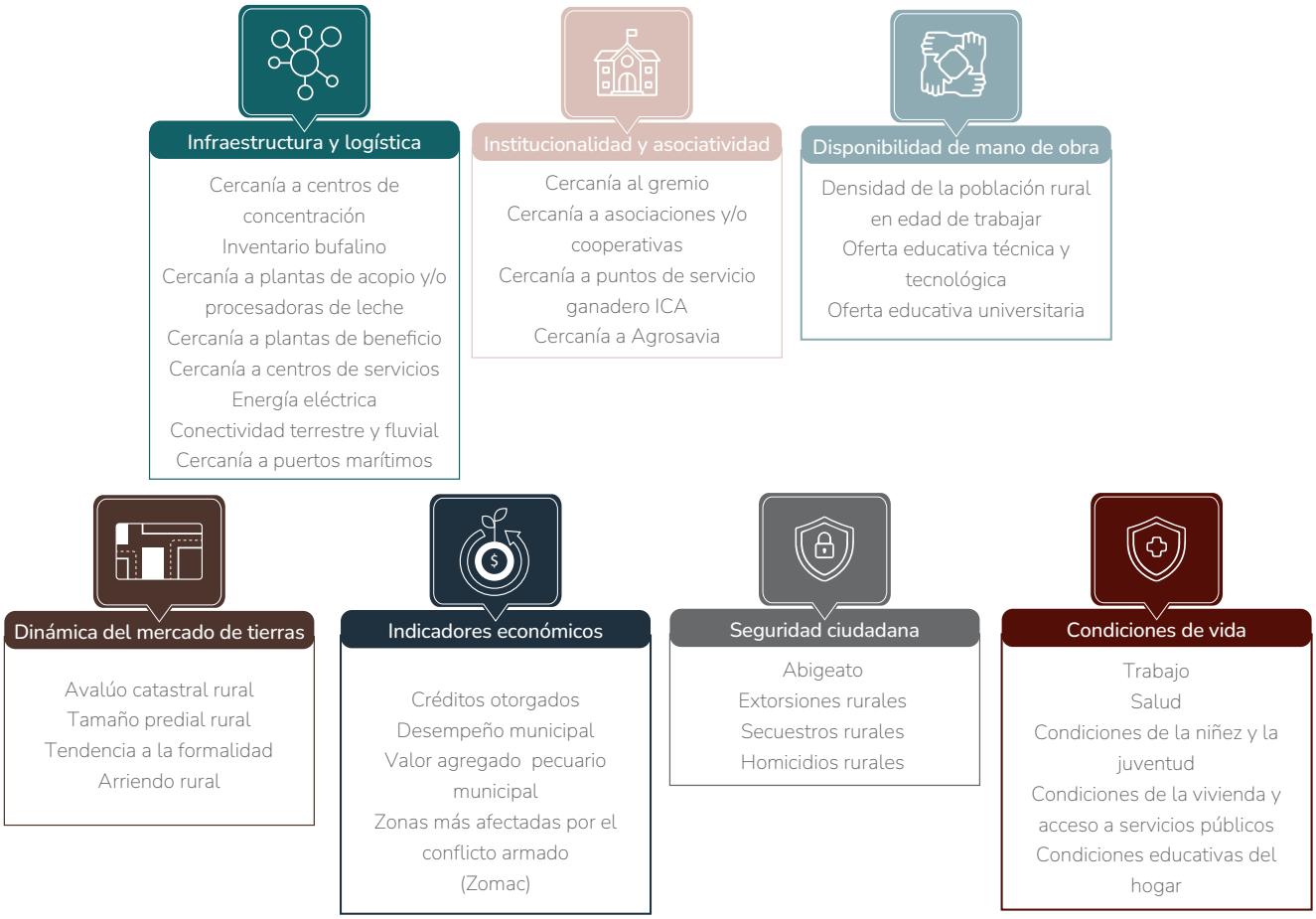
Con base en la definición planteada, la competitividad de la producción bufalina con fines comerciales implica un proceso que tiene en cuenta los requerimientos y condiciones multidimensionales para desarrollar su producción. Estos requerimientos y condiciones son los criterios o variables estructurales que conducen hacia la competitividad, cuyo logro se traduce en mejores condiciones de vida para las comunidades. A su vez, estas mejoras en la calidad de vida evidencian la competitividad, en este caso, de la producción búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo.

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; todo lo anterior redundará en beneficio del productor y de las comunidades locales, representado en mejores condiciones de vida.

Al inversionista bufalero puede serle indiferente si invierte en un sitio con mejores o peores condiciones de vida, pero su inversión sí beneficiará a la comunidad local. En consecuencia, el impacto socioeconómico causado por la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo en Colombia interesa en especial a las agencias del Gobierno y a los productores con responsabilidad social.

En la figura 15 y en la tabla 6 se presentan los criterios y las variables que hacen parte del componente socioeconómico.

Figura 15. Criterios y variables del componente socioeconómico



Fuente: Elaboración propia.

Tabla 6. Criterios y variables del componente socioeconómico

Criterio	Definición	Descripción de variables
Infraestructura y logística	Conjunto de medios técnicos, bienes, servicios e instalaciones necesarios para el desarrollo de las actividades de producción, comercialización y distribución.	**Cercanía a centros de concentración:** facilidad con la que se puede llegar a un sitio en el cual se realizan los procesos de comercialización del ganado bufalino en pie, ya sea a través de las ferias comerciales, mercado ganadero, subasta, remate o paradero.
		Inventario bufalino: corresponde a predios georreferenciados con explotaciones de búfalos y el colindante, estos últimos serían únicamente predios de propiedad privada y con destino económico agropecuario.
		Cercanía a plantas de acopio y/o procesadoras de leche: facilidad de acceder a los establecimientos destinados a la recolección de leche de búfala procedente de los hatos y a la transformación de la misma, con el fin de hacerla apta para el consumo humano, o como materia prima para la elaboración de derivados lácteos (Decreto 616 de 2006, Ministerio Protección Social).
		Cercanía a plantas de beneficio: facilidad con la que se puede alcanzar un sitio (plantas de beneficio) desde otros puntos en el territorio. Plantas de beneficio: sitio en el cual se realiza el proceso de sacrificio del ganado bufalino destinado al consumo humano. Se diferencian las plantas según el volumen procesado. Para efectos de la zonificación, esta variable tiene en cuenta el número de búfalos sacrificados al año en las plantas de beneficio a nivel municipal, con el fin de diferenciar la capacidad de las plantas, de tal forma que se amplía el rango de influencia a mayor tamaño.
		Cercanía a centros de servicios: facilidad con la que se puede alcanzar áreas donde existe oferta de bienes y servicios para abastecer las necesidades de la producción de búfalos. Centro de servicios: municipios que cuentan con una población mayor a 30.000 habitantes para el año 2018. Esta cifra corresponde a los municipios con primera, segunda y tercera categoría definidos por la Ley 1551 del 2012, según lo establecido en el artículo 320 de la constitución política colombiana que dispone que la «ley podrá establecer categorías de municipios de acuerdo con su población, recursos fiscales, importancia económica y situación geográfica y señalar distinto régimen para su organización, gobierno y administración».
		Energía eléctrica: analiza a nivel municipal las condiciones en las que es prestado el servicio público de energía eléctrica, considerando la calidad, tipo de conexión, cobertura y tarifa. El servicio público de energía eléctrica consiste en la generación, comercialización, interconexión, transmisión y transporte desde redes regionales de transmisión hasta el domicilio del usuario final, incluida su conexión y medición. Este tipo de medición es importante porque establece la formalidad del negocio al mantener la cadena de frío para la conservación del producto ya que la leche es altamente perecedera al igual que los derivados lácteos; así mismo, incide en los procesos productivos de la cadena de leche en especial para los tanques fríos y las plantas de transformación.

Criterio	Definición	Descripción de variables
Infraestructura y logística	Conjunto de medios técnicos, bienes, servicios e instalaciones necesarios para el desarrollo de las actividades de producción, comercialización y distribución.	**Conectividad terrestre y fluvial:** cercanía del predio y del colindante a las vías primarias, secundarias y terciarias que hay en el país, y la accesibilidad a las rutas terrestres y fluviales para el movimiento de búfalos en pie e insumos de un lugar a otro. Sintetiza la facilidad de desplazamiento del aparato productivo para el transporte de búfalos en pie principalmente.
		Cercanía a puertos marítimos: facilidad con la que se puede alcanzar un sitio (puerto marítimo) desde otros puntos en el territorio. En este sentido, sintetiza las posibilidades de desplazamiento del aparato productivo hacia puertos marítimos para realizar operaciones de comercio internacional (exportaciones e importaciones).
Institucionalidad y asociatividad	Facilidad con la que se puede acceder, desde otros puntos en el territorio, una asociación de productores de búfalos, la institucionalidad gremial y entidades que soportan la sanidad y la investigación y transferencia de tecnología agropecuaria.	**Cercanía al gremio:** facilidad con la que se puede alcanzar, desde otros puntos en el territorio, una sede de Asobúfalos y de Fedegán en los municipios productores del país; estas entidades, sin ánimo de lucro y con una gestión democrática, fueron formadas de manera libre y permanente por un conjunto de socios para la persecución de un fin común y estable.
		Cercanía a asociaciones y/o cooperativas: facilidad con la que se puede alcanzar, desde otros puntos en el territorio, una asociación o cooperativa de productores de búfalos.
		Cercanía a puntos de servicio al ganadero ICA: facilidad con la que se puede alcanzar, desde otros puntos en el territorio, una oficina dependiente del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), la cual hace presencia y ejerce una cobertura de prestación de servicios, donde los usuarios pueden realizar trámites como: solicitud de la guía sanitaria de movilización interna de animales (GSMI), guía de transporte, bono de venta, registro de hierros, inscripción de fincas ganaderas, programa Identifica, así como información sobre ciclos de vacunación, trámites y requisitos que se deben cumplir para asegurar la sanidad animal y evitar la propagación de enfermedades.
		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 en el sector agropecuario.

Criterio	Definición	Descripción de variables
Disponibilidad de mano de obra	Identifica las condiciones que afectan la disponibilidad de mano de obra rural para la producción pecuaria en un municipio, teniendo en cuenta su nivel de cualificación y las posibilidades de acceso a programas de formación académica, acorde a las necesidades de los productores de búfalos.	**Densidad de la población rural en edad de trabajar:** número de personas de las zonas rurales de los municipios en edad de trabajar/km2, frente a las necesidades técnicas de la producción bufalina (DANE, 2018).
		Oferta educativa técnica y tecnológica: nivel de cobertura espacial y facilidad de acceso a los programas de educación superior a nivel técnico y/o tecnológico oficialmente aprobados, activos y relacionados con la producción pecuaria que facilitan la capacitación de la población y mejoran la competitividad sectorial del territorio.
		Oferta educativa universitaria: nivel de cobertura espacial y facilidad de acceso a los programas de educación superior a nivel universitario oficialmente aprobados, activos y relacionados con la producción pecuaria (Medicina Veterinaria, Zootecnia y Medicina Veterinaria y Zootecnia) que facilitan la formación de la población y mejoran la competitividad sectorial del territorio (Convezcol, 2020).
Dinámica del mercado de tierras	El criterio expone la situación y comportamiento de los municipios en torno a la dinámica de la tierra, esto desde cuatro variables que permiten comprender la capacidad y limitantes de la tierra, al mostrar el impacto del tamaño, la formalidad, el arriendo y el precio de los predios a través de la utilización del avalúo catastral como un proxi de la tendencia del mismo, con el fin de focalizar las posibles inversiones en acceso a tierra para el sector de búfalos.	**Tamaño predial rural:** superficie de terreno en rangos de tamaños definidos de acuerdo con el rendimiento y las dimensiones consideradas óptimas para una productividad competitiva. Para efectos de la presente zonificación de aptitud, 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.
		Avalúo catastral rural: 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).
		Arriendo rural: valor del pago en dinero establecido de manera conjunta por el propietario (quien concede el goce de un predio por un tiempo determinado) y el arrendatario (quien paga por este goce un precio definido) (DANE, 2018).
		Tendencia a la formalidad: conjunto de situaciones inmobiliarias, técnicas y jurídicas sobre la propiedad de los predios, tanto públicos como privados, que proporciona seguridad jurídica a la propiedad, acorde al principio constitucional del derecho a la propiedad privada (UPRA, 2014).

Criterio	Definición	Descripción de variables
Indicadores económicos	Muestra la focalización de incentivos tributarios y crediticios dados a las zonas más afectadas por el conflicto y a las que cuentan con áreas productivas de bufalinos relativizados por importancia del sector pecuario y los resultados de la gestión y el desempeño público municipal.	**Créditos otorgados:** valor a precios de 2019 de los créditos otorgados desde 2015, a nivel municipal para el desarrollo y mejora de la producción bufalina. Están direccionados a personas naturales o jurídicas para construir o mejorar los procesos de producción o de comercialización, colocados en condiciones preferenciales por Finagro, a través de la banca comercial con presencia en los territorios y son utilizados para apalancar capital de trabajo y proyectos de inversión. Las líneas especiales Finagro están subsidiadas en tasa de interés y respaldadas por efectos colaterales por el Fondo Agropecuario de Garantías (FAG).
		Desempeño municipal: mide y compara el desempeño municipal de las entidades territoriales, entendido este como capacidad de gestión y resultados de desarrollo (el aumento de la calidad de vida de la población), teniendo en cuenta sus capacidades iniciales para incentivar una mejor gestión, calidad del gasto y la inversión orientada a resultados (DNP, 2017). Así mismo, esta variable es una aproximación al diseño de políticas dirigidas al fortalecimiento de capacidades y al cierre de brechas territoriales, según la situación del indicador en cada municipio.
		Valor agregado pecuario municipal: aproximación al valor generado por actividades pecuarias en un municipio. Con el fin de ser utilizado en la zonificación de aptitud, se parte de la información suministrada de manera privilegiada y confidencial por el DANE a la UPRA, que convencionalmente no es publicada en este nivel de desagregación, siguiendo el principio de razonabilidad en el detalle. Se busca medir indirectamente el nivel de actividad pecuaria del municipio de modo que pueda ser comparado con valores nominales de otros municipios para que su evaluación, clasificación y orden jerárquico sean nacionales.
		Zonas más afectadas por el conflicto armado (Zomac): estímulo tributario que se aplica a las zonas más afectadas por el conflicto armado (Zomac), las cuales están constituidas por 344 municipios que son considerados como los más golpeados por la violencia (Decreto 1650 de 2017).
Seguridad ciudadana	Ausencia de peligro o afectaciones a la integridad física, así como de riesgo de pérdida de la libertad y del patrimonio por situaciones adversas.	**Abigeato:** el abigeato o cuatrerismo es el delito que consiste en el robo de animales de cría y es una conducta delictiva común del campo; después de grandes esfuerzos fue tipificado de manera específica en el código penal en los Artículos 243 y 243A, a través de una reforma a la Ley 599 de 2000, realizada en 2018, facilitando así herramientas de protección al patrimonio de los productores ganaderos. Se distinguen dentro de la tipificación del delito las especies bovinas mayor y menor, equinas o porcinas plenamente identificadas.

Criterio	Definición	Descripción de variables
Seguridad ciudadana	Ausencia de peligro o afectaciones a la integridad física, así como de riesgo de pérdida de la libertad y del patrimonio por situaciones adversas.	**Extorsiones rurales:** consiste en obligar a una persona, a través de la utilización de violencia o intimidación, a realizar u omitir un acto o negocio jurídico con ánimo de lucro y con la intención de producir un perjuicio de carácter patrimonial (CP, 2000. Art. 244) y está definido en el código penal como «El que constriña a otro a hacer, tolerar u omitir alguna cosa, con el propósito de obtener provecho ilícito o cualquier utilidad ilícita o beneficio ilícito, para sí o para un tercero».
		Secuestros rurales: detener ilegalmente a una o más personas en contra de su voluntad, mediante el empleo de la fuerza, amenazas, el engaño o 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 no hacer algo (Ley 599 de 2000).
		Homicidios rurales: la palabra homicidio deriva del vocablo latino homicidĭum, 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. El homicidio se puede definir como «Supresión por conducta del agente (agresor), de una vida humana (tipicidad), sin justificación jurídicamente atendible (antijuridicidad), en forma intencional o dolosa, o con culpa o preterintencional (culpabilidad)».
Condiciones de vida	Mide el grado de privación de los hogares rurales en un conjunto de dimensiones medidas a partir de indicadores a nivel municipal que permiten determinar la naturaleza de la privación y la intensidad y profundidad de esta. Esta aproximación permite observar patrones de privaciones distintos a los medidos por la pobreza monetaria, enfocándose en los hogares rurales.	**Trabajo:** corresponde al promedio de los porcentajes de hogares de los centros poblados y rurales dispersos de municipios con privaciones combinadas en los indicadores trabajo informal y tasa de dependencia.
		Salud: corresponde al promedio de los porcentajes de hogares de los centros poblados y rurales dispersos de municipios con privaciones combinadas en los indicadores de sin aseguramiento en salud y barreras de acceso a servicios de salud.
		Condiciones de la niñez y la juventud: corresponde al promedio de los porcentajes de hogares de los centros poblados y rurales dispersos de municipios con privaciones combinadas en los indicadores de inasistencia escolar, rezago escolar, barreras de acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia y trabajo infantil.
		Condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos: corresponde al promedio de los porcentajes de hogares de los centros poblados y rurales dispersos de municipios con privaciones combinadas en los indicadores de hacinamiento crítico, pisos y paredes exteriores inadecuadas, inadecuada eliminación de excretas y sin acceso a fuentes de agua mejorada.
		Condiciones educativas del hogar: corresponde al promedio de los porcentajes de hogares de los centros poblados y rurales dispersos de municipios con privaciones combinadas en los indicadores de analfabetismo y bajo logro educativo.

3.3 Rangos de aptitud y exclusiones técnicas

Para efectos de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos en pastoreo en Colombia, se tomaron como referencia las categorías que la UPRA ha utilizado en los ejercicios de zonificación desarrollados hasta el año 2020, las cuales corresponden a categorías de aptitud competitiva: aptitud alta (A1), aptitud media (A2), aptitud baja (A3) y no apto (N1). Así mismo, se tienen en cuenta las categorías de exclusiones legales y condicionantes legales (tabla 7).

Tabla 7. Categorías de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo

Clase		Definición de la zona
Apto	Alta (A1)	Las mejores condiciones desde el punto de vista físico, socioecosistémico y socioeconómico
	Media (A2)	Limitaciones moderadas de tipo físico, socioecosistémico y/o socioeconómico
	Baja (A3)	Fuertes limitaciones de tipo físico, socioecosistémico y/o socioeconómico, las cuales podrían adecuarse con grandes inversiones y/o el desarrollo de nuevas tecnologías.
No apto (N1)		Restricciones físicas y socioecosistémicas que imposibilitan el desarrollo de la actividad.
Exclusión legal		Por mandato legal no se permite el desarrollo de la actividad productiva
Condicionante legal		Independientemente de la categoría de aptitud, requieren de un análisis complementario desde lo social, cultural y/o ambiental para el desarrollo de la actividad productiva

Fuente: UPRA (2018).

3.3.1. Criterios y variables del componente físico

El componente físico tiene como marco de análisis los pastos, definidos como la base forrajera en un potrero, siendo estos los referenciados en la presente zonificación para determinar la aptitud de las tierras, desde el componente físico (requerimientos edafoclimáticos); no obstante, es pertinente aclarar que las praderas están compuestas, además, por leguminosas y otras familias de forrajes.

La información requerida se obtiene mediante la consulta del Sistema de Toma de Decisión para Selección de Especies Forrajeras (STDF) (Agrosavia, 2017) (Arce, Peña y Cárdenas, 2013) de la información para Colombia generada por Agrosavia, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) y el Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), entre otros (CIAT, 2010), (Argel, 2006), (Bernal, 1994), (Lapointe & Miles, 1992), (CIAT, 1988), (ICA, 1976). Se inició con 105 especies forrajeras, entre gramíneas y leguminosas, para construir rangos de aptitud específicos según la metodología de evaluación de tierras (FAO, 1976) y no de un pasto tipo; se optó por agrupar por características comunes como requerimientos edafoclimáticos, morfología, hábitos de crecimiento y calidades nutricionales.

Mediante el análisis de los requerimientos de los pastos y la unificación de los mismos, se obtienen unas agrupaciones de pastos, que a su vez fueron ajustadas y validadas en talleres con grupos de expertos conformando ocho grupos de

pastos, llamados mejorados o introducidos, los cuales se describen a continuación:

a. **Grupo 1.** Pastos de crecimiento principalmente en macollas, adaptados a clima frio, de moderada a alta fertilidad de suelos, resistentes a heladas, moderadamente resistentes al encharcamiento y exigentes en prácticas de manejo, con las mejores características nutritivas dentro de las gramíneas (totales de nutrientes digestibles, proteína cruda, fibra detergente neutro, energía digerible y metabolizable, minerales, entre otros). Está compuesto por los raigrases (*Lolium multiflorum, Lolium hybridum, Lolium perenne)*, festuca (*Festuca arudianacea),* falsa poa (*Holcus lanatus*) y azul orchoro (*Dactylis glomerata)* (Agrosavia, 2017), (CIAT, 2010), (Bernal, 1994), (ICA, 1976).

b. **Grupo 2.** Pasto de alta adaptabilidad en clima frio, de hábito de crecimiento estolonífero y rizomatoso, resistente a la sequía, pero susceptible a las heladas; se adapta a variedades de suelos y presenta de alta a media calidad nutricional según el manejo. Este grupo solo lo compone el pasto kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) (Agrosavia, 2017), (CIAT, 2010), (Bernal, 1994), (ICA, 1976).

c. **Grupo 3.** Pastos de clima cálido, de crecimiento semierecto, adaptados a condiciones de moderada a alta fertilidad de suelos, de drenaje bueno a moderado, de calidad nutricional moderada. Lo componen el ángleton *(Dichantium aristatum)* y el climacuna (*Dichantium anulatum*) (Agrosavia, 2017), (CIAT, 2010), (Bernal, 1994), (ICA, 1976).

d. **Grupo 4.** Pastos de clima medio a cálido, de crecimiento estolonífero y rizomatoso, crecen en variedades de suelos, principalmente con fertilidades moderadas y altas; toleran condiciones de alcalinidad y presentan moderada calidad nutricional. Este grupo lo comprenden las estrellas del género Cynodon, compuesto por la estrella o tumbaviejos (*Cynodon nlemfuensis*), la estrella africana o tumbaviejos (*Cynodon plectostachyus*), el argentina o bermuda (*Cynodon dactylon*) y el hibrido tiftón 85 (*Cynodon* spp.) (Agrosavia, 2017), (CIAT, 2010), (Bernal, 1994), (ICA, 1976).

d. **Grupo 5.** Pastos de clima cálido, de suelos exclusivamente con drenaje pobre a muy pobre e inundables, y lo componen el pará o admirable (*Brachiaria mutica*), la braquipará (*Brachiaria plantaginea*), el tanner o urare (*Brachiaria arrecta*) y el alemán (*Echinochloa polystachya*) (Agrosavia, 2017), (CIAT, 2010), (Bernal, 1994), (ICA, 1976).

e. **Grupo 6.** Pastos de clima cálido, de suelos de alta a moderada fertilidad con buen drenaje, de crecimiento en macolla y de raíces muy profundas, tolerantes al sombrío, propio de sistemas silvopastoriles. Este corresponde a las guineas, como la guinea pajarita, la mombasa y la tanzania (*Megathyrsus maximus*) y el híbrido massai (*Megathyrsus hibrido*) (Agrosavia, 2017), (CIAT, 2010), (Bernal, 1994), (ICA, 1976).

f. **Grupo 7.** Pastos adaptados a condiciones de suelos ácidos y de suelos bien drenados, de calidades nutricionales bajas a moderadas; corresponde a las Brachiarias, compuesto por la brachiaria común y la basilisk (*Brachiaria decumbens*), la libertad, piata, marandú y toledo (*Brachiaria brizantha*), la ruzi (*Brachiaria ruziziensis*), el mulato I y mulato II (*Brachiaria hibrido*) y el cultivar llanero de *Brachiaria humidicola* o mal llamada *Brachiaria dyctioneura;* es la agrupación más heterogénea en sus requerimientos y morfología (Agrosavia, 2017), (CIAT, 2010), (Bernal, 1994), (ICA, 1976).

g. **Grupo 8.** Pastos de clima cálido compuestos únicamente por el pasto humidícola o pasto dulce *(Brachiaria humidicola),* de crecimiento estolonífero, ampliamente adaptado a variedades de suelos, soporta altas saturaciones de aluminio, baja fertilidad, encharcamientos y drenaje pobre; es el pasto de menor calidad nutricional, pero ofrece una oferta forrajera, donde difícilmente otros pastos pueden adaptarse (Agrosavia, 2017), (CIAT, 2010), (Bernal, 1994), (ICA, 1976).

A continuación, en la tabla 8 se presenta el resumen de las agrupaciones de pastos.

Tabla 8. Agrupaciones de pasturas por similitud en requerimientos edafoclimáticos, características morfológicas y calidades nutricionales

Grupo	Principales características	Nombre común	Nombre científico
G1	Clima frío con importantes exigencias tecnológicas.	Raygrass anual	*Lolium multiflorum*
		Raygrass híbrido	*Lolium hybridum*
		Raygrass perenne	*Lolium perenne*
		Festuca	*Festuca arudianacea*
		Falsa poa	*Holcus lanatus*
		Azul orchoro	*Dactylis glomerata*
G2	Clima frío con baja exigencia tecnológica y alta adaptabilidad.	Kikuyo	*Cenchrus clandestinus*
G3	Clima cálido de suelos fértiles.	Ángleton	*Dichantium aristatum*
		Climacuna	*Dichantium anulatum*
G4	Clima cálido y templado de suelos fértiles a moderadamente fértiles.	Estrella, tumbaviejos,	*Cynodon nl emfuensis*
		Estrella africana, tumbaviejos	*Cynodon plectostachyus*
		Argentina, bermuda	*Cynodon dactylon*
		Híbrido tifton 85	*Cynodon spp.*
G5	Clima cálido, con drenaje limitado e inundables.	Pará, admirable	*Brachiaria mutica*
		Braquipará	*Brachiaria plantaginea*
		Tanner, urare	*Brachiaria arrecta*
		Alemán	*Echinochloa polystachya*
G6	Clima cálido con suelos de alta fertilidad, de crecimiento en macolla y de raíces muy profundas tolerantes al sombrío, propio de sistemas silvopastoriles.	Guinea, mombasa, tanzania	*Megathyrsus maximus*
		Híbrido massai	*Megathyrsus hibrido*
G7	Clima cálido con suelos ácidos y buen drenaje.	Común, basilisk	*Brachiaria decumbens*
		La libertad, piata, marandú, toledo	*Brachiaria brizantha*
		Ruzi	*Brachiaria ruziziensis*
		Mulato I, mulato II	*Brachiaria hibrido*
		Cultivar llanero o Brachiaria dyctioneura	*Brachiaria humidicola*
G8	Alta adaptabilidad a suelos ácidos con altas saturaciones de aluminio y diferentes condiciones de drenajes.	Humidícola, pasto dulce	Brachiaria humidicola

Fuente: Elaboración propia.

Es de anotar que otras especies de pastos fueron analizados, como son el caso del gordura (*Melinis minutiflora*), el puntero o yaraguá (*Hyparrhenia rufa*) y el carimagua (*Andropogon gayanus*), adaptados a suelos ácidos y de buen drenaje, utilizados inicialmente en los Llanos Orientales, pero reemplazados por las Brachiarias; otro es el pangola (*Digitaria eriantha*), adaptado a clima cálido y templado, sin embargo, es poco frecuente; de igual forma sucede con el buffel (*Cenchrus ciliaris*), el cual se adapta al clima cálido y templado, y a suelos salinos.

Con base en los requerimientos de las anteriores agrupaciones, se construyeron los rangos de las variables y criterios, unificando cada uno por agrupación y finalmente a un criterio integrado para la producción de gramíneas forrajeras para pastoreo, mediante un proceso de análisis jerárquico multicriterio.

En la tabla 9 se presenta la calificación de las variables físicas para la zonificación de aptitud.

Tabla 9. Rangos de aptitud del componente físico para la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo

Criterio	Variable	Unidad de medida	Agrupación	Categorías de aptitud			
				Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
Condiciones climáticas	Temperatura media anual	Grados centígrados (°C)	G1	12-15	15-18; 10-12	6-10	<6->18
			G2	12-15	15-18; 10-12	8-10	<8->18
			G3	>24	22-24	20-22	<20
			G4	>24	18-24	16-18	<16
			G5	>24	20-24	17-20	<17
			G6	>24	20-24	18-20	<18
			G7	>26	20-26	18-20	<18
			G8	>24	20-24	17-20	<17
	Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)	Cualitativo	Todas	>0,85	0,7-0,85	0,5-0,7	<0,5
	Brillo solar medio diario anual	Horas sol/día	G1, G2	>3	2-3	<2	-
			G3, G4, G5, G6, G7 G8	>4	3-4	<3	-
Capacidad de laboreo y pastoreo	Pendiente	Porcentaje (%)	G1, G2, G3, G4, G6, G7, G8	≤7	>7-≤12	>12-≤ 25	>25
			G5	≤3	>3-≤7	>7-≤ 25	>25
	Pedregosidad	Fase cartográfica	Todas	Sin fase de pedregosidad	-	Con fase de pedregosidad	-
	Textura	Clases de texturas	Todas	F, FL, FA, FArA, FArL, FAr, ArA	A, AF, L, ArL, Ar	A, Ar (Vertisoles, Vertic)	Orgánicos

Criterio	Variable	Unidad de medida	Agrupación	Categorías de aptitud			
Toxicidad por sales y/o sodio y aluminio	Saturación de aluminio	Porcentaje (%)	G1	≤30	30-60	>60	-
			G2, G7	<60	60-90	>90	-
			G3	<15	15-30	30-60	> 60
			G4, G5, G6	<15	15-30	>30	-
			G8	<90	>90	-	-
	Salinidad y/o sodicidad	Conductividad eléctrica (dS/m) y PSI (%)	G1	≤5,6 dS/m	5,6-10,8 dS/m	>10,8	-
				No sódico (≤15 %)	-	Sódico (>15 %)	-
			G2	≤6 dS/m	6-10 dS/m	>10 dS/m	-
				No sódico (≤15 %)	-	Sódico (>15 %)	-
			G3, G4, G7, G8	≤4 dS/m	4-8 dS/m	>8 dS/m	-
				No sódico (≤15 %)	-	Sódico (>15 %)	
			G5	≤7 dS/m	7-13 dS/m	>13 dS/m	-
				No sódico (≤15 %)	-	Sódico (>15 %)	-
			G6	≤6,9 dS/m	6,9-13 dS/m	>13 dS/m	-
				No sódico (≤15 %)	-	Sódico (>15 %)	-

Criterio	Variable	Unidad de medida	Agrupación	Categorías de aptitud			
Susceptibilidad a la pérdida de suelos	Fases por grados de erosión, degradación de suelos por erosión, pendiente, amenaza por movimientos en masa	Cualitativo, producto de combinación de clases por fases por erosión, degradación de suelos por erosión, pendiente y amenaza por movimientos en masa	Todas	Baja susceptibilidad a la pérdida de suelo para el establecimiento de pastos para la producción bufalina	Moderada susceptibilidad a la pérdida de suelo para el establecimiento de pastos para la producción bufalina	Fuerte susceptibilidad a la pérdida de suelo para el establecimiento de pastos para la producción bufalina	Restricciones por susceptibilidad a la pérdida de suelo que imposibilitan el establecimiento de pastos para la producción bufalina
	Acidez (pH)	pH	G1	5,5-6,5	5,0-5,4 y 6,6-7,8	<5,0 y >7,8	-
			G2	5,0-6,5	4,5-4,9 y 6,6-7,3	<4,5 y >7,3	-
			G3	6,0-7,5	5,5-5,9 y 7,6-7,8	<5,5 y >7,8	-
			G4	6,0-7,5	5,5-5,9 y 7,6-7,8	<5,5 y >7,8	-
			G5	6,0-7,3	5,5-5,9 y 7,4-8,4	<5,5 y >8,4	-
Disponibilidad de nutrientes			G6	5,8-7,3	5,0- 5,7 y 7,4-7,8	<5,0 y >7,8	-
			G7	5,0-6,5	4,5- 4,9 y 6,6-7,3	<4,5 y >7,3	-
			G8	4,8-5,5	3,8-4,7 y 5,6-7,3	<3,8 y >7,3	-
	Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	cmol/kg de suelo	G1, G2, G5, G6	>20	10-20	<10	-
			G3, G4	>20	15-20	<15	-
			G7	>15	5-15	<5	-
			G8	>10	5-10	<5	-

Criterio	Variable	Unidad de medida	Agrupación	Categorías de aptitud			
	Saturación de bases	Porcentaje (%)	G1, G2, G7	>35	10-35	<10	-
Disponibilidad de nutrientes			G3, G4	>70	50-70	<50	-
			G5, G6	>50	35-50	<35	-
			G8	>10	5-10	<5	-
	Carbono orgánico	Porcentaje (%)	G1	>4,0-≤10; Andisoles >4,0 - ≤15	≥2,7 - ≤4,0; >10; Andisoles >15	<2,7; Histosoles	-
			G2	>2,7 - ≤10; Andisoles >2,7 - ≤15	≥1,3 - ≤2,7; >10; Andisoles >15	<1,3; Histosoles	-
			G3, G4, G5, G6, G7, G8	>1,2 - ≤10	≥0,5 - ≤1,2; >10	<0,5; Histosoles	-
Disponibilidad de humedad	Régimen de humedad del suelo	Clases de regímenes de humedad	G1, G2, G3, G4, G8	Údico	Ústico	Ácuico	Arídico, Perácuico
			G5	Ácuico	Údico intergrados Ácuicos Údicos	Intergrados Ácuicos Ústicos	Ústico, Arídico
			G6, G7	Údico	Ústico	-	Arídico, Ácuico, Perácuico
	Textura	Clases de texturas	Todas	Ar, ArA, ArL, FAr, FArA, FArL, F	FA, FL, L	A, AF	-
	Drenaje natural	Clases de drenaje natural	G1, G2, G3, G4,	Bueno, moderado	Imperfecto, excesivo	Pobre	Muy pobre
			G5	Pobre	Muy pobre	Imperfecto, moderado	Bueno, excesivo
Disponibilidad de oxígeno			G6, G7	Bueno, moderado	Imperfecto, excesivo	-	Pobre, muy pobre
			G8	Bueno, moderado	Imperfecto, excesivo	Pobre, muy pobre	-

Criterio	Variable	Unidad de medida	Agrupación	Categorías de aptitud			
	Susceptibilidad a inundaciones	Fases cartográficas de inundación	G1, G2, G3, G4	No hay/raras	Ocasionales	Frecuentes	Muy frecuentes
Disponibilidad de oxígeno			G5	Frecuentes	Raras/ocasionales	Muy frecuentes/no hay	-
			G6, G7	No hay	Raras	Ocasionales	Frecuentes/muy frecuentes
			G8	No hay, raras, ocasionales	Frecuentes	Muy frecuentes	-
Condiciones de enraizamiento	Profundidad efectiva	Centímetros (cm)	G1, G2, G3, G4, G6, G7	>50	25-50	<25	-
			G5, G8	>25	-	<25	-
	Pedregosidad	Fase cartográfica	Todas	Sin fase de pedregosidad	-	Con fase de pedregosidad	-
	Textura	Clases de texturas	Todas	F, FL, FA, FArA, L, FAL, FAr, ArA, ArL, Ar (finas)	A, AF, Ar (muy finas)	-	-
Susceptibilidad fitosanitaria	Temperatura media anual asociada al complejo de salivazo o mión de los pastos	Grados centígrados (°C)	Todas	<24	≥24	-	-
	Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc) asociado al complejo de salivazo o mión de los pastos	Cualitativo	Todas	>0,95	<0,65 y >0,85-0,95	0,65 y 0,85	-
	Temperatura media anual asociada al chinche de los pastos, Collaria sp.	Grados centígrados (°C)	Todas	≤14 y ≥19	>14 y ≤16	>16 y <19	-

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2. Criterios y variables del componente socioecosistémico

Desde el componente socioecosistémico, en el criterio de cambio de cobertura, donde se unieron los mapas de las tres agrupaciones de pastos (grupos 1 y 2, grupos 3, 4, 7 y los grupos 5 y 8), se identificaron áreas de exclusión técnica (N1), las cuales fueron definidas bajo los siguientes parámetros:

Las exclusiones técnicas del criterio cambio de cobertura fueron definidas bajo los siguientes parámetros:

- **Coberturas que no forman parte de la frontera agrícola nacional:** se toman como primer referente de exclusión todas aquellas coberturas que no son parte de la frontera agrícola (Resolución 261 de 2018, MADR), las cuales se relacionan a continuación (tabla 10):

Tabla 10. Coberturas excluidas de la frontera agrícola nacional

Leyenda		
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

Leyenda		
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 baja-mar
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

Fuente: Elaboración propia.

- **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, las cuales se enlistan a continuación (tabla 11).

Tabla 11. Coberturas incompatibles con el TUT

Coberturas
5.1.1. Ríos (50 m)
5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales
5.1.3. Canales
5.1.4. Cuerpos de agua artificiales
5.1.4.1. Embalses
5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental

Fuente: UPRA (2018).

Por otra parte, los biomas-cobertura del numeral 3.2.1.1. (Herbazal denso Biomas Halobiomas del Pacífico, litobiomas de la Amazonía y Orinoquía, zonobioma alternohígrico y/o subxerofítico tropical del Valle del Cauca), se consideran incompatibles con el TUT.

- **Bosques naturales 2010:** la capa de bosques naturales al año 2010 se obtiene del mapa bosque/no bosque para Colombia, área continental (imágenes escala fina Landsat escala 1:100.000) 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 Efecto 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.

A continuación, se presentan los rangos de aptitud del componente socioecosistémico para la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo en Colombia (tabla 12).

Tabla 12. Rangos de aptitud del componente socioecosistémico para la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo

Criterio	Variable	Unidad de medida	Categorías de aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)	
Estatus ecológico de las pasturas	Vigor	Valores normalizados de la productividad primaria neta (t/ha/año)	Áreas con pasturas de alta productividad >41,2	Áreas con pasturas de moderada productividad 36,7-41,2	Áreas con pasturas de baja productividad <36,7	-
	Potencial de invasibilidad	Valores normalizados de la probabilidad de invasibilidad	Áreas cuyas condiciones biofísicas no facilitan la invasibilidad <0,5	Áreas cuyas condiciones biofísicas facilitan en grado moderado la invasibilidad 0,5-0,9	Áreas cuyas condiciones biofísicas facilitan la invasibilidad >0,9	-
	Amenaza por incendios de la cobertura vegetal	Categorías de amenaza total	Áreas con mínima probabilidad de incendios de la cobertura vegetal. Amenaza total muy baja y baja	Áreas con moderada probabilidad de incendios de la cobertura vegetal. Amenaza total moderada	Áreas con alta probabilidad de incendios de la cobertura vegetal. Amenaza total alta y muy alta	-
Confort animal	Movilidad	Cualitativo	Zonas donde no se ve alterada la movilidad de los búfalos en pastoreo	Zonas donde se ve alterada de forma moderada la movilidad de los búfalos en pastoreo	Zonas donde se ve alterada altamente la movilidad de los búfalos en pastoreo	-

Criterio	Variable	Unidad de medida	Categorías de aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)	
Confort animal	Confort higrotérmico	Cualitativo	Zonas con sensación térmica óptima. Frecuencia respiratoria y cardíaca dentro de los parámetros normales o ideales para ingesta, crecimiento, producción y reproducción	Zonas con sensación térmica moderada. Se empiezan a elevar ligeramente los parámetros respiratorios y cardíacos, puede presentar jadeo con o sin salivación y una leve disminución de la ingesta, crecimiento, producción y reproducción	Zonas con sensación térmica extrema. Se aumentan frecuencia respiratoria y cardíaca, jadeo con salivación moderada a excesiva, reducción de ingesta, disminución de crecimiento, producción y reproducción	-
	Áreas que facilitan la captación de agua y favorecen la termorregulación	Cualitativo	Mayor facilidad para la captación de agua	Facilidad moderada para la captación de agua	Baja facilidad para la captación de agua	-
	Condiciones de sombrío	Cualitativo	Zonas donde las coberturas naturales generan mayor sombrío	Zonas donde las coberturas naturales generan sombrío moderado	Zonas donde las coberturas naturales generan menor sombrío	-
Potencial forrajero de pastos nativos y naturalizados	Número de especies de importancia forrajera presentes	Valores normalizados del número de especies con mayor potencial forrajero en Colombia, basado en su distribución biogeográfica o patrones corológicos	Áreas que comparten la distribución de 5 o más especies	Áreas que comparten la distribución de 3 a 5 especies	Áreas en las cuales se distribuyen menos de 3 especies	-
	Uso tradicional de los pastos nativos como forrajes	Categorías cualitativas de uso de especies nativas como forraje	Áreas reportadas con uso conocido y frecuente de pastos nativos como forraje	Áreas en las cuales el uso de pastos nativos como forrajes es conocido, pero es poco frecuente su uso en actividades pecuarias	Áreas en las cuales existen pastos nativos con potencial forrajero, pero no se conoce su uso ni su utilización	-

Criterio	Variable		Unidad de medida	Categorías de aptitud			
			Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)	
Apropiación y acceso al agua	Apropiación de agua	Uso consuntivo	Millones de m^3	<0,7	0,7-1,05	>1,05	-
		Demanda hídrica		>0,000501	0,000501-0,000025	<0,000025	-
	Acceso al agua		Cualitativo	Zonas donde los rendimientos hídricos por subzona hidrográfica son altos y la distancia de desplazamiento es baja	Zonas donde los rendimientos hídricos por subzona hidrográfica son moderados y la distancia de desplazamiento es media	Zonas donde los rendimientos hídricos por subzona hidrográfica son bajos y la distancia de desplazamiento es alta	-
Integridad ecológica	Conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN)		Categoría de costo -distancia acumulada	Conectividad baja >17.500	Conectividad media 0-17.500	Conectividad alta 0	-
	Índice de naturalidad por subzona hidrográfica (INAT)		Proporción de área de la unidad biogeográfica (%)	INAT muy baja- vital, baja-estratégica y moderada 0-50	INAT alta 50-75	INAT muy alta-protección 75-100	-

Criterio	Variable		Unidad de medida Alta (A1)	Categorías de aptitud			
				Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)	
	Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)	Áreas prioritarias para la conservación (APC)	Cualitativo. Requiere asignación de pesos para integrar especies sensibles en Aicas y APC; riqueza potencial de especies migratorias	Baja presencia de APC y especies sensibles	Alta presencia de APC y especies sensibles	Áreas asociadas a coberturas naturales en las cuales se asume una muy alta densidad de especies	-
		Áreas de importancia para la conservación de aves (Aicas)		Áreas sin identificación de Aicas (menor a -0,085) ln D	Aicas muy baja de especies sensibles (-0,085 a -6,137) ln D	Aicas moderada de especies sensibles (-4,189 a -2,241) ln D	
Integridad ecológica					Aicas bajas de especies sensibles (-6,137 a -4,189) ln D	Aicas alta de especies sensibles (-2,241 a -0,293) ln D	
						Aicas muy alta de especies sensibles (-0,293 a 1,67) ln D	
		Áreas críticas (AC) para aves migratorias en paisajes agropecuarios		>1,51	1,34-1,51	<1,34	
	Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)-integración			2,27-3,0	1,6-2,27	<1,6	-
Sanidad animal	Susceptibilidad a la transmisión de enfermedades vectoriales de control oficial y hemoparásitos		Cualitativo	Susceptibilidad baja	Susceptibilidad media	Susceptibilidad alta	-
	Susceptibilidad al contagio por enfermedades no vectoriales de control oficial		Cualitativo	Susceptibilidad baja	Susceptibilidad media	Susceptibilidad alta	-

Criterio	Variable	Unidad de medida	Categorías de aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)	
Cambio de cobertura	Cambio de cobertura de la tierra	Categoría de favorabilidad del cambio de cobertura para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo	Zonas de alta favorabilidad para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo, donde predominan las áreas de pastos (limpios, enmalezados y arbolados), cultivos dedicados a la producción industrial como caña, algodón palma y zonas quemadas (adaptado de Ideam, 2010). Las zonas con aptitud A1 corresponden a aquellas áreas que por su productividad y cobertura actual cumplen con las condiciones idóneas para el establecimiento de actividades agropecuarias, sin que el cambio de cobertura la resienta ambientalmente.	Zonas de moderada favorabilidad para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo, donde predominan mosaicos de pastos y cultivos de café, plátano y banano. Una zona con aptitud A2 cumple con las condiciones necesarias para el desarrollo de la actividad bufalera; no obstante, sus condiciones de favorabilidad son menores a las de una zona de aptitud A1, ya que un cambio de cobertura puede afectar la producción de alimentos básicos y generar un impacto moderado sobres las condiciones naturales de la misma.	Zonas con favorabilidad baja para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo, donde predominan los cultivos de ciclo corto o permanentes arbóreos, arbustivos o herbáceos, dedicados a la producción de alimentos humanos; también agrupa algunas unidades de coberturas naturales y seminaturales que pueden ser marginalmente aptas para la actividad bufalera (herbazales densos de tierra firme); adicionalmente, se incluyen las zonas pantanosas, vegetación acuática sobre cuerpos de agua, lagunas, lagos y ciénagas naturales localizados por debajo de los 1000 m s. n. m. Aunque cumplen con algunas condiciones para el desarrollo de esta actividad productiva, es necesario considerar que son zonas importantes para la producción de alimentos o poseen características ambientales relevantes; por lo tanto, un cambio de cobertura puede llegar a tener un impacto considerable sobre las condiciones naturales y productivas de la zona.	Zonas no favorables para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo. Están referidas principalmente a las coberturas naturales y seminaturales, áreas húmedas, las superficies de agua y los territorios artificializados. La categoría de aptitud N1 identifica principalmente aquellas áreas que por sus características naturales deben ser protegidas, por lo que deben mantener su cobertura actual; por lo tanto, no puede desarrollarse la actividad bufalera. Se incluyen también las coberturas de bosques naturales identificados en el mapa de bosque/no bosque (Ideam, 2010).
Variación del contenido estimado de carbono	Balance de carbono estimado	Toneladas de CO_2 equivalente (t/CO_2 eq)	El balance neto es mayor al almacenamiento de CO_2 eq >11.600	El balance neto no representa diferencia significativa en el almacenamiento de CO_2 eq 6.250-11.600	El balance neto es bastante menor al almacenamiento de CO_2 eq <6.250	-

Fuente: Elaboración propia.

3.3.3. Criterios y variables del componente socioeconómico

En el componente socioeconómico, la aptitud se distribuyó en las tres categorías: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No se presentaron no aptos (N1).

En la tabla 13 se registran los rangos de aptitud desde el componente socioeconómico.

Tabla 13. Rangos de aptitud del componente socioeconómico para la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo.

Criterio	Variable	Unidad de medida	Categorías de aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	
Infraestructura y logística	Cercanía a centros de concentración	Tiempo de desplazamiento	<1 hora	1-3 horas	>3 horas
	Inventario bufalino	Predios/número cabezas	El predio y el colindante de los municipios con inventario de más de 1.127 animales	El predio y el colindante de los municipios con inventario entre 10 y 1.127 animales.	Resto del país
	Cercanía a plantas de acopio y/o procesadoras de leche	Tiempo de desplazamiento	<1/2 hora	1/2-1 hora	>1 hora
	Cercanía a plantas de beneficio	Número de animales sacrificados/tiempo de desplazamiento	>1000/2 horas	<1000/2 horas	Sin sacrificio
	Cercanía a centros de servicio	Tiempo de desplazamiento	<1/2 hora	1/2-2 horas	>2 horas
	Energía eléctrica	Índice de favorabilidad	Municipios >2,5	Municipios 1,9-2,5	Municipios <1,9
	Conectividad terrestre y fluvial	Predios	Predio y colindante a rutas que transportan más de 300 búfalos (incluye línea de la vía) y puertos fluviales	Predio y colindante a rutas que transportan menos de 300 búfalos (incluye línea de la vía) y puertos fluviales	Resto del país
	Cercanía a puertos marítimos	Tiempo de desplazamiento	<2 horas	2-4 horas	>4 horas
Institucionalidad y asociatividad	Cercanía al gremio	Tiempo de desplazamiento	<1/2 hora	1/2-1 hora	>1 hora

Criterio	Variable	Unidad de medida	Categorías de aptitud		
	Cercanía a asociaciones y/o cooperativas	Tiempo de desplazamiento	<1/2 hora	1/2-1 hora	>1 hora
Institucionalidad y asociatividad	Cercanía a puntos de servicio al ganadero ICA	Tiempo de desplazamiento	<1/2 hora	1/2-1 hora	>1 hora
	Cercanía a Agrosavia	Tiempo de desplazamiento	<1/2 hora	1/2-2 horas	>2 horas
Disponibilidad de mano de obra	Densidad de la población rural en edad de trabajar	Número de habitantes rurales en edad de trabajar/km^2	>1,90	0,95-1,90	<0,95
	Oferta educativa técnica y tecnológica	Tiempo de desplazamiento	<1 hora	1-2 horas	>2 horas
	Oferta educativa universitaria	Tiempo de desplazamiento	<1 hora	1-2 horas	>2 horas
	Tamaño predial	Predios	>350 ha	35-350 ha	<35 ha
Dinámica del mercado de tierras	Avalúo catastral rural	Pesos/ha	<3 millones	3 -8 millones	>8 millones
	Arriendo rural	Pesos/ha	<500.000	500.000-1.000.000	>1.000.000

Criterio	Variable		Unidad de medida	Categorías de aptitud		
Dinámica del mercado de tierras	Tendencia a la formalidad		Predios	Predios con matrícula inmobiliaria sin presunción de informalidad	-	Predios con mejoras, predios sin interrelación catastro registro, predios con falsa tradición, predios con presunción de baldíos, predios con presunción de informalidad y predios con resolución de inscripción en el registro 1 de la Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente.
Indicadores económicos	Créditos otorgados		Millones de pesos	>667	221-667	<221
	Desempeño municipal		Indicador MDM	≥55 puntos	45-55 puntos	<45 puntos
	Valor agregado pecuario municipal		Miles de millones de pesos	>13,58	6,18-13,58	<6,18
	Zonas más afectadas por el conflicto armando (Zomac)		Municipios	Municipios declarados Zomac	Resto	-

Criterio	Variable		Unidad de medida	Categorías de aptitud		
Seguridad ciudadana	Abigeato		Tasa de abigeato por cada 1.000 cabezas de ganado	Sin ocurrencia del delito	≤1,4458	>1,4458
	Extorsiones rurales		Tasa de extorsiones rurales por cada 1.000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤0,2227	>0,2227
	Secuestros rurales		Tasa de secuestros rurales por cada 1.000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤0,0719	>0,0719
	Homicidios rurales		Tasa de homicidios rurales por cada 1.000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤0,5308	>0,5308
Condiciones de vida	Trabajo	Trabajo informal	Porcentaje de hogares con privaciones (%)	85,3	92,6	94,7
		Tasa de dependencia		30,3	45,3	69,1
	Salud	Barreras de acceso a servicios	Porcentaje de hogares con privaciones (%)	3,3	13,5	6,6
		Sin aseguramiento en salud		12,7	13,4	33,0
	Condiciones de la niñez y la juventud	Barreras de acceso al cuidado	Porcentaje de hogares con privaciones (%)	1,7	3,3	13,0
		Trabajo infantil		1,7	3,2	3,5
		Inasistencia escolar		4,2	8,0	16,4
		Rezago escolar		15,7	26,3	42,5

Criterio	Variable		Unidad de medida	Categorías de aptitud		
	Condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos	Hacinamiento crítico	Porcentaje de hogares con privaciones (%)	6,7	9,0	16,7
		Inadecuada eliminación de excretas		16,3	41,0	46,3
Condiciones de vida		Inadecuado material de paredes exteriores		2,8	3,0	8,8
		Inadecuado material de pisos		13,7	14,7	58,3
		Sin acceso a fuentes de agua mejorada		22,7	67,4	51,2
	Condiciones educativas del hogar	Analfabetismo	Porcentaje de hogares con privaciones (%)	12,2	18,5	33,8
		Bajo logro educativo		59,9	81,6	82,9

Fuente: Elaboración propia.

3.4. Exclusiones legales y condicionantes legales

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

3.4.1. Exclusiones legales

Las exclusiones legales están referidas a aquellas zonas en las cuales, por mandato legal, no se permite el desarrollo de actividades agropecuarias productivas. Las siguientes zonas son excluidas del proceso de zonificación de aptitud: ecosistemas estratégicos (páramos), áreas protegidas (áreas del Sistema Nacional de Parques Nacionales Naturales, parques naturales regionales, reservas forestales protectoras, otras áreas protegidas locales, zonas de preservación y recuperación para la preservación (AMEM), áreas urbanas (ciudades capitales y centros poblados), los parques arqueológicos y las Zonas de Reserva Forestal Nacional de la Ley 2, Zonas Tipo A.

La tabla 14 presenta las exclusiones legales y la figura 16 su correspondiente mapa para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo en Colombia.

Tabla 14. Exclusiones legales de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo

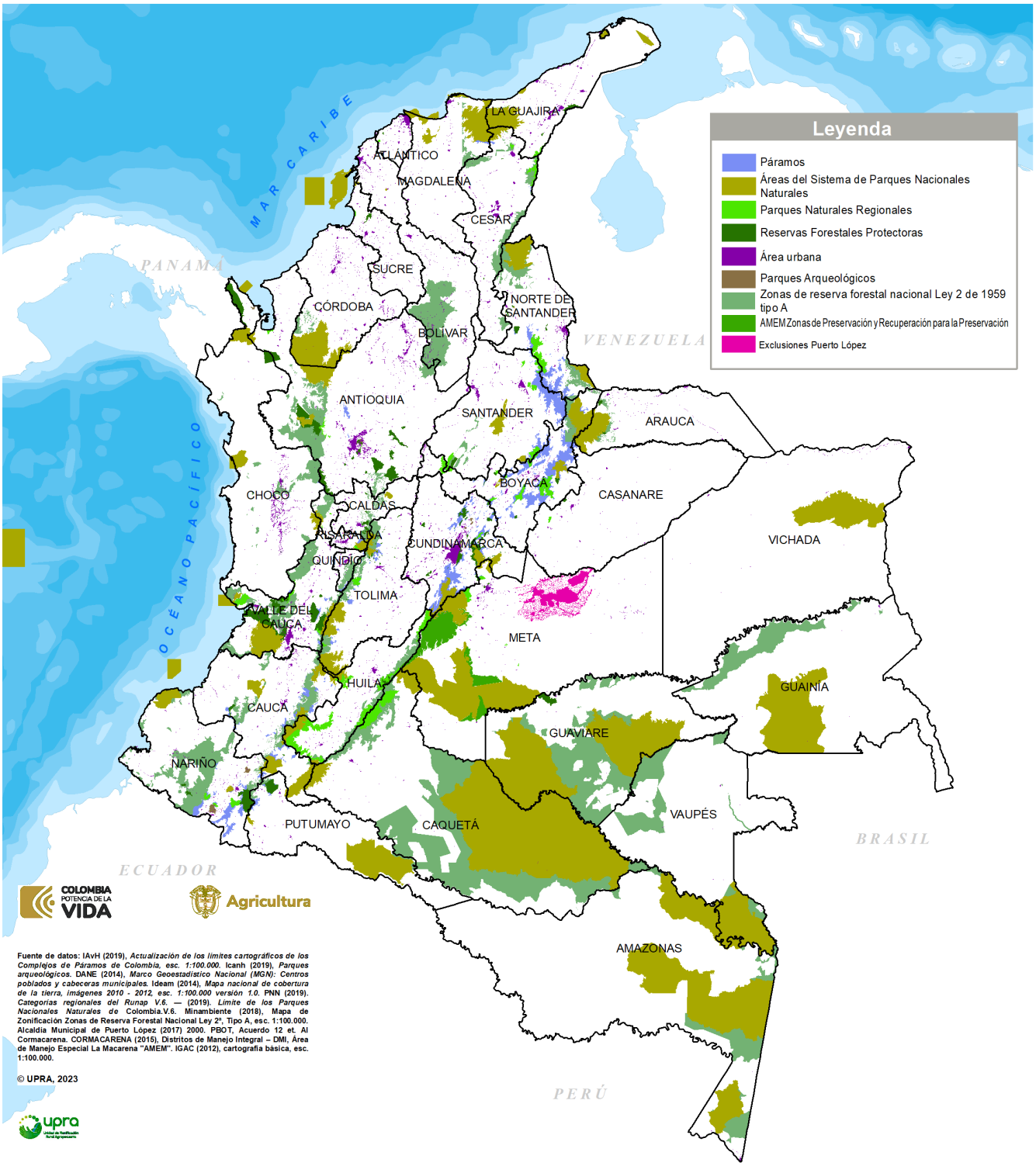
Variable	Áreas de exclusión
Ecosistemas estratégicos	**Páramos:** el Consejo de Estado indica, en la Providencia del 9 de marzo de 2015, que están absolutamente prohibidas las concesiones mineras, títulos mineros y actividades agropecuarias en los páramos colombianos; asimismo, faculta al Gobierno para cerrar las actividades de explotación minera y agropecuaria 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 explicó que los ministerios de Ambiente, Agricultura y de Minas están obligados a iniciar programas de sustitución y capacitación ambiental o de reconversión para las actividades agropecuarias que se desarrollaban en los páramos, antes de la entrada en 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 IAVH, hasta tanto se cuente con cartografía a escala más detallada (Ley 1450 de 2011, Artículo 202, parágrafo 1). 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 que en la actualidad es un ecosistema sometido a intervenciones negativas o disturbios que afectan su supervivencia. De acuerdo con la Resolución 886 de 2018 del MADS, «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 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 MADR, 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.

Variable	Áreas de exclusión
Áreas protegidas	**Áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales:** forman parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sinap) y están integradas por los tipos de áreas consagrados en el Artículo 329 del Decreto Ley 2811 de 1974 y el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, que reglamenta el Sinap. Este incluye las figuras de: los parques nacionales naturales, el área natural única, las reservas naturales, los santuarios de fauna, santuarios de fauna y flora y la Vía Parque. De conformidad con el Artículo 30 del Decreto 622 de 1977, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, esta categoría es totalmente incompatible con las actividades agropecuarias e industriales.
	Parques naturales regionales: de conformidad con el Decreto 2372 de 2010, se consideran como espacios geográficos en los que los 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.
Áreas protegidas	Reservas forestales protectoras: según el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, se consideran como espacios geográficos en los que los ecosistemas de bosque mantienen su función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas y los valores naturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su preservación, uso sostenible, restauración, conocimiento y disfrute. Estas zonas de propiedad pública o privada se reservan para destinarlas al establecimiento o mantenimiento y utilización sostenible de los bosques y demás coberturas vegetales naturales.
	Zonas de preservación y restauración para la preservación del Área de Manejo Especial de la Macarena (AMEM): según 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 forman parte del AMEM: las zonas identificadas como exclusiones son: a) recuperación para la preservación sur, b) recuperación para la preservación norte, c) vertiente oriental y d) recuperación para la preservación sur. Se detallan los siguientes polígonos de zonificaciones: Distrito de manejo integrado (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.
Otras áreas protegidas locales	De conformidad con el Plan básico de ordenamiento territorial (PBOT) del municipio de Puerto López de 2017 y el Acuerdo 12 de 2012 de Cormacarena, se establecen como exclusiones las siguientes áreas: bosques de galería, rondas de caño y ríos secundarios *buffer* de 30 metros, rondas principales *buffer* de 100 metros, Parque Municipal Yucao, Reserva Natural del Alto de Menegua y microcuencas que surten acueductos.
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), por lo cual no pueden ser objeto de actividades agrícolas.

Variable	Áreas de exclusión
Parques arqueológicos	Los 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 Instituto Colombiano de Antropología e Historia (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 plan de manejo arqueológico cuenta con el apoyo de entidades estatales para asegurar la conservación de estos espacios patrimoniales (ICANH, 2019).
Zonas de reserva forestal nacional de la Ley 2 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 2 de 1959. Se compone de siete reservas forestales nacionales: ZRFN del Pacífico, ZRFN Central, ZRFN del Río Magdalena, ZRFN de la Sierra Nevada de Santa Marta, ZRFN de la Serranía de los Motilones, ZRFN del Cocuy y ZRFN de la Amazonía. La zonificación adelantada por el MADS en las ZRFN 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: a. 1922 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal Central, establecida en la Ley 2 de 1959. b. 1923 de 2013, adopta la zonificación y ordenamiento de la Reserva Forestal de la Serranía de los Motilones, establecida en la Ley 2 de 1959. c. 1924 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Río Magdalena, establecida en la Ley 2 de 1959. d. 1925 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Amazonía, establecida en la Ley 2 de 1959, en los departamentos de Caquetá, Guaviare y Huila. e. 1926 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Pacífico, establecida en la Ley 2 de 1959. f. 1275 de 2014, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Cocuy, establecida en la ley 2 de 1959. g. 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 de 1959. h. 1277 de 2014, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Amazonía, establecida en la Ley 2 de 1959, en los departamentos de Amazonas, Cauca, Guainía, Putumayo y Vaupés.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 16. Mapa de exclusiones legales de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo



Fuente: Elaboración propia.

3.4.2. Condicionantes legales

Los condicionantes legales 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 condicionadas 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 los puntos de vista socioecosistémico y socioeconómico, en las áreas definidas por su importancia biológica, la producción comercial ha de proceder a través de mecanismos de consulta u otros que determine la legislación ambiental colombiana. Igualmente, se aplica este principio dado el compromiso internacional adquirido y ratificado por el país para la protección y la conservación de la biodiversidad, así como se considera 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 la tabla 15 se presentan los condicionantes legales y su correspondiente mapa para la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo en Colombia.

Tabla 15. Condicionantes legales de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo

Condicionante	Descripción
Áreas protegidas	**Distritos de manejo integrado (DMI):** de conformidad 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.
	Zonas de producción y recuperación para la producción del AMEM: Según 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 las 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.
	Distritos de conservación de suelos (DCS): el Decreto 2372 de 2010, compilado por el Decreto 1076 de 2015, define que son espacios geográficos cuyos ecosistemas estratégicos en la escala regional mantienen su función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas; aportan esencialmente a la generación de bienes y servicios ambientales, cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su restauración, uso sostenible, preservación, conocimiento y disfrute, por las restricciones debidas a su orientación de manejo para la recuperación de suelos alterados o degradados o la prevención de fenómenos que causen alteración o degradación en áreas especialmente vulnerables por sus condiciones físicas o climáticas o por la clase de utilidad que en ellas se desarrolla.
	Áreas de recreación: conforme al Artículo 15 del Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, son espacios geográficos en los que los paisajes y ecosistemas estratégicos en la escala regional mantienen la función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas, con un potencial significativo de recuperación, y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su restauración, uso sostenible, conocimiento y disfrute; por esa razón, esta categoría impone restricciones similares a las de los distritos de manejo integrado.
	Reservas naturales de la sociedad civil (RNSC): según el Artículo 1 del Decreto 1996 de 1999, corresponden a la parte o el todo del área de un inmueble que conserve una muestra de un ecosistema natural y sea manejado bajo los principios de la sustentabilidad en el uso de los recursos naturales.
	Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medioambiente: por medio de las Resoluciones 1987 y 1310 de 2018 del MADS, se declara una medida de precaución que protege temporalmente los sitios en los cuales se adelantan procesos de declaratoria de áreas protegidas nacionales y regionales. Esta es una acción estratégica que pretende aumentar la representatividad ecológica del sistema y 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 fundamento en dichos estudios.

Condicionante	Descripción
Otras áreas protegidas locales	Según el PBOT del municipio de Puerto López de 2017 y el Acuerdo 12 de 2012 de Cormacarena, 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.
Ecosistemas estratégicos	**Rondas hídricas:** el Artículo 3 del Decreto 1449 de 1977, «Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del Artículo 56 de la Ley número 135 de 1961 y el Decreto-Ley número 2811 de 1974», compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, establece que los propietarios de los predios rurales tienen la obligación de mantener en cobertura boscosa dentro del inmueble respectivo, las áreas forestales protectoras, entendiéndose por estas, entre otras, «una faja no inferior a 30 metros de ancha, paralela a las líneas de marea máximas, a cada lado de los cauces de los ríos, quebradas y arroyos, sean permanentes o no, y alrededor de los lagos o depósitos de agua». La ronda, de conformidad con el Artículo 10 de la Ley 388 de 1997, es una determinante ambiental que debe ser tenida en cuenta como norma de superior jerarquía por los municipios y distritos (Consulta 4120-E1-11525 del 7 de febrero de 2007 por el MADS). El Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección del Medio Ambiente, Decreto 2811 de 1974, establece una regulación en términos de propiedad en relación con las zonas paralelas a los cauces permanentes. En el Artículo 83, literal d, consagra que la faja paralela a las líneas de mareas máximas o al cauce permanente de ríos y lagos de hasta 30 m es un bien inembargable e imprescriptible del Estado, excepto si existen derechos adquiridos. En este sentido, el Decreto 3600 de 2007, que regula sobre los determinantes para el ordenamiento del suelo rural, en el Artículo 4 señala que las rondas hidráulicas forman parte de la categoría de áreas de conservación y protección ambiental, en tanto son áreas de especial importancia ecosistémica.
	Manglares: se definen como ecosistemas de zonas costeras en los que se relacionan especies arbóreas de diferentes familias denominadas mangle, con otras plantas, con animales que allí habitan permanentemente o durante algunas fases de su vida, y con las aguas, los suelos y otros componentes del ambiente (Resolución 1602 de 1995 del MADS). Para su conservación, el MADS desarrolló el «Programa Nacional para el Uso Sostenible, Manejo y Conservación de los Ecosistemas de Manglar», en el año 2002. En estos ecosistemas se prohíbe cualquier obra, industria o actividad que se localice dentro del área del manglar, y que destruya su cobertura forestal o altere los procesos ecológicos del ecosistema, exceptuando las labores comunitarias de acuicultura artesanal que no causen detrimento al manglar, y que sean debidamente aprobadas por las entidades administrativas de los recursos naturales competentes (Resolución 1602 de 1995 del MADS).
	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, la existencia de ecosistemas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos, entendiéndolos como aquellos que garantizan la oferta de servicios ecosistémicos relacionados con el ciclo hidrológico y, en general, con los procesos de regulación y disponibilidad del recurso hídrico en un área determinada. Se incluyen también las coberturas asociadas a zonas pantanosas y de vegetación acuática sobre cuerpos de agua, lagunas, lagos y ciénagas naturales localizados por debajo de 1000 m s. n. m. que no pueden ser usados cuando se encuentran inundados, debido a la susceptibilidad de degradación del ecosistema.

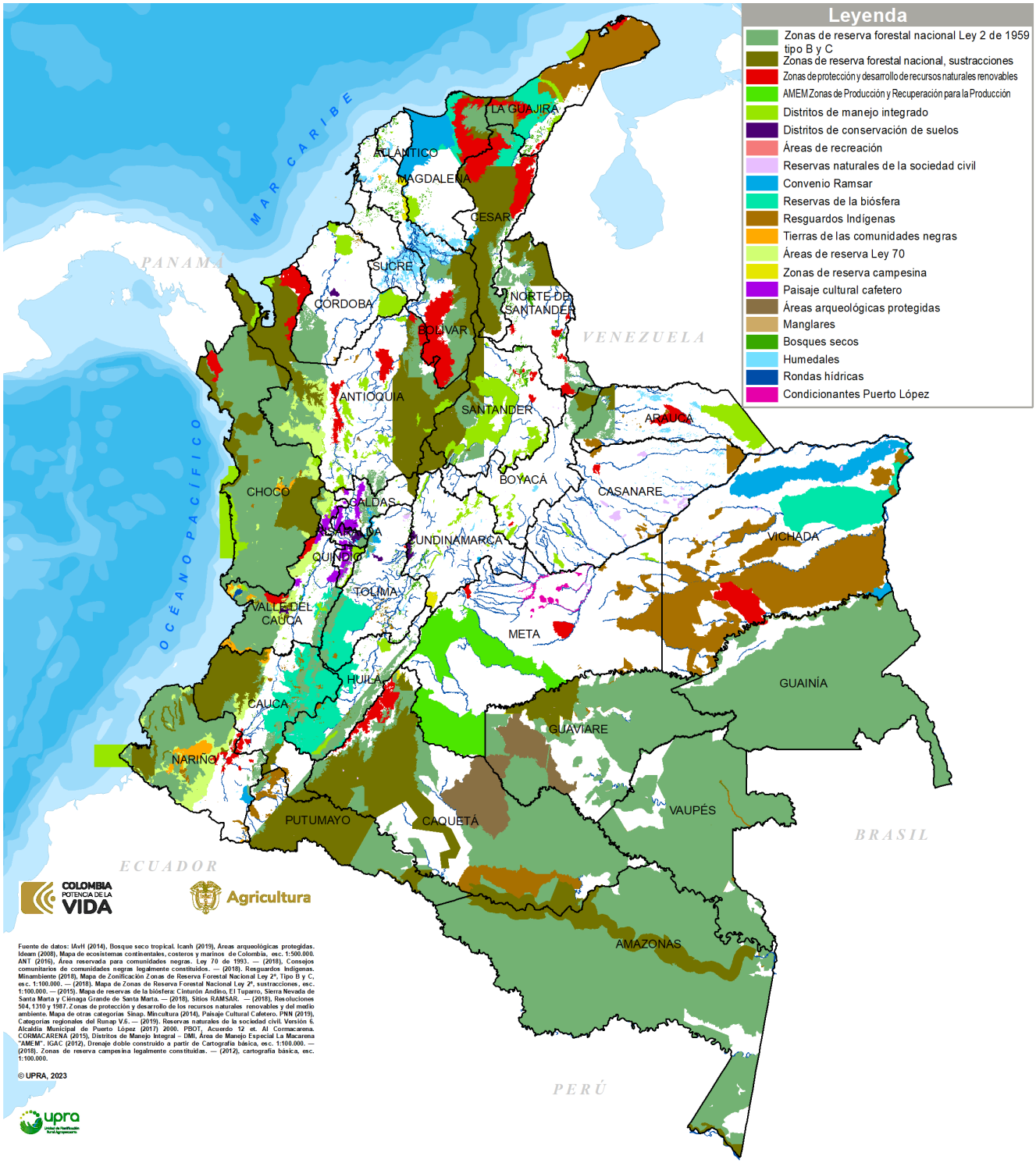
Condicionante	Descripción
Ecosistemas estratégicos	**Bosque seco tropical:** son parte de las zonas secas donde dominan especies con características morfofisiológicas con notable adaptación a la sequía. En estas zonas las sequías son pronunciadas (baja humedad atmosférica) y la evapotranspiración potencial es alta, a menudo asociada con escasez de nutrientes en el suelo. Estas zonas están sufriendo una rápida pérdida, fragmentación y degradación de sus ecosistemas, por lo que el MADS desarrolló el «Plan de acción nacional de lucha contra la desertificación y la sequía (PAN) 2005», a través del cual se busca adelantar acciones para el manejo sostenible de los ecosistemas de las zonas secas, así como la aplicación de medidas prácticas que permitan prevenir, detener y revertir procesos degradativos y contribuir al desarrollo sostenible de las zonas afectadas.
Distinciones internacionales	Agrupa aquellos lugares que, por factores de orden ecológico, motivan el reconocimiento de su importancia a nivel internacional, y que el país reconoce mediante su adscripción a tratados. El soporte legal de estos implica que se supediten o puedan modificar algunos elementos de la producción comercial, sin que ello represente una restricción misma al uso o la reducción de la aptitud del territorio para su implementación. Por este motivo, requieren detalles adicionales que deben ser estudiados en conjunto con las autoridades ambientales competentes. Las áreas son definidas por su importancia biológica y en concordancia con el compromiso internacional adquirido y ratificado por el país para la protección y conservación de la biodiversidad. En el ejercicio de zonificación de aptitud se consideran las siguientes distinciones internacionales:
	Convenio Ramsar: este convenio está referido a la protección de humedales; en él se define una zona húmeda o humedal como «cualquier extensión de marisma, pantano o turbera, o superficie cubierta de aguas, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de aguas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros» (Unesco, 1994). Respecto al convenio Ramsar, es importante resaltar que la Ley 1450 de 2011 menciona, en el parágrafo 1 del Artículo 202, que en los ecosistemas de humedales se podrán restringir parcial o totalmente las actividades agropecuarias, de explotación de alto impacto y explotación de hidrocarburos y minerales, con sustento en estudios técnicos, económicos y sociales y ambientales adoptados por el MADS, o quien haga sus veces, destacando que en los humedales designados dentro de la lista de importancia internacional de la convención Ramsar no se podrán adelantar dichas actividades, no obstante, las limitaciones de estas áreas deben obedecer a su plan de manejo, donde se definen sus respectivas zonas de conservación, preservación y uso.
	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 a comunidades humanas que vivan de actividades económicas sustentables que no pongan en peligro el valor ecológico del sitio. Una vez designado el nombramiento, la reserva queda reconocida internacionalmente, bajo soberanía de los respectivos Estados, quienes deben asegurar el cumplimiento y mantenimiento de las características excepcionales que hicieron posible la nominación. En Colombia existen: el Cinturón Andino, El Tuparro, Sierra Nevada de Santa Marta, Ciénaga Grande de Santa Marta y Seaflower.

Condicionante	Descripción
Áreas de interés cultural y social	**Tierras de las comunidades negras:** son las titulaciones colectivas de las comunidades negras. De conformidad con el Artículo 5 de la Ley 70 de 1993, «Para recibir en propiedad colectiva las tierras adjudicables, cada comunidad formará un Consejo Comunitario como forma de administración interna, cuyos requisitos determinará el reglamento que expida el Gobierno nacional».
	Áreas de reserva Ley 70 de 1993: 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 con el fin de proteger la identidad cultural y los derechos de las comunidades negras de Colombia como grupo étnico y el fomento de su desarrollo económico y social, para garantizar que obtengan condiciones reales de igualdad de oportunidades frente al resto de la sociedad colombiana.
	Zonas de reserva campesina: son tierras baldías de la Nación adjudicadas a los campesinos de escasos recursos, con objeto de fomentar la pequeña propiedad rural, con sujeción a las políticas de conservación del área, medio ambiente, los recursos naturales renovables y a los criterios de ordenamiento territorial y de la propiedad rural que se señalen (Ley 160 de 1994). 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.
	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, goza de las garantías de la propiedad privada, posee su territorio y se rige para el manejo de este y su vida interna por una organización autónoma amparada por el fuero indígena y su sistema normativo propio (Decreto 2164 de 1995, Ministerio de Agricultura). Conforme a los Artículos 63 y 329 de la Constitución Política, tienen el carácter de inalienables, imprescriptibles e inembargables. El condicionante se fundamenta también en lo establecido por la Ley 21 de 1991 y el Convenio OIT 169 de 1989.
	Paisaje cultural cafetero: 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 2079 de 2011, Ministerio de Cultura).
	Áreas arqueológicas protegidas: es un polígono o zona delimitada en el territorio de Colombia que, por las particularidades y características únicas de sus evidencias arqueológicas, requiere una especial protección y conservación, con miras a abrir las posibilidades para la investigación, divulgación y, en algunos casos, el turismo responsable en ella (ICANH, 2019). Estas áreas contienen un plan de manejo arqueológico definido por el ICANH, en donde se permite la realización de labores de agricultura tradicional y se restringe el desarrollo de agricultura mecanizada en las áreas de potencial muy alto.

Condicionante	Descripción
Zonas de reserva forestal nacional, Ley 2 de 1959, tipo B y C	**Zonas de reserva forestal nacional de Ley 2 de 1959, tipos 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 de 1959. Se componen 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 Amazonía.
	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 1922 de 2013, MADS) que corresponde a la adopción de la zonificación de la zona de reserva forestal Central).
	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 1922 de 2013, MADS) que corresponde a la adopción de la zonificación de la zona de reserva forestal Central).
	Sustracciones de las reservas forestales de Ley 2 de 1959: según el numeral 18, Artículo 5 de la Ley 99 de 1993, en concordancia con el Decreto-Ley 3570 de 2011, facultó al hoy MADS a reservar, alinderar y sustraer las reservas forestales nacionales. La sustracción se evalúa y otorga exclusivamente para la actividad que fue solicitada su sustracción; por este motivo, las zonas sustraídas son solo para tal fin. Se estableció como condicionante, dado que las sustracciones se realizan para una actividad determinada con la cual fueron solicitadas y no se puede realizar otro uso.
Zonas de importancia para fiebre aftosa	Agrupa las zonas de alta vigilancia (ZAV) que comprenden las franjas de territorio a nivel de las fronteras de aproximadamente 15 km de ancho, medidas desde el límite fronterizo hacia el interior del país. Se fundamenta en las siguientes resoluciones: Resolución 2141 de 2009 Resolución 3333 de 2010 Resolución 4693 de 2012

Fuente: Elaboración propia.

Figura 17. Mapa de condicionantes legales de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo



Fuente: Elaboración propia.

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 con el fin de identificar los sitios más adecuados para el establecimiento y producción de búfalos en pastoreo.

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

3.5.1. Proceso analítico jerárquico (AHP)

Dentro de la evaluación multicriterio, una de las técnicas más usadas es el proceso analítico jerárquico (AHP), desarrollado por el matemático Thomas Saaty; consiste en formalizar la compresión 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 de 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 criterio tiene sobre otros, comparándolos por pares. Así mismo, mediante la generación de los vectores propios de estas relaciones estima el grado de consistencia de las calificaciones como un valor de significancia estadística y a su vez genera el valor de la ponderación para poder realizar la suma lineal ponderada en la siguiente fase de análisis. Una vez construido el modelo jerárquico, se realizaron comparaciones entre pares de dichos elementos (criterios), se atribuyeron valores numéricos a las preferencias señaladas por las personas y se entregó una síntesis de estas mediante la agregación de esos juicios parciales.

El fundamento del proceso de Saaty se basa en dar valores numéricos a los juicios emitidos por las personas, con lo cual se logra medir cómo contribuye cada elemento de la jerarquía al nivel inmediatamente superior del cual se desprende. Para estas comparaciones, se utilizan escalas de razón en términos de preferencia, importancia a la probabilidad, sobre la base de una escala numérica propuesta por Saaty.

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 su importancia relativa respecto a otro; esto se desarrolla para todos los criterios definidos para el análisis mediante un taller donde se calificaron por pares los criterios, usando una escala de importancia que se presenta en la tabla 16.

Tabla 16. Escala de preferencia dentro del proceso de análisis jerárquico

Escala de valoración de la importancia de un criterio x sobre un criterio								
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			

Fuente: UPRA (2014).

La tabla 17 es una matriz de comparaciones pareadas de *n* criterios; *a* es la medida de la preferencia del criterio de la columna *j*. Cuando *i = j*, el valor de *aij* fue igual a 1, pues compara el criterio consigo mismo. La posición transpuesta de la medida de la preferencia *aij* automáticamente es el valor recíproco de *aij*, es decir, 1/*aij*.

Tabla 17. Esquema de la matriz de comparación a nivel 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

Fuente: UPRA (2014).

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

La entrada de datos en esta herramienta es la matriz de comparación de pares de criterios, la cual se normaliza por columna (se divide el valor de cada casilla de la matriz entre el total de la sumatoria de la columna a la cual pertenece dicho valor). A partir de la matriz normalizada, se obtiene el vector de prioridad asociado, que representa los pesos de cada uno de los criterios considerados.

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

$$(\boldsymbol{P_1} * \boldsymbol{criterio_1}) + (\boldsymbol{P_2} * \boldsymbol{criterio_2}) + \cdots + (\boldsymbol{P_n} * \boldsymbol{criterio_n})$$

Donde:

n = número de criterios

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

La tabla 18 presenta la matriz de evaluación multicriterio del componente biofísico (físico-so-

cioecosistémico) para la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo y la tabla 19 presenta la matriz de evaluación multicriterio socioeconómica. En las dos matrices se presentan los pesos relativos de cada criterio que resultan del análisis a través del *software* PriEsT.

Tabla 18. Matriz de evaluación multicriterio biofísica para la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo

CRITERIO	Condiciones climáticas	Estatus ecológico de las pasturas	Confort animal	Capacidad de laboreo y pastoreo	Potencial forrajero de pastos nativos y naturalizados	Toxicidad por sales y/o sodio y aluminio	Apropiación y acceso al agua	Susceptibilidad a pérdida de suelos	Disponibilidad de nutrientes	Disponibilidad de humedad	Disponibilidad de oxígeno	Condiciones de enraizamiento	Integridad ecológica	Sanidad animal	Cambio de cobertura	Variación del contenido estimado de carbono	Susceptibilidad fitosanitaria	Peso
Condiciones climáticas	1																	17,6
Estatus ecológico de las pasturas	1/3	1																14,5
Confort animal	1/3	1/3	1															12,1
Capacidad de laboreo y pastoreo	1/3	1/3	1/3	1														10,1
Potencial forrajero de pastos nativos y naturalizados	1/3	1/3	1/3	1/3	1													8,5
Toxicidad por sales y/o sodio y aluminio	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1												7,2
Apropiación y acceso al agua	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1											5,9
Susceptibilidad a pérdida de suelos	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1										4,9
Disponibilidad de nutrientes	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1									4,0
Disponibilidad de humedad	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1								3,3

Disponibilidad de oxígeno	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1						2,7
Condiciones de enraizamiento	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1					2,3
Integridad ecológica	1/7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1				1,9
Sanidad animal	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1			1,6
Cambio de cobertura	1/7	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1		1,3
Variación del contenido estimado de carbono	1/7	1/7	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1,1
Susceptibilidad fitosanitaria	1/9	1/7	1/7	1/7	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	0,9

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 19. Matriz de evaluación multicriterio socioeconómica para la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo

Criterio	Infraestructura y logística	Institucionalidad y asociatividad	Disponibilidad de mano de obra	Dinámica del mercado de tierras	Indicadores económicos	Seguridad ciudadana	Condiciones de vida	Pesos (%)
Infraestructura y logística	1							44,6
Institucionalidad y asociatividad	1/5	1						23,0
Disponibilidad de mano de obra	1/5	1/3	1					14,3
Dinámica del mercado de tierras	1/7	1/5	1/3	1				8,2
Indicadores económicos	1/7	1/5	1/5	1/3	1			4,8
Seguridad ciudadana	1/9	1/7	1/5	1/5	1/3	1		3,0
Condiciones de vida	1/9	1/9	1/7	1/5	1/3	1/3	1	2,0

Fuente: Elaboración propia.

El análisis estadístico presenta una consistencia lógica del 91,4 % para la ponderación de los criterios físico-socioecosistémicos (biofísico) y del 87 % para los criterios socioeconómicos; en cada caso, se combinó la información de los criterios considerados en la zonificación, realizando una suma lineal ponderada en la cual a los criterios se les aplicaron los pesos calculados para cada uno y se obtuvo un mapa físico-socioecosistémico y otro mapa socioeconómico para la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo.

$$S = \sum W_i * X_i$$

Donde:

S = mapa con categorías de aptitud

W_{i} = peso del criterio i

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

Finalmente, mediante una matriz de paso (tabla 20) se unieron los dos mapas intermedios, con el fin de obtener el mapa integrado para la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo.

Tabla 20. Matriz de paso para la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo

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

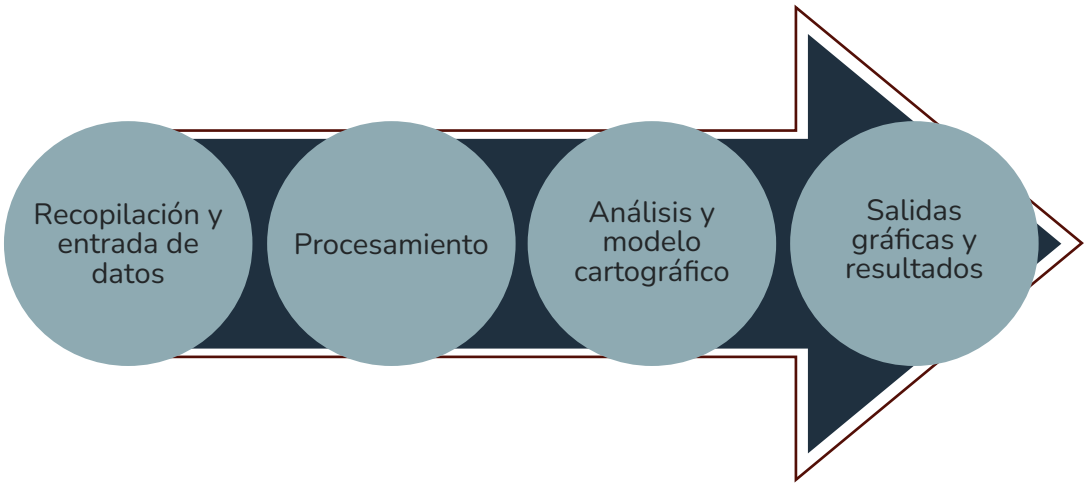
Fuente: Elaboración propia.

3.6 Análisis espacial y modelo cartográfico

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

Dentro del proceso de zonificación de aptitud, esta fase soportó muchos de los productos intermedios de tipo espacial para la obtención del mapa de aptitud para la producción de búfalos en pastoreo. Los pasos usados por la Oficina de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) de la UPRA se presentan en la figura 18.

Figura 18. Proceso de análisis de información para la obtención del mapa de zonificación de aptitud



Fuente: UPRA (2014).

Recopilación de información: consistió en la búsqueda, solicitud y evaluación de la información (espacial y alfanumérica) usada por los diferentes componentes. Esta información provino de entidades oficiales relacionadas con la producción de esta cadena. Algunas de las entidades consultadas se presentan en la tabla 21.

Tabla 21. Información recopilada en las entidades del Estado como insumo para la zonificación de aptitud para la producción de búfalos en pastoreo

Entidad	Tema
Asobúfalos	Listado de plantas de acopio y procesamiento de leche de búfala, simulador de producción ajustado al ciclo productivo bufalino, inventario bufalino.
Fedegán	Cifras del inventario bufalino de 2020 por departamentos y municipios.
Instituto Colombiano Agropecuario (ICA)	Normatividad vigente para las enfermedades de control obligatorio en bovinos. Localización a nivel nacional de la presencia (casos) de enfermedades de control obligatorio en bufalinos discriminada por vereda, municipio y departamento. Localización a nivel nacional de las zonas declaradas libres de enfermedades de control obligatorio en bufalinos, discriminada por: vereda, municipio, departamento. Cartografía derivada de la información epidemiológica a nivel nacional. Variables de la base de datos del registro único de vacunación (RUV): origen, destino, tipo de transporte, cantidad de animales movilizados, vereda, municipio, departamento. Localización, a nivel nacional discriminados por vereda, municipio y departamento, de plantas de procesamiento de lácteos, mataderos, centros de acopio de leche, subastas, ferias ganaderas, transformación de productos cárnicos y lácteos. Oficinas del ICA, discriminadas por vereda, municipio y departamento. Lugares autorizados para la expedición de las guías de movilización y su localización a nivel de vereda, municipio y departamento. Punto de registro de hierros presentes a nivel nacional discriminados por vereda, municipio y departamento. Predios certificados ante el ICA a nivel nacional discriminados por: vereda, municipio y departamento.

Entidad	Tema
Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (Finagro)	Tablas con valores de los Incentivos de Capitalización Rural (ICR) (2015-2017).
Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE)	Matrices de desagregación por subsectores económicos del valor agregado municipal, calculado a partir de las Cuentas Nacionales Departamentales y utilizada para la categorización de los municipios desde 2011 hasta 2015 (participación sectorial por municipio).
Instituto Nacional de Vigilancia de Medicamentos y Alimentos (Invima)	Localización discriminada por vereda, municipio y departamento de plantas de procesamiento, subastas y ferias ganaderas.
Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia)	Base de datos del inventario bovino de razas criollas colombianas discriminada por vereda, municipio, departamento, sexo, edades, cantidad de predios según cantidad de animales y cantidad de predios según tamaño de los predios.
Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam)	Factores de emisión departamentales para metano entérico; trabajo adelantado por el grupo de Gases de Efecto Invernadero (GEI) Nacional.
Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC)	Mapa actualizado de correlación de suelos de Colombia a escala 1:100.000. Información actualizada para los departamentos de Arauca, Casanare, Cesar y Huila. Información geográfica que comprende la delimitación del Sistema de Espacios Sagrados de la Línea Negra.
Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)	Actualización de la capa geográfica de humedales de interés internacional.
Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH)	Información sobre actualizaciones estadísticas y cartográficas de áreas de protección cultural y social de parques arqueológicos, según el Decreto 833 de 2002. Información geográfica que comprende puntos en donde se ha registrado material arqueológico en Colombia hasta el año 2018.
Agencia Nacional de Tierras (ANT)	Información geográfica que comprende la delimitación de las áreas que cuentan con resoluciones de protección provisional de la posesión del territorio ancestral y/o tradicional en el marco del Decreto 2333 de 2014.
Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural	Información consignada en las bases de datos del Fondo Nacional del Ganado en liquidación, la cual incluye el Sistema de Información Técnica (SIT), información a escala veredal y se exceptúa la que cubre la Ley de Habeas Data. Plantas de sacrificio de bovinos: ubicación, volumen de sacrificio y su clasificación por tamaño (grande, mediano y pequeño).

Fuente: Elaboración propia.

- **Procesamiento de la información:** abarcó una serie de procedimientos encaminados a que la información se encuentre en la forma adecuada para su análisis. Una de las operaciones más comunes utilizadas fueron los procesos de reclasificación y generalización temática, los cuales se emplearon para la estandarización o reescalamiento de las variables, criterios y lineamientos definidos en cada componente para su especialización dentro del modelo cartográfico definido para la zonificación.

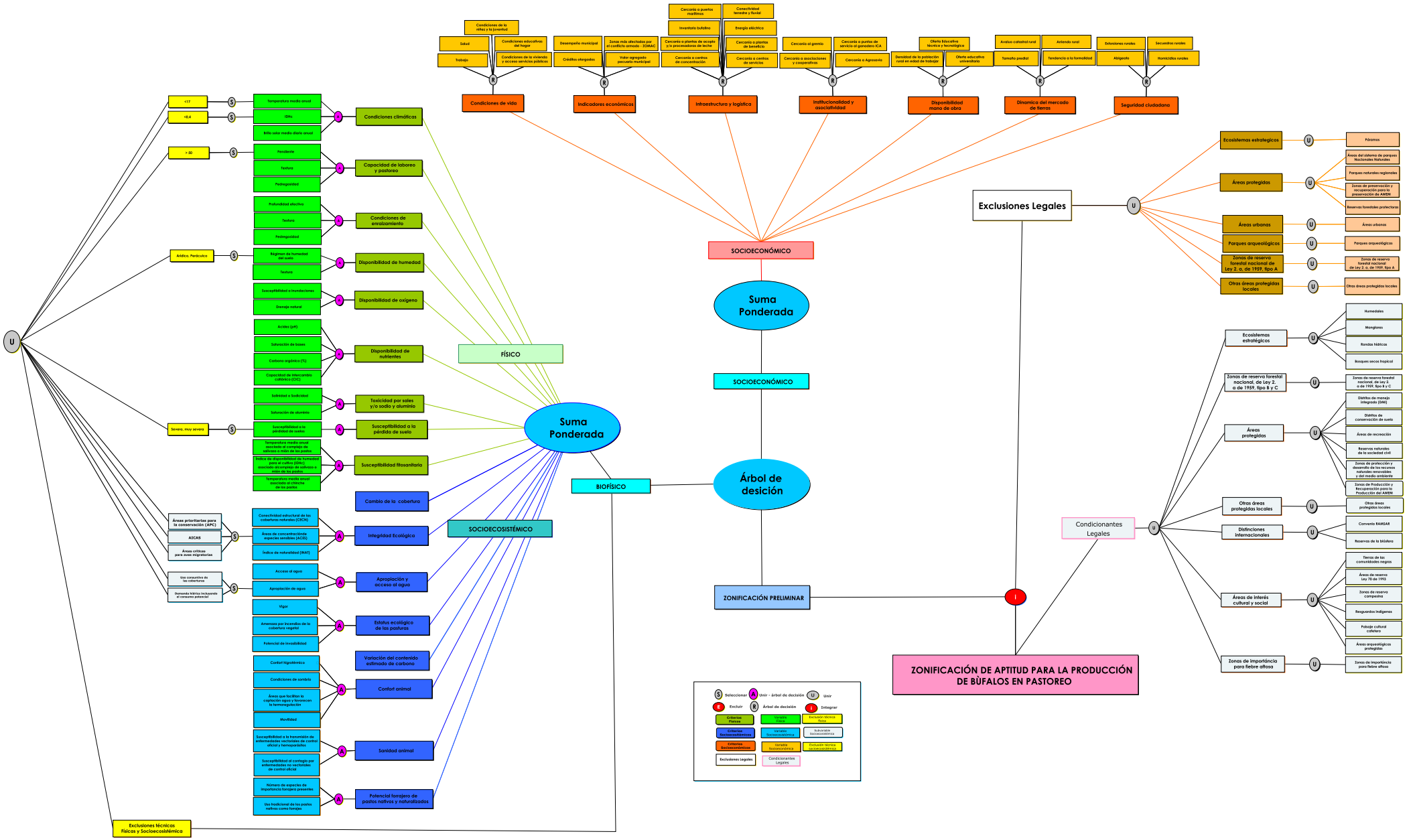
- **Análisis de la información:** consistió en generar y evaluar las salidas gráficas de cada criterio de acuerdo con los rangos de calificación establecidos por el grupo de expertos. Los criterios se estandarizaron en rangos entre 0 y 3, que indican la transición entre lo no apto (0) y lo muy apto (3). En caso de que los criterios no estuvieran conformados por variables continuas, el análisis se 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 a nivel de variable y criterio generados por cada componente, la integración de estas capas ponderando su valor de acuerdo con los resultados de los análisis multicriterio y la integración de las exclusiones legales y condicionantes. Uno de los procedimientos de mayor uso en esta fase fue el álgebra de mapas, una serie de procedimientos que permitían, operando sobre una o varias capas en información en este caso, que los mapas generados de cada criterio brindara información derivada cuyo resultado fue el mapa de zonificación de aptitud.

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

La figura 19 presenta el modelo integral para la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo en Colombia, escala 1:100.000.

Figura 19. Modelo cartográfico integral para la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo



Fuente: Elaboración propia.

3.7. Proceso de socialización y validación

El proceso de validación de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos en pastoreo se llevó a cabo desde su inicio y en cada una de sus etapas de manera conjunta con el gremio Asociación Colombiana de Criadores de Búfalos (Asobúfalos), buscando la participación de cada uno de los actores de la cadena productiva que representa. Para esto se utilizó la estrategia que se presenta en la figura 20, con la cual se logró la retroalimentación de productores, técnicos, instituciones, comercializadores y entes territoriales, entre otros, en las distintas zonas productivas del país y en aquellas que tienen potencial para serlo, obteniendo un producto acorde a la realidad sectorial del territorio nacional.

Figura 20. Estrategia de socialización y validación en la zonificación de aptitud para la producción de búfalos en pastoreo

Fuente: Elaboración propia.

3.7.1. Reconocimiento de sistemas de producción bufalina

Como parte del proceso de validación, y en consideración a la interdisciplinariedad del grupo de trabajo y al impedimento para visitar sistemas productivos dada la contingencia por la pandemia del COVID-19, la experta temática realizó una presentación con el objetivo de reconocer y contextualizar los objetivos de cada componente (físico, socioecosistémico, socioeconómico) en diferentes sistemas de producción bufalina en el país.

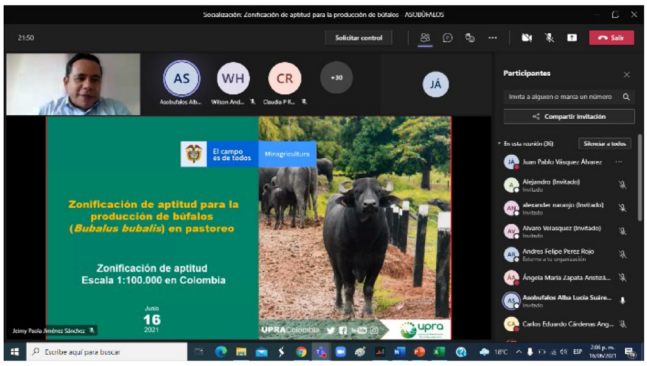
3.7.2 Reuniones de trabajo con el gremio

Para la presentación de la metodología y para discutir el TUT, los criterios, variables y los rangos de aptitud, se realizaron diversas jornadas de trabajo con representantes del gremio**.** Así mismo, se realizó una socialización preliminar de criterios y variables de los componentes: físico, socioecosistémico y socioeconómico con diversos actores de la cadena productiva (gremio, productores, investigadores y universidades).

Figura 21. Presentación de criterios, variables y rangos de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo, octubre 8 de 2020

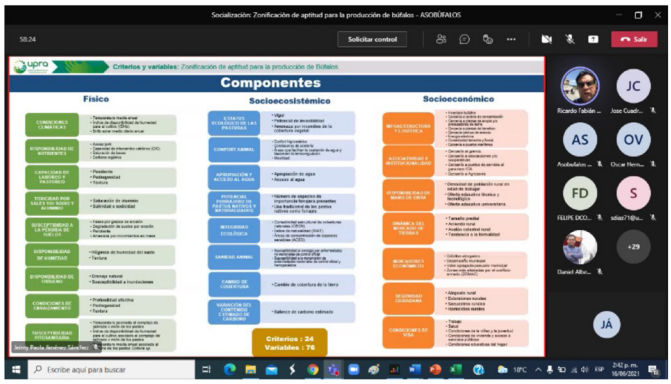
Fuente: Elaboración propia.

Figura 22. Presentación general de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo, junio 16 de 2021



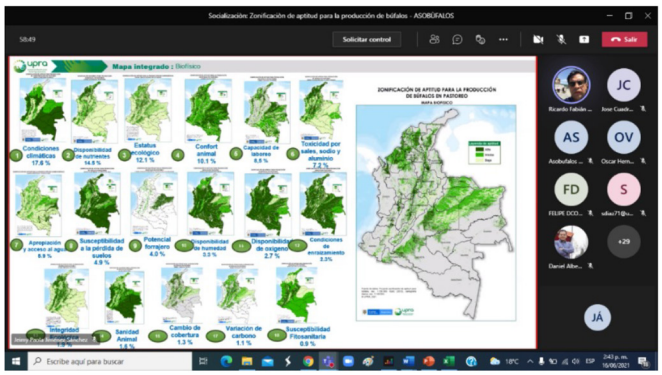
Fuente: Elaboración propia.

Figura 23. Presentación de criterios y variables de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo, junio 16 de 2021



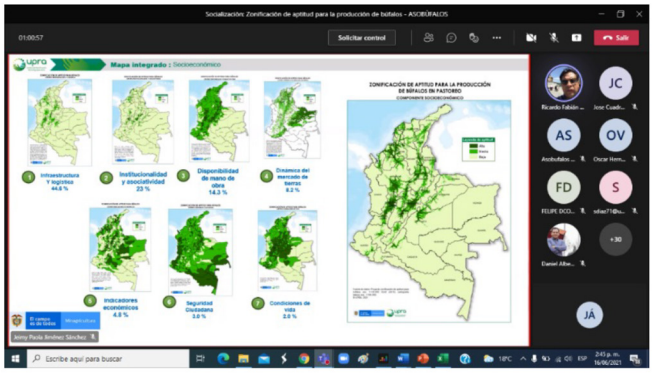
Fuente: Elaboración propia.

Figura 24. Presentación mapas biofísicos de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo, junio 16 de 2021



Fuente: Elaboración propia.

Figura 25. Presentación mapas socioeconómicos de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo, junio 16 de 2021



Fuente: Elaboración propia.

3.7.3 Salidas de campo y reuniones para la validación de criterios, variables y rangos

Se realizaron visitas a campo con el propósito de validar los criterios, variables y rangos en diferentes zonas del país, teniendo así una perspectiva integral del negocio para la producción de búfalos en Colombia.

3.7.4 Salidas de campo de validación del mapa integrado

El equipo técnico de la UPRA verificó en campo los mapas de criterios, variables y mapa integrado final; para este ejercicio se conformaron grupos de trabajo buscando cubrir la mayor parte del territorio nacional en diferentes recorridos por las zonas representativas de la producción bufalina en Colombia.

3.7.5 Socialización de resultados con los actores de la cadena productiva

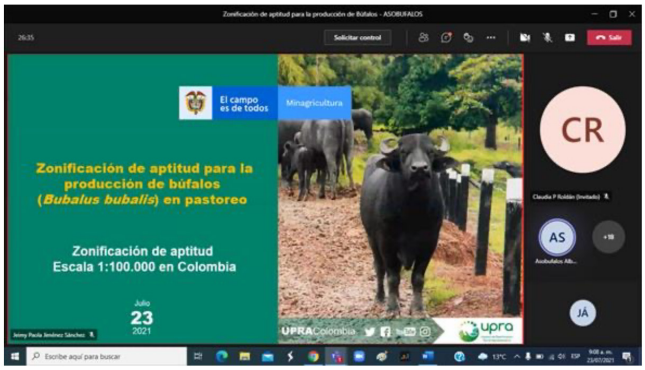
La etapa de socialización de resultados incluyó diferentes jornadas de trabajo con actores de la cadena. Se contó con la participación de productores y propietarios de las siguientes fincas en diferentes zonas del país (tabla 22, figuras 26, 27 y 28).

Tabla 22. Fincas participantes de la socialización de resultados

Finca	Ubicación
El Encanto Negro	Ariguaní (Magdalena)
Bufalabella SAS	El Rosal (Cundinamarca)
Hacienda Cuba	Montelíbano (Córdoba)
Agrobufalera Manzanares	Santander
Cooperativa de Bufaleros de Colombia (Cobúfalos)	Bucaramanga (Santander)
Bufalera Ginebra	Cesar
Productores bufaleros	Cumaral (Meta)
	San Marcos (Sucre)
	Armenia (Quindío)
	Pelaya (Cesar)
	Río Viejo (Bolívar)

Fuente: Elaboración propia.

Figura 26. Presentación mapa integrado de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo, julio 23 de 2021

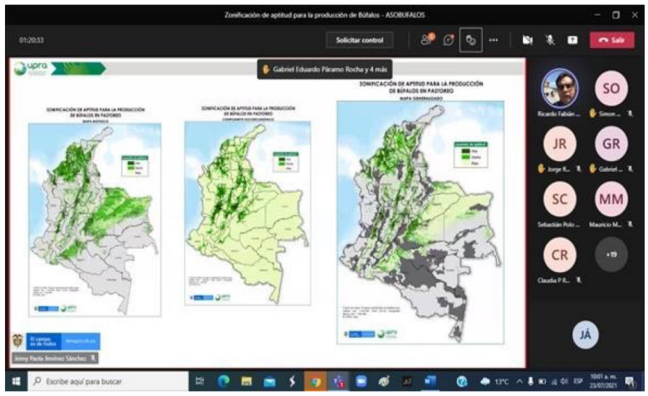


Fuente: Elaboración propia.

Figura 27. Presentación de criterios de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo, julio 23 de 2021

Fuente: Elaboración propia.

Figura 28. Presentación de mapas integrados de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo, julio 23 de 2021



Fuente:: Elaboración propia.

4. Resultados

4. Resultados

El mapa de zonificación de aptitud para la producción de búfalos en pastoreo a escala 1:100.000 muestra que en Colombia se disponen de 28.397.925 ha aptas para el desarrollo de la actividad, lo cual equivale al 24,9 % del territorio del país y al 72,3 % de la frontera agrícola nacional.

En el país se cuenta con 4.097.884 ha con aptitud alta (A1), 9.348.928 ha de aptitud media (A2) y 14.951.113 ha de aptitud baja (A3). Las áreas no aptas (N1) alcanzan un 51,4 %, que corresponde a 58.679.291 ha (tabla 23 y figura 29).

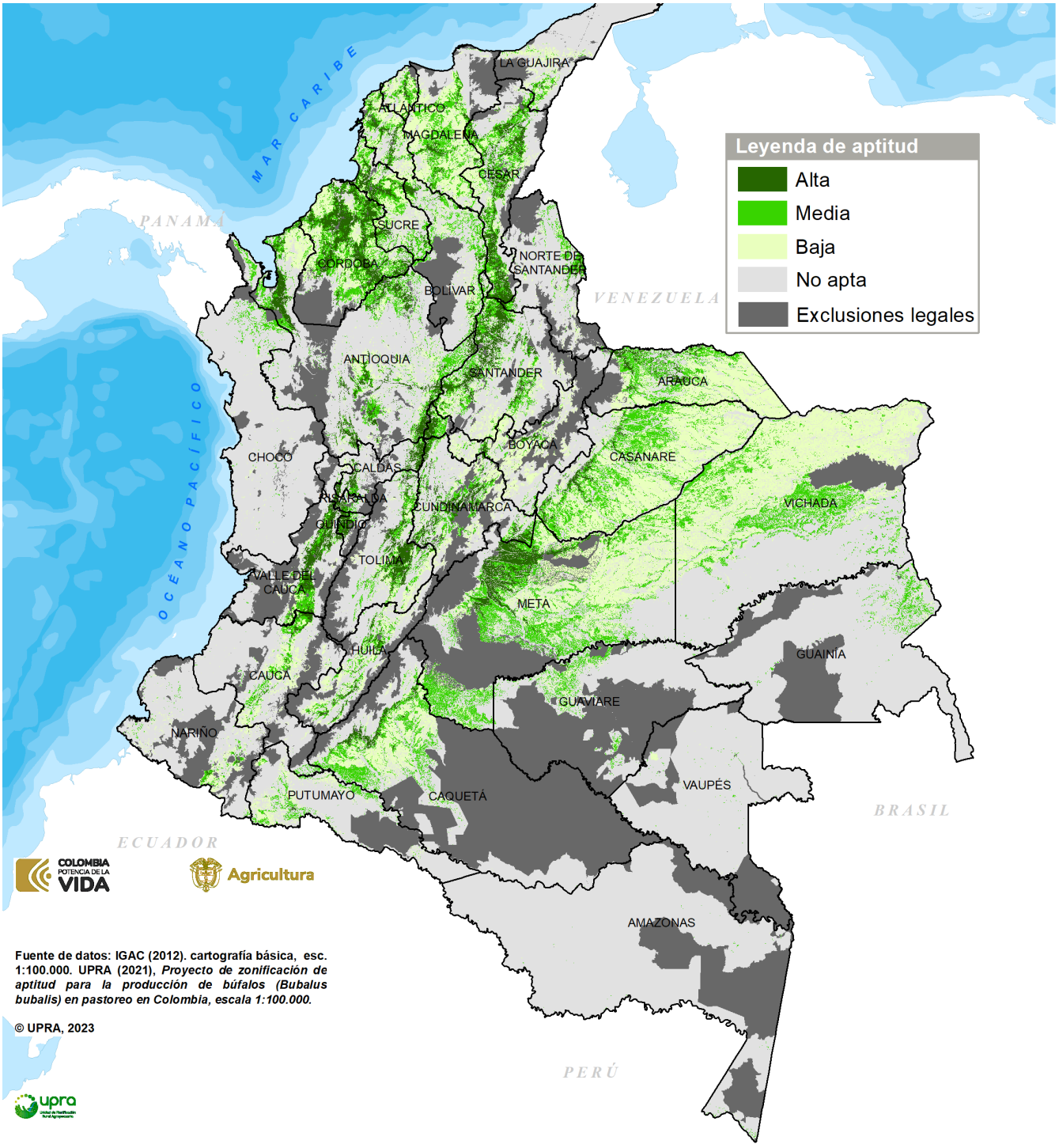
Tabla 23. Áreas según categorías de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo en Colombia, escala 1:100.000

Categoría	Aptitud	Área (ha)	Participación (%)	Frontera agrícola* (%)
A1	Alta	4.097.884	3,6	10,4
A2	Media	9.348.928	8,2	23,8
A3	Baja	14.951.113	13,1	38,1
Total área apta		28.397.925	24,9	72,3
N1	No apto técnico	58.679.291	51,4	
N2	Exclusiones legales	26.997.755	23,7	
Total territorio nacional		114.074.971	100	

*Frontera agrícola: 39.239.481 ha.

Fuente: Elaboración propia.

Figura 29. Mapa de zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo en Colombia, escala 1:100.000



Zonificación de aptitud para la producción de búfalos (Bubalus bubalis) en pastoreo en Colombia, escala 1:100.000

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 24 se observa el total apto de la zonificación para la producción de búfalos en cada departamento: Vichada, que tiene la mayor área, con 4.423.511 ha, seguido por Meta (3.894.597 ha), Casanare (3.218.544 ha), Córdoba (1.626.966 ha), Antioquia (1.595.543 ha), Arauca (1.556.306 ha), Caquetá (1.252.389 ha), Magdalena (1.231.626 ha), Santander (1.094.625 ha) y Cesar (1.089.444 ha). Por su parte, el archipiélago de San Andrés, Providencia y Santa Catalina no presenta áreas con aptitud.

Tabla 24. Áreas por departamento de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo en Colombia, escala 1:100.000

Departamento	Aptitud alta (A1)	Aptitud media (A2)	Aptitud baja (A3)	Total apto
Vichada	340	1.078.002	3.345.169	4.423.511
Meta	437.795	1.500.846	1.955.957	3.894.597
Casanare	105.472	942.707	2.170.364	3.218.544
Córdoba	581.714	540.827	504.424	1.626.966
Antioquia	495.627	564.010	535.906	1.595.543
Arauca	105.276	416.346	1.034.684	1.556.306
Caquetá	98.683	510.720	642.986	1.252.389
Magdalena	71.568	398.526	761.532	1.231.626
Santander	371.370	339.840	383.416	1.094.625
Cesar	389.754	407.075	292.615	1.089.444
Bolívar	135.766	367.985	428.439	932.189
Cundinamarca	242.581	237.409	266.255	746.245
Sucre	142.591	256.903	291.920	691.414
Tolima	232.474	194.782	222.888	650.144
Boyacá	82.578	107.468	447.948	637.995
Cauca	36.780	158.503	301.393	496.676
Huila	67.845	142.833	254.091	464.769
Valle del Cauca	230.153	138.239	74.462	442.855
Putumayo	4.422	140.359	223.082	367.863
Guaviare	3.412	203.879	83.175	290.466
Norte de Santander	42.615	130.787	88.088	261.490
Guajira	5.967	55.445	181.956	243.368
Nariño	8.723	59.207	169.823	237.753
Guainía	-	170.977	53.323	224.300
Atlántico	20.913	63.121	133.482	217.516
Chocó	619	132.989	57.271	190.879
Caldas	106.826	32.325	18.617	157.768
Quindío	46.185	15.914	1.442	63.541
Risaralda	29.835	18.995	8390	57.220

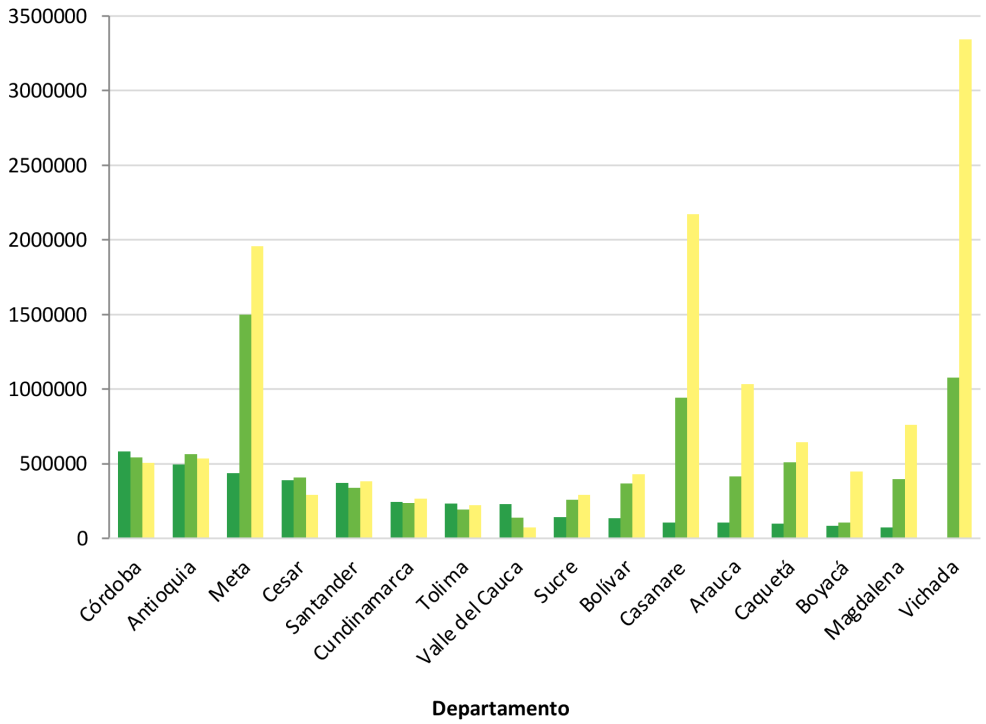
Vaupés		12.201	15.679	27.880
Amazonas		9.706	2.337	12.043
San Andrés, Providencia y Santa Catalina	-	-	-	0
Total general	4.097.884	9.348.928	14.951.113	28.397.925

Fuente: Elaboración propia.

Los resultados de la zonificación de aptitud muestran que los departamentos de Córdoba (581.714 ha), Antioquia (495.627 ha), Meta (437.795 ha), Cesar (389.754 ha) y Santander (371.370 ha) presentan la mayor área de aptitud alta (A1) para la producción de búfalos (figura 41). Estos cinco departamentos participan con el 55,5 % de la aptitud alta (A1), equivalentes a 2.276.260 ha; así mismo, los departamentos que presentan la mayor superficie con aptitud media (A2) son Meta (1.500.846 ha), Vichada (1.078.002 ha), Casanare (942.707 ha), Antioquia (564.010 ha) y Córdoba (540.827 ha) (figura 41). Estos cinco departamentos suman 4.626.392 ha y representan un 49,4 % del área de esta aptitud.

Los departamentos que cuentan con la mayor superficie de aptitud baja (A3) son Vichada (3.345.169 ha), Casanare (2.170.364 ha), Meta (1.955.957 ha), Arauca (1.034.684 ha) y Magdalena (761.532 ha). Estos cinco departamentos representan un 61,9 % de la aptitud baja (A3), equivalente a 9.267.706 ha (figura 30).

Figura 30. Principales departamentos con aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*), en pastoreo en Colombia, escala 1:100.000 (ha)



Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, los municipios que presentan la mayor aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) se encuentran localizados en los Llanos Orientales: Cumaribo y La Primavera (Vichada), con 1.710.475 y 1.521.591 ha, respectivamente; Puerto Gaitán (Meta), con 1.258.736 ha; Paz de Ariporo (Casanare), con 972.546 ha, Puerto Carreño (Vichada), con 858.279 ha y Arauca (Arauca), con 455.165 ha aptas (tabla 25 y figura 31).

Tabla 25. Áreas aptas por municipio (ha) para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*), en pastoreo en Colombia, escala 1:100.000

Municipio	Aptitud alta (A1)	Aptitud media (A2)	Aptitud baja (A3)	Total apto
Montería	119.941	90.796	70.028	280.766
Villavicencio	78.554	3.252	82	81.888
Cimitarra	60.734	67.559	71.278	199.571
Barrancabermeja	60.720	12.566	1.260	74.546
Arauquita	60.680	93.816	13.653	168.149
Sabana de Torres	57.709	22.428	5.769	85.906
Puerto López	55.944	74.436	223.854	354.234
San Martín	54.428	114.422	247.217	416.067
Valledupar	51.864	72.697	38.672	163.232
Puerto Boyacá	49.788	41.797	9184	100.769
Arauca	9.588	124.243	321.333	455.165
Paz de Ariporo	7.669	211.098	753.779	972.546
Puerto Gaitán	5.698	222.978	1.030.060	1.258.736
Hato Corozal	4.830	179.531	224.128	408.490
La Macarena	489	321.428	70.451	392.367
La Primavera	340	182.256	1.338.995	1.521.591
Cravo Norte	-	19.037	422.782	441.819
Cumaribo	-	753.801	956.673	1.710.475
Mapiripán	-	232.436	191.313	423.749
Orocué	-	52.817	346.619	399.435
Puerto Carreño	-	19.420	838.859	858.279
Santa Rosalía	-	122.524	210.643	333.167

Fuente: Elaboración propia.

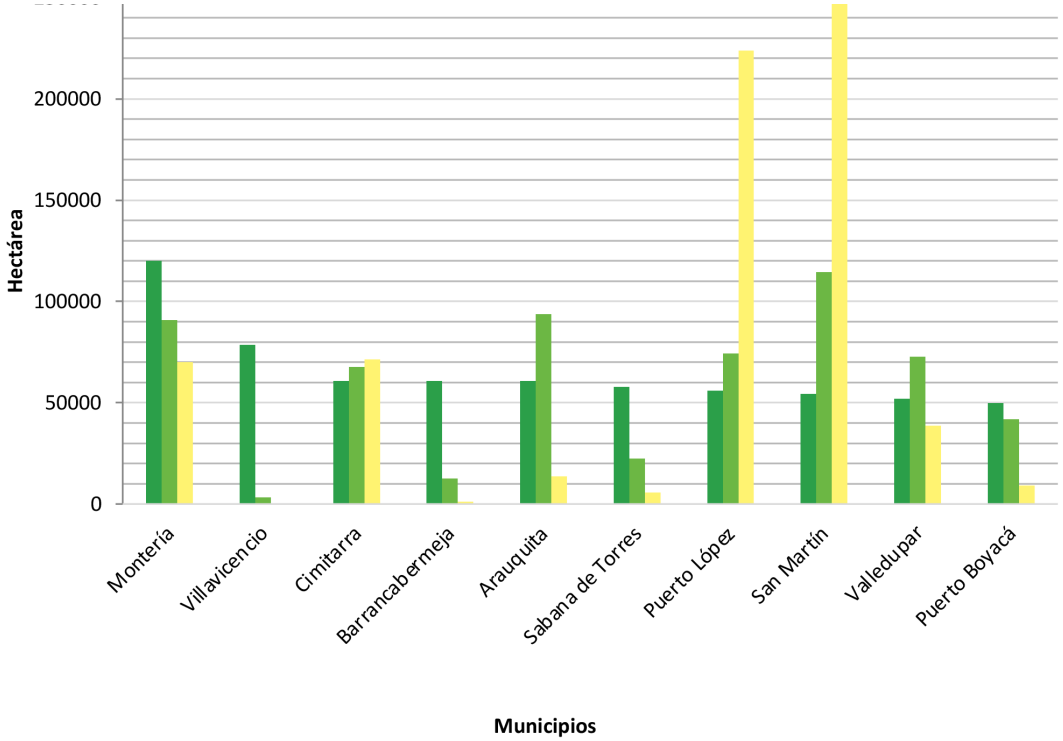
Es de resaltar que los seis municipios que presentan la mayor aptitud para la producción tienen en su superficie los tres tipos de aptitud, alta (A1), media (A2) y baja (A3), a excepción de los municipios de Cumaribo y Puerto Carreño, que no cuentan con aptitud alta (A1).

Por otro lado, entre los municipios que presentan la mayor superficie con aptitud alta (A1) se encuentran: Montería (Córdoba), con 119.941 ha; Villavicencio (Meta), con 78.554 ha; Cimitarra y Barrancabermeja (Santander), con 60.734 y 60.720 ha aptas, respectivamente, y Arauquita (Arauca), con 60.680 ha (figura 31).

De igual manera, los municipios que presentan la mayor superficie con aptitud media (A2) son: Cumaribo (Vichada), con 753.801 ha; La Macarena, Mapiripán y Puerto Gaitán (Meta), con 321.428, 232.436 y 222.978 ha, respectivamente, y Paz de Ariporo (Casanare), con 211.098 ha (figura 31).

Por último, los municipios que presentan la mayor superficie con aptitud baja (A3) para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo son: La Primavera (Vichada), con 1.338.995 ha; Puerto Gaitán (Meta), con 1.030.060 ha; Cumaribo (Vichada), con 956.673 ha; Puerto Carreño (Vichada), con 838.859 ha y Paz de Ariporo (Casanare), con 753.779 ha (figura 31).

Figura 31. Principales municipios con aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*), en pastoreo en Colombia, escala 1:100.000 (ha)



Fuente: Elaboración propia.

5. Conclusiones

5. Conclusiones

La zonificación de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo en Colombia, a escala 1:100.000, permite identificar áreas geográficas que presentan condiciones apropiadas para esta actividad, donde se puede promover su uso eficiente bajo condiciones de productividad, sostenibilidad y competitividad.

Meta, Casanare, Córdoba, Antioquia, Arauca, Caquetá, Magdalena, Santander, Cesar, Bolívar y Sucre forman parte de los departamentos que presentan la mayor área apta para la producción de búfalos, con una participación del 64 % del total de las zonas aptas, las cuales coinciden con los departamentos de mayor inventario de ganado bufalino (92 % del inventario nacional).

Córdoba, Antioquia, Meta, Cesar y Santander presentan las mayores áreas con aptitud alta (A1), con el 55,5 % de esta categoría, y son parte de los departamentos con los mayores inventarios bufalinos (55,6 %). Es de resaltar que departamentos como Vichada y Cundinamarca muestran importantes áreas de aptitud, 4.423.511 y 746.245 ha, respectivamente, lo cual los convierte en zonas potenciales para el desarrollo de esta actividad pecuaria.

Mediante el análisis multicriterio de la matriz biofísica (componentes físicos y socioecosistémicos), se determinó que los criterios de mayor importancia para la producción de búfalos en Colombia son las condiciones climáticas, el estatus ecológico de las pasturas, el confort animal, la capacidad de laboreo

y pastoreo, y el potencial forrajero de pastos nativos y naturalizados.

La ganadería bufalina en pastoreo es claramente mucho más eficiente en conversión alimenticia que otras actividades ganaderas; sin embargo, también está determinada por el nivel de productividad de las praderas, las cuales tienen diferencias potenciales en cantidad y calidad de forraje producido durante el año.

Existe una amplia oferta forrajera para todas las condiciones térmicas, excepto en las áreas de los climas muy fríos. Por otro lado, las condiciones de déficit de humedad muestran una limitación en la producción forrajera, principalmente con disminución en su cantidad y, en consecuencia, baja la capacidad de carga de la pradera para la zona cálida y seca del Caribe en departamentos como La Guajira, Cesar, Magdalena y Atlántico.

La capacidad de laboreo y pastoreo definen la facilidad o dificultad del terreno para su pastoreo, así como la realización de las diferentes labores de manejo, tanto de los animales como de la pradera; de acuerdo con las características de las tierras, esta actividad se puede realizar en casi toda la frontera agrícola nacional, excepto en las zonas de alta pendiente.

La toxicidad por sales, sodio y aluminio limita en forma natural la productividad y diversidad forrajera en áreas como la Orinoquía y la Amazonía por los altos contenidos de aluminio; la Costa Atlántica y los valles geográficos interandinos (Magdalena y Cauca) no presentan mayores limitaciones para la producción de forraje para la producción bufalina.

Desde el criterio estatus ecológico de las pasturas, la principal aptitud se evidencia en el valle del Magdalena, en la Costa Caribe, Valle del Cauca y los piedemonte de la Orinoquía y la Amazonía, con una mayor sostenibilidad para la producción de búfalos en pastoreo.

Existe una alta correlación entre las áreas de aptitud alta (A1) con las áreas que brindan mayor confort animal; las mejores condiciones ambientales para el desarrollo productivo le permiten al búfalo expresar su comportamiento natural sin alterar sus mecanismos fisiológicos, brindando así confort, una de las cinco libertades del bienestar animal (libre de incomodidades físicas o térmicas).

El potencial forrajero de pastos nativos y naturalizados indica una gran posibilidad de utilización de estas especies como alternativa nutricional frente a las pasturas cultivadas, principalmente en la Orinoquía, donde esto se relaciona con la importancia cultural, conocimiento y manejo que sus habitantes tienen de estas especies. Otros sectores donde ocurre esto son áreas de los valles del Cauca y Magdalena, y algunas zonas de Bolívar, Sucre, Córdoba y Antioquia.

El recurso hídrico es fundamental para satisfacer las necesidades tanto de los animales como del mismo ecosistema; los resultados indican que este recurso es moderado en gran parte del territorio nacional.

En cuanto al componente socioeconómico, los criterios que tienen una mayor importancia son: infraestructura y logística (44,6 %), institucionalidad y asociatividad (23,0 %), disponibilidad de mano de obra (14,3 %) y dinámica del mercado de tierras (8,2 %).

El 45 % de los centros de concentración se encuentran en aptitud alta (A1) en los departamentos de Córdoba, Antioquía, Meta y Cesar, con lo que se disminuyen los costos de transporte de la producción cárnica y facilita el proceso de comercialización en la cadena de abastecimiento de diferentes clientes nacionales o extranjeros.

La producción de búfalos en pastoreo genera bajos requerimientos de mano de obra, lo que hace que toda la zona norte y Andina del país se evalúe como de aptitud alta (A1). El criterio de disponibilidad de mano de obra muestra niveles de aptitud alta (A1) para las zonas andinas densamente pobladas y en cercanía a las ciudades de la Costa Atlántica, mientras que en la Amazonía y la Orinoquía son de baja aptitud (A3).

La tierra es uno de los elementos principales para desarrollar cualquier actividad productiva, es por ello que para la actividad bufalina una de

las variables más importantes del criterio de dinámica del mercado de tierras es tamaño predial, ya que por desarrollarse en grandes extensiones requiere de predios que por lo menos cuenten con 35 ha, en un rango esperado entre 35 y 350 ha, condición que se encuentra en buena parte de los predios de los departamentos del Meta, Vichada, Casanare y Arauca.

Colombia cuenta con suficiente área apta para la producción bufalina. Las diversas condiciones biofísicas y socioeconómicas que ofrece el país brindan la posibilidad de fortalecer el desarrollo de la producción de búfalos en las zonas tradicionales; de igual forma, se vislumbra un potencial considerable para la expansión y consolidación del sistema productivo hacia zonas como la Orinoquía, en los departamentos de Arauca, Casanare y Vichada, considerando las particulares bondades que tiene la especie por su rusticidad y capacidad de aprovechamiento de una amplia gama de alternativas forrajeras para su pastoreo.

6. Bibliografía

6. Bibliografía

Alberta Sustainable Resource Development. (2004). *Methodology for calculating carrying and grazing capacity on public rangelands.* Alberta, Canada: Public Land and Forest.

Almaguer, Y. (2007). El búfalo, una opción de la ganadería. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria, VIII*(8), 1-23. https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63612734014

Amiri, F., Rashid, A., Shariff, M. y Saadaffar, A. (2011). Modeling Land Suitability Analysis to Livestock Grazing Planning Based on GIS. *World Applied Sciences Journal*, 1549-1564.

Animal Diversity Web. (2015). *Syncerus caffer. African buffalo*. https://animaldiversity.org/accounts/Syncerus_caffer/

Animal Diversity Web. (2015). *Bubalus bubalis. Water buffalo.* https://animaldiversity.org/accounts/Bubalus_bubalis/

Arce, B., Peña, A. y Cárdenas, E. (2013). Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. *Revista Corpoica. Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *14*(2), 215-229.

Argel, P. (2006). Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas doble propósito. *XIX Reunión de ALPA y la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal-AMPA*, 65-72. AMPA.

Asociación Colombiana de Criadores de Búfalos (Asobúfalos; ACB). (2020). *Panorama de la actividad bufalina en Colombia*. [Diapositivas en PPT; documento de archivo].

Baruch, Z. y M. Fisher. (1988). Factores climáticos y de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el establecimiento de una pastura. *Establecimiento y renovación de pasturas. VI Reunión del Comité Asesor de la RIEPT*. [Memorias], 103-142. CIAT.

Barreto, N. y Martínez, E. (2019). Biología, dinámica y poblaciones de la chinche de los pastos *collaria columbiensis* en la sabana de Bogotá. *Biblioteca digital agropecuaria de Colombia*.

Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes tropicales, producción y manejo*. Banco Ganadero.

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). (1988). *Establecimiento y renovación de pasturas. VI Reunión del Comité Asesor de la RIEPT*. CIAT.

CIAT. (2010). *Especies forrajeras multipropósito. Opciones para productores del trópico americano*. CIAT.

Ciontescu, N. (18 de septiembre de 2012). *Instructivo metodológico para la evaluación de atributos ecológicos e integridad ecológica en áreas protegidas*. ArcGIS-Fragstats. Bogotá: Parques Nacionales Naturales de Colombia. https://es.scribd.com/document/445053774/2012-Ciontescu-Metodologia-estado-de-conservacion-SPNN

Confederación Colombiana de Consumidores. (2021). *Sobre el concepto de consumidor* final. https://ccconsumidores.org.co/sobre-el-concepto-de-consumidor-final/

Convenio OIT 169 de 1989. Sobre pueblos indígenas y tribales. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---americas/---ro-lima/documents/publication/wcms_345065.pdf

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). (2017). Composición química y valor nutricional. AlimenTro. https://alimentro.agrosavia.co/Estadisticas/ReporteAnalisis

Corrales, E. (2002). *Cuadernos tierra y justicia No. 5. Sostenibilidad agropecuaria y sistemas de producción campesinos*. Pontificia Universidad Javeriana. http://www.academia.edu/5262747/CUADERNOS_TIERRA_Y_JUSTICIA_No._5

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

Debelis, S. (2003). *Evaluación de tierras con metodologías de FAO*. https://www.produccion-animal.com.ar/suelos_ganaderos/15-evaluacion_de_tierras.pdf

Decreto 2811 de 1974. [Presidencia de la República]. «Por el cual se dicta el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente». Diciembre 18 de 1974. D. O. 34243.

Decreto 622 de 1977. Art. 30. [Presidencia de la República]. «Por el cual se reglamentan parcialmente el capítulo V, título II, parte Xlll, libro II del Decreto-Ley número 2811 de 1974 sobre “sistema de parques nacionales”; la Ley 23 de 1973 y la Ley 2a de 1959». Marzo 16 de 1977. No hay Diario Oficial.

Decreto 1449 de 1977. [Ministerio de Agricultura]. «Por el cual se reglamentan parcialmente el inciso 1 del numeral 5 del Art. 56 de la Ley número 135 de 1961 y el Decreto-Ley número 2811 de 1974». Junio 27 de 1977. D. O. 34827.

Decreto-Ley 1989 de 1989. [Ministerio de Agricultura]. «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». Septiembre 1 de 1989. D. O. 38963.

Decreto 2164 de 1995. [MADR]. «Por el cual se reglamenta parcialmente el Capítulo XIV de la Ley 160 de 1994 en lo relacionado con la dotación y titulación de tierras a las comunidades indígenas para la constitución, reestructuración, ampliación y saneamiento de los Resguardos Indígenas en el territorio nacional». Diciembre 7 de 1995. D. O. 42140.

Decreto 1996 de 1999. Art. 1. [Ministerio de Ambiente]. «Por el cual se reglamentan los artículos 109 y 110 de la Ley 99 de 1993 sobre Reservas Naturales de la Sociedad Civil». Octubre 21 de 1999. D. O. 43751.

Decreto 833 de 2002. [Ministerio de Cultura]. «Por el cual se reglamenta parcialmente la Ley 397 de 1997 en materia de Patrimonio Arqueológico Nacional y se dictan otras disposiciones». Abril 26 de 2002. D. O. 44786.

Decreto 1500 de 2007. [Ministerio del Interior y Justicia]. «Por el cual se establece el reglamento técnico a través del cual se crea el Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control de la Carne, Productos Cárnicos Comestibles y Derivados Cárnicos Destinados para el Consumo Humano y los requisitos sanitarios y de inocuidad que se deben cumplir en su producción primaria, beneficio, desposte, desprese, procesamiento, almacenamiento, transporte, comercialización, expendio, importación o exportación». Mayo 4 de 2007. D. O. 46618.

Decreto 1076 de 2015. [MADR]. «Por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible a partir de la fecha de su expedición». Mayo 26 de 2015. D. O. 49523.

Decreto 1500 de 2007. [Ministerio del Interior y Justicia]. «Por el cual se establece el reglamento técnico a través del cual se crea el Sistema Oficial de Inspección, Vigilancia y Control de la Carne, Productos Cárnicos Comestibles y Derivados Cárnicos Destinados para el Consumo Humano y los requisitos sanitarios y de inocuidad que se deben cumplir en su producción primaria, beneficio, desposte, desprese, procesamiento, almacenamiento, transporte, comercialización, expendio, importación o exportación». Mayo 4 de 2007. D. O. 46618.

Decreto 3600 de 2007. [Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial]. «Por el cual se reglamentan las disposiciones de las Leyes 99 de 1993 y 388 de 1997 relativas a las determinantes de ordenamiento del suelo rural y al desarrollo de actuaciones urbanísticas de parcelación y edificación en este tipo de suelo y se adoptan otras disposiciones». Septiembre 20 de 2007. D. O. 46757.

Decreto 2372 de 2010. [Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial]. «Por el cual se reglamenta el Decreto-ley 2811 de 1974, la Ley 99 de 1993, la Ley 165 de 1994 y el Decreto-ley 216 de 2003, en relación con el Sistema Nacional de Áreas Protegidas, las categorías de manejo que lo conforman y se dictan otras disposiciones». Julio 1 de 2010. D. O. 47757.

Decreto Ley 3570 de 2011. [Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial]. «Por el cual se modifican los objetivos y la estructura del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y se integra el Sector Administrativo de Ambiente y Desarrollo Sostenible». Septiembre 27 de 2011. No hay Diario Oficial.

Decreto 1640 de 2012. [MADS]. «Por medio del cual se reglamentan los instrumentos para la planificación, ordenación y manejo de las cuencas hidrográficas y acuíferos, y se dictan otras disposiciones». Agosto 2 de 2012. D. O. 48510.

Decreto 2333 de 2014. [MADR]. «Por el cual se establecen los mecanismos para la efectiva protección y seguridad jurídica de las tierras y territorios ocupados o poseídos ancestralmente y/o tradicionalmente por los pueblos indígenas acorde con lo dispuesto en los artículos 13 y 14 del Convenio número 169 de la OIT, y se adicionan los artículos 13, 16 y 19 del Decreto número 2664 de 1994». Noviembre 19 de 2014. D. O. 49340.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2018). *Censo nacional de población y vivienda*. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/demografia-y-poblacion/censo-nacional-de-poblacion-y-vivenda-2018

DANE. (2020). *Encuesta de sacrificio de ganado (ESAG)*. http://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sacrificio/censo-Sacrificio_total_nacional_ene_dic_19.xls

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2010). *Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014: Prosperidad para Todos*. www.dnp.gov.co/Plan-Nacional-de-Desarrollo/PND-2010-2014/paginas/Plan-Nacional-De-2010-2014.aspx

DNP. (2017). *Metodología de desempeño municipal*. https://portalterritorial.dnp.gov.co/AdmInfoTerritorial/MenuInfoTerrEstMDM

Doorenbos, J. & Kassam, A. (1979). Yield response to water. *FAO Irrigation and Drainage*. N.° 33. FAO.

Eastman, J., Jin, W., Kyem, P. & Toledano, J. (1995). Raster Procedures for Multi-Criteria/Multi -Objective Decisions. *Photogrammetric Enginnering and Remote Sensing*, 539-547. American Society for Photogrammetry and Remote Sensing.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1976). *A framework for land evaluation. FAO Soils Bulletin 32*. FAO.

FAO. (1990). Evaluación de tierras para la agricultura de regadío. Directivas. *Boletín de Suelos 55*. FAO.

FAO. (1991). Guidelines: Land Evaluation for Extensive Grazing. *FAO Soils Bulletin 58*. FAO.

FAO. (2007). Land evaluation. Towards a revised framework. *Land and water discussion paper*. https://edepot.wur.nl/488269

FAO. (2019). *Portal lácteo. Leche y productos lácteos*. http://www.fao.org/dairy-production-products/products/es/

Faostat (FAO). (2018). *Cultivos y productos de ganadería*. https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL

Faostat (FAO). (2020). *Datos sobre alimentación y agricultura*. https://www.fao.org/faostat/es/

FAO. (s. f.). *Sanidad animal*. http://www.fao.org/animal-health/es/

Faría, J. (2006). Manejo de pastos y forrajes en la ganadería de doble propósito. *Décimo seminario de pastos y forrajes en sistemas de producción animal*. Universidad de Zuila. http://avpa.ula.ve/congresos/seminario_pasto_X/Conferencias/A1-Jesus%20Faria%20Marmol.pdf

Federación Colombiana de Ganaderos (Fedegán). (2006). *Plan estratégico de la ganadería colombiana 2019*. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/13049/45358_61958.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Fedegán. (2018). *Ganadería colombiana: Hoja de ruta 2018-2022*. Fedegán.

Fedegán. (2019). *Indicadores estadísticos*. https://www.fedegan.org.co/datos-e-indicadores

Fertig, M. (Junio de 2006). Producción de carne bajo distintos sistemas de pastoreo en ñirantales del Noroeste del Chubut. *Carpeta Técnica EEA INTA Esquel, Ganadería Nº 21*.

Franco, O. (2011). *Colombia, país libre de fiebre aftosa con vacunación*. Universidad de Ciencias Ambientales y Aplicadas (UDCA).

Garavito, F. (1974). *Propiedades químicas de los suelos*. IGAC. https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/18436

Gibon, A. (2005). Managing grassland for production, the environment and the landscape. Challenges at the farm and the landscape level. *Researchgate*, *96*(1). https://n9.cl/1efe0

Giraldo-Cañas, D. (2013). *Las gramíneas en Colombia. Riqueza, distribución, endemismo, invasión, migración, usos y taxonomías populares*. 384 p. Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias, Instituto de Ciencias Naturales. https://n9.cl/355nw

Gobernación de Antioquia, Universidad Nacional de Colombia y Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (2018). *Plan de Ordenamiento Territorial Agropecuario de Antioquia - POTA. Atlas. Parte 1 de 6*. 50 p. <https://antioquia.gov.co/images/PDF2/Agricultura/2019/12-dic/pota-atlas-parte-1-de-6.pdf>

González, J. (2019). Producción de leche de búfala será de 126 millones de litros en 2019 con 186.155 animales en ordeño. *Agronegocios*. https://www.agronegocios.co/agricultura/produccion-de-leche-de-bufala-sera-de-126-millones-de-litros-en-2019-con-186-155-animales-en-ordeno-2844053

Harms, B., Brough, D., Philip, S., Bartley, R., Clifford, D., Thomas, M., Wills, R. & Gregory, L. (2015). Digital soli assessment for regional agricultural land evaluation. *Global Food Security. Elsevier 5*, 25-36.

Hofstede, R. (2004). El estado de salud de los páramos: un esfuerzo para relacionar la ciencia con la práctica de manejo sustentable. *Lyonia. A journal of ecology and application*. https://www.lyonia.org/viewarticle-266?articleID=266

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA. (1976). *Curso de pastos y forrajes*. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/20838/79994_2681.pdf?sequence=1&isAllowed=y

ICA. (s. f.). *Epidemiología rabia silvestre*. https://www.ica.gov.co/Areas/Pecuaria/Servicios/Enfermedades-Animales/Rabia-Silvestre-1/EPIDEMIOLOGIA-RABIA-SILVESTRE.aspx

ICA. (s. f.). *Estomatitis vesicular*. https://www.ica.gov.co/getdoc/9981199c-bc79-4cfa-ba21-bca8d86a8d98/Estomatitis-Vesicular-(1).aspx

ICA. (s. f.). *Tuberculosis bovina*. https://www.ica.gov.co/getdoc/37fff3e7-2414-4129-a104-06f55f7f6c63/Tuberculosis-Bovina-(1).aspx

ICA. (s. f.). *Programa de erradicación de fiebre aftosa*. https://www.ica.gov.co/getdoc/43b9e810-fa4e-44a2-b8e8-7887d861cc21/programa-de-erradicacion-de-fiebre-aftosa.aspx

ICA. (23 de marzo de 2020). *Censos pecuarios nacional: Censo bufalino en Colombia*. https://www.ica.gov.co/areas/pecuaria/servicios/epidemiologia-veterinaria/censos-2016/censo-2018

Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH). (2019). *Parques y áreas arqueológicas protegidas*. https://www.icanh.gov.co/areas-misionales/patrimonio/parques-asociados/parques-areas-arqueologicas-protegidas

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2005). *Atlas Climatológico de Colombia*. Ideam.

Ideam. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales: Bogotá, D. C., 72 p.

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

Ideam. (2015). *Estudio nacional de la degradación de suelos por erosión en Colombia*. http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023648/Sintesis.pdf

Ideam. (2015b). *Estudio nacional del agua 2014*. http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf

Ideam. (2016). *Mapa de bosque no bosque para Colombia, área continental (escala fina Lansat)*. Ideam.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2010). *Metodología para la clasificación de las tierras por su capacidad de uso*. IGAC.

Jackson, M. (1958). *Soil chemical analysis*. Prentice Hall, Inc.

Jacobo, R. (2020). *Aspectos sanitaros en la cría de b*úfalos. https://www.produccion-animal.com.ar/sanidad_intoxicaciones_metabolicos/enfermedades_bufalos/05-Aspectos_sanitarios.pdf

Jaimes, J., Triana, O., Holguín, A., Tobón, A. & Mejía, A. (2018). *Molecular surveillance and phylogenetic traits of Babesia bigemina and Babesia bovis in cattle (Bos taurus) and water buffaloes (Bubalus bubalis) from Colombia*. https://parasitesandvectors.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13071-018-3091-2

Konuspayeva, G. & Faye, B. (2012). *The sustainability challenge to the dairy sector. The growing importance of non-cattle milk production worldwide*. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0958694612000210

Lapointe, S. L. & Miles, J. W. (1992). Germplasm case study: Brachiaria species. *Pastures for the Tropical Lowlands, CIAT´s contribution*. CIAT.

Legiscomex.com. (2020). *Sistema de inteligencia comercial*. https://n9.cl/8z15z

Ley 2 de 1959. «Por el cual se dictan normas sobre economía forestal de la Nación y conservación de recursos naturales renovables». Diciembre 16 de 1959. D. O. 29861.

Ley 21 de 1991. «Por medio de la cual se aprueba el Convenio número 169 sobre pueblos indígenas y tribales en países independientes, adoptado por la 76a. reunión de la Conferencia General de la O.I.T., Ginebra 1989». Marzo 4 de 1991. D. O. 39720.

Ley 70 de 1993. «Por la cual se desarrolla el artículo transitorio 55 de la Constitución Política». Agosto 27 de 1993. D. O. 41013.

Ley 99 de 1993. «Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, se organiza el Sistema Nacional Ambiental, SINA, y se dictan otras disposiciones». Diciembre 22 de 1993. D. O. 41146.

Ley 160 de 1994. «Por la cual se crea el Sistema Nacional de Reforma Agraria y Desarrollo Rural Campesino, se establece un subsidio para la adquisición de tierras, se reforma el Instituto Colombiano de la Reforma Agraria y se dictan otras disposiciones». Agosto 3 de 1994. D. O. 41479.

Ley 388 de 1997. «Por la cual se modifica la Ley 9 de 1989, y la Ley 2 de 1991 y se dictan otras disposiciones». Julio 18 de 1997. D. O. 43091.

Ley 599 de 2000. «Por la cual se expide el Código Penal». Julio 24 de 2000. D. O. 44097.

Ley 811 de 2003. «Por medio de la cual se modifica la Ley 101 de 1993, se crean las organizaciones de cadenas en el sector agropecuario, pesquero, forestal, acuícola, las Sociedades Agrarias de Transformación, SAT, y se dictan otras disposiciones». Junio 26 de 2003. D. O. 45236.

Ley 3570 de 2011. «Por el cual se modifican los objetivos y la estructura del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible y se integra el Sector Administrativo de Ambiente y Desarrollo Sostenible». Septiembre 27 de 2011. No hay Diario Oficial.

Ley 1450 de 2011. Art. 2002. «Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo, 2010-2014». Junio 16 de 2011. D. O. 48102.

Lozano, I. (2003). *La ganadería bufalina, una alternativa económica frente a la crisis del sector pecuario vallecaucano* [tesis de grado]. Corporación Universitaria Autónoma de Occidente, División de Ciencias Económicas y Empresariales. Programa de Economía. 124 p. Colombia. https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/5493/TEC01909.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MacArthur, R. & Wilson, E. (1967). *The Theory of Island Biogeography*. Princeton University Press. https://www.scirp.org/(S(351jmbntvnsjt1aadkposzje))/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=1167473

Mackey, B. (2005). La integridad ecológica: un compromiso hacia la vida en la Tierra. *La carta de la Tierra en acción: hacia un mundo sostenible* (P. Corcoran [Ed.]). KIT Publishers BV.

Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). *Física de suelos*. IGAC, Imprenta Nacional.

Marai, I. & Haeeb A. (2010). Buffalo's biological functions as affected by heat stress. A review. *Livestock Science*, *127*, 89-109. Elsevier.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR). (2008). *Sistema de gestión ambiental del sector agropecuario*. https://www.agronet.gov.co/Noticias/Paginas/Noticia161.aspx

MADR. (2008). *Gestión ambiental en el sector agropecuario*. https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/12877

Morales, C., Sobral, R., Nakama, V., Volante, J. y Bianchi, A. (2015). *Evaluación de tierras mediante métodos paramétricos. Ajuste del sistema índice de productividad (IP) y su aplicación mediante herramientas SIG para las provincias de Salta y Jujuy*. INTA Ediciones.

Noguera-Urbano, E. (2017). El endemismo: diferenciación del término, métodos y aplicaciones. *Acta Zoológica Mexicana*, *3*(1). http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372017000100089&lng=es&tlng=es

Observatorio Regional Ambiental y de Desarrollo Sostenible del Río Bogotá (Orarbo). (2020). Índice de Retención y Regulación Hídrica (IRH). https://www.orarbo.gov.co/es/indicadores?id=1308&v=l

Online Etimology Dictionary. (2020). *Locomotion*. https://www.etymonline.com/word/locomotion

Organización Meteorológica Mundial (OMM). (2011). *Guía de prácticas climatológicas* (OMM-N.º) 100. OMM. https://library.wmo.int/viewer/28514?medianame=100-2018_es_#page=28&viewer=picture&o=bookmark&n=0&q=

Organización Mundial de Sanidad Animal (OIE). (2018). *Código sanitario para los animales terrestres*. https://www.woah.org/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahc/current/es_glossaire.htm

OIE. (2020). *Tuberculosis bovina*. https://www.woah.org/es/enfermedad/tuberculosis-bovina/

OIE. (2021). *Sanidad animal. Un desafío múltiple* http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/About_us/img/home/animal_health/ANIMAL-HEALTH-ES-FINAL.pdf

Organización de las Naciones Unidas (ONU). (12 al 16 de junio de 2006). *Los enfoques ecosistémicos y los océanos* [Ebook]. ONU.

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*. Unesco. https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current_convention_s.pdf

Orjuela, J. E., Díaz, O. L., González, P. M., Ortiz, J., Monroy, W. E., y Patiño, A. (2009). *Sistema de Información y Vigilancia Epidemiológica. Colombia, Sanidad Animal 2008*. ICA.

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, Mexico. *Ocean & Coastal Management*, *52*(6), 317-323. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2009.03.004>.

Peña, Y., Fuentes, A., Pulido, Á., Otero, J., Páramo, G., García, E., Gómez, J., ... Escobar, E. (2018). *Granjas avícolas comerciales: identificación de zonas aptas en Colombia, a escala 1:100.000*. UPRA. https://upra.gov.co/es-co/Publicaciones/Granjas_Avicolas.pdf

Peñuela, L., Solano, C., Ardila, V. y Galán, S. [Eds.]. (2014). *Sabana inundable y ganadería, opción productiva de conservación en la Orinoquia*. La Imprenta Editores.

Pereira, L. C. y Lombardi, F. (2004). *Avaliação da aptidão agrícola das terras: proposta metodológica*. Embrapa Meio Ambiente. https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/14508/avaliacao-da-aptidao-agricola-das-terras-proposta-metodologica

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

Porter. (1985). *The Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance*. Free Press.

Ramírez, C. y Díaz, G. (2002). *Chinche de los pastos (*Collaria scenica*): una amenaza para la producción lechera en la sabana de Bogotá y valles de Ubaté y Chiquinquirá, recomendaciones básicas para su manejo*. ICA.

Resolución 1602 de 1995. [MADS]. «Por medio de la cual se aclara la Resolución No. 1602 del 21 de diciembre de 1995, y se dictan otras disposiciones».

Resolución 2905 de 2007. [Minsalud]. «Por la cual se establece el reglamento técnico sobre los requisitos sanitarios y de inocuidad de la carne y productos cárnicos comestibles de las especies bovina y bufalina destinados para el consumo humano y las disposiciones para su beneficio, desposte, almacenamiento, comercialización, expendio, transporte, importación o exportación».

Resolución 2141 de 2009. [ICA]. «Por medio de la cual se establece la situación sanitaria en las diferentes zonas del país en relación con la fiebre aftosa».

Resolución 3333 de 2010. [ICA]. «Por medio de la cual se establece una Zona de Alta Vigilancia - ZAV para fiebre aftosa, en los departamentos de Boyacá, Arauca y Vichada».

Resolución 2079 de 2011. [Ministerio de Cultura]. «Por la cual se reconoce el Paisaje Cultural Cafetero como Patrimonio Cultural de la Nación y como bien inscrito en la lista de Patrimonio Mundial de la UNESCO».

Resolución 4693 de 2012. [ICA]. «Por la cual se reglamenta lo dispuesto en el artículo segundo de la resolución 381 de 2012 del MADR y se establece una Estrategia de Alta Vigilancia para fiebre aftosa respecto a la frontera con la República de Ecuador, en los departamentos de Nariño y Putumayo».

Resolución 1922 de 2013. [MADS]. «Por la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal Central, establecida en la Ley 2ª de 1959 y se toman otras determinaciones».

Resolución 1922 de 2013. [MADS]. «Por la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal Central, establecida en la Ley de 1959 y se toman otras determinaciones».

Resolución 1923 de 2013. [MADS]. «Por la cual se adopta la zonificación y ordenamiento de la Reserva Forestal de la Serranía de los Motilones, establecida en la Ley 2 de 1959 y se toman otras determinaciones».

Resolución 1924 de 2013. [MADS]. «Por la cual se adopta la zonificación y ordenamiento de la Reserva Forestal de la Serranía de los Motilones, establecida en la Ley 2 de 1959 y se toman otras determinaciones».

Resolución 1925 de 2013. [MADS]. «Por la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Amazonía, establecida en la Ley 2 de 1959, en los departamentos de Caquetá, Guaviare y Huila y se toman otras determinaciones».

Resolución 1926 de 2013. [MADS]. «Por la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Pacífico, establecida en la Ley 2 de 1959 y se toman otras determinaciones.

Resolución 1275 de 2014. [MADS]. «Por la cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Cocuy, establecida en la ley 2 de 1959 y se toman otras determinaciones».

Resolución 1276 de 2014. [MADS]. «Por lo cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Sierra Nevada de Santa Marta, establecida en la Ley 2 de 1959 y se toman otras determinaciones».

Resolución 1277 de 2014. [MADS]. «Por lo cual se adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Amazonía, establecida en la ley 2ª de 1959, en los departamentos de Amazonas, Cauca, Guainía, Putumayo y Vaupés y se toman otras determinaciones».

Resolución 128 de 2017. [MADR, Art. 5]. «Por medio de la cual se adoptan las Bases para la Gestión del Territorio para usos agropecuarios y los Lineamientos de su estrategia de planificación sectorial agropecuaria».

Resolución 1310 de 2018. [MADS]. «Por medio de la cual se prorroga el término de duración de las zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente establecidas mediante la Resolución 1628 de 2015 y se adoptan otras determinaciones».

Resolución 1987 de 2018 [MADS]. «Por medio de la cual se prórroga el término de duración de las zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente establecidas mediante la Resolución 1814 de 2015, modificada para la resolución 2157 de 2017 y se adoptan otras determinaciones».

Resolución 261 de 2018. [MADR]. «Por medio de la cual se define la Frontera Agrícola Nacional y se adopta la metodología para la identificación general».

Resolución 886 de 2018. [MADS]. «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».

Rodríguez, A. (2011). *Desarrollo de un sistema de alertas agroclimáticas tempranas para la chinche de los pastos, Collaria scenica, en la sabana de Bogotá*. 1-78. https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7751

Rossiter, D. (1995). Economic land evaluation: why and how. *Soil Use and Management*, *11*(3) 132-140.

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

Quintanilla, S. (2014). *Variación genética de una población colombiana de búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) a través de un panel de microsatélites relacionados con la especie* [tesis de grado]. Universidad Nacional de Colombia. https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/51271/01190320.2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Sanz, H. (22 de marzo de 2010). *Salud Animal. Conceptos y Definición*. http://www.vet.unicen.edu.ar/ActividadesCurriculares/SaludAnimalSaludPublica/images/Documentos/2010/Salu%20Animal%202010.pdf

Salazar, F. y Villamizar, C. (2014). *Efecto del tipo de pastoreo sobre características de crecimiento en composición corporal en novillos cebú en el piedemonte llanero* [tesis de grado]. Universidad de la Salle. https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1205&context=zootecnia

Sanint, L. (2006). Pasado, presente y futuro del búfalo en Colombia. *Memorias III Simposio Búfalos de Las Américas*.

Servicio Agrícola y Ganadero (SAG). (2020). *Sanidad animal*. http://www.sag.gob.cl/ambitos-de-accion/sanidad-animal

Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2016). *Evaluación de amenaza por movimientos en masa*.

Shalash, M. (1991). The present status of buffalo in the world. *III World Buffalo Congress. Papers*, 242-267.

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

Soil Science Society of America. (s. f.). *Glossary of Soil Science Terms*. https://www.soils.org/publications/soils-glossary#

Soil Survey Staff. (2014). *Keys to Soils Taxonomy*. USDA.

Superintendencia de Industria y Comercio (SIC). (2021). *Análisis del sector lácteo en Colombia: Evidencia para el periodo 2010-2020* [Grupo de Estudios Económicos N.° 34]. <https://www.sic.gov.co/sites/default/files/documentos/032022/ES-SLC_Version-publica.pdf>

The Center for Food Security & Public Health. (2008). *Estomatitis Vesicular*. http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/es/!replaced/!estomatitis_vesicular.pdf

The Center Food Security & Public Health. (29 de julio de 2009). *Brucelosis bovina*. http://www.cfsph.iastate.edu/Factsheets/es/brucella_abortus-es.pdf

Torres, E. (2009). Búfalos: una especie promisoria. *Peruláctea*, 1-5. https://www.produccion-animal.com.ar/informacion_tecnica/razas_de_bufalos/69-Bufalos_peru.pdf

Trademap. (2020). *Estadísticas del comercio para el desarrollo internacional de las empresas*. https://www.trademap.org/Index.aspx

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios a nivel nacional. Metodología a escala 1:100.000*. UPRA.

UPRA. (2014). *Zonificación para plantaciones forestales con fines comerciales en Colombia, escala 1.100.000*. UPRA.

UPRA. (2016). *Metodología de zonificación de aptitud para plantaciones forestales comerciales a escala semidetallada (1:25.000)*. UPRA.

UPRA. (2018). *Planificación del Ordenamiento Productivo de la Acuicultura, zonas aptas para Colombia*. UPRA.

UPRA. (2019). *Granjas porcícolas comerciales. Identificación de zonas aptas en Colombia, a escala 1:100.000*. UPRA.

United States Department of Agriculture (USDA). (1961). Land capability classification. *Agriculture Handbook*, 18.

Universidad de Murcia. (2021). *Formato ráster. Álgebra de mapas (Cap. 5)*. https://www.um.es/geograf/sigmur/sigpdf/temario_5.pdf

Van Gool, D. & Moore, G. (1999). *Land evaluation standards for land resource mapping: guidelines for assessing land qualities and determining land capability in south-western Australia*. Department of Primary Industries and Regional Dvelopment, Report 298.

Van Wambeke, A. y Forbes, T. [Eds.]. (1985). *Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas*. Universidad de Cornell-Universidad de Chile.

Vélez, L., y Gómez, A. (2008). Un marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje. *Arbor*, *184*(729). Doi:10.3989/arbor.2008.i729.159. Documento electrónico.

Venerma, J. & Vargas, R. (2007). *Land suitability assessment of the Juba and Shabelle riverine areas in Southern Somalia*. FAO-SWALIM. Project Report N.° L-09.

Verwoerd D.W. (2015). Definición de «vector» y «enfermedad transmitida por vectores». *Revue Scientifique et Technique- Office International des Épizooties*, *34*(1), 37-39. https://es.studenta.com/content/114857400/definicion-de-vector-y-enfermedad-transmitida>

Zapata, R., Cardona, E., Reyes, J., Triana, O., Peña, V., Ríos, L., Barahona, R. y Polanco, D. (Junio de 2017). Tripanosomiasis bovina en ganadería lechera de trópico alto: primer informe de *Haematobia irritans* como principal vector de *T. vivax* y *T. evansi* en Colombia. *Revista de Medicina Veterinaria*. 33. https://doi.org/10.19052/mv.4048

Zava, M. (2011). *El búfalo doméstico.* Orientación Editora Gráfica.

Zúñiga, I., Polanía, E. y Franco, O. L. (2011). *Módulo Salud Animal*. Fedegán.

7. Fichas metodológicas de criterios y variables

Contenido

1. Fichas metodológicas del componente físico 151
1.1. Criterio condiciones climáticas 153
1.1.1. Variable temperatura media anual 161
1.1.2. Variable índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc) 167
1.1.3. Variable brillo solar medio diario anual 173
1.2. Criterio capacidad de laboreo y pastoreo 178
1.2.1. Variable pendiente 185
1.2.2. Variable pedregosidad 190
1.2.3. Variable textura 195
1.3. Criterio toxicidad por sales y/o sodio y aluminio 200
1.3.1. Variable saturación de aluminio 208
1.3.2. Variable salinidad o sodicidad 213
1.4. Criterio susceptibilidad a la pérdida de suelos 219
1.5. Criterio disponibilidad de nutrientes 228
1.5.1. Variable acidez (pH) 236
1.5.2. Variable capacidad de intercambio catiónico (CIC) 241
1.5.3. Variable saturación de bases 246
1.5.4. Variable carbono orgánico 251
1.6. Criterio disponibilidad de humedad 257
1.6.1. Variable régimen de humedad del suelo 264
1.6.2. Variable textura 269
1.7. Criterio disponibilidad de oxígeno 274
1.7.1. Variable drenaje natural 281
1.7.2. Variable susceptibilidad a inundaciones 286
1.8. Criterio condiciones de enraizamiento 291
1.8.1. Variable profundidad efectiva 298
1.8.2. Variable pedregosidad 303

1.8.3. Variable textura 308
1.9. Criterio susceptibilidad fitosanitaria 313
1.9.1. Variable temperatura medial anual asociada al complejo de salivazo o mión de los pastos 320
1.9.2. Variable índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc) asociado al complejo de salivazo o mión de los pastos 325
1.9.3. Variable temperatura medial anual asociada al chinche de los pastos *Collaria* sp. 331
2. Fichas metodológicas del componente socioecosistémico 337
2.1. Criterio estatus ecológico de las pasturas 337
2.1.1. Variable vigor 342
2.1.2. Variable potencial de invasibilidad 347
2.1.3. Variable amenaza por incendios de la cobertura vegetal 353
2.2. Criterio confort animal 358
2.2.1. Variable movilidad 364
2.2.2. Variable confort higrotérmico 369
2.2.3. Variable áreas que facilitan la captación de agua y favorecen la termorregulación 375
2.2.4. Variable condiciones de sombrío 382
2.3. Criterio potencial forrajero de pastos nativos y naturalizados 388
2.3.1. Variable número de especies de importancia forrajera presentes 393
2.3.2. Variable uso tradicional de los pastos nativos como forrajes 403
2.4. Criterio apropiación y acceso al agua 407
2.4.1. Variable apropiación de agua 413
2.4.2. Variable acceso al agua 418
2.5. Criterio integridad ecológica 423
2.5.1. Variable conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN) 431
2.5.2. Variable índice de naturalidad por subzona hidrográfica (INAT) 437
2.5.3. Variable áreas de concentración de especies sensibles (ACES) 442

2.6. Criterio sanidad animal 451
2.6.1. Variable susceptibilidad a la transmisión de enfermedades vectoriales de control oficial y hemoparásitos 456
2.6.2. Variable susceptibilidad al contagio por enfermedades no vectoriales de control oficial 468
2.7. Criterio cambio de cobertura 477
2.8. Criterio variación del contenido estimado de carbono 490
3. Fichas metodológicas del componente socioeconómico 497
3.1. Criterio infraestructura y logística 497
3.1.1 Variable cercanía a centros de concentración 503
3.1.2 Variable inventario bufalino 508
3.1.3 Variable cercanía a plantas de acopio y/o procesadoras de leche 513
3.1.4 Variable cercanía a plantas de beneficio 518
3.1.5 Variable cercanía a centros de servicios 524
3.1.6. Variable energía eléctrica 528
3.1.7. Variable conectividad terrestre y fluvial 543
3.1.8 Variable cercanía a puertos marítimos 548
3.2. Criterio institucionalidad y asociatividad 553
3.2.1. Variable cercanía al gremio 558
3.2.2. Variable cercanía a asociaciones y/o cooperativas 563
3.2.3. Variable cercanía a puntos de servicio al ganadero ICA 569
3.2.4. Variable cercanía a Agrosavia 574
3.3. Criterio disponibilidad de mano de obra 579
3.3.1. Variable densidad de la población rural en edad de trabajar 584
3.3.2. Variable oferta educativa técnica y tecnológica 591
3.3.3. Variable oferta educativa universitaria 597
3.4. Criterio dinámica del mercado de tierras 603
3.4.1. Variable tamaño predial 609
3.4.2. Variable avalúo castastral rural 615

3.4.3. Variable arriendo rural 622
3.4.4. Variable tendencia a la formalidad 629
3.5. Criterio indicadores económicos 637
3.5.1. Variable créditos otorgados 642
3.5.2. Variable desempeño municipal 648
3.5.3 Variable valor agregado pecuario municipal 661
3.5.4. Variable zonas más afectadas por el conflicto armado (Zomac) 667
3.6. Criterio seguridad ciudadana 671
3.6.1. Variable abigeato 677
3.6.2 Variable extorsiones rurales 683
3.6.3. Variable secuestros rurales 689
3.6.4. Variable homicidios rurales 695
3.7. Criterio condiciones de vida 701
3.7.1. Variable trabajo 707
3.7.2. Variable salud 714
3.7.3. Variable condiciones de la niñez y la juventud 721
3.7.4. Variable condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos 728
3.7.5. Variable condiciones educativas del hogar 735
4. Fichas metodológicas de exclusiones legales 742
4.1 Criterio exclusiones legales 742
4.1.1. Variable ecosistemas estratégicos (páramos) 750
4.1.2. Variable áreas protegidas 754
4.1.3. Variable otras áreas protegidas locales 758
4.1.4. Variable áreas urbanas 761
4.1.5. Variable parques arqueológicos 766
4.1.6. Variable zonas de reserva forestal nacional de Ley 2 de 1959, zonas tipo A 770
5. Fichas metodológicas de condicionantes legales 774
5.1 Criterio condicionantes legales 774

5.1.1. Variable ecosistemas estratégicos (manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical) 778
5.1.2. Variable áreas protegidas 784
5.1.3. Variable otras áreas protegidas locales 784
5.1.4. Variable zonas de reserva forestal nacional de Ley 2 de 1959, tipos B y C 792
5.1.5. Variable distinciones internacionales 797
5.1.6. Variable áreas de interés cultural y social 802
5.1.7. Variable zonas de importancia para fiebre aftosa 802

1. Fichas metodológicas del componente físico

El componente físico tuvo a modo de marco de análisis los pastos; gramíneas definidas como la base forrajera en un potrero, siendo estas las utilizadas en la presente zonificación como referencia para determinar la aptitud de las tierras, desde sus requerimientos edafoclimáticos; no obstante, es pertinente aclarar que las praderas están compuestas, además, por leguminosas y otras familias de forrajes. El producto de este análisis son ocho grupos de pastos, definidos de la siguiente manera:

Grupo 1: Pastos de crecimiento principalmente en macollas adaptadas a clima frío, de moderada a alta fertilidad de suelos, resistentes a heladas, moderadamente resistentes al encharcamiento, y exigentes en prácticas de manejo, con las más altas características nutritivas dentro de las gramíneas (totales de nutrientes digestibles, proteína cruda, fibra detergente neutro, energía digerible y metabolizable, minerales, entre otros). Está compuesto por los Raigrases (*Lolium multiflorum, Lolium hybridum, Lolium perenne)*, Festuca (*Festuca arudianacea),* Falsa Poa (*Holcus lanatus*) y Azul Orchoro (*Dactylis glomerata)* (Agrosavia, 2017; CIAT, 2010; Bernal, 1994; ICA, 1976).

Grupo 2: Pasto de alta adaptabilidad en clima frío, de hábito de crecimiento estolonifero y rizomatoso, resistente a la sequía, pero susceptible a las heladas; se adapta a variedades de suelos y presenta de alta a media calidad nutricional según el manejo. Este grupo solo lo compone el pasto Kikuyo (*Cenchrus clandestinus*) (Agrosavia, 2017; CIAT, 2010; Bernal, 1994; ICA, 1976).

Grupo 3: Pastos de clima cálido, de crecimiento semierecto, adaptados a condiciones de moderada a alta fertilidad de suelos, de drenaje bueno a moderado, de calidad nutricional moderada. Lo componen el Ángleton *(Dichantium aristatum)* y el Climacuna (*Dichantium anulatum* (Agrosavia, 2017; CIAT, 2010; Bernal, 1994; ICA, 1976).

Grupo 4: Pastos de clima medio a cálido, de crecimiento estolonifero y rizomatoso, crecen en variedades de suelos, principalmente con fertilidades moderadas y altas; tolera condiciones de alcalinidad y presentan calidad nutricional moderada. Este grupo lo comprenden las estrellas o del género *Cynodon*, compuestas por la Estrella o Tumbaviejos (*Cynodon nlemfuensis*), la Estrella africana o Tumbaviejos (*Cynodon plectostachyus*), el Argentina o Bermuda (*Cynodon dactylon*) y el híbrido Tiftón 85 (*Cynodon* spp.) (Agrosavia, 2017; CIAT, 2010; Bernal, 1994; ICA, 1976).

Grupo 5: Pastos de clima cálido, de suelos exclusivamente con drenaje pobre a muy pobre e inundables, y lo componen el Pará o Admirable (*Brachiaria mutica*), la Braquipará (*Brachiaria plantaginea*), el Tanner o Urare (*Brachiaria arrecta*) y el Alemán (*Echinochloa polystachya*) (Agrosavia, 2017; CIAT, 2010; Bernal, 1994; ICA, 1976).

Grupo 6: Pastos de clima cálido, de suelos de alta a moderada fertilidad con buen drenaje, de crecimiento en macolla y de raíces muy profundas, tolerantes al sombrío, propio de sistemas silvopastoriles. Este corresponde a las Guineas, como la Guinea pajarita, la Mombasa, y la Tanzania (*Megathyrsus maximus*) y el híbrido Massai (*Megathyrsus hibrido*) (Agrosavia, 2017; CIAT, 2010; Bernal, 1994; ICA, 1976).

Grupo 7: Pastos adaptados a condiciones de suelos ácidos y de suelos bien drenados, de calidades nutricionales bajas a moderadas, corresponde a las Brachiarias, compuesto por la Brachiaria Común y la Basilisk (*Brachiaria decumbens*), la Libertad, Piata, Marandú y Toledo (*Brachiaria brizantha*), la Ruzi (*Brachiaria ruziziensis*), el Mulato I y Mulato II (Brachiaria hibrido) y el cultivar Llanero de *Brachiaria humidicola* o mal llamada *Brachiaria dyctioneura;* es la agrupación más heterogénea en sus requerimientos y morfología (Agrosavia, 2017; CIAT, 2010; Bernal, 1994; ICA, 1976).

Grupo 8: Pastos de clima cálido compuesto únicamente por el pasto Humídicola o Pasto Dulce *(Brachiaria humidicola),* de crecimiento estolonifero, ampliamente adaptado a variedades de suelos extremos, soportando altas saturaciones de aluminio, baja fertilidad, encharcamientos y drenaje pobre; es el pasto de menor calidad nutricional, pero ofrece una oferta forrajera, donde difícilmente otros pastos pueden adaptarse (Agrosavia, 2017; CIAT, 2010; Bernal, 1994; ICA, 1976).

El resultado de cada criterio generado por agrupación de pastos posteriormente fue integrado en uno solo, a través de un análisis jerárquico (*AHP*), como se muestra en las fichas a continuación.

1.1. Criterio condiciones climáticas

FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: CLIMÁTICO		
CRITERIO: CONDICIONES CLIMÁTICAS		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Temperatura media anual, expresada en grados centígrados (°C).
- Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc), expresado como cualitativa.
- 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 (FAO, 1976; UPRA, 2013).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Inciden directamente en la fisiología de las plantas (pastos), afectando la tasa fotosintética, respiración, actividad enzimática, nutrición mineral, adsorción y transporte del agua y metabolismo del nitrógeno, entre tantos, las cuales condicionan la posibilidad del establecimiento, crecimiento, desarrollo y producción de forraje de una pradera (Baruch y Fisher, 1997; Salisbury, 2016).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Debido a la imposibilidad de disponer de la normal climatológica 1990-2019 para algunas estaciones meteorológicas operadas por el Ideam, que registran los diferentes parámetros del clima como por ejemplo la evapotranspiración de referencia, se generan inconvenientes para conocer la distribución espacial detallada del clima, en algunas regiones productoras de forraje en el país.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

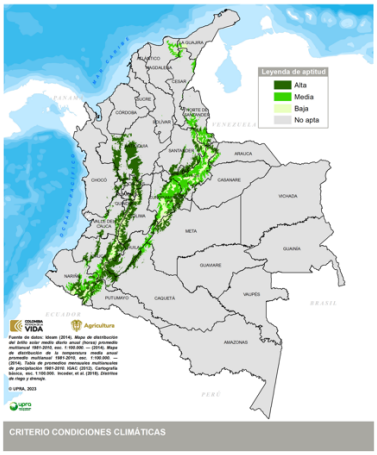
El criterio de condiciones climáticas por agrupación de pasturas se definió a partir de un árbol de decisión, donde se integraron las variables temperatura media anual, índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (en función de la precipitación total y la evapotranspiración del cultivo de pastos) y el brillo solar medio diario anual, construidas a partir de las normales climatológicas 1981 y 2010 del Ideam.

Este criterio presenta los siguientes rangos de aptitud, con base en la comparación de rangos, a través de un árbol de decisión, así:

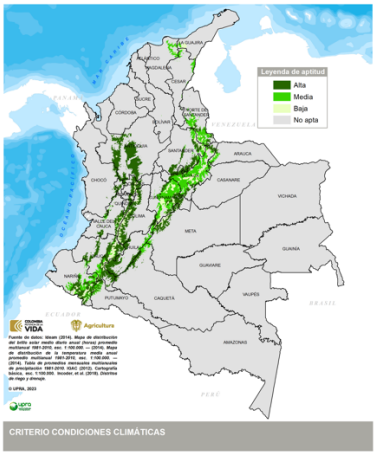
Árbol de decisión

Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)	Temperatura media anual (˚C)	Brillo solar medio diario anual (horas sol/día)	Aptitud
A1	A1	A1	A1
		A2	A1
		A3	A2
	A2	A1	A1
		A2	A2
		A3	A2
	A3	A1	A3
		A2	A3
		A3	A3
	N1	Cualquiera	N1
A2	A1	A1	A2
		A2	A2
		A3	A3
	A2	A1	A2
		A2	A2
		A3	A3
	A3	A1	A3
		A2	A3
		A3	A3
	N1	Cualquiera	N1
A3	A1	A1	A3
		A2	A3
		A3	A3
	A2	A1	A3

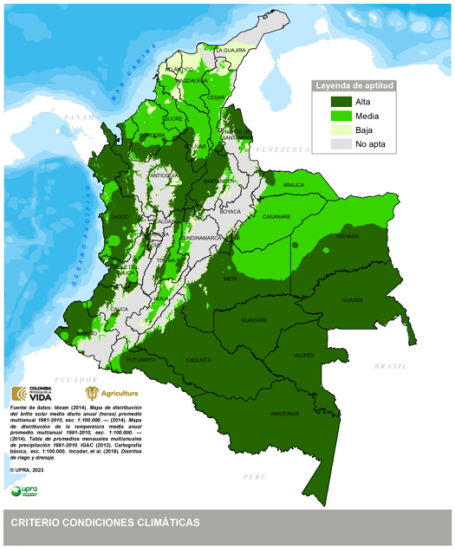
Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)	Temperatura media anual (˚C)	Brillo solar medio diario anual (horas sol/día)	Aptitud
		A2	A3
		A3	A3
	A3	A1	A3
		A2	A3
		A3	A3
	N1	Cualquiera	N1
N1	Cualquiera	Cualquiera	N1



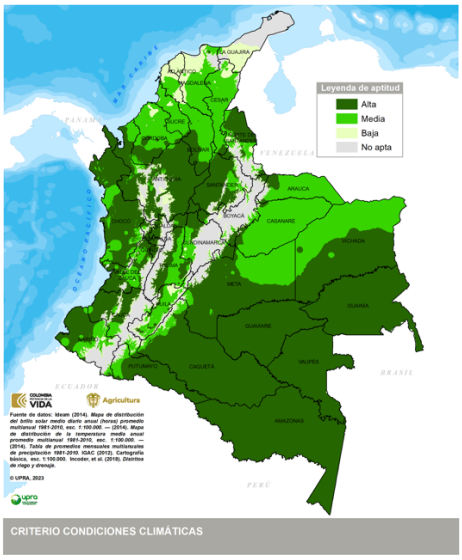
Grupo 1



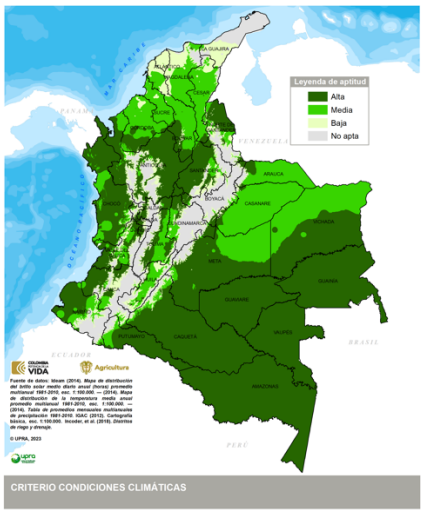
Grupo 2



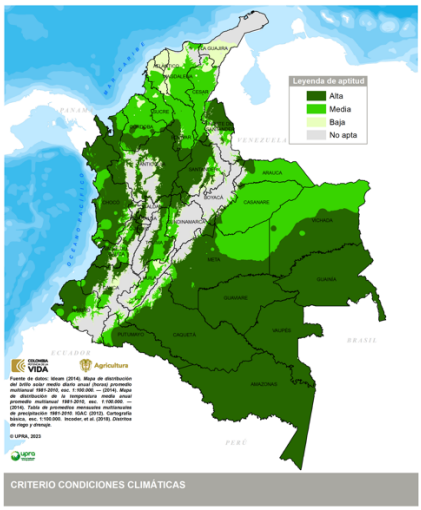
Grupo 3



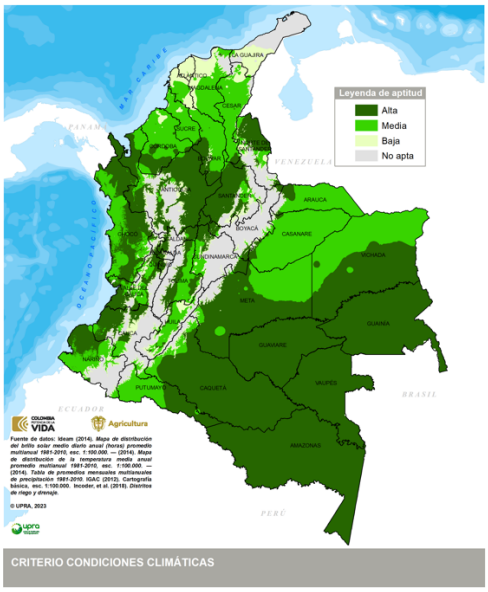
Grupo 4



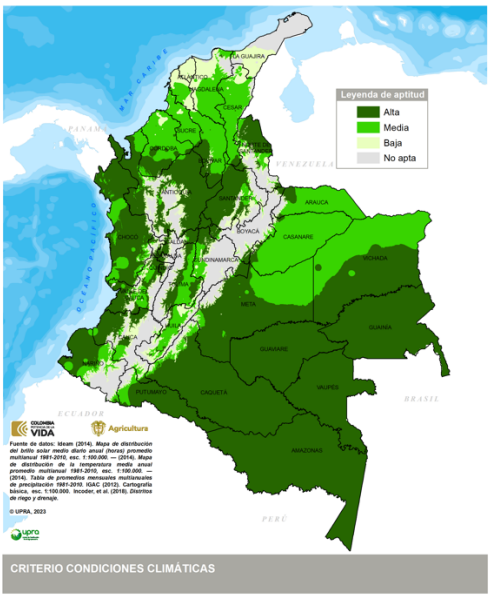
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

Posteriormente cada criterio generado por agrupación fue integrado en uno solo, a través de un análisis jerárquico (*AHP*), como se muestra a continuación.

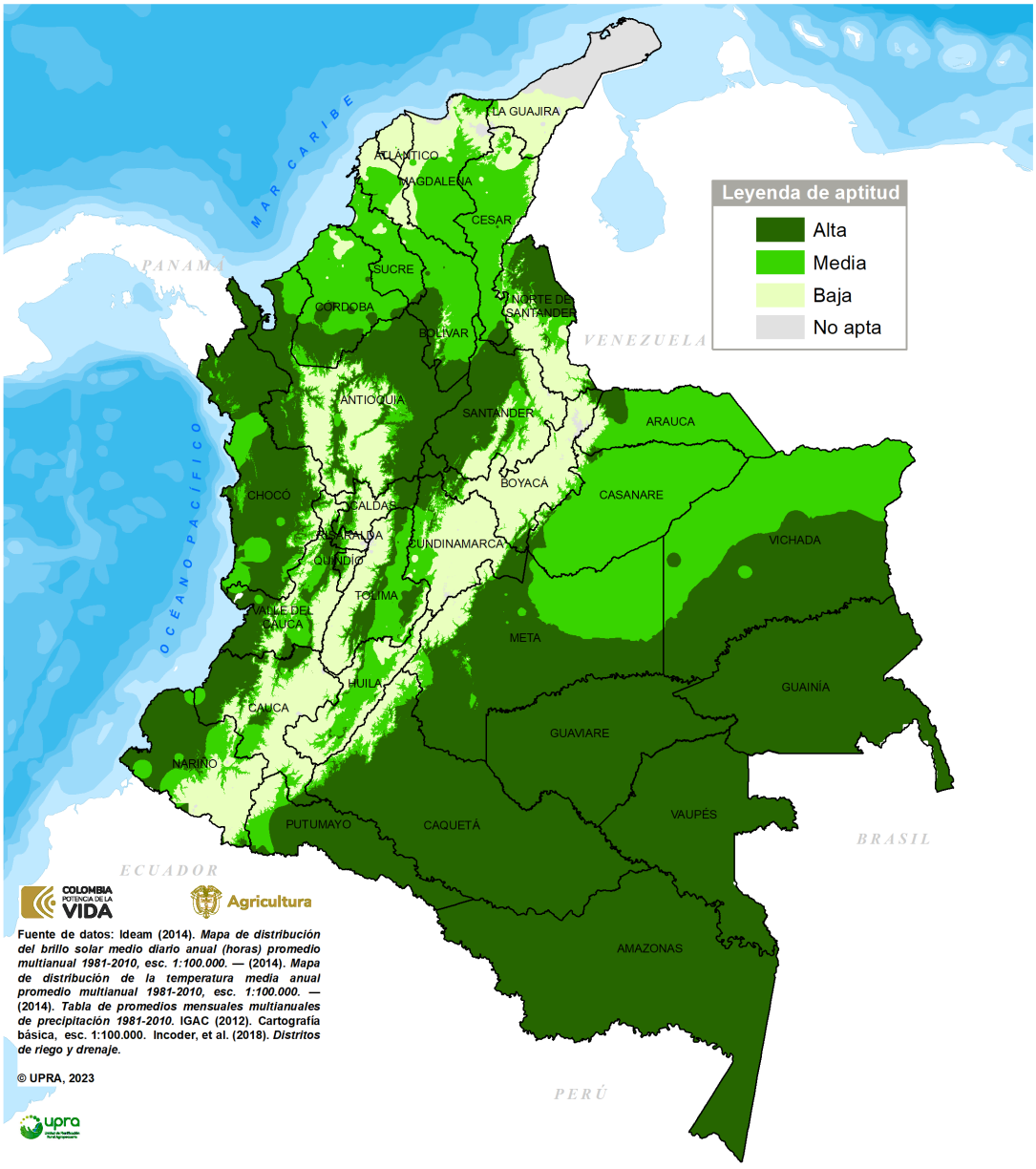
Integración del criterio	
Agrupaciones	**Pesos**
Grupo 1 (Raigrases)	0,132
Grupo 2 (Kikuyo)	0,088
Grupo 3 (Ángleton y Climacuna)	0,254
Grupo 4 (Estrellas)	0,168
Grupo 5 (Admirable, Alemán y Braquipará)	0,151
Grupo 6 (Guineas)	0,108
Grupo 7 (Brachiarias)	0,06
Grupo 8 (Humidícola)	0,037
Total	1,00

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

A continuación, se presenta la calificación cualitativa del criterio de condiciones climáticas, donde se tuvo en cuenta los requerimientos de cada agrupación de pastos (Corpoica, 2017; Arce, Peña, & Cárdenas, 2013; CIAT, 2010; Argel, 2005; Bernal, 1994; Lapointe & Miles, 1992; Baruch y Fisher, 1997 e ICA, 1976):

Criterio de calificación	Aptitud
Condiciones climáticas óptimas para el establecimiento de pastos para la producción bufalina	Alta (A1)
Se presenta limitación moderada por condiciones climáticas, para el establecimiento de pastos para la producción bufalina	Media (A2)
Se presenta limitación fuerte por condiciones climáticas, para el establecimiento de pastos para la producción bufalina	Baja (A3)
Restricciones por condiciones climáticas que imposibilitan el desarrollo de la actividad, para el establecimiento de pastos para la producción bufalina.	No apta (A3)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO CONDICIONES CLIMÁTICAS

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. (2013). *Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia*. Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 14(2) 215-229.
- Argel, P. (2005). *Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas doble propósito. XIX Reunión de ALPA y la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal-AMPA*, (págs. 65-71).
- Baruch Z, y Fisher J. (1988). *Factores climáticos y de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el establecimiento de una pastura. En: Establecimiento y Renovación de Pasturas. VI Reunión del Comité asesor de la RIEPT*. 103-142.
- Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes, producción y manejo. Fondo Ganadero*.
- Campos, D. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos*. http://www.cenicana.org/investigacion/seica/Compiladolibros2016/Agroclimatologia_cuantitativa_cultivos.pdf>.
- CIAT. (1988). *Establecimiento y Renovación de Pasturas. VI Reunión del Comité asesor de la RIEPT*.
- _. (2010). *Especies Forrajeras Multipropósito, Opciones para Productores del Trópico Americano*. CIAT.
- Corpoica. (2017). Alimentro. http://www.Corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/alimentro.
- Doorembos J, y Kassam A. (1979). *Yield response to water. Estudio de riego y drenaje N°33*. Roma: FAO.
- _. (1976). FAO, Editor, FAO, Producer. http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es
- _. (1991). *Guidelines: land evaluation for extensive grazing. FAO Soils Bulletin 58*. FAO.
- ICA. (1976). *Cursos de pastos y forrajes, Compendio Número 11*. ICA.
- Ideam. (2014). *Mapa de distribución del brillo solar medio diario anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000*. Ideam.
- _. (2014). *Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000*. Ideam.
- _. (2014). *Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación, periodo 1981-2010*. Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- Lapointe, S., & Miles, J. (1992). *Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution*. CIAT.
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000)*. UPRA.

1.1.1. Variable temperatura media anual

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: CLIMÁTICO		
CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONES CLIMÁTICAS		
VARIABLE: temperatura media anual	**UNIDAD DE MEDIDA**: grados centígrados (°C)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

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 un índice de balance calórico, expresado en grados centígrados (Ideam, 2014).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

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

Conocer la distribución espacial anual de la temperatura del aire es fundamental para la zonificación, ya que es la base para establecer áreas con condiciones térmicas diferenciales, que permite establecer zonas con aptitudes alta (A1), media (A2), baja (A3) y no apta (N1) para los pastos.

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

Se establecieron diferentes rangos de exclusión técnica (N1), dependiendo de los requerimientos de cada una de las agrupaciones de pasturas.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

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

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La información de base para las unidades térmicas se tomó 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.

Se realizó un ejercicio de delimitación a nivel 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.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

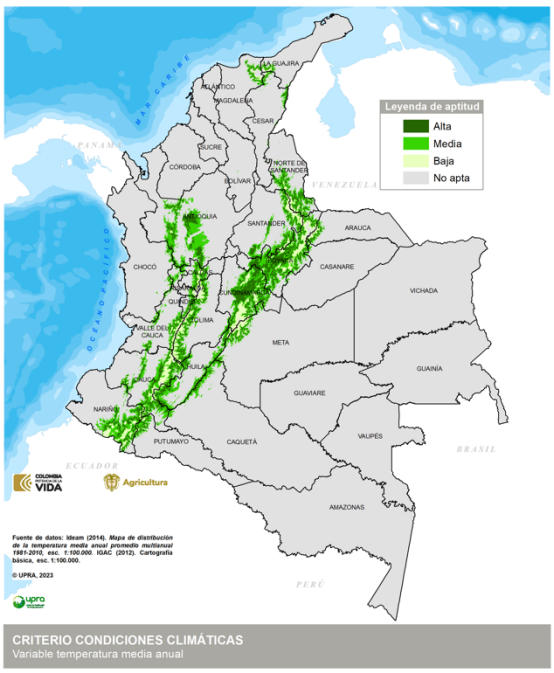
Los valores asignados para la construcción de rangos de temperatura se realizaron por agrupación de pasturas, según los requerimientos térmicos (ICA, 1976; CIAT, 2010; Baruch Z, y Fisher J, 1997; Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E., 2013 y Bernal, J.1994).

Grupos de pasturas	Aptitud			
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
1 (Raigrases)	12-15	15-18; 10 - 12	6-10	<6 - >18
2 (Kikuyo)	12-15	15-18; 10-12	8-10	<8 - >18
3 (Ángleton y Climacuna)	>24	22-24	20-22	<20
4 (Estrellas)	>24	18-24	16-18	<16
5 (Admirable, Alemán y Braquipará)	>24	20-24	17-20	<17
6 (Guineas)	>24	20-24	18-20	<18
7 (Brachiarias)	>26	20-26	18-20	<18
8 (Humidícola)	>24	20-24	17-20	<17

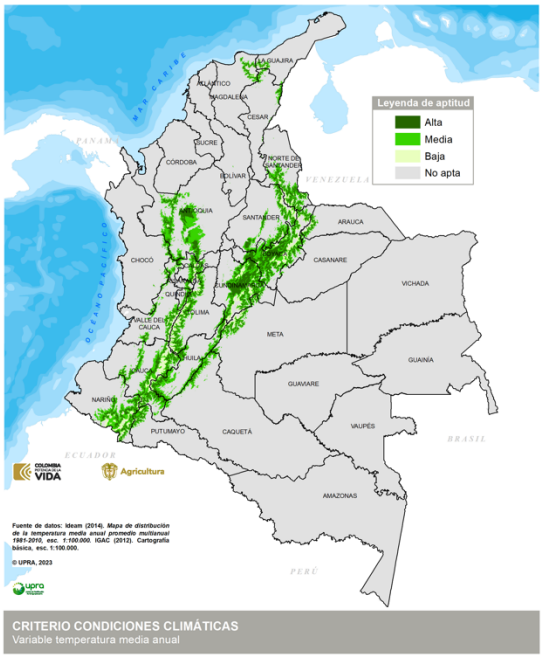
UNIDAD DE ANÁLISIS

Distribución de la temperatura media anual en el territorio nacional

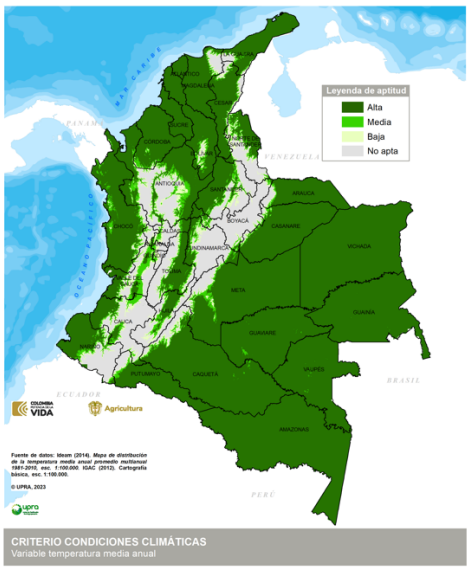
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



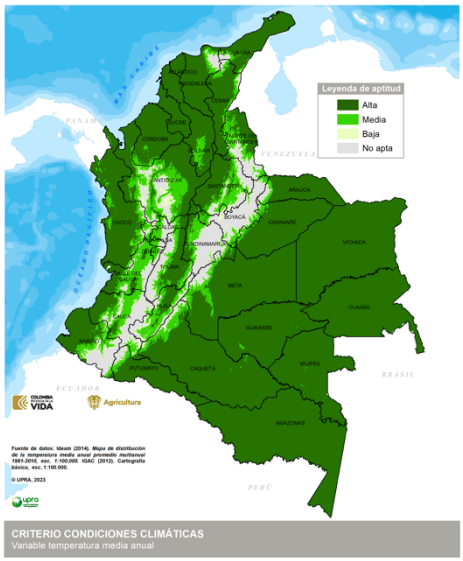
Grupo 1



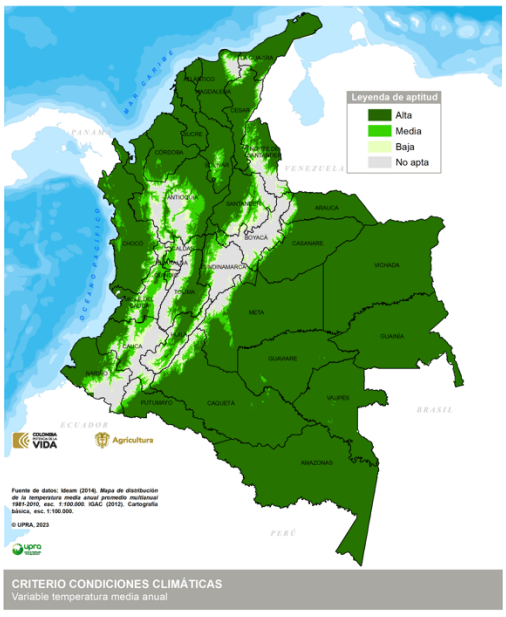
Grupo 2



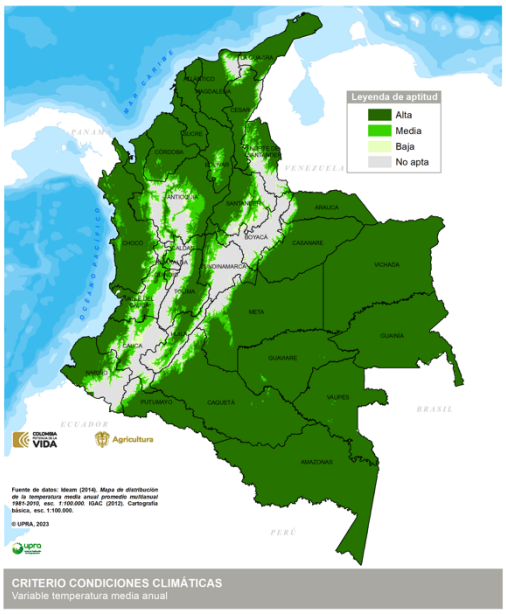
Grupo 3



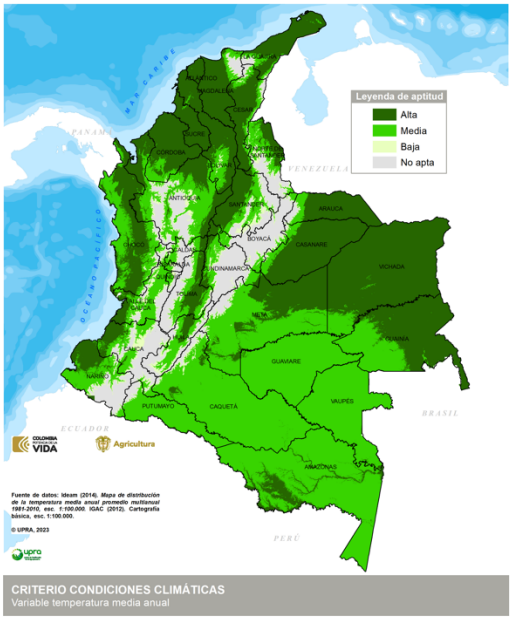
Grupo 4



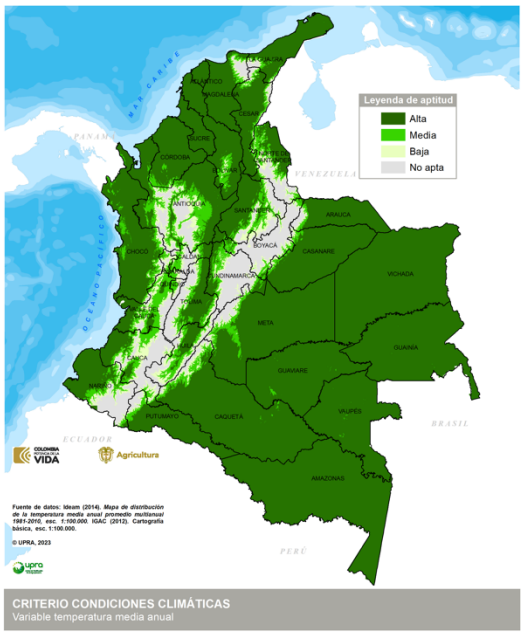
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. (2013). Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 14*(2), 215-229.
- Argel, P. (2005). *Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas doble propósito. XIX Reunión de ALPA y la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal-AMPA*, 65-71.
- Baruch Z, y Fisher J; (1988). *Factores climáticos y de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el establecimiento de una pastura; Establecimiento y Renovación de Pasturas.* En: *VI Reunión del Comité asesor de la RIEPT*, 103-142.
- Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes, producción y manejo. Fondo Ganadero.*
- Campos, D. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos.* http://www.cenicana.org/investigacion/seica/Compiladolibros2016/Agroclimatologia_cuantitativa_cultivos.pdf>.
- CIAT. (1988). *Establecimiento y Renovación de Pasturas. VI Reunión del Comité asesor de la RIEPT.*
- _. (2010). *Especies Forrajeras Multipropósito, Opciones para Productores del Trópico Americano.* CIAT.
- Corpoica. (2017). Alimentro. http://www.Corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/alimentro.
- Doorembos J, y Kassam A. (1979). *Yield response to water. Estudio de riego y drenaje N.°33.* FAO.
- FAO. (1976). FAO, Editor, & FAO, Producer. http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es
- _. (1991). *Guidelines: land evaluation for extensive grazing. FAO Soils Bulletin 58.* FAO.
- ICA. (1976). *Cursos de pastos y forrajes, Compendio Número 11.* ICA.
- Ideam. (2014). *Mapa de distribución del brillo solar medio diario anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000.* Ideam.
- _. (2014). *Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000.* Ideam.
- _. (2014). *Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación, periodo 1981-2010.* Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* IGAC.
- Lapointe, S., & Miles, J. (1992). *Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution.* CIAT.
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000).* UPRA.

1.1.2. Variable índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: CLIMÁTICO		
CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONES CLIMÁTICAS		
VARIABLE: índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)	**UNIDAD DE MEDIDA:** adimensional	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Índice de la relación mensual entre la evapotranspiración actual, refiriéndose a la cantidad de agua que suministra la precipitación en el mes, que es evapotranspirada y, la evapotranspiración del cultivo mensual, llevado a una medida de tendencia anual, expresados en valores de 0 a 1.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

Las necesidades de agua del cultivo son estimadas a través de la evapotranspiración y son suplidas en la medida que la precipitación esté disponible, que para este caso se define como evapotranspiración actual; de allí que este índice muestra dicha relación, que indica que cuando los valores estén cercanos a 1, las necesidades del cultivo están siendo compensadas y en la medida que se aleja aumentan los déficits de agua, afectando el establecimiento, crecimiento, desarrollo y producción de la planta. Para esta variable se incluyó el término de evapotranspiración actual, donde se hace un supuesto de equivalencia a la evapotranspiración real, lo cual permite realizar una inferencia entre la disminución del rendimiento relativo de las cosechas por agua, versus el déficit, sin incluir en el coeficiente de productividad que sería otro análisis.

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

Se estableció como valor de exclusión técnica (N1), menos de 0,5 de IDHc, que ocasiona estrés hídrico y por lo tanto, imposibilidad para establecer el cultivo y permitir su crecimiento, desarrollo y producción.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Colombia presenta una amplia gama de condiciones climáticas que van desde lo semidesértico (La Guajira) hasta lo muy húmedo (Chocó) y desde el nivel del mar (costas Caribe y Pacífica) hasta la criósfera (nevados), que dificultan de manera importante establecer mapas nacionales, dado que en muchas regiones del país los modelos de estimación de la evapotranspiración (evapotranspiración de referencia ETo Penman-Monteith y del cultivo ETc), se sobreestima o subestima, sobre todo en las regiones con condiciones evaporativas bajas.

Dicho análisis de humedad para el cultivo se centra únicamente en lo climático, excluyendo el suelo (almacenamiento de agua del suelo), primero porque no se cuenta con información nacional de humedad aprovechable (capacidad de campo menos punto de marchitez permanente); además que la información de suelos con cubrimiento nacional corresponde a los estudios generales de suelos del país (escala 1:100.000) y estos contienen asociaciones como unidades cartográficas de suelos. Es así que, al no incluir en el modelo, la capacidad de almacenamiento del suelo no es conveniente incluir el almacenamiento anterior mes a mes, lo que conlleva a la inconveniencia de incluir las pérdidas de agua por escorrentía, como se sugiere con la precipitación efectiva (80 %, FAO/AGLW, USDA por Crowat 8,0 y otras recomendadas), además de que no se cuenta con mapa nacional de está.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El procesamiento de esta variable se realizó en un sistema de información geográfico, a través de mapas *ráster* de precipitación, evapotranspiración de referencia y evapotranspiración del cultivo mes a mes.

El índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (**IDHc**) se calculó en función de la siguiente ecuación:

$$IDHc = [(ETa_{ene}/ETc_{ene})+(ETa_{feb}/ETc_{feb})..... (ETa_{dic}/ETc_{dic})]/12$$

$$ETa=ETc \text{ cuando } P \geq ETc \text{ y } ETa=P \text{ cuando } P<ETc$$

donde:

P = precipitación mensual multianual
ETc = evapotranspiración del cultivo mensual bajo condiciones estándar
ETa = evapotranspiración actual, refiriéndose a la cantidad de agua que suministra la precipitación en dicho mes y es evapotranspirada; los anteriores generados a partir de la normal climatológica 1981 al 2010.

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

$$ETc = Kc * ETo$$

donde:

Kc : coeficiente hídrico del cultivo de pastos (1,0).
ETo = evapotranspiración de referencia mensual (demanda de evapotranspiración de la atmósfera, en función de un cultivo de referencia, específicamente pasto con una altura de 0,12 m, resistencia superficial de 70 sm^{-1} y un albedo de 0,23).

Una vez calculados los valores de **IDHc** mensuales multianuales desde enero hasta diciembre, fueron llevados a un promedio anual.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

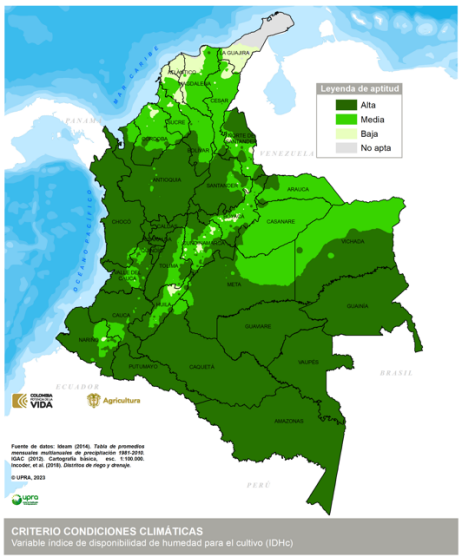
Se presentan los siguientes rangos para la variable:

Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)	Aptitud
>0,85	Alta (A1)
0,7 - 0,85	Media (A2)
0,5 - 0,7	Baja (A3)
<0,5	No apta (N1)

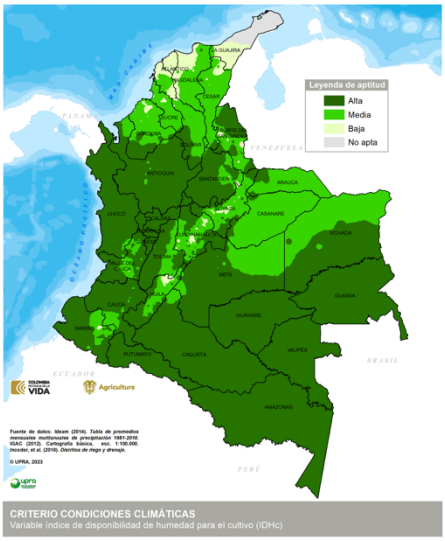
UNIDAD DE ANÁLISIS

Distribución del índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc) en el territorio nacional

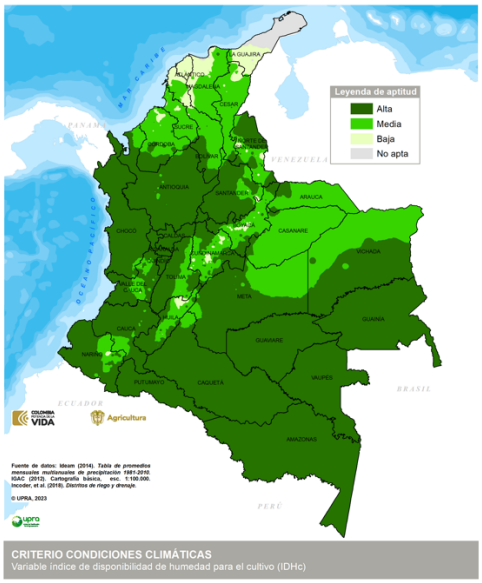
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



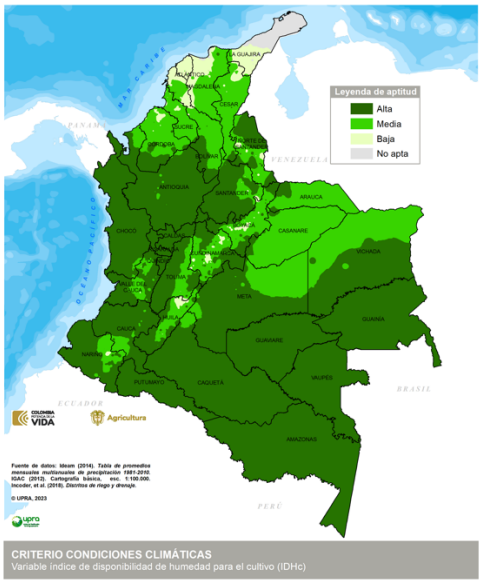
Grupo 1



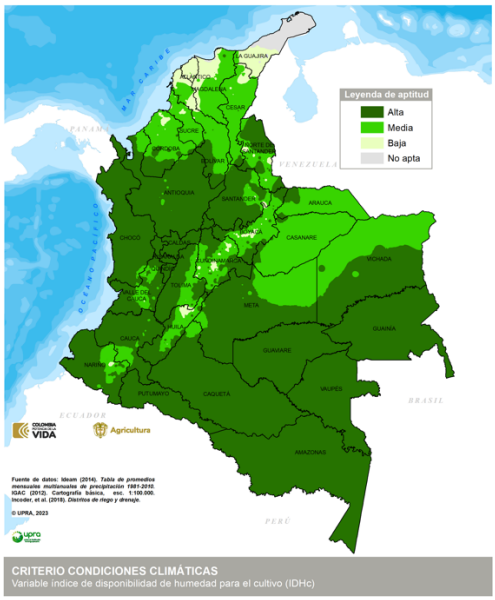
Grupo 2



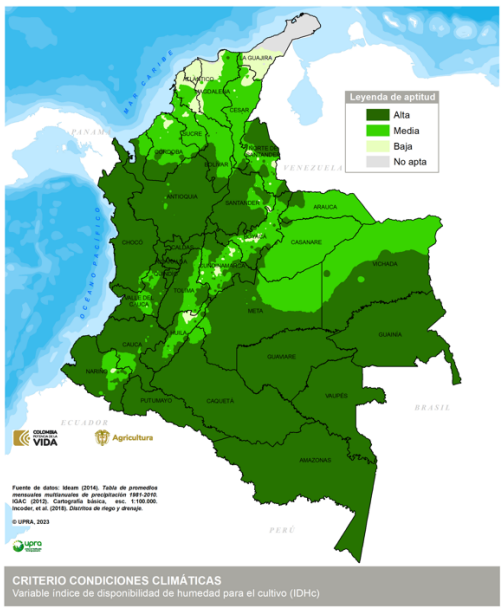
Grupo 3



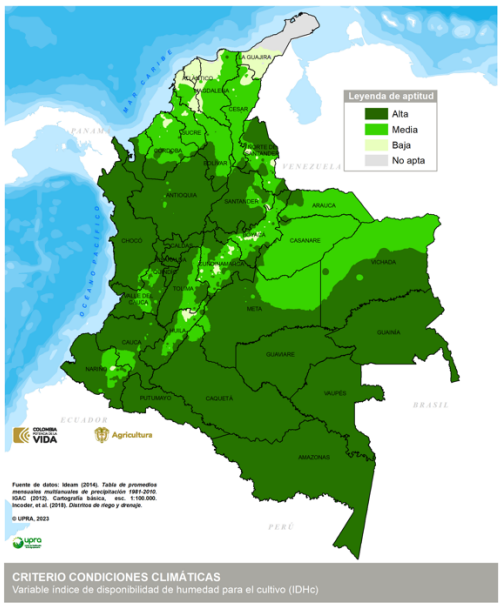
Grupo 4



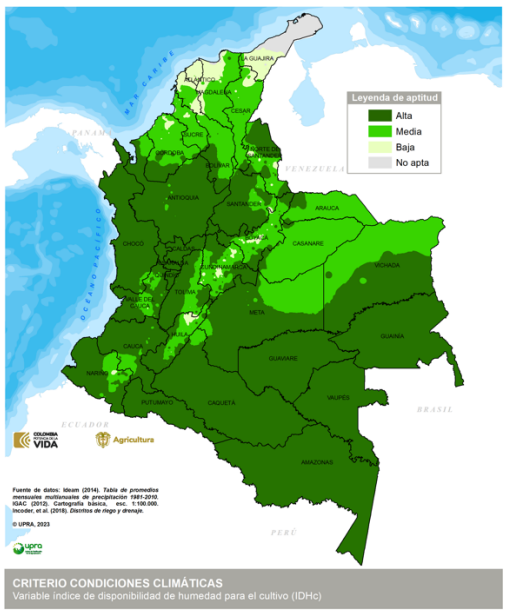
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Campos, D. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos*. http://www.cenicana.org/investigacion/seica/Compiladolibros2016/Agroclimatologia_cuantitativa_cultivos.pdf>.
- Ideam. (2014). *Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación y evapotranspiración de referencia, periodo 1981-2010*. Ideam.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.

1.1.3. Variable brillo solar medio diario anual

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
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 legal	

DEFINICIÓN

La cantidad de horas en la que los rayos del sol llegan directamente sobre la superficie terrestre, se denomina brillo solar o insolación (Ideam, 2014).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

Incide directamente en la eficiencia fotosintética, en consecuencia, en la tasa de asimilación neta y en la acumulación de materia seca, es decir en la producción de forraje y en la recuperación de los potreros en los periodos de descanso.

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

No se establecieron rangos de exclusión técnica (N1) para ninguna agrupación de pasturas.

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 normalizada solo está hasta 2010. En consecuencia, el análisis espacial anual, no refleja la condición de insolación actual del país.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La información utilizada para las unidades de brillo solar, se tomó 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.

Se realizó un ejercicio de delimitación espacial del brillo solar, 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.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

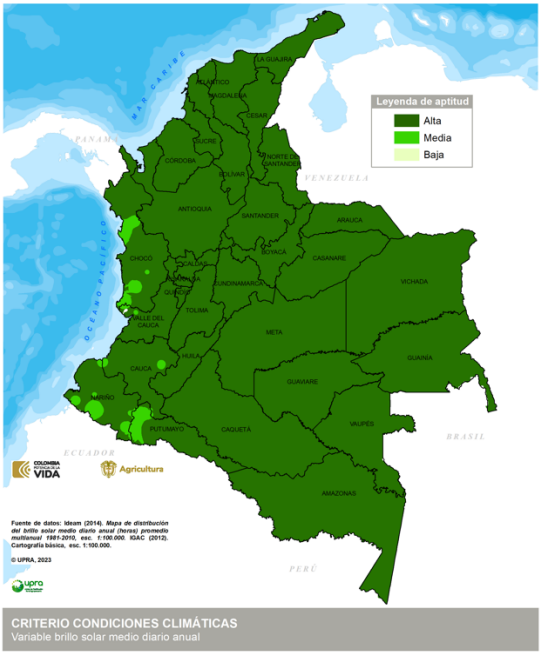
Los valores asignados para la construcción de rangos de brillo solar se realizaron por agrupación de pasturas según los requerimientos (ICA, 1976; CIAT, 2010; Baruch Z. y Fisher J, 1998; Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. 2013; Bernal, J 1994).

Grupos de pasturas	Aptitud			
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
1 (Raigrases)	>3	2-3	<2	-
2 (Kikuyo)				
3 (Ángleton y Climacuna)	>4	3-4	<3	-
4 (Estrellas)				
5 (Admirable, Alemán y Braquipará)				
6 (Guineas)				
7 (Brachiarias)				
8 (Humidícola)				

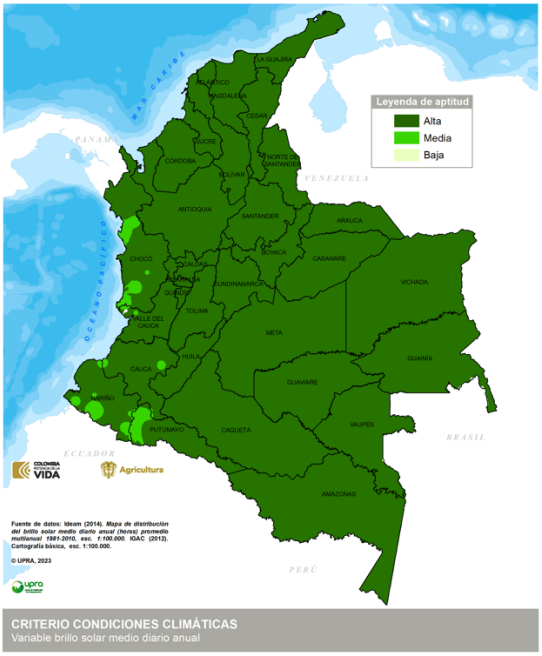
UNIDAD DE ANÁLISIS

Distribución del brillo solar medio diario anual en el territorio nacional

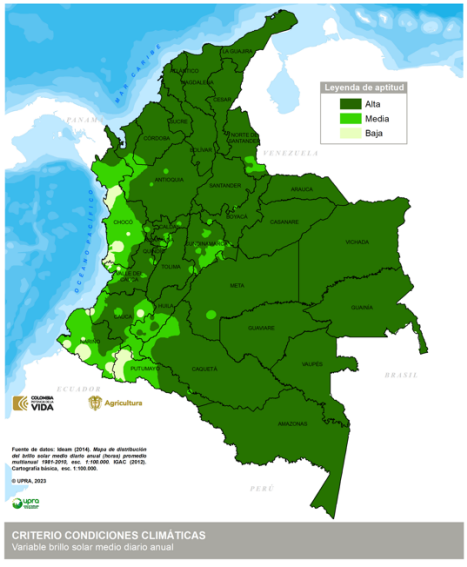
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



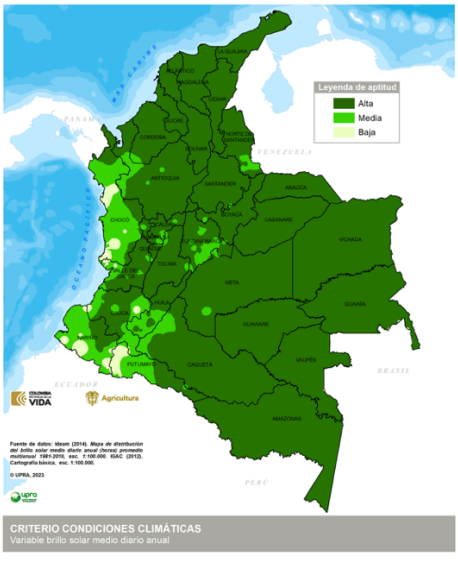
Grupo 1



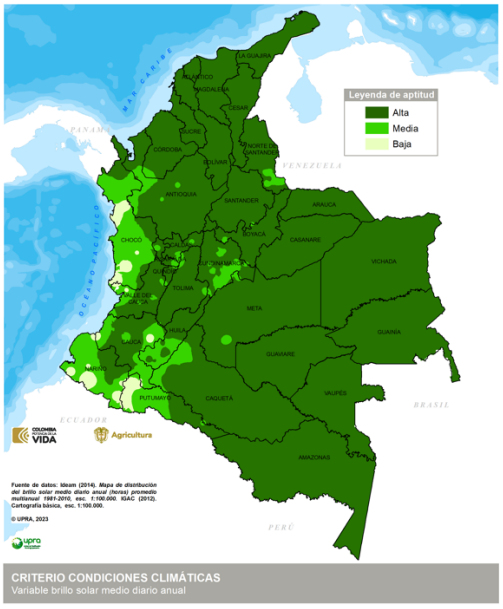
Grupo 2



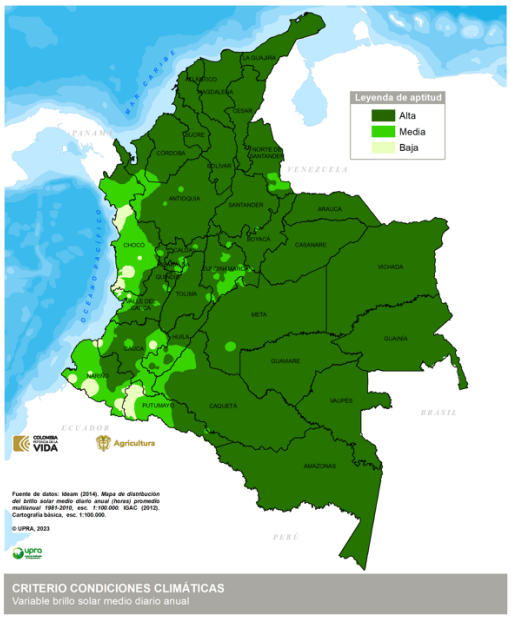
Grupo 3



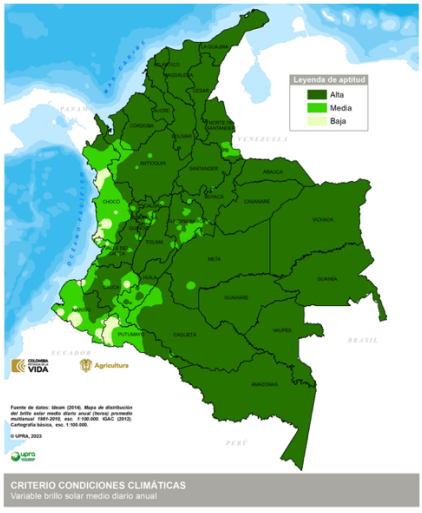
Grupo 4



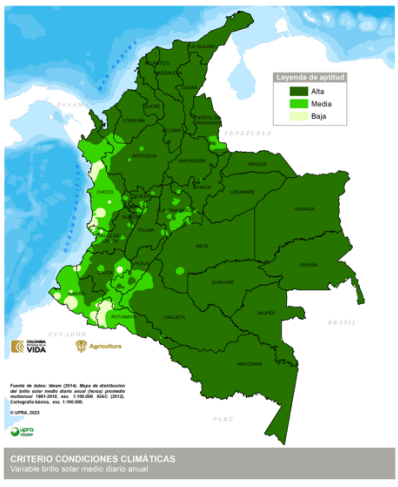
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. (2013). Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 14*(2) 215-229.
- Argel, P. (2005). *Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas doble propósito. XIX Reunión de ALPA y la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal-AMPA*, 65-71.
- Baruch Z., y Fisher J. (1988). *Factores climáticos y de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el establecimiento de una pastura; Establecimiento y Renovación de Pasturas*. En: *VI Reunión del Comité asesor de la RIEPT*, 103-142.
- Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes, producción y manejo*. Fondo Ganadero.
- Campos, D. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos*. < http://www.cenicana.org/investigacion/seica/Compiladolibros2016/Agroclimatologia_cuantitativa_cultivos.pdf>.
- CIAT. (1988). *Establecimiento y Renovación de Pasturas. VI Reunión del Comité asesor de la RIEPT*.
- _. (2010). *Especies Forrajeras Multipropósito, Opciones para Productores del Trópico Americano*. CIAT.
- Corpoica. (2017). Alimentro. http://www.Corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/alimentro.
- Doorembos J, y Kassam A. (1979). *Yield response to water. Estudio de riego y drenaje N°33*.
- FAO. (1976). FAO, Editor, & FAO, Producer. http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es
- _. (1991). *Guidelines: land evaluation for extensive grazing. FAO Soils Bulletin 58*. FAO.
- ICA. (1976). *Cursos de pastos y forrajes, Compendio Numero 11*. ICA.
- Ideam. (2014). *Mapa de distribución del brillo solar medio diario anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000*. Ideam.
- _. (2014). *Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000*. Ideam.
- _. (2014). *Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación, periodo 1981-2010*. Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- Lapointe, S., & Miles, J. (1992). *Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution*. CIAT.
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000)*. UPRA.

1.2. Criterio capacidad de laboreo y pastoreo

FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO: CAPACIDAD DE LABOREO Y PASTOREO		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• Pendiente, expresada en porcentaje (%). • Pedregosidad, expresada como fase cartográfica de pedregosidad. • Textura, expresada en clases de texturas.		

DEFINICIÓN

Condiciones del terreno para preparar un lecho con los nutrientes adecuados y con condiciones que permitan el establecimiento del cultivo (pastos) para su posterior desarrollo, mantenimiento y cosecha (las labores pueden ser en forma manual, con tracción animal o mecanizadas) (FAO, 1976; UPRA, 2013).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO

Incide en la actividad del pastoreo y en la realización de las diferentes labores culturales en los potreros, tanto manuales como mecanizadas; en tal sentido, hace parte del potencial de aumento de la producción por hectárea.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Las pendientes mayores de 25 %, se consideran no aptas, porque van en contra de la conservación de los suelos, frente al pastoreo con animales del peso y características de los búfalos.

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 al interior de ésta existen

áreas que tienen calificaciones diferentes al componente calificado y que corresponden a aptitudes distintas.

La pedregosidad se encuentra como fase pedregosa, lo cual implica que tiene cubrimiento en el suelo mayor de 35 %; esta fase cartográfica se califica durante la etapa de campo del estudio de suelos.

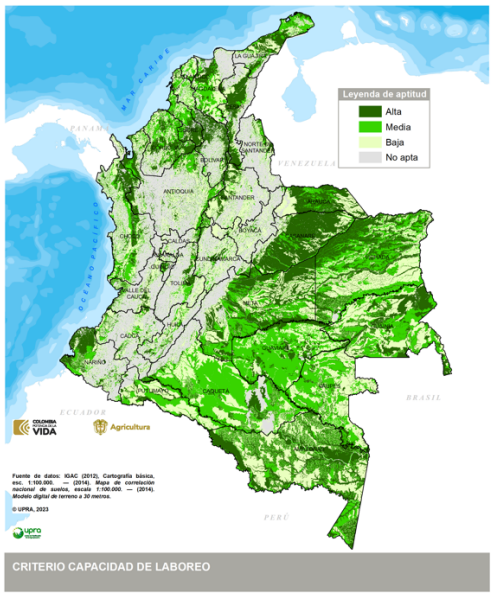
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El criterio de capacidad de laboreo para cada una de las agrupaciones de pasturas, se definió a partir de un árbol de decisión, donde se integraron las variables. La información para las tres variables que conforman este criterio se obtuvo del mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 (IGAC, 2014), que corresponde a la pendiente (fases cartográficas de pendiente), pedregosidad (fase de pedregosidad) y la textura (clases texturales).

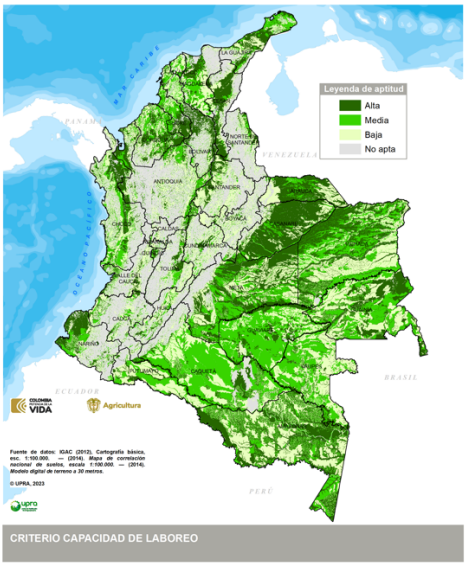
Árbol de decisión del criterio

Pendiente	Pedregosidad	Textura	Aptitud
A1	A1	A1	A1
		A2	A2
	A3	Cualquiera	A3
A2	A1	A1	A2
		A2	A2
	A3	Cualquiera	A3
A3	A1	A1	A3
		A2	A3
	A3	Cualquiera	A3
N1	Cualquiera	Cualquiera	N1

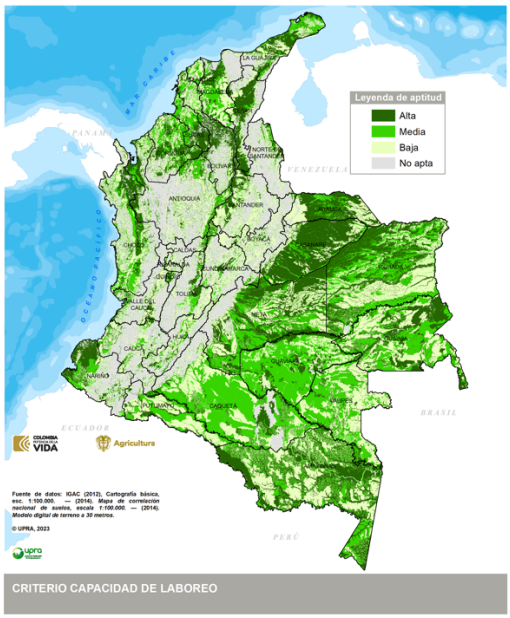
El resultado de integración del árbol de decisión por agrupación se muestra a continuación:



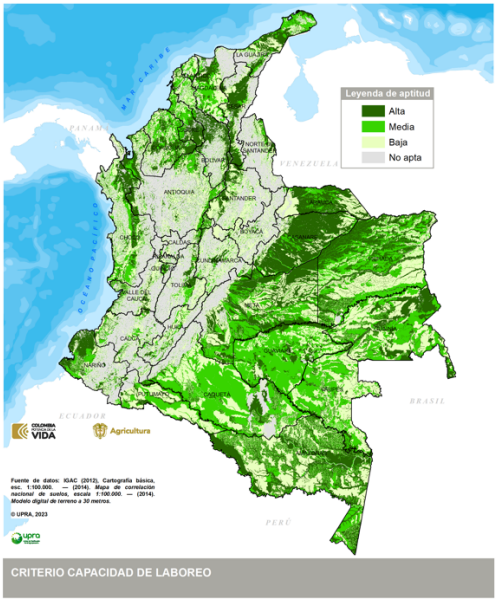
Grupo 1



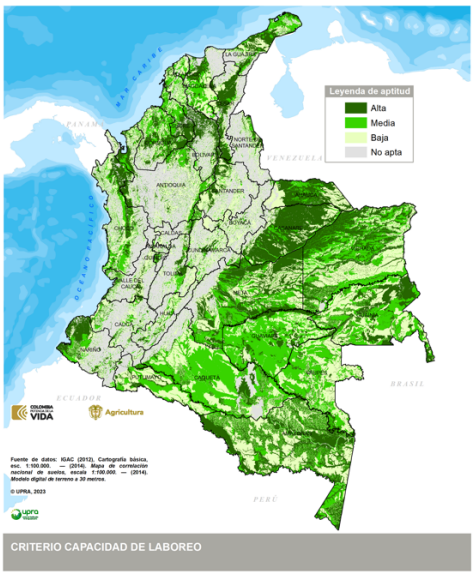
Grupo 2



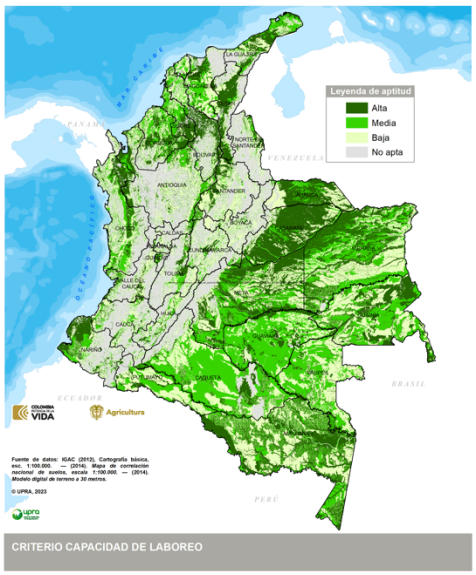
Grupo 3



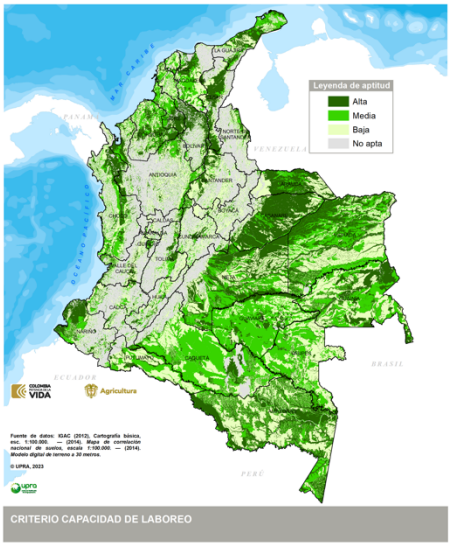
Grupo 4



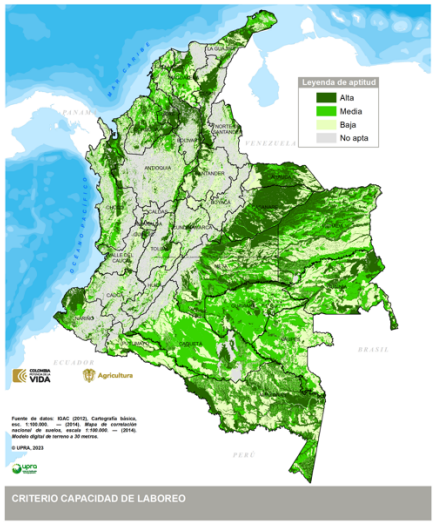
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

Integración del criterio	
Agrupaciones	**Pesos**
Grupo 1(Raigrases)	0,132
Grupo 2 (Kikuyo)	0,088
Grupo 3 (Ángleton y Climacuna)	0,254
Grupo 4 (Estrellas)	0,168
Grupo 5 (Admirable, alemán y Braquipará)	0,151
Grupo 6 (Guineas)	0,108
Grupo 7 (Brachiarias)	0,06
Grupo 8 (Humidícola)	0,037
Total	**1,00**

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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

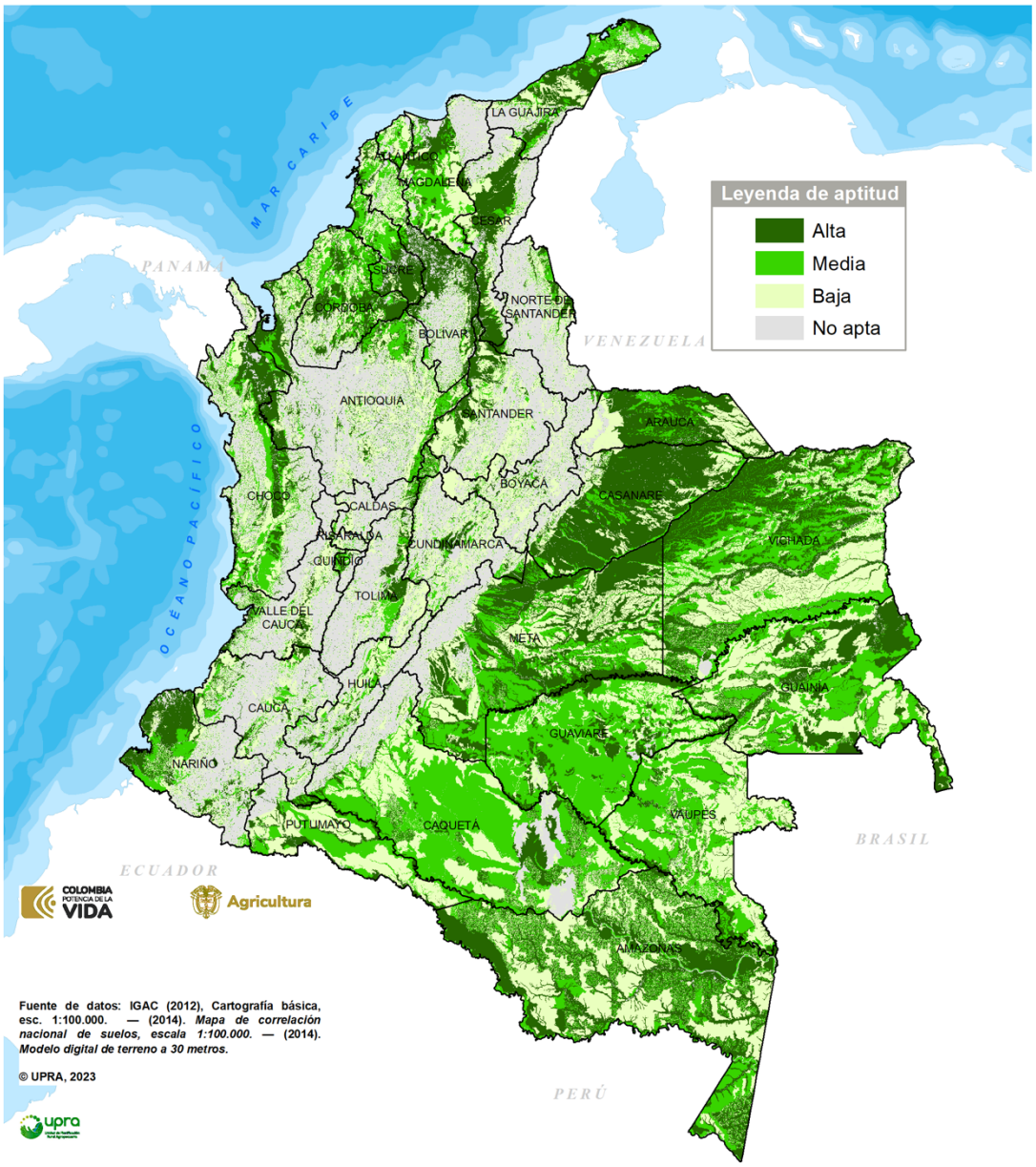
La calificación cualitativa tiene en cuenta la morfología y hábito de crecimiento de cada agrupación de pastos (Corpoica, 2017; Arce, Peña, & Cárdenas, 2013; CIAT, 2010; Argel, 2005; Bernal, 1994; Lapointe & Miles, 1992; Ara, 1997; ICA, 1976):

Criterio de calificación	Aptitud
Condiciones óptimas de laboreo y pastoreo, para la producción bufalina.	Alta (A1)
Se presentan limitaciones moderadas, para el pastoreo y la realización de labores, en el cultivo de pastos para la producción bufalina.	Media (A2)
Se presentan fuertes limitaciones, para la realización del pastoreo y las labores, en el cultivo de pastos para la producción bufalina.	Baja (A3)
Se presentan restricciones que imposibilitan el pastoreo y las labores en el cultivo de pastos, para la producción bufalina.	No apta (N1)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO CAPACIDAD DE LABOREO Y PASTOREO

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes, producción y manejo. Fondo ganadero*. Bogotá.
- CIAT. (1988). *Establecimiento y Renovación de Pasturas. VI Reunión del Comité asesor de la RIEPT*.
- _. (2010). *Especies Forrajeras Multipropósito, Opciones para Productores del Trópico Americano*. CIAT.
- Corpoica. (2017). Alimentro. http://www.Corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/alimentro
- FAO. (1976). FAO, Editor, & FAO, Producer. http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es
- _. (1991). *Guidelines: land evaluation for extensive grazing. FAO Soils Bulletin 58*. FAO.
- _. (2020). *Mecanización agrícola sostenible*. http://www.fao.org/sustainable-agricultural-mechanization/guidelinesoperations/es/.
- ICA. (1976). *Cursos de pastos y forrajes, Compendio Número 11*. ICA.
- IGAC. (2010). I*nstructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC. .
- _. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Lapointe, S., & Miles, J. (1992). *Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution*. CIAT.
- Malagón D. y Montenegro H. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. IGAC.
- Soil Science Society of America. (2018, Agosto). Soils sustain life. https://www.soils.org/publications/soils-glossary#
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000)*. UPRA.
- Van Wambeke, A. y Forbes, T. (1987). *Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas*. Universidad de Cornell.

1.2.1. Variable pendiente

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: CAPACIDAD DE LABOREO Y PASTOREO		
VARIABLE: pendiente	**UNIDAD DE MEDIDA:** porcentaje (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Grado de inclinación de una superficie desde la horizontal, generalmente expresada en porcentaje o grados (Soil Science Society of America, 2018).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

Afecta directamente la actividad del pastoreo de los búfalos y los procesos erosivos del suelo, como también la posibilidad de realizar labores manuales o mecanizadas.

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

Se establecieron diferentes rangos de exclusión técnica, dependiendo de los requerimientos de cada una de las agrupaciones de pasturas.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Presenta generalizaciones en algunas regiones del país, especialmente en zonas de ladera.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El proceso de generación de aptitud de la variable se basó en las fases cartográficas por pendiente del mapa de correlación de suelos 1:100.000 (IGAC, 2014).

Fase	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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

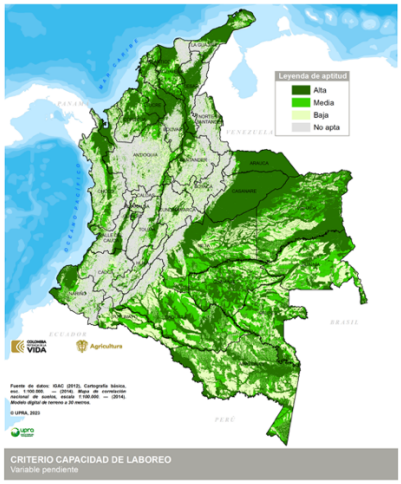
La construcción de rangos de pendiente se realizó para cada una de las agrupaciones de pasturas según sus requerimientos (ICA, 1976; CIAT, 2010; Baruch Z., y Fisher J., 1997; Arce B., Peña, A., & Cárdenas, E. 2013; Bernal, J., 1994). También se tiene en cuenta las condiciones de movilidad para el pastoreo de los búfalos (Prabin *et al.*, 2019).

Grupos de pasturas	Aptitud			
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
1 (Raigrases)	≤ 7	>7 - ≤ 12	>12 - ≤25	> 25
2 (Kikuyo)	≤ 7	>7 - ≤ 12	>12 - ≤25	> 25
3 (Ángleton y Climacuna)	≤ 7	>7 - ≤ 12	>12 - ≤25	> 25
4 (Estrellas)	≤ 7	>7 - ≤ 12	>12 - ≤25	> 25
5 (Admirable, Alemán y Braquipará)	≤ 3	> 3 - ≤ 7	>7 - ≤25	> 25
6 (Guineas)	≤ 7	>7 - ≤ 12	>12 - ≤25	> 25
7 (Brachiarias)	≤ 7	>7 - ≤ 12	>12 - ≤25	> 25
8 (Humidícola)	≤ 7	>7 - ≤ 12	>12 - ≤25	> 25

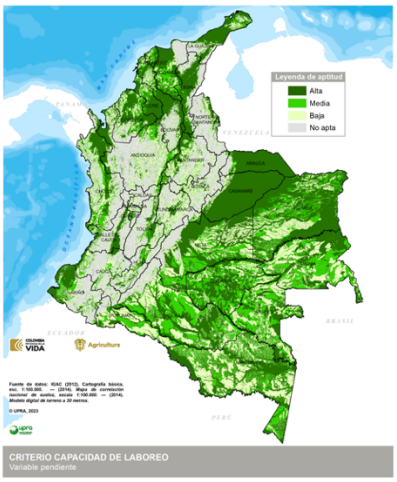
UNIDAD DE ANÁLISIS

Unidades cartográficas de suelos: fase cartográfica de pendiente

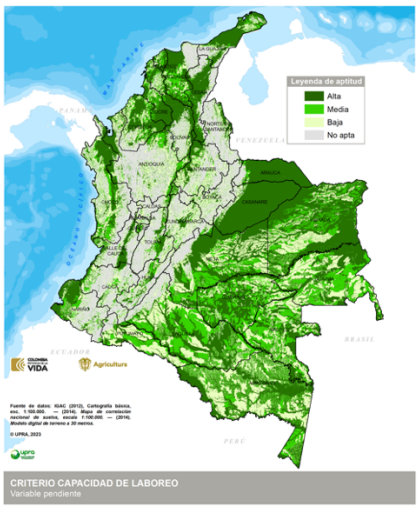
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



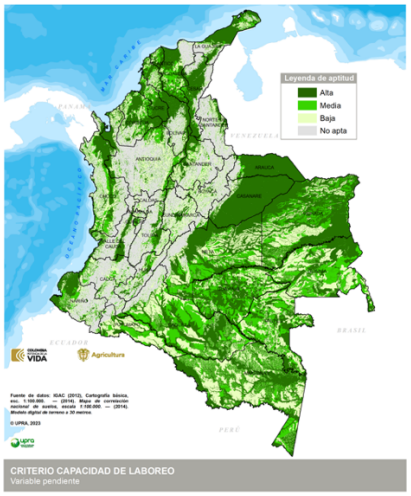
Grupo 1



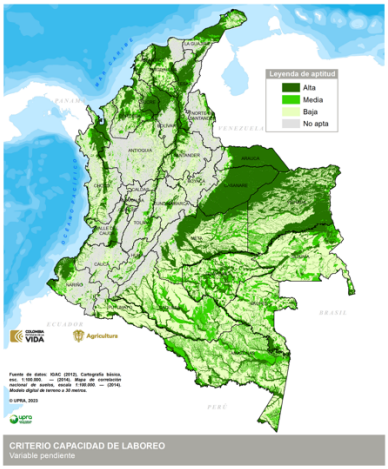
Grupo 2



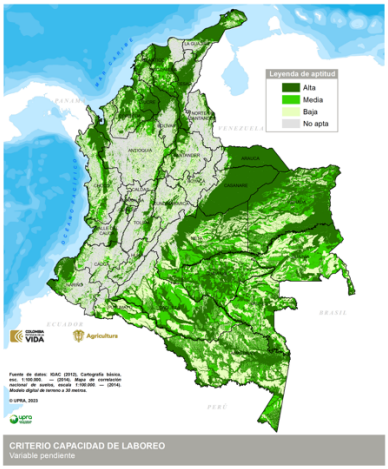
Grupo 3



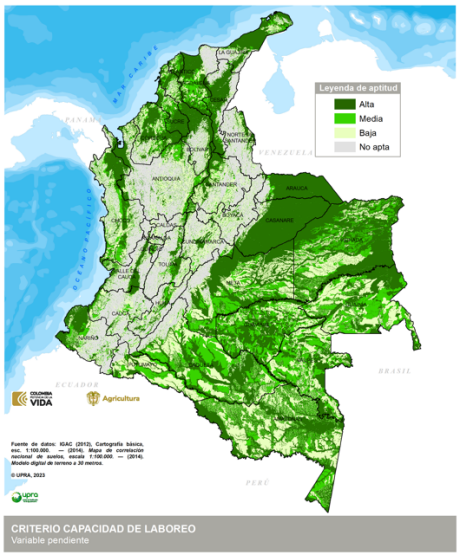
Grupo 4



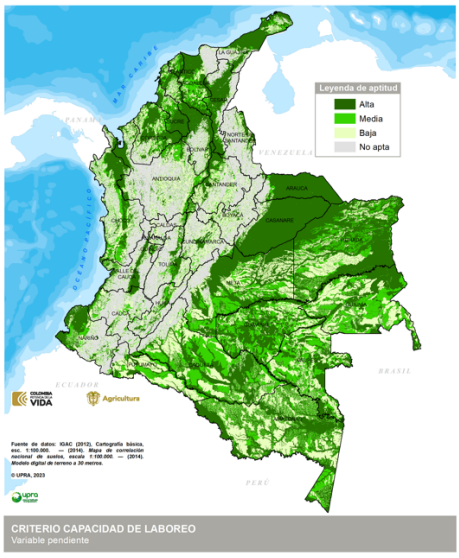
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arce, B., Peña, A. y Cárdenas, E. (2013). Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. *Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria, 14* (2) 215-229.
- Argel, P. (2005). *Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas doble propósito. XIX Reunión de ALPA y la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal-AMPA*, 65-71.
- Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes, producción y manejo.* Fondo Ganadero.
- CIAT. (1997). *Establecimiento y Renovación de Pasturas. VI Reunión del Comité asesor de la RIEPT.*
- _. (2010). *Especies Forrajeras Multipropósito, Opciones para Productores del Trópico Americano.* CIAT.
- Corpoica. (2017). Alimentro. http://www.Corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/alimentro.
- FAO. (1976). FAO, Editor, & FAO, Producer. http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es
- _. (1991). *Guidelines: land evaluation for extensive grazing. FAO Soils Bulletin 58.* FAO.
- ICA. (1976). *Cursos de pastos y forrajes, Compendio Número 11.* ICA.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC.
- _. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.* IGAC.
- Lapointe, S., & Miles, J. (1992). *Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution.* CIAT.
- Prabin Poudel, et.al. (2019). Comparative Study in Habitat Suitability Analysis of Wild Water Buffalo (Bubalus arnee) in Two Flood Plains of Chitwan National Park (CNP). *International Journal of Research Studies in Zoology, 5*(3), 1-10. http://dx.doi.org/10.20431/2454-941X.0503001
- Soil Science Society of America (2018). *Glossary of Soils Science Terms.* <https://www.soils.org/publications/soils-glossary?ssoContinue=1#>.
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000).* UPRA.

1.2.2. Variable pedregosidad

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: CAPACIDAD DE LABOREO Y PASTOREO		
VARIABLE: pedregosidad	**UNIDAD DE MEDIDA:** fase cartográfica	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Hace referencia a la cantidad de fragmentos de roca de 2 mm de diámetro o mayores en el suelo (Van Wambeke A., y Forbes T., 1987). Los fragmentos se reconocen de acuerdo con su tamaño se reconocen como grava, guijarro, piedra y bloques.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

Los fragmentos de roca sobre la superficie del suelo son muy importantes porque tienen influencia negativa, deteriorando las herramientas, ya sea cuando se usan maquinaria o implementos manuales, o porque pueden disminuir el área de siembra de los pastos y, en general, dificultan todas las prácticas culturales en los potreros.

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

No se han considerado áreas no aptas (N1) para el establecimiento de pastos; cuando las especies son poco colonizadoras y permiten siembra manual, la fase pedregosa se considera marginal.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La principal limitante para la evaluación de esta variable es la forma como se encuentra registrada la información en la base del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), solamente aparece la fase pedregosa, no se encuentra discriminada por rangos de cubrimiento de pedregosidad.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Las clases de pedregosidad se obtuvieron a partir del mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 (IGAC, 2014). Es importante aclarar que la variable de pedregosidad se tomó únicamente como aparecen en los registros de la información de la base de datos, es decir, fase pedregosa. Se asume que cuando es pedregosa, la cantidad de fragmentos de roca es mayor al 35 % (información tomada en la etapa de campo del estudio), por lo tanto, su aptitud es baja.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

De acuerdo con diferentes consultas a gremios y productores y en la literatura relacionada, se determinaron tierras con aptitud alta (A1) a los suelos que no presentan fase pedregosa y con aptitud baja (A3), a los que presentan fase pedregosa (mayor de 35 % por volumen), porque impide el desempeño de la maquinaria y obstaculiza el desarrollo de las raíces. Sin embargo, la calificación depende de la fase de pedregosidad de las unidades cartográficas de suelos.

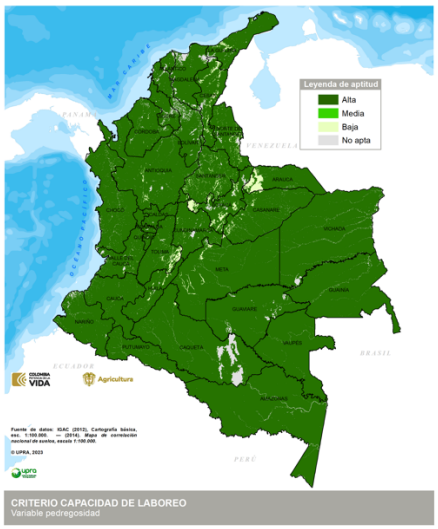
RANGOS DE APTITUD POR PEDREGOSIDAD

Pedregosidad (%)	Aptitud
Sin fase de pedregosidad	Alta (A1)
Con fase de pedregosidad	Baja (A3)

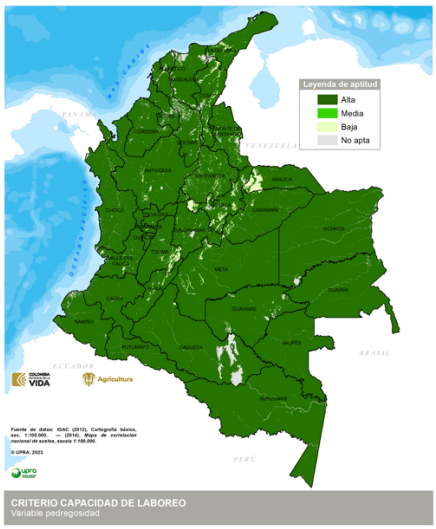
UNIDAD DE ANÁLISIS

Fase cartográfica de pedregosidad

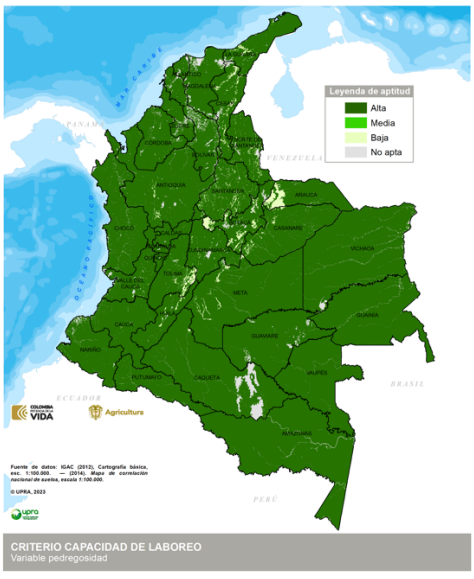
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



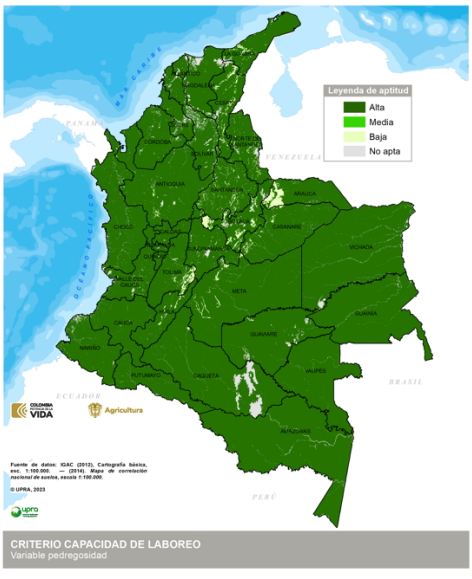
Grupo 1



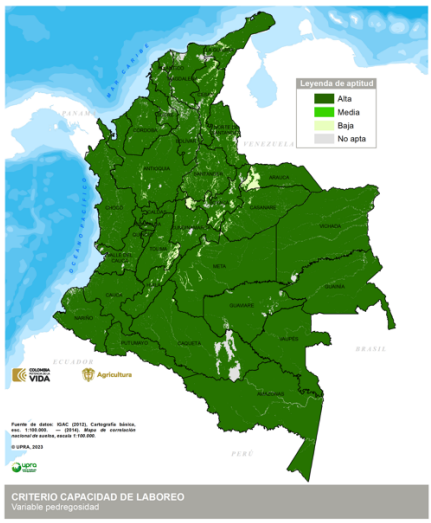
Grupo 2



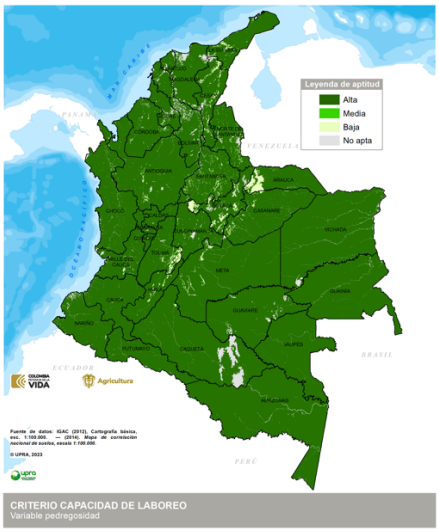
Grupo 3



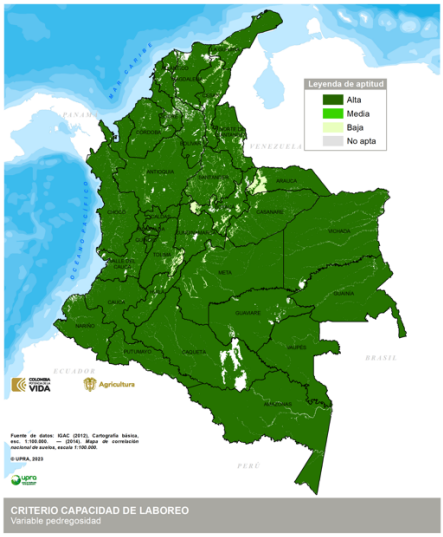
Grupo 4



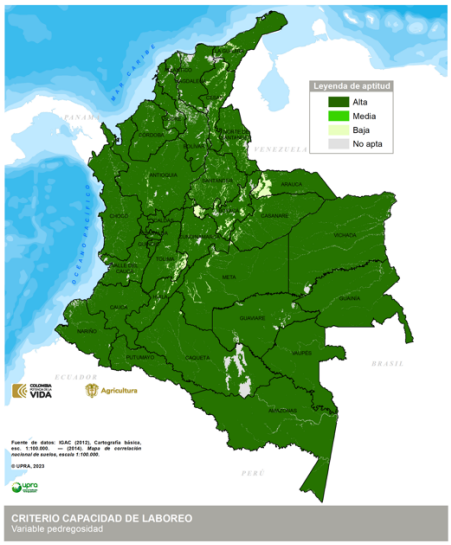
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

FUENTES DE INFORMACIÓN

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

1.2.3. Variable textura

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: CAPACIDAD DE LABOREO Y PASTOREO		
VARIABLE: textura	**UNIDAD DE MEDIDA:** clases de texturas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

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 (Malagón y Montenegro, 1990).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

Se relaciona con la consistencia del suelo, la cual determina la resistencia a su ruptura y deformación en los diferentes estados de humedad, afectando los requerimientos de potencia, en las diferentes labores en los potreros.

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

Aunque la textura incide en los diferentes grados de dificultad para el movimiento del suelo y el uso de la maquinaria e implementos, no se excluye alguna clase de ellas por no representar una dificultad extrema para su 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, lo cual dificulta su calificación; el criterio 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 diferentes, que no es posible reflejar en la calificación de la unidad.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

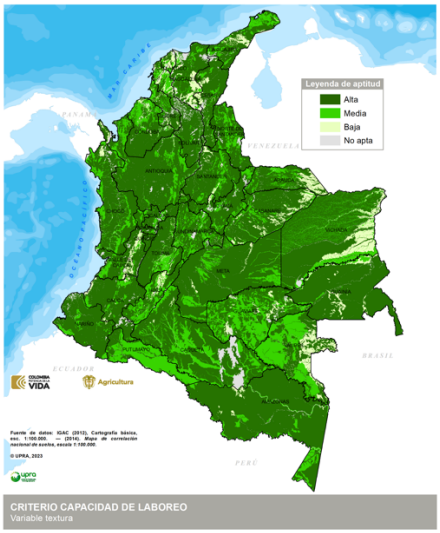
La construcción de rangos de textura se realizó para cada una de las agrupaciones de pasturas según sus requerimientos, concluyendo en un rango transversal (ICA, 1976; CIAT 2010; Baruch Z., y Fisher J. 1997; Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. 2013; Bernal, J., (1994).

Grupos de pasturas	**Aptitud**			
	Alta (A1)	**Media (A2)**	**Baja (A3)**	**No apta (N1)**
1 (Raigrases)	F, FL, FA, FArA, FArL, FAr, ArA	A, AF, L, ArL, Ar	A, Ar (Vertisoles, Vertic)	Orgánicos
2 (Kikuyo)				
3 (Ángleton y Climacuna)				
4 (Estrellas)				
5 (Admirable, Alemán y Braquipará)				
6 (Guineas)				
7 (Brachiarias)				
8 (Humidícola)				

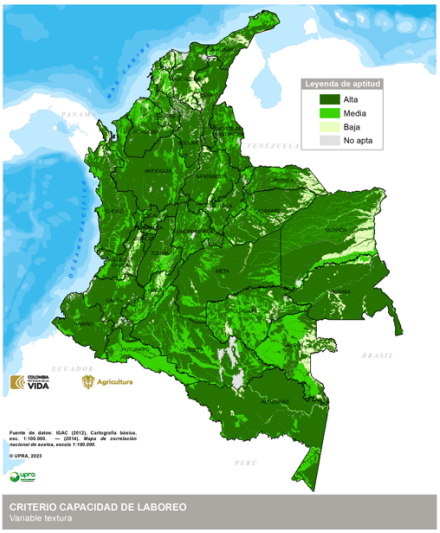
UNIDAD DE ANÁLISIS

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

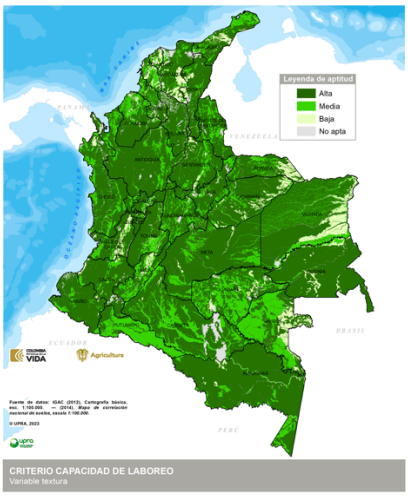
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



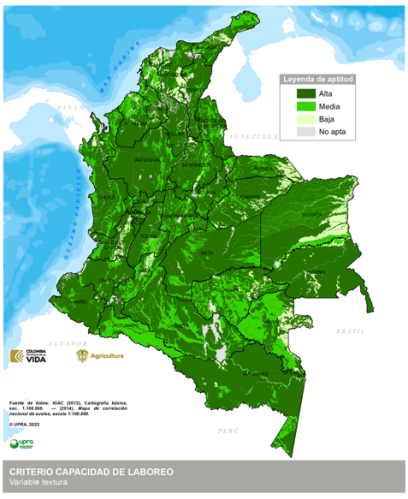
Grupo 1



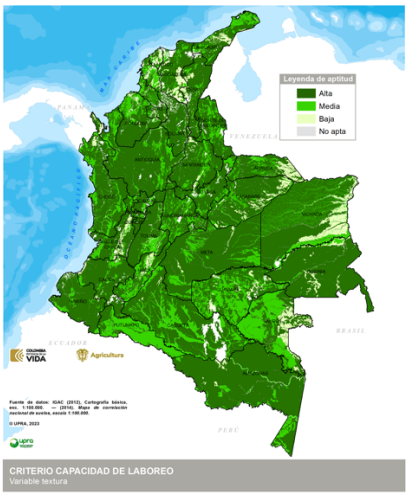
Grupo 2



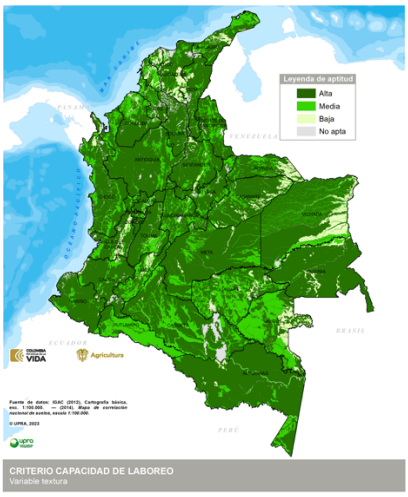
Grupo 3



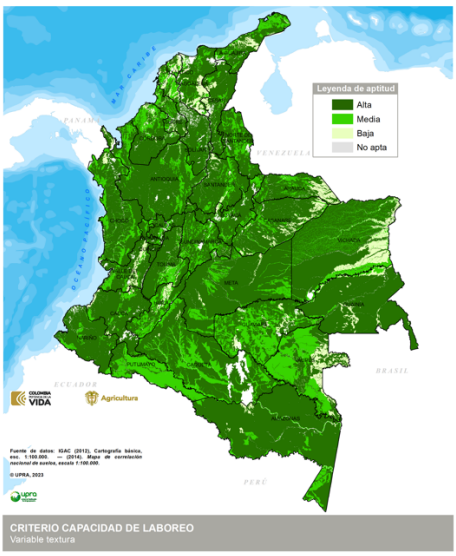
Grupo 4



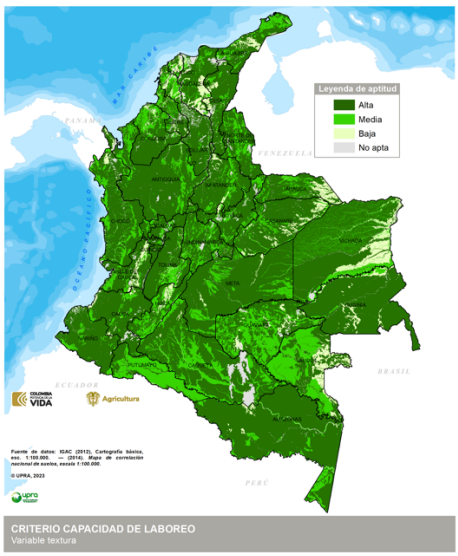
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. (2013). Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. *Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria, 14*(2) 215-229.
- Argel, P. (2005). *Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas doble propósito. XIX Reunión de ALPA y la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal-AMPA*, 65-71.
- Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes, producción y manejo*. Fondo Ganadero.
- CIAT. (1997). *Establecimiento y Renovación de Pasturas*. VI Reunión del Comité asesor de la RIEPT.
- _. (2010). *Especies Forrajeras Multipropósito, Opciones para Productores del Trópico Americano*. CIAT.
- Corpoica. (2017). Alimentro. http://www.Corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/alimentro.
- Doorembos J; Kassam A. (1979). Yield response to water. *Estudio de riego y drenaje N.° 33*. FAO.
- FAO. (1976). FAO, Editor, & FAO, Producer. http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es
- _. (1991). *Guidelines: land evaluation for extensive grazing. FAO Soils Bulletin 58*. FAO.
- ICA. (1976). *Cursos de pastos y forrajes, Compendio Número 11*. ICA.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC.
- _. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- *Lapointe, S., & Miles, J. (1992). Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution*. CIAT.
- Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. IGAC.
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000)*. UPRA.

1.3. Criterio toxicidad por sales y/o sodio y aluminio

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO: TOXICIDAD POR SALES Y/O SODIO Y ALUMINIO		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• Saturación de aluminio expresada en porcentaje (%). • Salinidad o sodicidad, expresadas como conductividad eléctrica (dS/m) y PSI (%)		

DEFINICIÓN

Presencia de elementos minerales en el suelo en concentraciones mayores a las requeridas, que son tóxicas a las plantas, restringiendo el crecimiento y la producción, además de producir efectos adversos sobre algunas propiedades de los suelos (UPRA, 2013), (FAO, 1991), (FAO, 1976).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO

Los altos contenidos de sales, sodio y aluminio restringen el uso de las tierras a plantas tolerantes y/o resistentes, incrementa los costos para su adecuación y manejo (aplicación de enmiendas) y además en su medida, disminuye la productividad del suelo (UPRA, 2013, FAO, 1991, FAO, 1976).

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

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

El aluminio (Al) es uno de los elementos que se encuentra en mayor concentración en el suelo, pero su disponibilidad para las plantas está por lo general en bajas concentraciones, salvo en suelos ácidos. En plantas susceptibles, se reduce el crecimiento de las raíces y tallos, las hojas

pueden tomar un color púrpura (similar a la producida por 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) por la planta, aumentan la presión osmótica en la solución del suelo e inhiben la división celular.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

De acuerdo con la fisiología de los pastos y teniendo en cuenta las propiedades de los suelos colombianos, las variables salinidad y sodicidad tienen rangos donde no es conveniente el establecimiento de estos forrajes. No se aconsejan estas gramíneas en suelos con salinidad mayor a 8 dS/m, ni con saturación de sodio superior a 15 % (PSI).

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a escala 1:100.000, son asociaciones donde 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 esta existen áreas de diversos tamaños que tienen calificaciones diferentes al componente mayor y que, por lo tanto, corresponden a aptitudes distintas.

En cuando a los contenidos de sales y sodio, la información química del mapa de correlación nacional de suelos, en muchos casos se refiere solamente a la presencia del elemento sin indicar rangos como los propuestos, por lo tanto, se recurre a la interpretación de la taxonomía de suelos.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

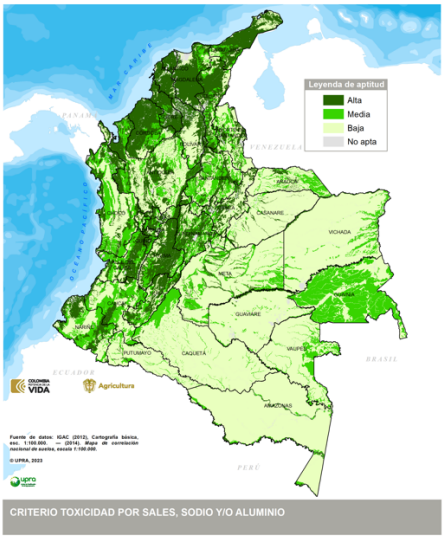
El criterio de toxicidad por sales y/o sodio y aluminio, por agrupación de pasturas se definió a partir de un árbol de decisión, donde se integraron las variables. La información para las tres variables que conforman este criterio se obtuvieron del mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 (IGAC, 2014), que corresponde a la saturación de aluminio y salinidad y/o sodicidad.

Árbol de decisión

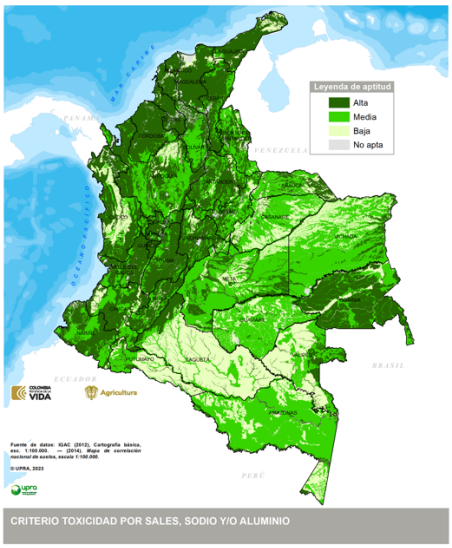
Saturación de aluminio (%)	Salinidad (CE dS/m)	Saturación de sodio (PSI)	Aptitud
A1	A1	A1	A1
		A3	A3
	A2	A1	A2
		A3	A3
	A3	A1	A3

		A3	A3
	N1	Cualquiera	N1
A2	A1	A1	A2
		A3	A3
	A2	A1	A2
		A3	A3
	A3	A1	A3
		A3	A3
	N1	Cualquiera	N1
A3	A1	A1	A3
		A3	A3
	A2	A1	A3
		A3	A3
	A3	A1	A3
		A3	A3
	N1	Cualquiera	N1
N1	Cualquiera	Cualquiera	N1

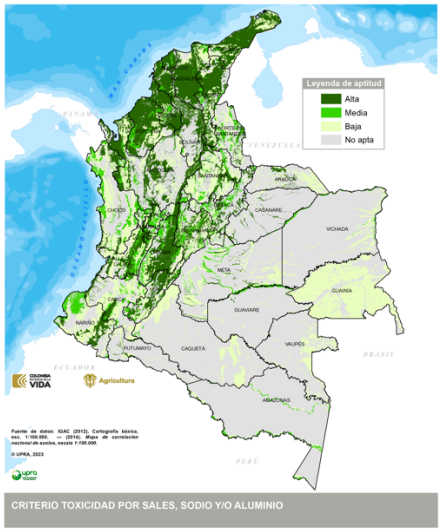
El resultado de integración del árbol de decisión por agrupación se muestra a continuación.



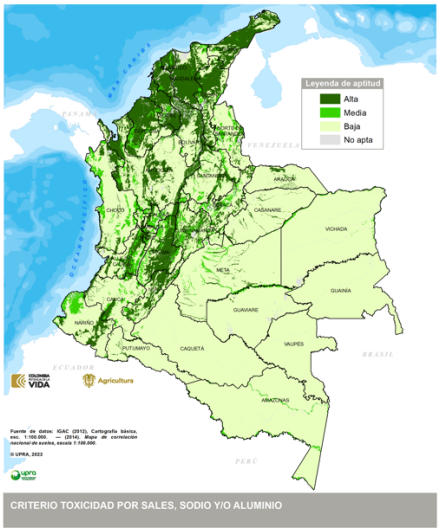
Grupo 1



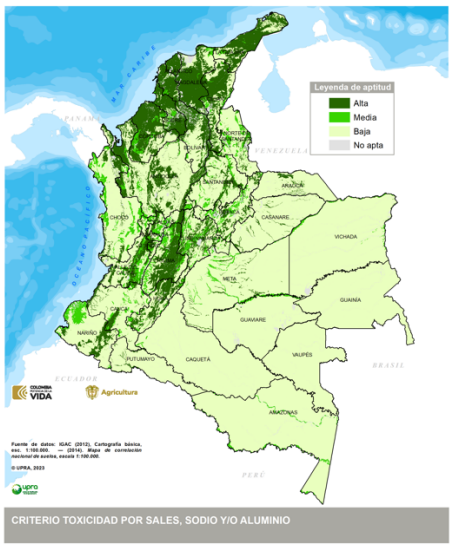
Grupo 2



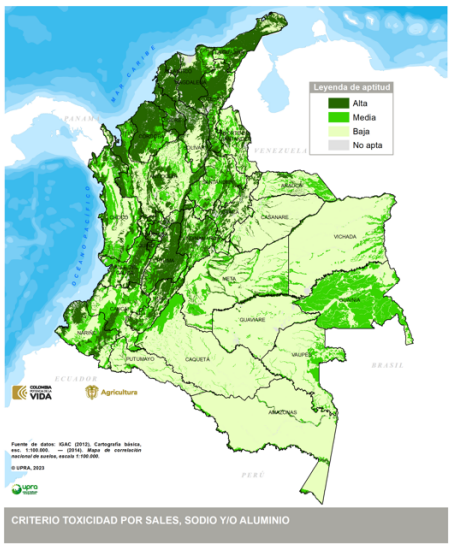
Grupo 3



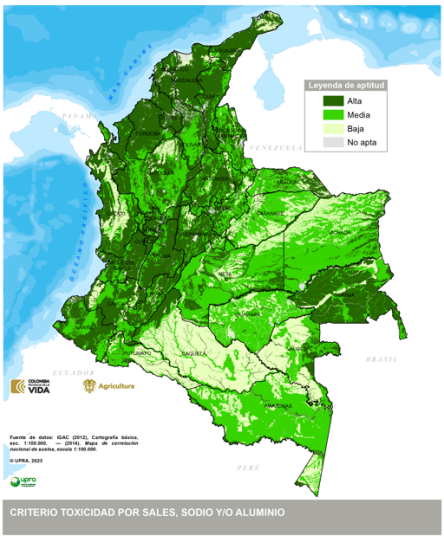
Grupo 4



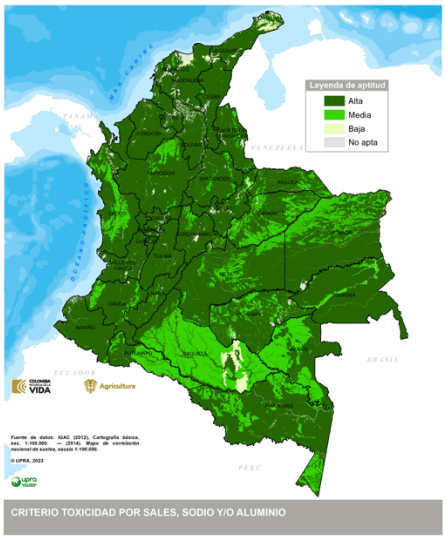
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud del criterio fue la limitación que cada variable representa para el desarrollo de los pastos, ya que reduce las posibilidades de establecimiento y desarrollo de las plantas, por lo tanto, el grado de formación de forraje.

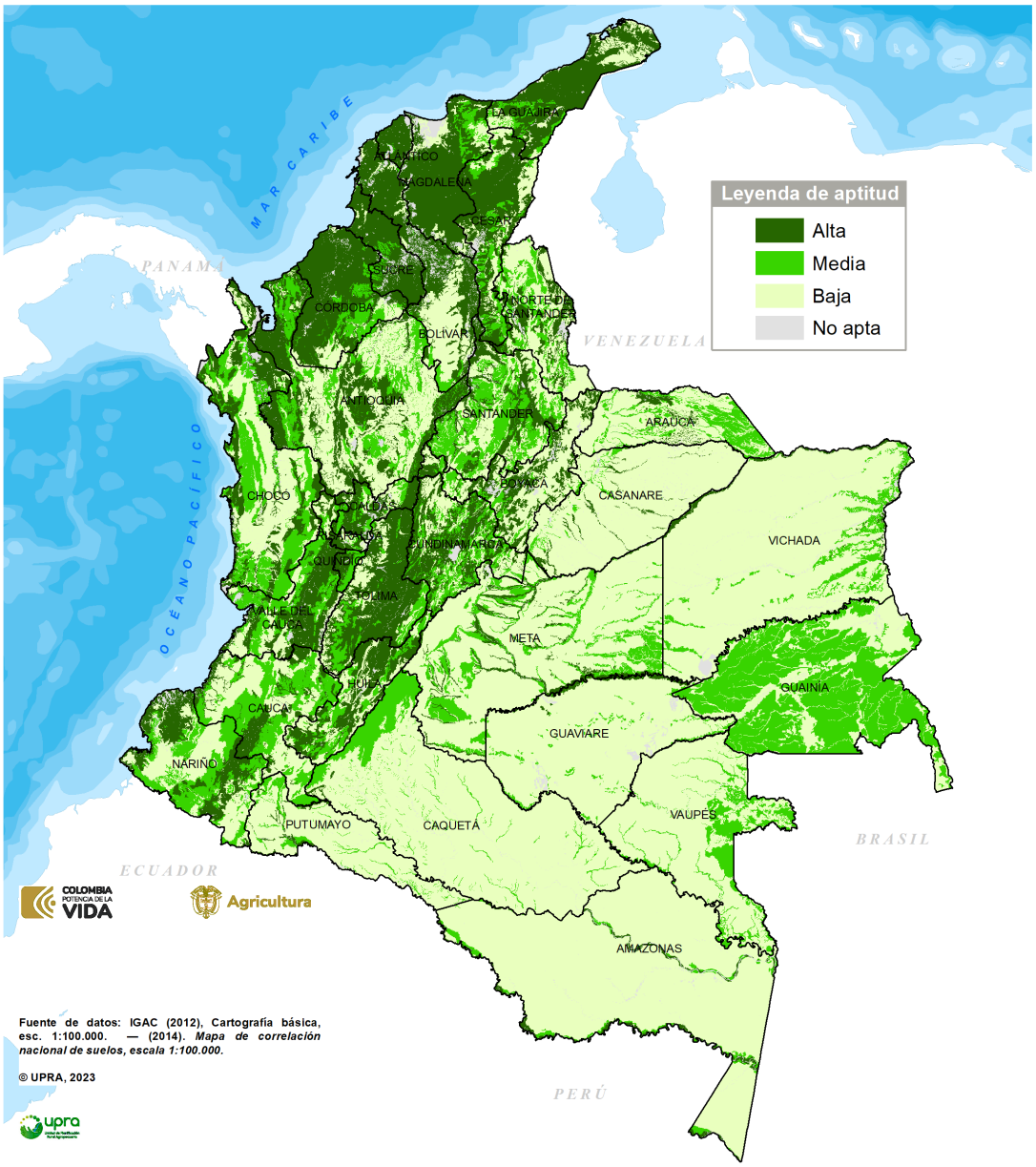
A continuación, se presenta la calificación cualitativa del criterio de toxicidad donde se tuvo en cuenta la tolerancia de cada agrupación de pastos al aluminio, sales y sodio (ICA, 1976; Lapointe & Miles, 1992; Bernal, 1994; Ara, 1997, Baruch y Fisher, 1997; Argel, 2005; CIAT, 2010 y Arce *et al*., 2013 y Corpoica, 2017).

Criterio de calificación	Aptitud
Condiciones óptimas de toxicidad para el establecimiento de pastos para la producción bufalina.	Alta (A1)
Se presentan limitaciones moderada por toxicidad, para el establecimiento de pastos para la producción bufalina.	Media (A2)
Se presentan limitaciones fuertes por toxicidad, para el establecimiento de pastos para la producción bufalina.	Baja (A3)
Restricciones por toxicidad que imposibilitan el establecimiento de pastos para la producción bufalina.	No apta (N1)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO TOXICIDAD POR SALES, SODIO Y/O ALUMINIO

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. (2013). Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. *Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria, 14*(2) 215-229.
- Argel, P. (2005). *Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas doble propósito*. XIX Reunión de ALPA y la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal-AMPA, 65-71.
- Ayarza. (1991). *Efecto de las propiedades químicas de los suelos ácidos en el establecimiento de las especies forrajeras*. Establecimiento y Renovación de Pasturas. VI Reunión del Comité asesor de la RIEPT.
- Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes, producción y manejo*. Fondo Ganadero..
- CIAT. (2010). *Especies Forrajeras Multipropósito, Opciones para Productores del Trópico Americano*. CIAT.
- Corpoica. (2017). Alimentro. http://www.Corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/alimentro
- FAO. (1976). FAO, Editor, & FAO, Producer. http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es
- _. (1991). *Guidelines: land evaluation for extensive grazing*. FAO Soils Bulletin 58. FAO.
- ICA. (1976). *Cursos de pastos y forrajes, Compendio Numero 11*. CIAT.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC.
- _. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- _. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Lapointe, S., & Miles, J. (1992). *Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution*. CIAT.
- Soil Survey Staff. (2014). *Keys to Soils Taxonomy*. USDA.
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000)*. UPRA.
- USDA. (1954). *Handbook 60, Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils*. United States Salinity Laboratory Staff.

1.3.1. Variable saturación de aluminio

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**		
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO			
CRITERIO ASOCIADO: TOXICIDAD POR SALES Y/O SODIO Y ALUMINIO			
VARIABLE: saturación de aluminio	**UNIDAD DE MEDIDA:** porcentaje (%)		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO		**Exclusión técnica**	✓
		Análisis jerárquico	✓
		Exclusión legal	
		Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Proporción de Al^{+++} en el complejo de cambio y en la solución del suelo. 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 (Garavito, 1974). La saturación de aluminio del suelo hace referencia a la acidez debida al ion aluminio (Al^{+++}) que es soluble en suelos ácidos con pH menor de 5,5.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

La saturación de aluminio se tiene en cuenta en el establecimiento de potreros debido a que es el factor más restrictivo en el crecimiento y la producción de los suelos ácidos. Limita la degradación microbiana de la materia orgánica, inhibe el crecimiento de las raíces y como consecuencia reduce la toma de agua y de nutrientes, afectando la productividad de los pastos.

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

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

En general no se presentan valores de exclusión, dado que existen especies forrajeras para pastoreo adaptadas a diferentes condiciones; solo se generó exclusión específicamente en el grupo del Ángleton y Climacuna.

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, donde se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; significa que dentro de la misma existen áreas de diversos tamaños que tienen contenidos de aluminio diferentes al componente mayor, los cuales pueden o no ser restrictivos para los pastos.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

Los rangos se obtuvieron a partir de la tabla para el cálculo de la fertilidad del manual de códigos del IGAC (2010). La calificación de los rangos, se le dio al mayor componente taxonómico dentro de la unidad cartográfica de suelos. Las unidades cartográficas que no tenían información se infirieron, correlacionando otras variables, como el pH y la interpretación de los nombres taxonómicos.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

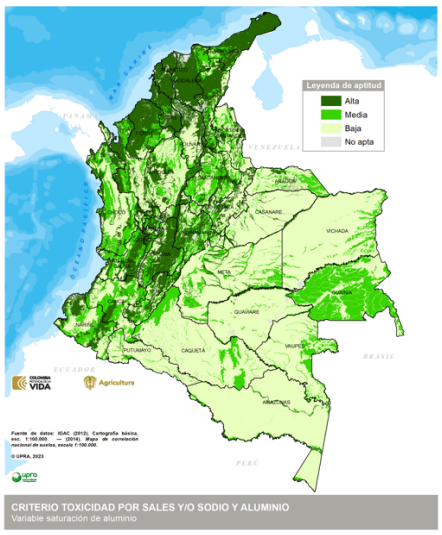
La construcción de rangos de saturación de aluminio se realizó para cada una de las agrupaciones de pasturas según sus requerimientos (ICA, 1976; Bernal, 1994; Baruch y Fisher, 1997; CIAT 2010, Arce *et al*., 2013).

Grupo de pasturas	Aptitud			
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
1 (Raigrases)	≤ 30	30-60	> 60	-
2 (Kikuyo)	<60	60-90	> 90	-
3 (Ángleton y Climacuna)	<15	15-30	30-60	>60
4 (Estrellas)	<15	15-30	>30	-
5 (Admirable, alemán y Braquipará)	<15	15-30	>30	-
6 (Guineas)	<15	15-30	>30	-
7 (Brachiarias)	<60	60-90	>90	-
8 (Humidícola)	<90	>90	-	-

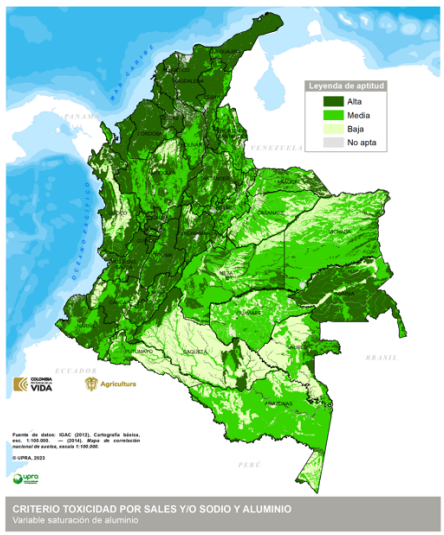
UNIDAD DE ANÁLISIS

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

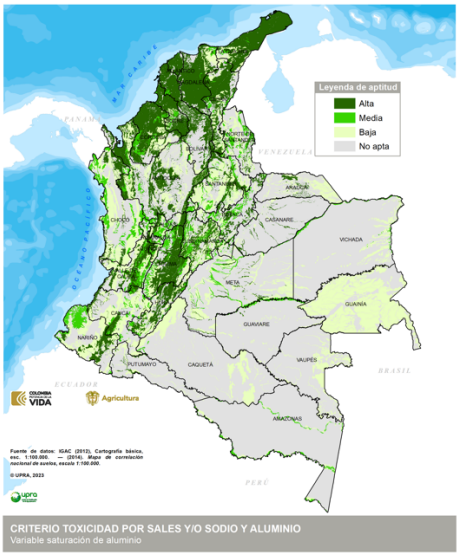
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



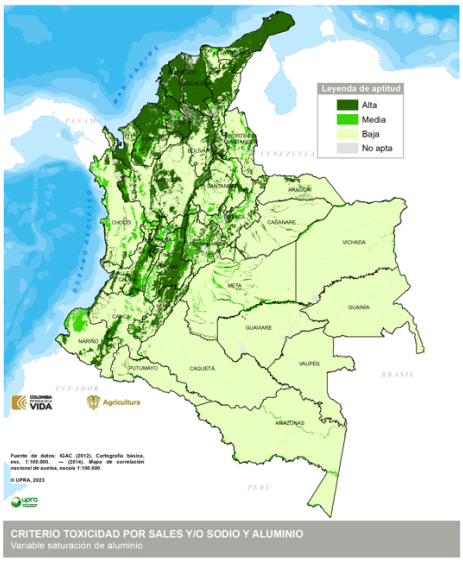
Grupo 1



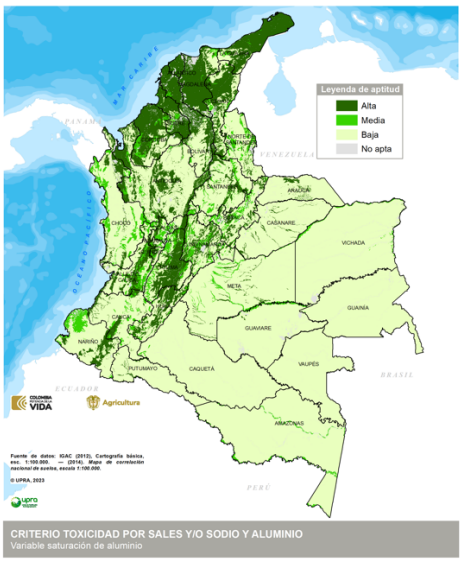
Grupo 2



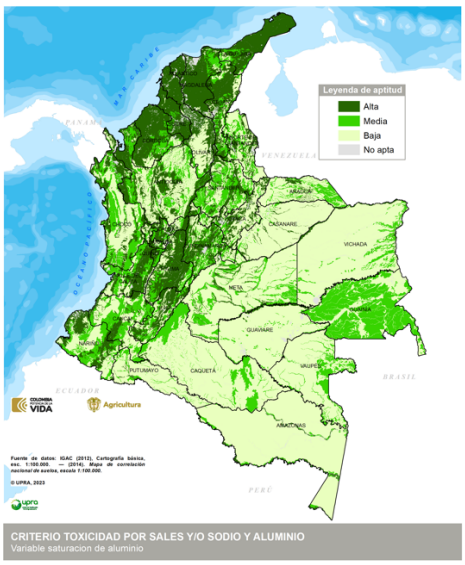
Grupo 3



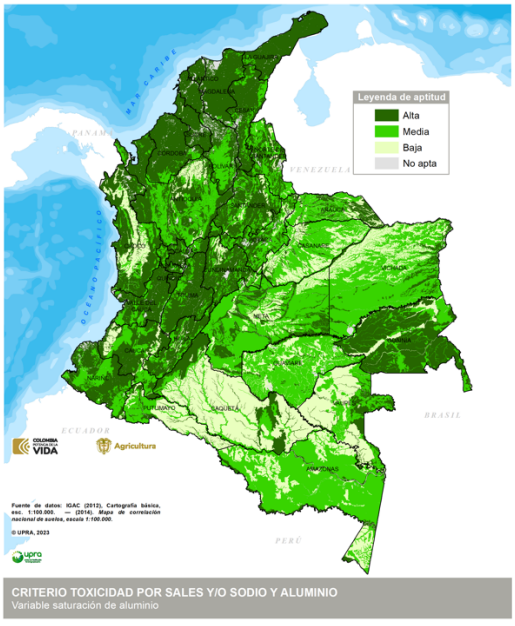
Grupo 4



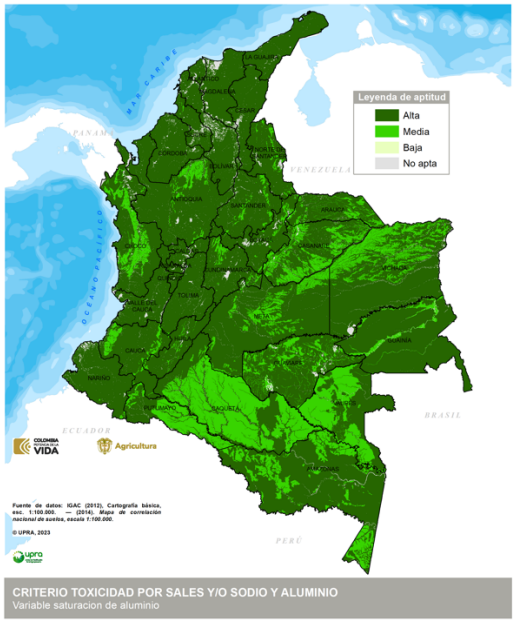
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. (2013). Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. *Corpoica Ciencia. Tecnología. Agropecuaria, 14*(2) 215-229.
- Argel, P. (2005). Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas doble propósito. XIX Reunión de ALPA y la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal-AMPA, (págs. 65-71).
- Baruch Z, y Fisher J. (1998). Factores climáticos y de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el establecimiento de una pastura. Establecimiento y Renovación de Pasturas. En: VI Reunión del Comité Asesor de la RIEPT, 103-142.
- Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes, producción y manejo*. Fondo Ganadero, Bogotá.
- CIAT. (1997). Establecimiento y Renovación de Pasturas. VI Reunión del Comité Asesor de la RIEPT.
- _. (2010). Especies Forrajeras Multipropósito, Opciones para Productores del Trópico Americano. CIAT.
- Corpoica. (2017). Alimentro. http://www.Corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/alimentro.
- Cortés, A.; Malagón, D. (1984). Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples. UJTL.
- FAO. (1976). FAO, Editor, & FAO, Producer. http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es
- _. (1991). Guidelines: land evaluation for extensive grazing. *FAO Soils Bulletin 58*. FAO.
- Garavito, F. (1974). *Propiedades químicas de los suelos*. IGAC.
- ICA. (1976). *Cursos de pastos y forrajes*, Compendio Número 11. ICA.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC.
- _. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Lapointe, S., & Miles, J. (1992). *Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution*. CIAT.
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000)*. UPRA.

1.3.2. Variable salinidad o sodicidad

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: TOXICIDAD POR SALES Y/O SODIO Y ALUMINIO		
VARIABLE: salinidad o sodicidad	**UNIDAD DE MEDIDA:** conductividad eléctrica (dS/m) y PSI (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Contenido alto de sales solubles y/o sodio intercambiable en el suelo. El contenido de sales se determina normalmente en términos de la conductividad eléctrica (CE), pero puede expresarse en cantidad o porcentaje de sales en el suelo, como también cantidad de aniones en la fracción de cambio. El sodio (Na) se determina como el porcentaje de sodio intercambiable (PSI).

La salinidad y la sodicidad pueden presentarse en forma natural o adquirida. En forma natural se asocian con el fenómeno climático de aridez, con los materiales de origen ricos en sales, como sucede con algunas rocas sedimentarias y con el ascenso del nivel freático, el cual deja en la parte superficial del suelo altos contenidos de sales o de sodio. En forma adquirida, se relacionan con riegos prolongados con aguas de altos contenidos de sales, así como con aguas de buena calidad, pero mal manejadas en climas con régimen de humedad ústico (Garavito, 1974).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

Los contenidos altos de sales solubles y/o sodio intercambiable elevan de forma considerable el pH del suelo, lo que a su vez afecta en forma significativa los rendimientos del cultivo. El principal efecto perjudicial de las sales es la alta presión osmótica que se desarrolla en la solución del suelo (Garavito, 1974).

Algunos sectores del país con aptitud para el establecimiento de potreros con los pastos analizados se localizan en regiones donde se requiere riego complementario, lo que hace que el suelo sea susceptible a la salinización. Los altos contenidos de sales y/o sodio tienen los siguientes efectos en el desarrollo de las plantas:

- La salinidad influye en los valores del pH y por tanto afecta la disponibilidad de nutrientes.
- Afecta el ritmo de absorción de los iones nutrientes del suelo.

- Afecta la translocación y el reciclado de iones en la planta.
- El sistema radicular no se desarrolla en forma óptima.
- Las raíces profundizan menos y hay menos ramificaciones.
- No hay división y crecimiento celular y por tanto las plantas crecen menos.
-

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

En general no se presentan valores de exclusión, dado que existen especies forrajeras para pastoreo, adaptadas a diferentes condiciones; solo se generó exclusión en las áreas consideradas como salares.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

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

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

La construcción de rangos de salinidad y sodicidad se realizó para cada una de las agrupaciones de pasturas según sus requerimientos (ICA, 1976; Bernal, 1994; Baruch y Fisher, 1997; CIAT. 2010 y Arce *et al*., 2013).

Rangos de salinididad:

Grupo de pasturas	Aptitud			
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
	CE (dS/m)			
1 (Raigrases)	≤ 5,6	5,6-10,8	>10,8	-
2 (Kikuyo)	≤ 6	6-10	>10	-
3 (Ángleton y Climacuna)	≤ 4	4-8	> 8	-
4 (Estrellas)	≤ 4	4-8	> 8	-

5 (Admirable, Alemán y Braquipará)	≤7	7-13	>13	-
6 (Guineas)	≤6,9	6,9-13	>13	-
7 (Brachiarias)	≤ 4	4-8	> 8	-
8 (Humidícola)	≤ 4	4-8	> 8	-

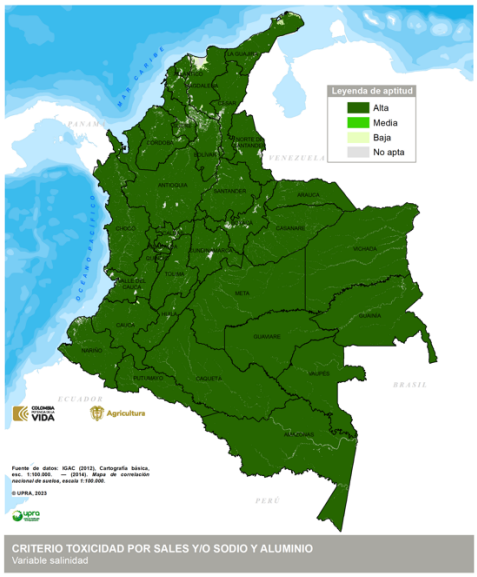
Rangos para sodio:

Grupo de pasturas	**Aptitud**			
	Alta (A1)	**Media (A2)**	**Baja (A3)**	**No apta (N1)**
	PSI (%)			
1 (Raigrases)	No sódico (≤ 15)		Sódico (>15)	-
2 (Kikuyo)				
3 (Ángleton y Climacuna)				
4 (Estrellas)				
5 (Admirable, Alemán y Braquipará)				
6 (Guineas)				
7 (Brachiarias)				
8 (Humidícola)				

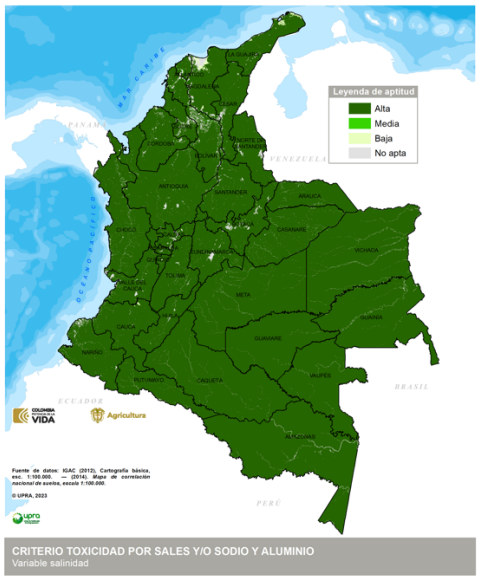
UNIDAD DE ANÁLISIS

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

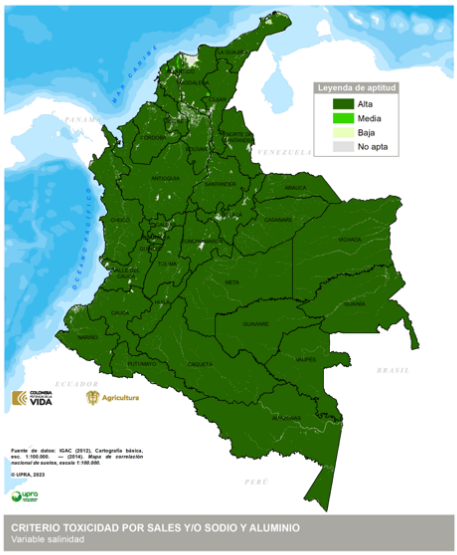
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



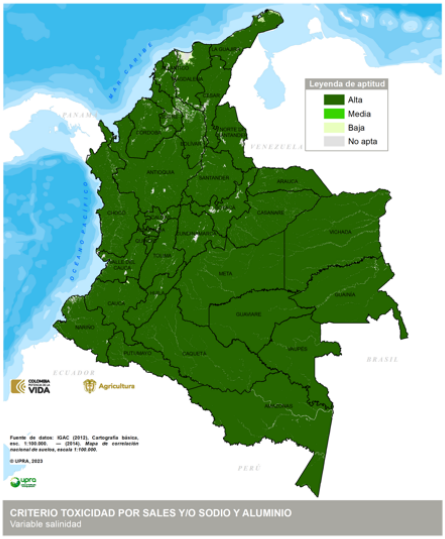
Grupo 1



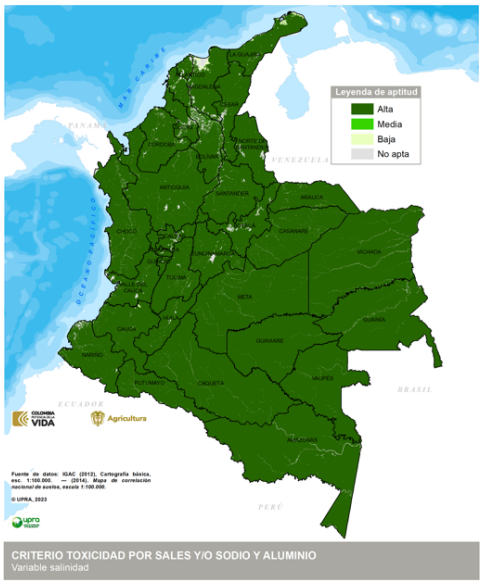
Grupo 2



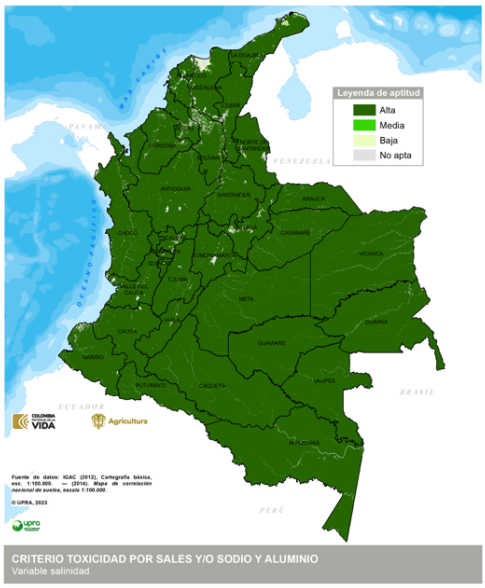
Grupo 3



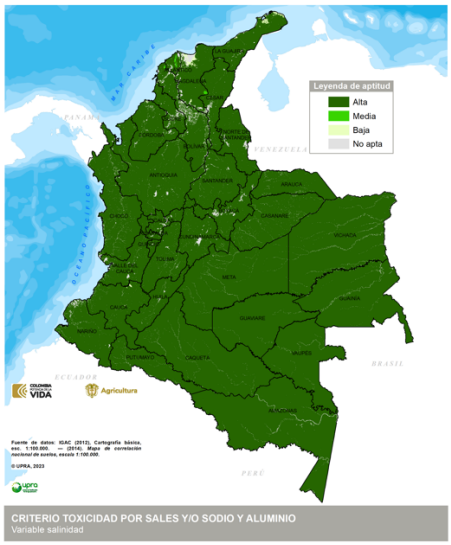
Grupo 4



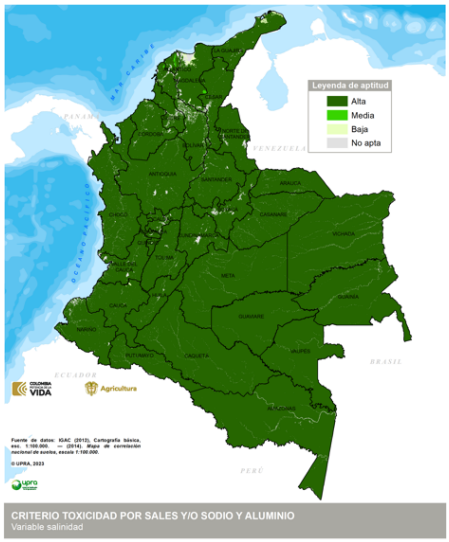
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. (2013). Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. *Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria, 14*(2) 215-229.
- Argel, P. (2005). *Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas doble propósito*. XIX Reunión de ALPA y la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal-AMPA, (págs. 65-71).
- Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes, producción y manejo*. Fondo Ganadero.
- CIAT. (1997). *Establecimiento y Renovación de Pasturas*. VI Reunión del Comité asesor de la RIEPT.
- CIAT. (2010). *Especies Forrajeras Multipropósito, Opciones para Productores del Trópico Americano*. Cali:
- Corpoica. (2017). Alimentro. http://www.Corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/alimentro.
- FAO. (1976). FAO, Editor, & FAO, Producer. http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es
- _. (1991). Guidelines: land evaluation for extensive grazing. *FAO Soils Bulletin 58*. FAO.
- Garavito, F. (1974). *Propiedades químicas de los suelos*. IGAC.
- ICA. (1976). *Cursos de pastos y forrajes*, Compendio Número 11. ICA.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC.
- _. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Lapointe, S., & Miles, J. (1992). *Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution.*.
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000)*. UPRA.

1.4. Criterio susceptibilidad a la pérdida de suelos

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO: SUSCEPTIBILIDAD A LA PÉRDIDA DE SUELOS		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
Las variables asociadas al criterio no se califican en forma independiente para dar rangos de aptitud por separado, sino que se generan aptitudes por combinación entre ellas. • **Fase por grados de erosión:** desgaste actual de la superficie de la tierra por el desprendimiento y transporte del suelo y de los materiales de roca, a través de la acción del agua en movimiento, viento u otros agentes geológicos (USDA, 1961). • **Degradación de suelos por erosión:** pérdida de la capa superficial de la corteza terrestre por acción del agua o del viento, que es mediada por los seres humanos; trae consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales (Ideam, 2015). • **Pendiente:** grado de inclinación de una superficie desde la horizontal, generalmente expresada en porcentaje o grados (Soil Science Society of America, 2018). • **Amenaza por movimientos en masa:** peligro latente de movimientos en masa, de origen natural, o causado o inducido por la acción humana de modo accidental, en función de la probabilidad de ocurrencia espacial y temporal (SGC, 2016).		

DEFINICIÓN

Grado o nivel de vulnerabilidad de las tierras a ser afectadas por los agentes erosivos. Aunque suele ser un proceso natural, puede incrementarse con el uso y manejo inadecuado del suelo, originando una disminución de la productividad (FAO, 1976; FAO, 1991).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO

Los procesos erosivos y los movimientos en masa indican limitación en el uso y manejo de las tierras, incrementando los costos de manejo de acuerdo con el grado de deterioro; su uso en pastoreo involucra pisoteo de los búfalos y conllevaría a una mayor degradación y disminución de la productividad (FAO, 1976; 1991).

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Se considera que la erosión actual tiene límites que se califican como no aptos, en los grados severo y muy severo, ya que prácticamente no existe capa productiva y que debe estar destinada a una restauración ecológica.

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 ésta existen áreas que tienen calificaciones diferentes al componente mayor y por lo tanto, corresponden a aptitudes distintas.

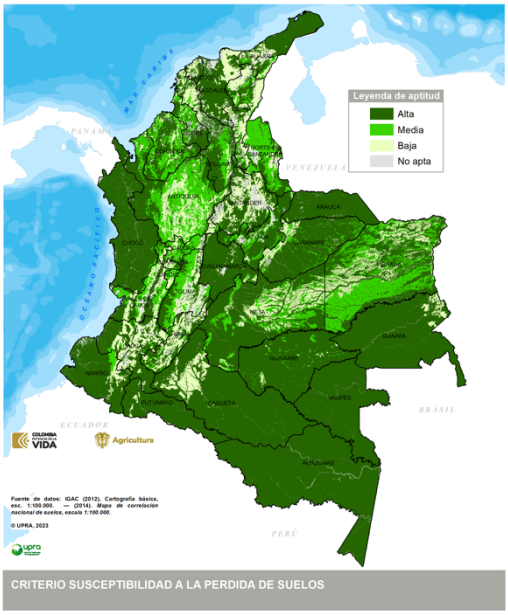
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El criterio de susceptibilidad a la pérdida de suelo se calificó a través de un árbol de decisión transversal para la producción bufalina en pastoreo, mediante la combinación de las fases de erosión del mapa de correlación de suelos del IGAC, el mapa de degradación de suelos por erosión del Ideam, el modelo digital de pendiente (MDT) en porcentaje (%) a partir del SRTM de 30 metros y el mapa de amenazas por movimientos en masa del Servicio Geológico Colombiano (SGC), así:

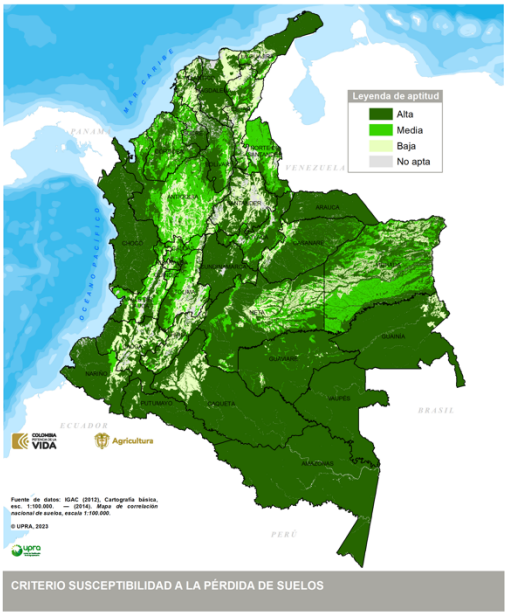
Fases por erosión, correlación de suelos IGAC	Degradación de suelos por erosión (Ideam)	Pendiente MDT	Amenaza por movimientos en masa SGC	Aptitud
Sin evidencia	No hay, ligera	≤25	Baja, media	A1
			Alta	A1
			Muy alta	A1
		>25	Baja, media	A1
			Alta	A2
			Muy alta	A2
	Moderada	≤25	Baja, media	A1
			Alta	A1
			Muy alta	A2
		>25	Baja, media	A2
			Alta	A2
			Muy alta	A3
	Severa	≤25	Baja, media	A1
			Alta	A2

			Muy alta	A2
		>25	Baja, media	A2
			Alta	A3
			Muy alta	A3
	Muy severa	≤25	Baja, media	A2
			Alta	A2
			Muy alta	A3
		>25	Baja, media	A3
			Alta	A3
			Muy alta	A3
Ligera	No hay, ligera	≤25	Baja, media	A1
			Alta	A1
			Muy alta	A2
		>25	Baja, media	A2
			Alta	A2
			Muy alta	A3
	Moderada	≤25	Baja, media	A2
			Alta	A2
			Muy alta	A2
		>25	Baja, media	A2
			Alta	A3
			Muy alta	A3
	Severa	≤25	Baja, media	A2
			Alta	A2
			Muy alta	A3
		>25	Baja, media	A3
			Alta	A3
			Muy alta	A3
	Muy severa	≤25	Baja, media	A2
			Alta	A3
			Muy alta	A3
		>25	Baja, media	A3
			Alta	A3
			Muy alta	N1
Moderada	No hay, ligera	≤25	Baja, media	A3
			Alta	A3
			Muy alta	A3
		>25	Baja, media	A3
			Alta	A3
			Muy alta	A3
	Moderada	≤25	Baja, media	A3

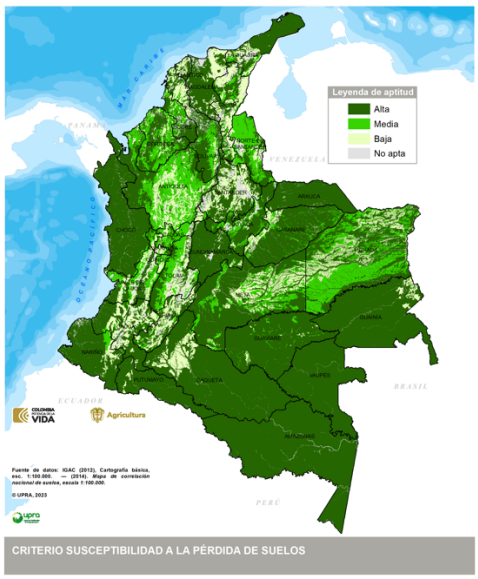
			Alta	A3
			Muy alta	A3
		>25	Baja, media	A3
			Alta	A3
			Muy alta	N1
	Severa	≤25	Baja, media	N1
			Alta	N1
			Muy alta	N1
		>25	Baja, media	N1
			Alta	N1
			Muy alta	N1
	Muy severa	≤25	Baja, media	N1
			Alta	N1
			Muy alta	N1
		>25	Baja, media	N1
			Alta	N1
			Muy alta	N1
Severa y muy severa	Cualquiera	Cualquiera	Cualquiera	N1



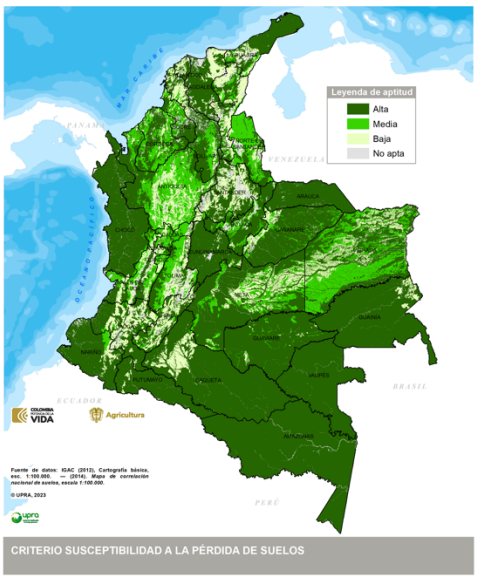
Grupo 1



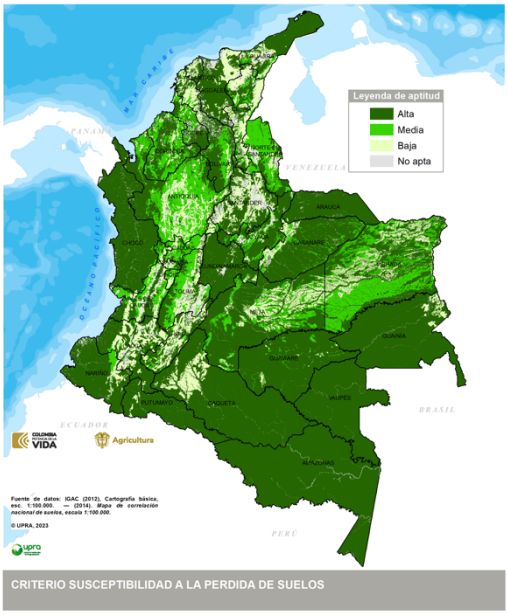
Grupo 2



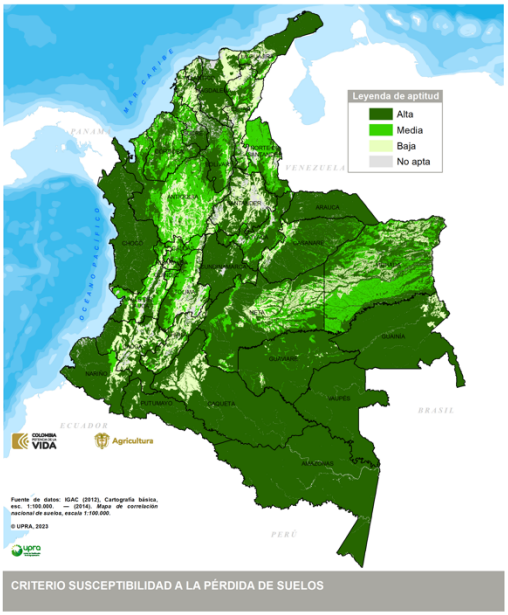
Grupo 3



Grupo 4



Grupo 5



Grupo 6

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

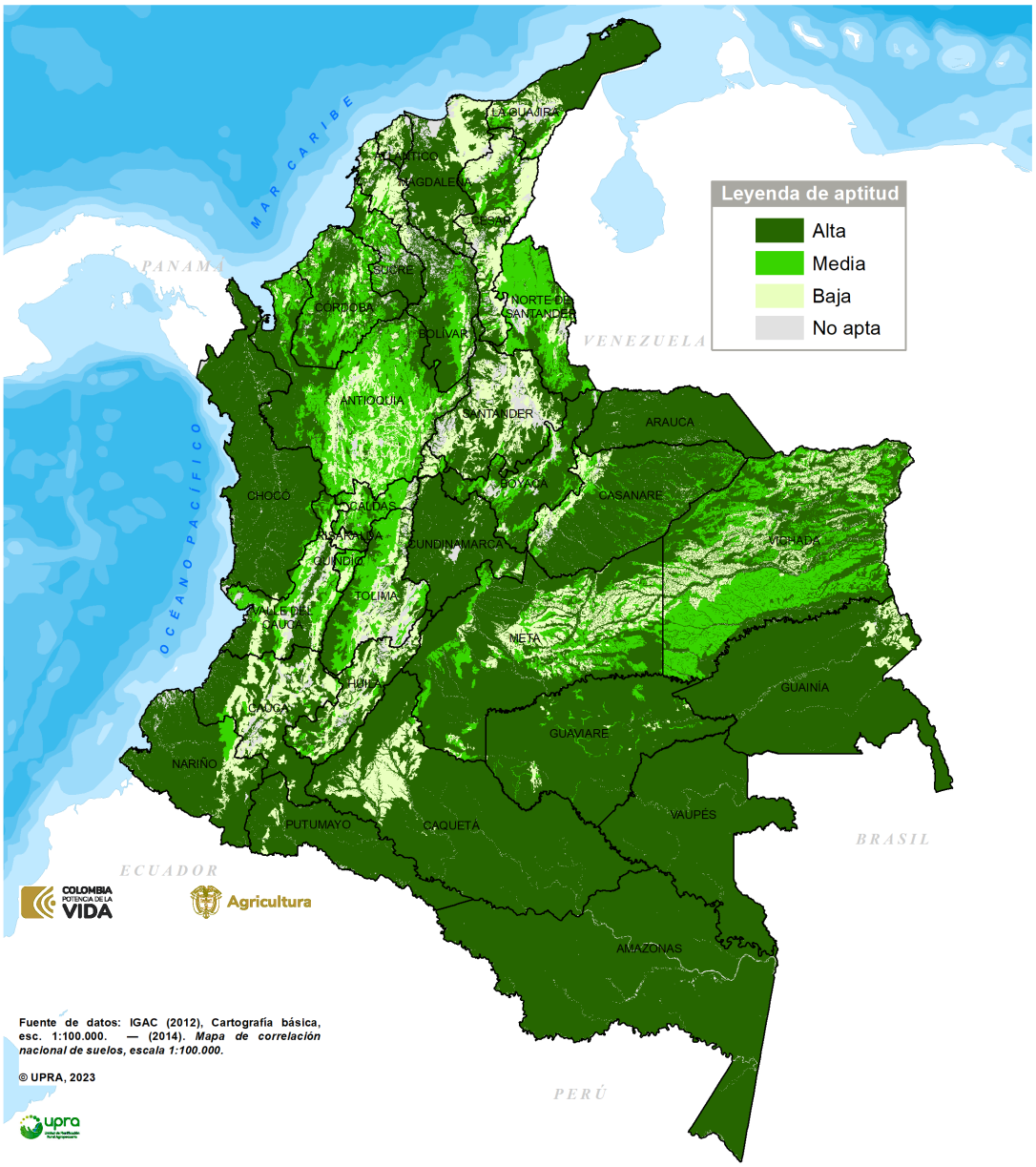
El argumento para diferenciar los niveles de aptitud radica en el efecto que cada uno de los rangos tiene en el favorecimiento a la pérdida de suelo, ya que reduce las posibilidades de mantener un área productiva. A continuación, se presentan los criterios cualitativos de calificación:

Criterio de calificación	Aptitud
Baja susceptibilidad a la pérdida de suelo, para el establecimiento de pastos para la producción bufalina.	Alta (A1)
Moderada susceptibilidad a la pérdida de suelo, para el establecimiento de pastos para la producción bufalina.	Media (A2)
Fuerte susceptibilidad a la pérdida de suelo, para el establecimiento de pastos para la producción bufalina.	Baja (A3)
Restricciones por susceptibilidad a la pérdida de suelo, que imposibilitan el establecimiento de pastos para la producción bufalina.	No apta (N1)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Fases por erosión, unidades cartográficas de degradación de suelos por erosión, unidades cartográficas de susceptibilidad relativa a movimientos en masa.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD A LA PÉRDIDA DE SUELOS

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Bernal, J. (1994). Pastos y forrajes, producción y manejo, Fondo Ganadero.
- FAO. (1976). FAO, Editor, & FAO, Producer. http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es
- _. (1991). Guidelines: land evaluation for extensive grazing. *FAO Soils Bulletin 58*. FAO.
- ICA. (1976). *Cursos de pastos y forrajes*, Compendio Número 11.: ICA.
- Ideam. (2015). *Degradación de suelos por erosión*. Ideam.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC.
- _. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2016). Amenaza de movimientos en masa. SGC.
- Soil Science Society of America. *Glossary of Soils Science Terms*. (2018, agosto). Soils sustain life. https://www.soils.org/publications/soils-glossary#.
- Soil Survey Staff. (2014). *Keys to Soils Taxonomy*. USDA.
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000)*. UPRA.
- USDA. (1961) Land-Capability Classification. *Agriculture Handbook N.°. 210*. EUA: Soil Conservation Service USDA.
- Van Wambeke, A., & Forbes, T. (1987). *Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas*. Universidad de Cornell.

1.5. Criterio disponibilidad de nutrientes

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO: DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• Acidez (pH), expresada en rangos de pH. • Capacidad de intercambio catiónico (CIC), expresada en cmol/kg de suelo. • Saturación de bases, expresada en porcentaje (%). • Carbono orgánico, expresado en porcentaje (%).		

DEFINICIÓN

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

Considera las relaciones químicas en la zona radicular, de cara a las posibilidades de absorción de nutrientes disponibles para el crecimiento y desarrollo de los pastos.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO

En la medida en que los suelos tengan mayores contenidos de nutrientes, es decir, que cuenten con alta saturación de bases y alta capacidad de intercambio catiónico, las plantas obtendrán los nutrientes del suelo en forma fácil y oportuna, lo cual se verá reflejado en un buen desarrollo de los pastos con abundante follaje (UPRA, 2013).

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

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

No se consideran áreas donde la baja cantidad de nutrientes limiten el establecimiento de pasturas, solamente que en sectores donde los mismos son muy bajos, los costos de adecuación

con enmiendas resultan muy elevados, lo cual compite a corto y mediano plazo con la rentabilidad de las pasturas.

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

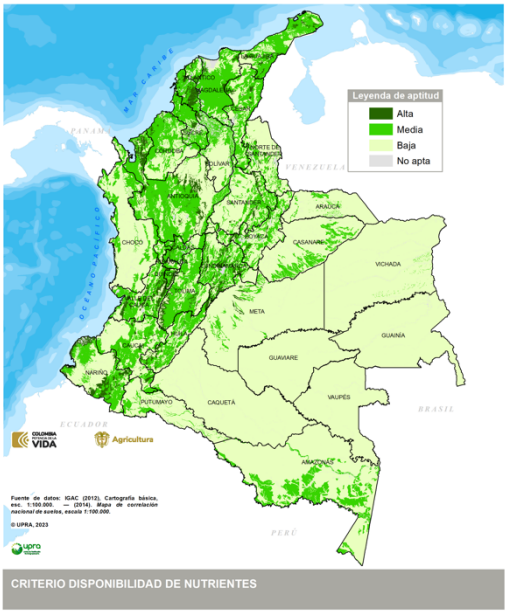
La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a escala 1:100.000, son asociaciones, donde para cada una de las variables que conforman el criterio, se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que dentro de la misma existen áreas de diversos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

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

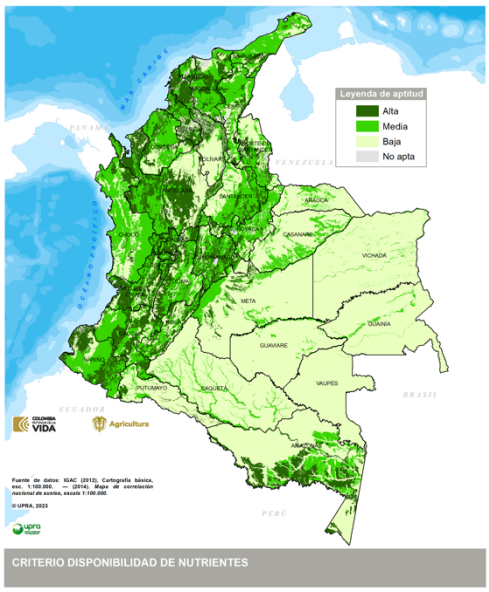
El criterio de disponibilidad de nutrientes por agrupación de pasturas se definió a partir de una suma ponderada (0,4 * Saturación de bases + 0,2 * CIC + 0,3 * Acidez (pH) + 0,1 * Carbono orgánico) y se clasificó por Natural Breaks.

La información para las variables que conforman este criterio se obtuvo del mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 (IGAC, 2014), donde se encuentran los contenidos de los elementos mayores y las variables que son responsables de su almacenamiento como la materia orgánica, la capacidad de intercambio catiónico, y el pH como factor que determina la disponibilidad de cada uno de los elementos.

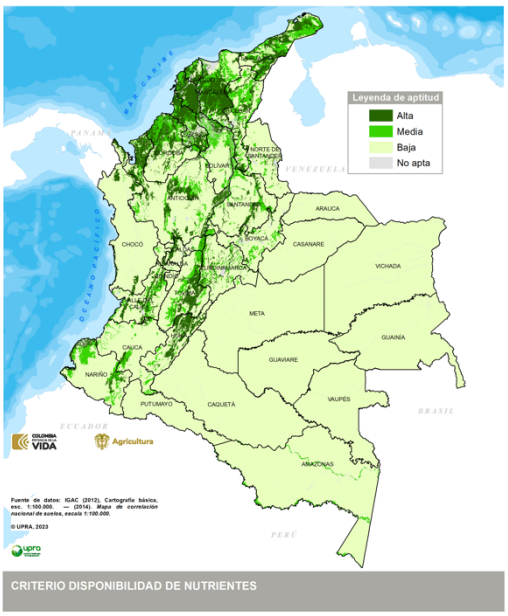
El resultado de integración por agrupación se muestra a continuación:



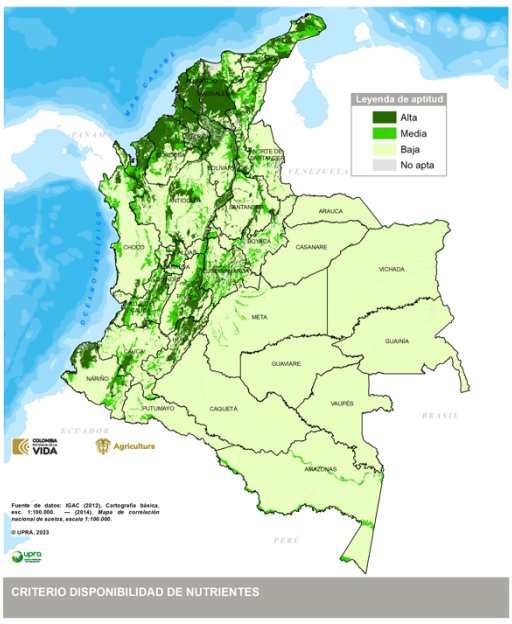
Grupo 1



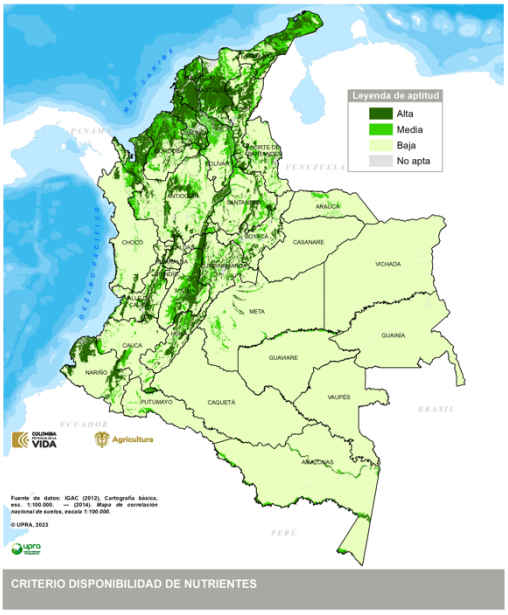
Grupo 2



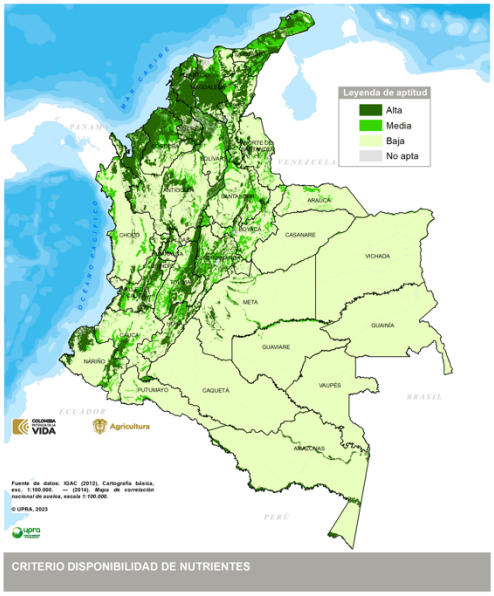
Grupo 3



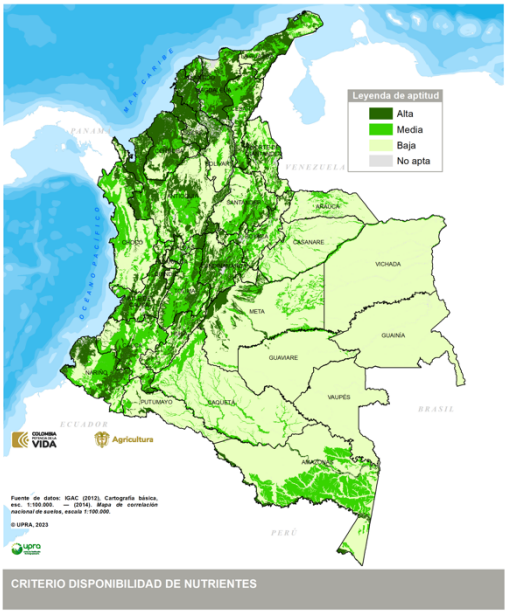
Grupo 4



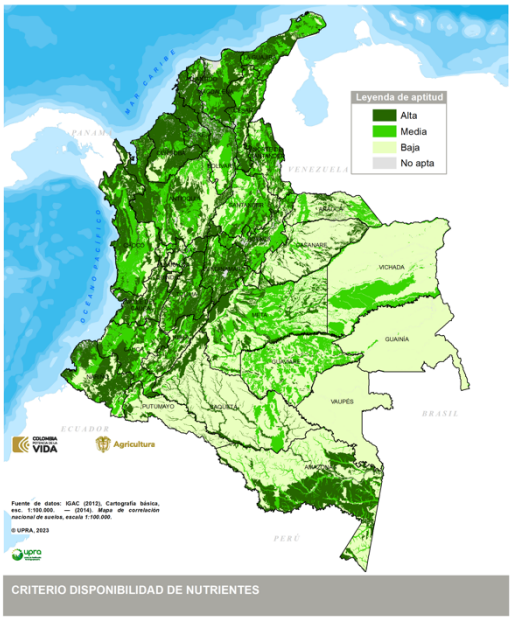
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

Posteriormente, cada criterio generado por agrupación fue integrado en uno solo, a través de un análisis jerárquico (*AHP*), como se muestra a continuación.

Integración del criterio	
Agrupaciones	**Pesos**
Grupo 2 (Kikuyo)	0,132
Grupo 1(Raigrases)	0,088
Grupo 8 (Humidícola)	0,254
Grupo 7 (Brachiarias)	0,168
Grupo 6 (Guineas)	0,151
Grupo 5 (Admirable, Alemán y Braquipará)	0,108
Grupo 4 (Estrellas)	0,06
Grupo 3 (Ángleton y Climacuna)	0,037
Total	1,0

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Las clases de aptitud son el resultado de una ponderación, donde se da un valor representativo a cada una de las variables que conforman el criterio, expresado en porcentaje, que representa la importancia en el desarrollo del cultivo (pH 30 %, CIC 30 %, carbono orgánico 20 % y saturación de bases 20 %).

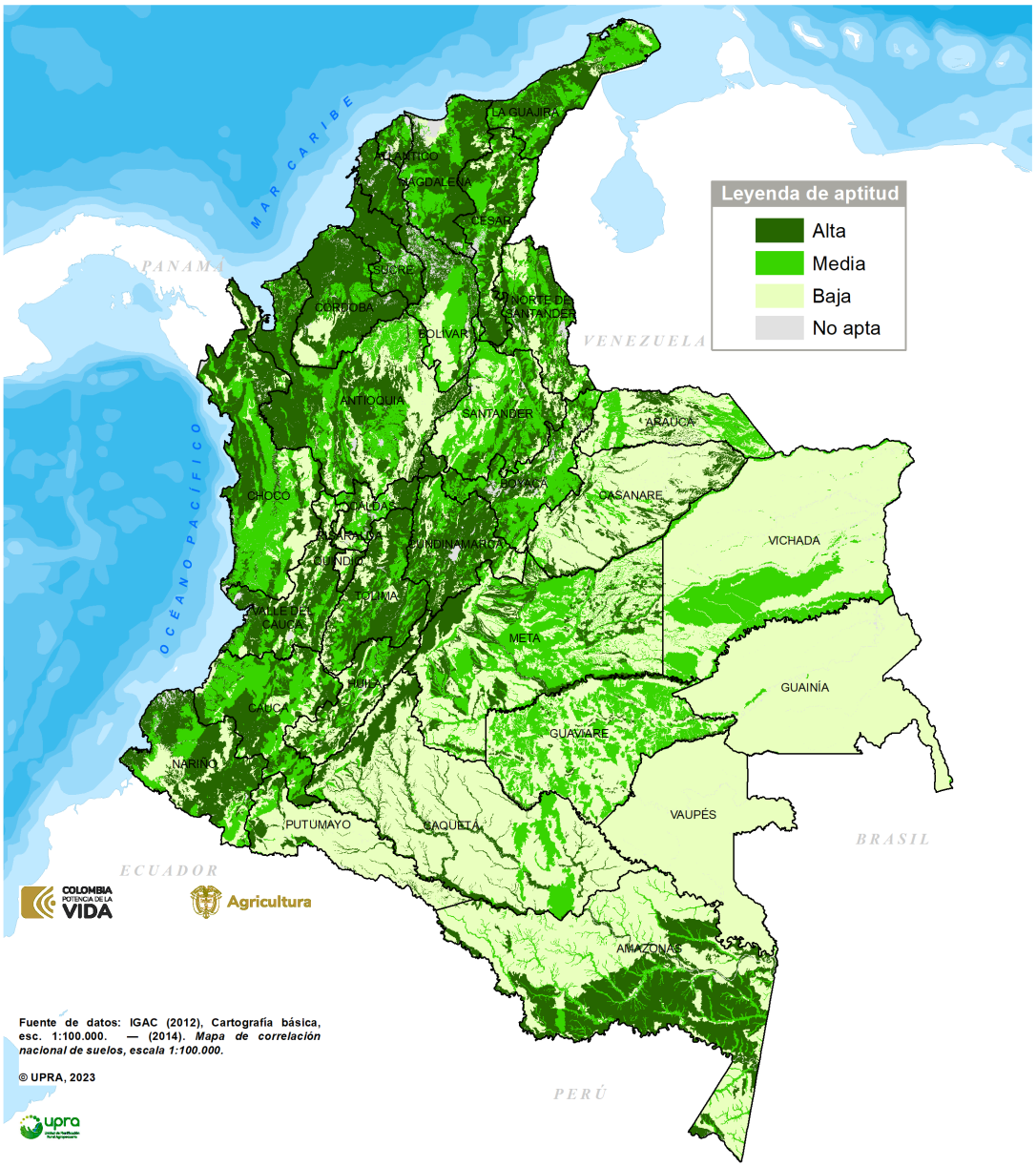
A continuación, se presenta la calificación cualitativa del criterio de disponibilidad de nutrientes; donde se tuvieron en cuenta los requerimientos nutricionales de cada agrupación de pastos (ICA, 1976; Lapointe y Miles, 1992; Bernal, 1994; Argel, 2005; CIAT, 2010; Arce *et al*., 2013 y Corpoica, 2017).

Criterio de calificación	Aptitud
Se presentan las condiciones ideales por disponibilidad de nutrientes, para el establecimiento de pastos para la producción bufalina.	Alta (A1)
Se presentan limitaciones moderadas por disponibilidad de nutrientes, para el establecimiento de pastos para la producción bufalina.	Media (A2)
Se presentan limitaciones fuertes por disponibilidad de nutrientes, para el establecimiento de pastos para la producción bufalina.	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. (2013). Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. *Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria, 14(*2) 215-229.
- Argel, P. (2005). *Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas doble propósito. XIX Reunión de ALPA y la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal-AMPA*, págs. 65-71.
- Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes, producción y manejo*. Fondo Ganadero.
- CIAT. (1988). *Establecimiento y Renovación de Pasturas. VI Reunión del Comité asesor de la RIEPT*.
- _. (2010). *Especies Forrajeras Multipropósito, Opciones para Productores del Trópico Americano*. CIAT.
- Corpoica. (2017). Alimentro. http://www.Corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/alimentro
- FAO. (1976). FAO. www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es
- _. (1991). Guidelines: land evaluation for extensive grazing. *FAO Soils Bulletin 58*. FAO.
- ICA. (1976). *Cursos de pastos y forrajes, Compendio Número 11*. ICA.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC.
- _. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Lapointe, S., & Miles, J. (1992). *Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution*. CIAT.
- Soil Survey Staff. (2014). *Keys to Soils Taxonomy*. USDA.
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000)*. UPRA.
- USDA. (1961) Land-Capability Classification. *Agriculture Handbook N.°. 210*. EUA: Soil Conservation Service USDA.

1.5.1. Variable acidez (pH)

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
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 legal	

DEFINICIÓN

Concentración de H^+ y OH^- en la solución del suelo, que define su grado de acidez o alcalinidad, expresado como un valor de pH (Soil Science Society of America, 2018).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

Determina la disponibilidad de los iones nutritivos para las plantas, lo que incide directamente en el uso y manejo (fertilización) y, en consecuencia, la productividad del suelo. Los elementos nutritivos presentan rangos particulares de pH en los que su absorción por parte de los pastos es ideal; fuera de este rango la absorción radicular se dificulta. Si los valores de pH son extremos, puede verse deteriorado el sistema radicular.

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

No se consideran valores de pH que excluyan los pastos involucrados en la presente zonificación, aunque los valores extremos presentan restricciones para la asimilación de la mayor parte de los nutrientes esenciales para las plantas.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

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

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La variable acidez (pH) 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 a escala 1:100.000 (IGAC, (2014). Es importante aclarar que los valores de pH se tomaron de los horizontes superficiales de los perfiles modales.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

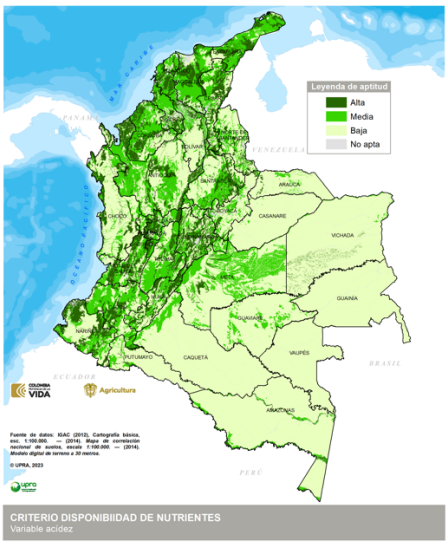
La construcción de rangos de pH se realizó para cada una de las agrupaciones de pasturas según sus requerimientos, (ICA, 1976; CIAT, 2010; Baruch Z., y Fisher J., 1997; Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. 2013; Bernal, J., 1994).

Grupo de pasturas	Aptitud			
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
1 (Raigrases)	5,5-6,5	5,0-5,4 y 6,6 - 7,8	< 5,0 y >7,8	-
2 (Kikuyo)	5,0 - 6,5	4,5- 4,9 y 6,6-7,3	<4,5 y >7,3	-
3 (Ángleton y Climacuna)	6,0 - 7,5	5,5 - 5,9 y 7,6 - 7,8	< 5,5 y >7,8	-
4 (Estrellas)	6,0 - 7,5	5,5 - 5,9 y 7,6 - 7,8	< 5,5 y >7,8	-
5 (Admirable, Alemán y Braquipará)	6,0 - 7,3	5,5 - 5,9 y 7,4 - 8,4	< 5,5 y >8,4	-
6 (Guineas)	5,8 - 7,3	5,0 - 5,7 y 7,4 - 7,8	< 5,0 y >7,8	-
7 (Brachiarias)	5,0 - 6,5	4,5- 4,9 y 6,6-7,3	< 4,5 y >7,3	-
8 (Humídicola)	4,8 - 5,5	3,8- 4,7 y 5,6-7,3	<3,8 y >7,3	-

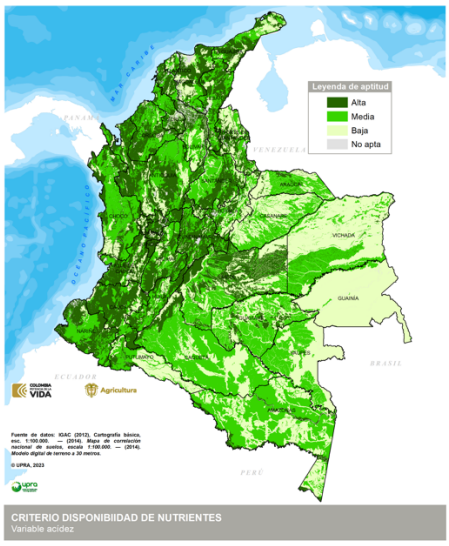
UNIDAD DE ANÁLISIS

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

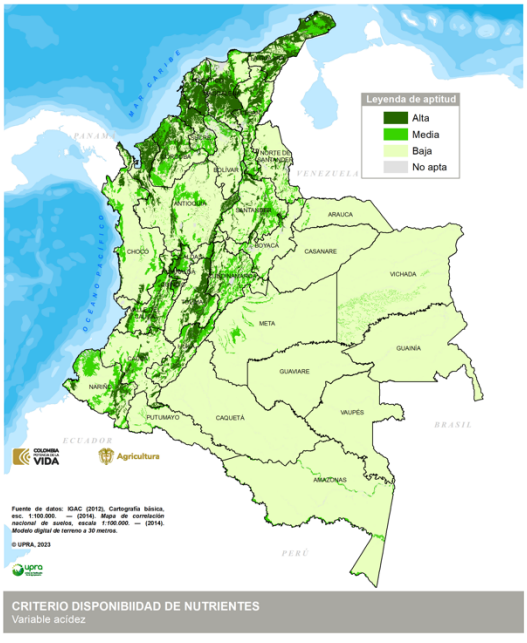
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



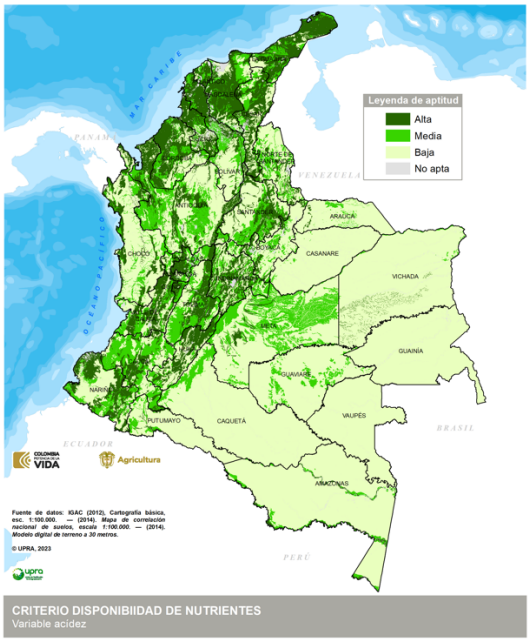
Grupo 1



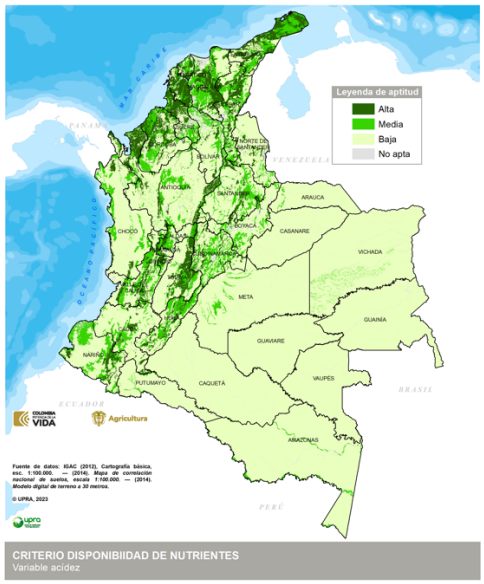
Grupo 2



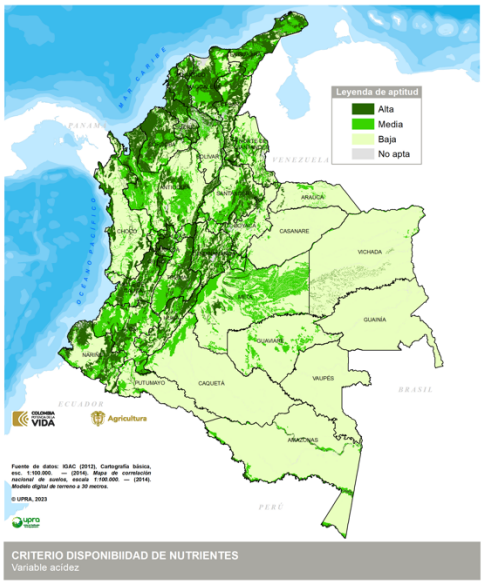
Grupo 3



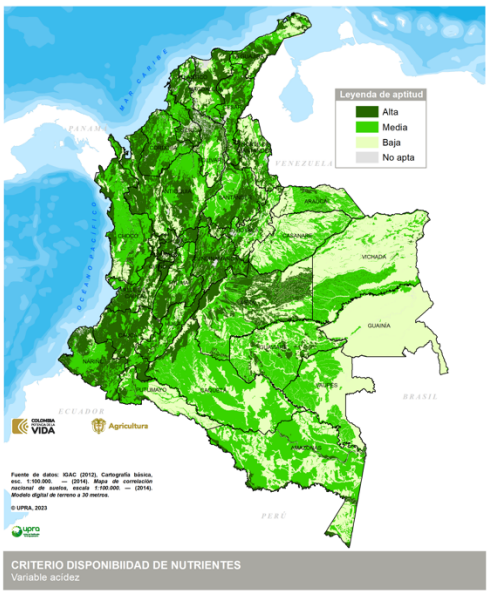
Grupo 4



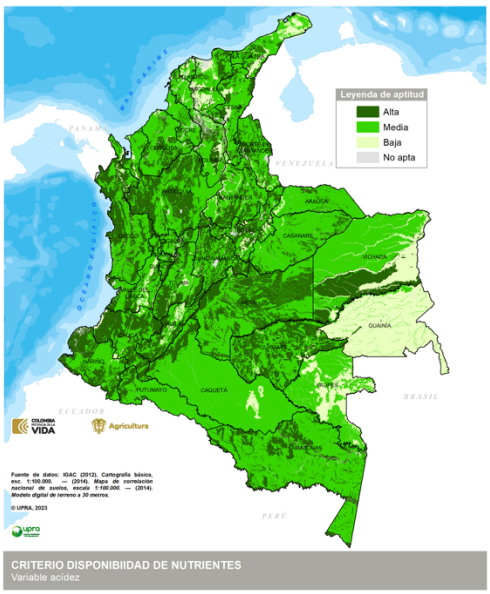
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. (2013). Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. *Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria, 14*(2) 215-229.
- Argel, P. (2005). *Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas doble propósito. XIX Reunión de ALPA y la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal-AMPA*, págs. 65-71.
- Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes, producción y manejo.* Fondo Ganadero.
- CIAT. (1988). *Establecimiento y Renovación de Pasturas. VI Reunión del Comité asesor de la RIEPT*.
- _. (2010). *Especies Forrajeras Multipropósito, Opciones para Productores del Trópico Americano*. CIAT.
- Corpoica. (2017). Alimentro. http://www.Corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/alimentro.
- FAO. (1976). FAO, Editor, & FAO, Producer. http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es
- _. (1991). Guidelines: land evaluation for extensive grazing. *FAO Soils Bulletin 58*. FAO.
- ICA. (1976). *Cursos de pastos y forrajes, Compendio Número 11*. ICA.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC.
- _. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- *Lapointe, S., & Miles, J. (1992). Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution*. CIAT.
- *Soil Science Society of America. Glossary of Soils Science Terms.* (2018). Soils sustain life. https://www.soils.org/publications/soils-glossary#.
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000)*. UPRA.

1.5.2. Variable capacidad de intercambio catiónico (CIC)

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
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 legal	

DEFINICIÓN

De acuerdo con Chapman (citado por Malagón y Montenegro, 1990), 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 reemplazados por aquellos de soluciones salinas y ácidas. La suma de estos cationes se define como la capacidad de intercambio catiónico y usualmente se expresa en miliequivalentes por 100 g de suelo, cmol/kg de suelo o milimoles de carga por kg de suelo, o del material edáfico al que se le determinó.

La capacidad de intercambio de cationes y aniones es una de las características más importantes del suelo, ya que, independientemente de otras interpretaciones, determinan la retención de la mayoría de los elementos requeridos para la nutrición vegetal y constituye gran parte de la capacidad reguladora del medio (Cortés y Malagón 1984).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

Incide directamente sobre la fertilidad de los suelos, afectando la productividad de las pasturas, dada su influencia en el volumen de almacenamiento de los cationes solubles que se encuentran en el suelo.

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

No se establece área no apta (N1) por esta variable, debido a que en las unidades de tierras con baja CIC, se pueden aplicar enmiendas como la materia orgánica, para elevar el valor de la variable, o establecer pastos con diferentes niveles de rendimientos.

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 diversos tamaños que tienen saturaciones diferentes al componente calificado, que corresponden a aptitudes distintas.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La variable CIC se abordó a partir de la información de los resultados de laboratorio de los perfiles de suelos que proporciona la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos a escala 1:100.000, (IGAC, 2014). Es importante aclarar que los valores de capacidad de intercambio catiónico se tomaron de los horizontes superficiales de los perfiles modales.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

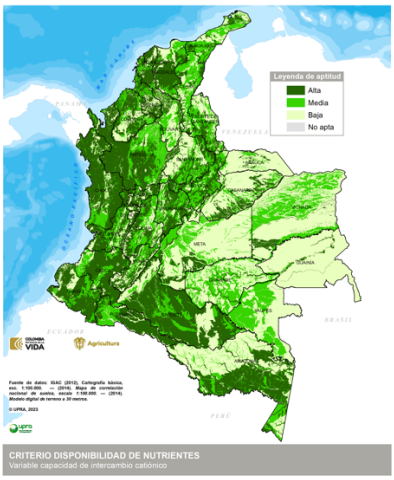
La construcción de rangos de CIC, se realizaron para cada una de las agrupaciones de pasturas según sus requerimientos, (ICA, 1976; CIAT, 2010; Baruch Z., y Fisher J., 1997; Arce B., Peña, A., & Cárdenas, E., 2013; Bernal, J. 1994).

Grupo de pasturas	Aptitud			
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
	cmol/kg de suelo			
1 (Raigrases)	>20	10-20	<10	-
2 (Kikuyo)	>20	10-20	<10	-
3 (Ángleton y Climacuna)	>20	15-20	<15	-
4 (Estrellas)	>20	15-20	<15	-
5 (Admirable, Alemán y Braquipará)	>20	10-20	<10	-
6 (Guineas)	>20	10-20	<10	-
7 (Brachiarias)	>15	5-15	<5	-
8 (Humidícola)	>10	5-10	<5	-

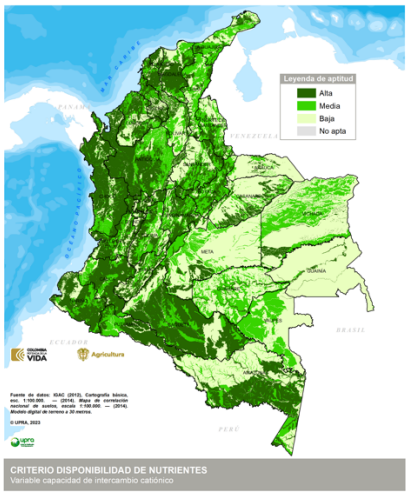
UNIDAD DE ANÁLISIS

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

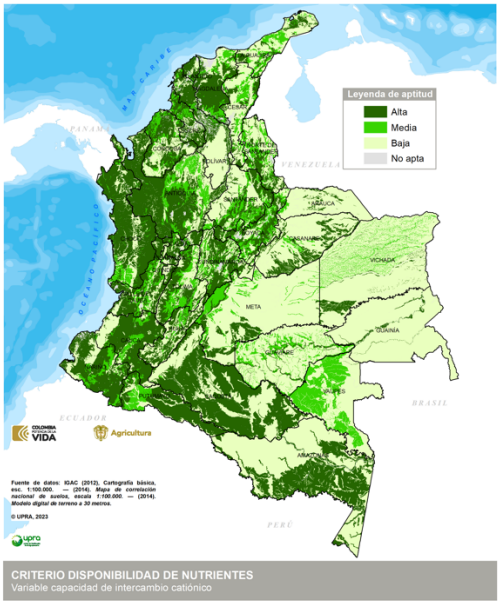
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



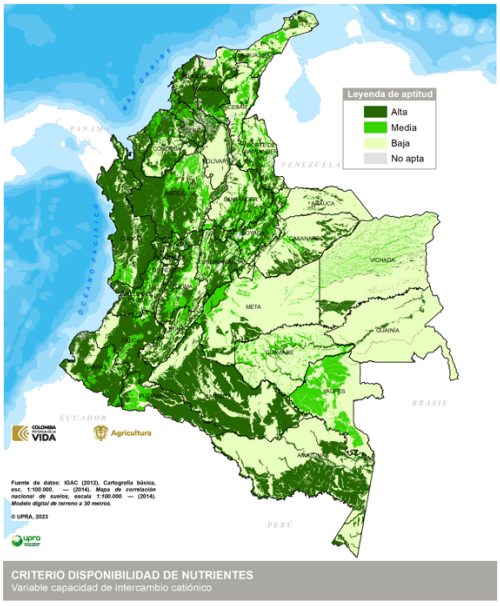
Grupo 1



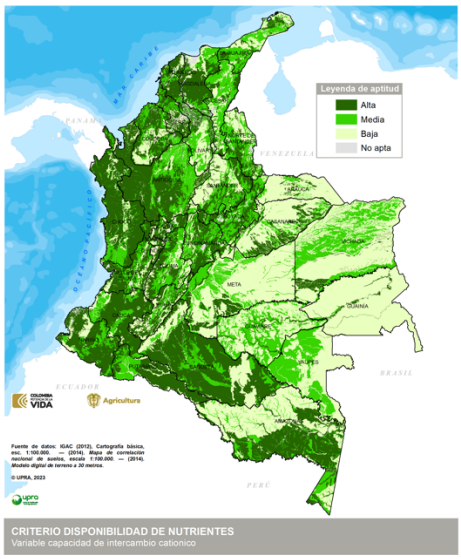
Grupo 2



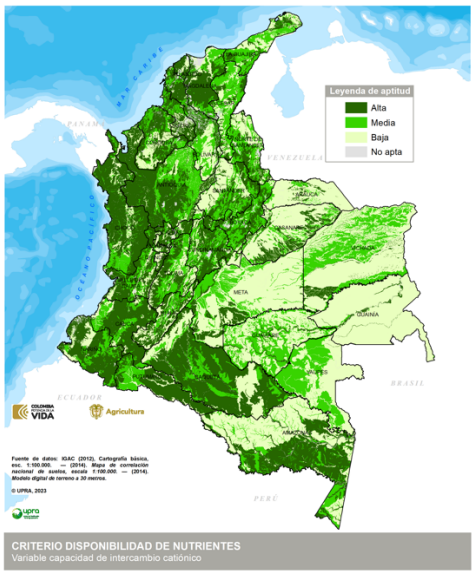
Grupo 3



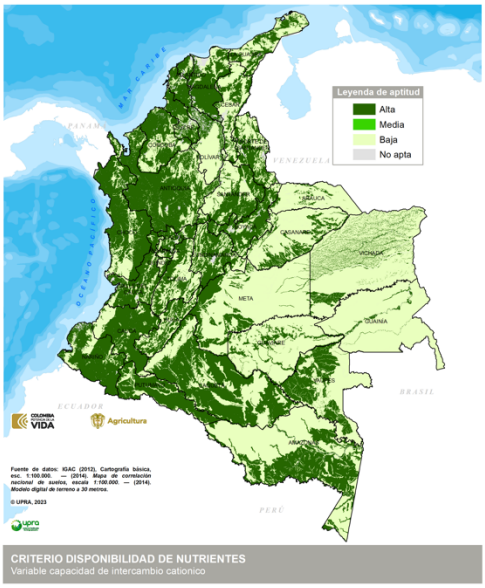
Grupo 4



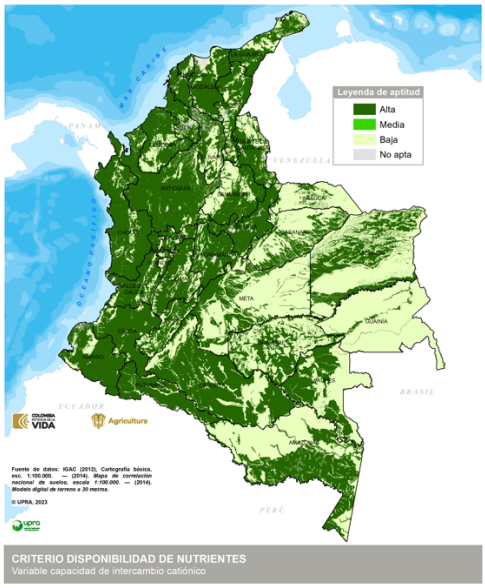
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. (2013). Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria, 14(2) 215-229.
- Argel, P. (2005). *Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas doble propósito. XIX Reunión de ALPA y la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal-AMPA*, 65-71.
- Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes, producción y manejo. Fondo Ganadero.*
- CIAT. (1988). *Establecimiento y Renovación de Pasturas. VI Reunión del Comité asesor de la RIEPT.*
- _. (2010). *Especies Forrajeras Multipropósito, Opciones para Productores del Trópico Americano.* CIAT.
- Corpoica. (2017). Alimentro. http://www.Corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/alimentro.
- FAO. (1976). FAO, Editor, & FAO, Producer. http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es
- _. (1991). Guidelines: land evaluation for extensive grazing. *FAO Soils Bulletin 58.* FAO.
- ICA. (1976). *Cursos de pastos y forrajes, Compendio Número 11*. ICA.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC.
- _. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* IGAC.
- _. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.* IGAC.
- *Lapointe S., & Miles, J. (1992). Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution.* CIAT.
- Malagón, D. (1995). *Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso*. IGAC.
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000)*. UPRA.

1.5.3. Variable saturación de bases

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
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 legal	

DEFINICIÓN

Relación entre la cantidad de bases intercambiables y la capacidad de intercambio de cationes. El valor de la saturación de la base varía si la capacidad de intercambio catiónico (CIC) incluye solo la acidez extraíble de la sal o la acidez total determinada a pH 7 u 8. A menudo, se expresa como un porcentaje (Soil Science Society of America, 2018).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

Estima directamente la cantidad de nutrientes esenciales disponibles en el suelo, afecta contundentemente la cantidad y calidad de forraj y determina el tipo de pastura a establecer y el manejo químico de los suelos. Esta variable es fundamental bajo el enfoque de bajos insumos, clásico en la ganadería extensiva, sin embargo, puede mejorarse con la aplicación de fertilizantes, pero implica aumento de los costos.

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

No se determinó área no apta por esta variable, debido a que, en las unidades de tierras con baja saturación, se puede aplicar fertilizantes para regular el contenido de bases, como parte del manejo de las praderas.

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 diversos tamaños que tienen saturaciones diferentes al componente calificado.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La variable de saturación de bases se construyó a partir de la información de los resultados de laboratorio de suelos que proporciona la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos a escala 1:100.000 (IGAC, 2014). Es importante aclarar que los valores de saturación de bases se tomaron de los horizontes superficiales de cada uno de los perfiles modales.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

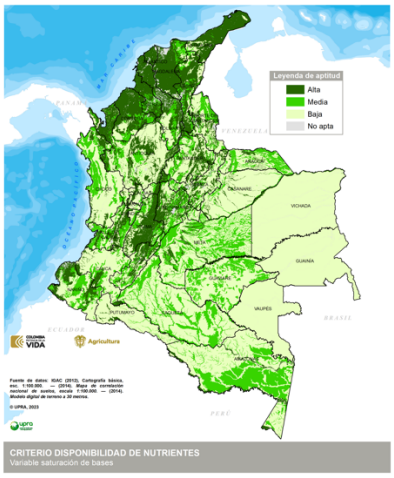
La construcción de rangos de saturación de bases se realizó para cada una de las agrupaciones de pasturas según sus requerimientos, (ICA, 1976; Bernal, 1994; Baruch y Fisher, 1997; CIAT, 2010 y Arce *et al*., 2013).

Grupo de pasturas	Aptitud			
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
	Porcentaje %			
1 (Raigrases)	>35	10-35	<10	-
2 (Kikuyo)	>35	10-35	<10	-
3 (Ángleton y Climacuna)	>70	50-70	< 50	-
4 (Estrellas)	>70	50-70	< 50	-
5 (Admirable, Alemán y Braquipará)	>50	35-50	< 35	-
6 (Guineas)	>50	35-50	<35	-
7 (Brachiarias)	> 35	10-35	< 10	-
8 (Humidícola)	>10	5-10	<5	-

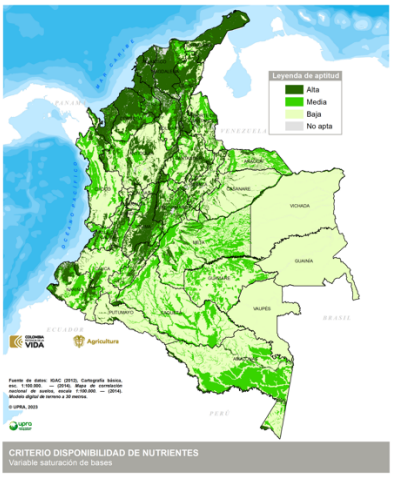
UNIDAD DE ANÁLISIS

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

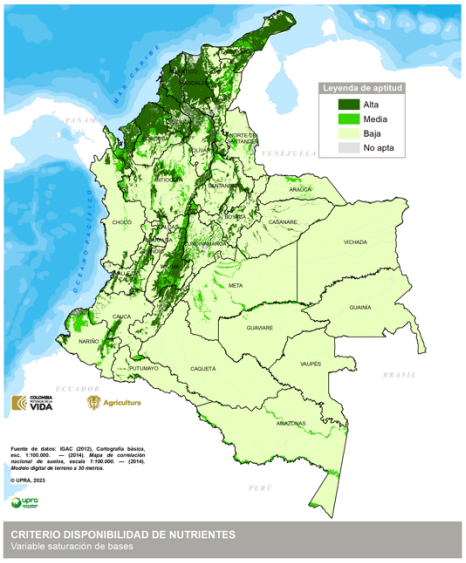
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



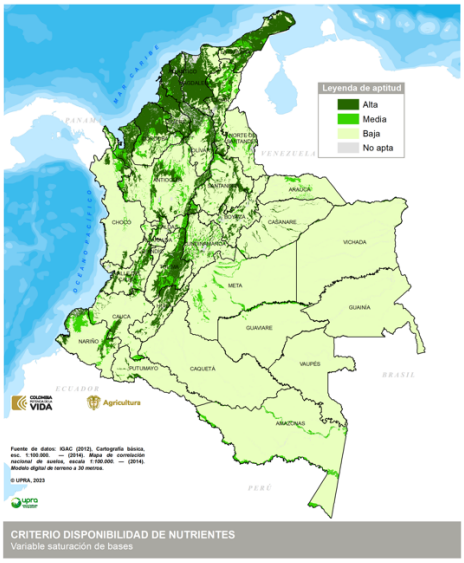
Grupo 1



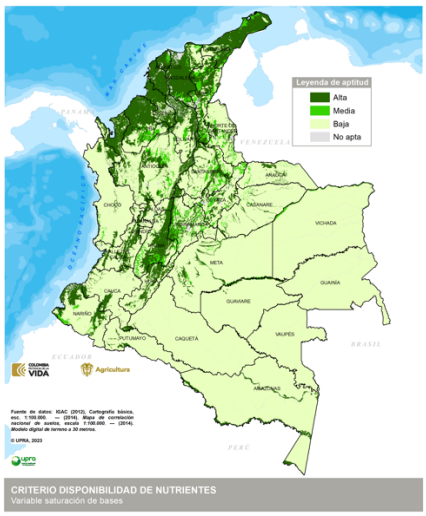
Grupo 2



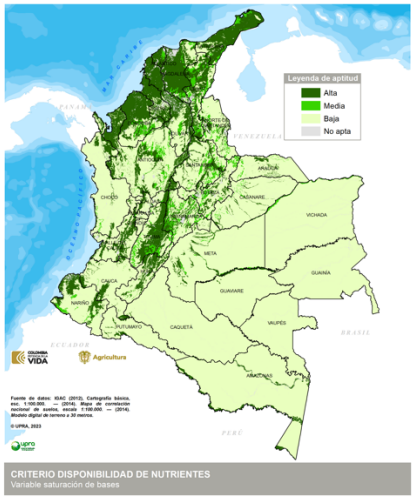
Grupo 3



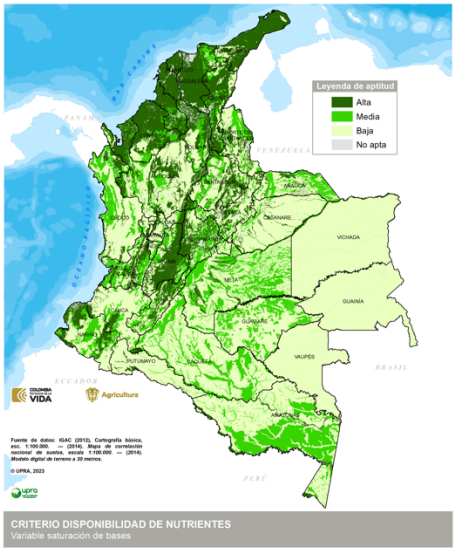
Grupo 4



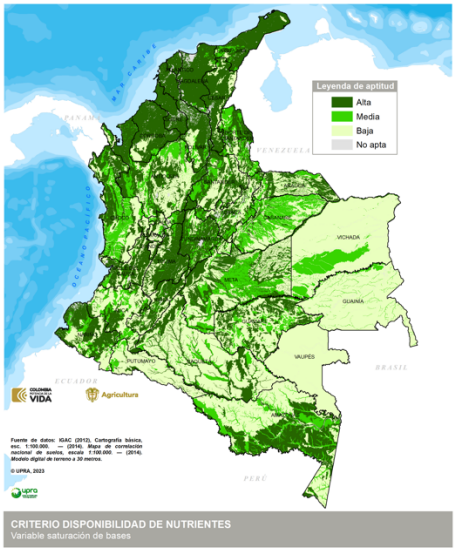
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. (2013). Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. *Corpoica Ciencia* Tecnología Agropecuaria, *14(*2) 215-229.
- Argel, P. (2005). *Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas doble propósito. XIX Reunión de ALPA y la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal-AMPA*, (65-71.
- Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes, producción y manejo. Fondo Ganadero.*
- CIAT. (1997). *Establecimiento y Renovación de Pasturas. VI Reunión del Comité asesor de la RIEPT.*
- _. (2010). *Especies Forrajeras Multipropósito, Opciones para Productores del Trópico Americano*. CIAT.
- Corpoica. (2017). Alimentro. http://www.Corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/alimentro.
- FAO. (1976). FAO, Editor, & FAO, Producer. http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es
- _. (1991). Guidelines: land evaluation for extensive grazing. *FAO Soils Bulletin 58.* FAO.
- ICA. (1976). *Cursos de pastos y forrajes, Compendio Número 11*. ICA.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC.
- _. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* IGAC.
- _. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.* IGAC.
- *Lapointe, S., & Miles, J. (1992). Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution.* CIAT.
- *Soil Science Society of America. Glossary of Soils Science Terms.* (2018). Soils sustain life. https://www.soils.org/publications/soils-glossary#.
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000).*: UPRA.

1.5.4. Variable carbono orgánico

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: DISPONIBILIDAD DE NUTRIENTES		
VARIABLE: carbono orgánico	**UNIDAD DE MEDIDA:** porcentaje (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

El carbono orgánico del suelo se encuentra en forma de residuos orgánicos alterados de plantas y animales y microorganismos vivos y muertos, en el humus y en forma muy condensada, casi como carbono elemental (carbón vegetal, grafito, carbón) (Jackson, 1958).

El carbono orgánico del suelo se relaciona con la sustentabilidad de los sistemas agrícolas, afectando las propiedades del suelo relacionadas con el rendimiento sostenido de los cultivos; se vincula con la cantidad y disponibilidad de nutrientes del suelo, al aportar elementos como el N, cuyo aporte mineral es normalmente deficitario.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

El carbono visto, desde la materia orgánica, se relaciona con la cantidad y disponibilidad de nutrientes al aportar nitrógeno, cuyo aporte mineral por el suelo es escaso. También modifica el grado de acidez hacia valores cercanos a neutros, aumenta la solubilidad de varios nutrientes y proporciona coloides de alta capacidad de intercambio catiónico; en las propiedades físicas, modifica la estructura y regula la distribución de los poros; en cuanto a la parte biológica, el carbono es esencial (Aguilera, 2000), proporciona fuentes energéticas a los organismos del suelo, generalmente heterótrofos en forma de carbono lábil (hidratos de carbono o compuestos orgánicos de bajo peso molecular) (Borie *et al*., 1999).

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

No se estableció área no apta (N1) por esta variable, debido a que las unidades de tierras con bajo carbono orgánico se pueden mejorar aplicando materia orgánica para establecer pastos.

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 diversos tamaños que tienen saturaciones diferentes al componente calificado, que corresponden a aptitudes distintas.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La variable se construyó a partir del contenido de carbono orgánico registrado en la información de los resultados del laboratorio de suelos que proporciona la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos a escala 1:100.000 (IGAC, 2014). Es importante aclarar que los valores de los contenidos de carbono orgánico del suelo se tomaron de los horizontes superficiales del perfil modal.

Los suelos Histosoles y Andisoles tienen calificación diferente porque tienen altos contenidos de carbono orgánico en forma natural y su comportamiento difiere de los suelos minerales, ya que interfiere en forma negativa en la asimilación de los elementos menores.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

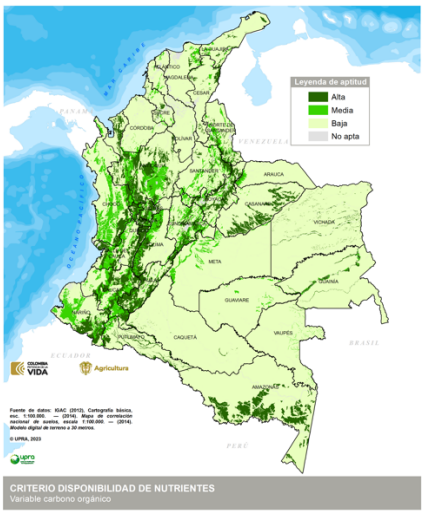
La construcción de rangos de carbono orgánico se realizó para cada una de las agrupaciones de pasturas según sus requerimientos, (ICA, 1976; Bernal, 1994; Baruch y Fisher, 1997; CIAT, 2010 y Arce *et al*., 2013):

Grupo de pasturas	Aptitud			
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
	Porcentaje (%)			
1 (Raigrases)	> 4,0 - ≤10; Andisoles > 4,0 - ≤15	≥ 2,7 - ≤ 4,0; >10; Andisoles >15	< 2,7; Histosoles	-
2 (Kikuyo)	> 2,7 - ≤10; Andisoles > 2,7 - ≤15	≥ 1,3 - ≤ 2,7; >10; Andisoles >15	< 1,3; Histosoles	-
3 (Ángleton y Climacuna)	> 1,2 - ≤10	≥ 0,5 - ≤ 1,2; >10	< 0,5; Histosoles	-
4 (Estrellas)				
5 (Admirable, Alemán y Braquipará)				
6 (Guinea)				
7 (Brachiarias)				
8 (Humidícola)				

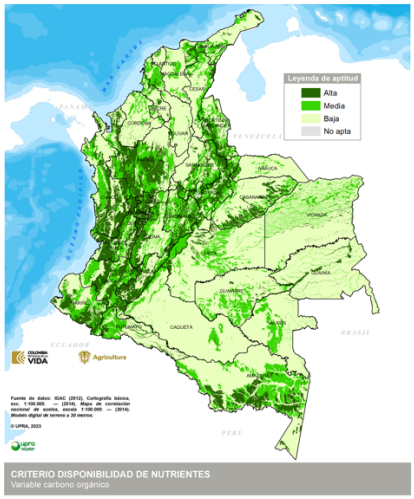
UNIDAD DE ANÁLISIS

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

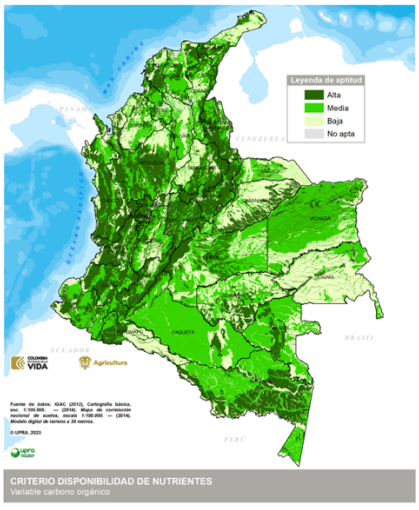
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



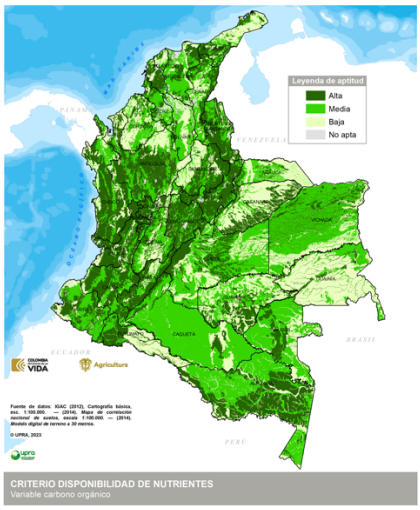
Grupo 1



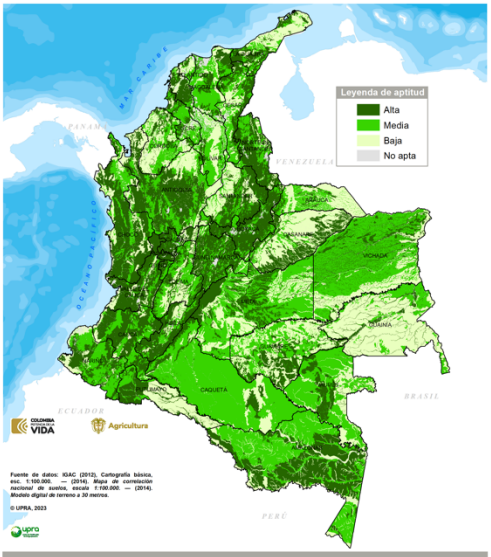
Grupo 2



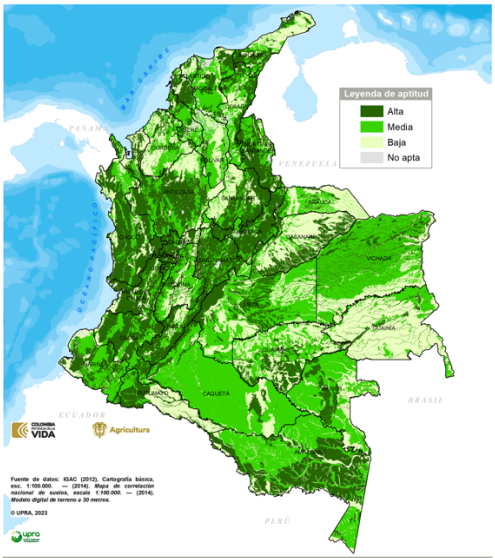
Grupo 3



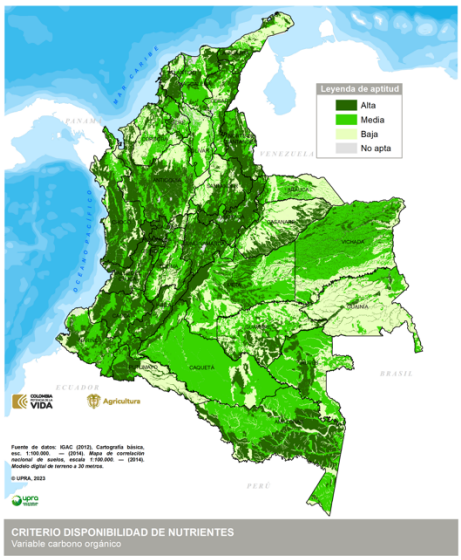
Grupo 4



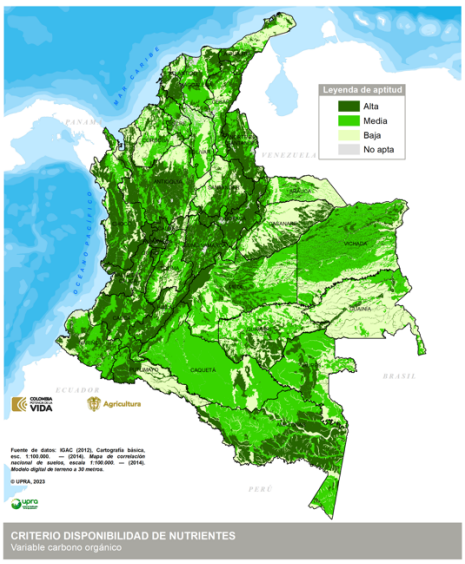
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Aguilera, S.M. (2000). Importancia de la protección de la materia orgánica en suelos. Simposio Proyecto Ley Protección de Suelo. *Boletín N.° 14. Valdivia*, Chile, 77-85.
- Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. (2013). Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. *Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria, 14*(2) 215-229.
- Argel, P. (2005). *Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas doble propósito. XIX Reunión de ALPA y la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal-AMPA*, (65-71.
- Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes, producción y manejo.* Fondo Ganadero.
- Borie, G.; Aguilera, S. y Peirano, P. (1999). *Actividad biológica en suelos. Frontera Agrícola* 5 (1 y 2), 29-32.
- CIAT. (1997). *Establecimiento y Renovación de Pasturas. VI Reunión del Comité asesor de la RIEPT*.
- _. (2010). *Especies Forrajeras Multipropósito, Opciones para Productores del Trópico Americano*. CIAT.
- Corpoica. (2017). Alimentro. http://www.Corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/alimentro.
- FAO. (1976). FAO, Editor, & FAO, Producer. http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es
- _. (1991). Guidelines: land evaluation for extensive grazing. *FAO Soils Bulletin 58*. FAO.
- ICA. (1976). *Cursos de pastos y forrajes, Compendio Número 11*. ICA.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC.
- _. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Jackson, M.L. (1958). *Soil chemical analysis*. Prentice-Hall.
- Lapointe, S., & Miles, J. (1992). *Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution*. CIAT.
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000)*. UPRA.

1.6. Criterio disponibilidad de humedad

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO: DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• Régimen de humedad del suelo, expresada en clases de regímenes de humedad. • Textura, expresada en clases de texturas.		

DEFINICIÓN

Capacidad que tienen los suelos de almacenar y suministrar agua para las plantas en cantidades suficientes para su desarrollo en condiciones naturales. Se relaciona con el contenido y movimiento del agua en el suelo durante el año (FAO, 1976; 1991; UPRA, 2013).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO

El agua es responsable de muchas reacciones físicas, químicas y biológicas que suceden en el suelo, en especial de la nutrición mineral; en condiciones naturales de secano, la capacidad de retención de agua que tienen los suelos es de gran importancia, ya que de ella y de las condiciones climáticas de la región depende el desarrollo de los pastos (UPRA, 2013).

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

El criterio presenta rangos de exclusión (N1) dependiendo de la tolerancia de las especies a los regímenes de humedad extremos, por deficiencia o excesos en el suelo.

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 calificó el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que dentro de una unidad cartográfica existen áreas que tienen calificaciones diferentes al componente calificado y que, por lo tanto, corresponden a aptitudes distintas.

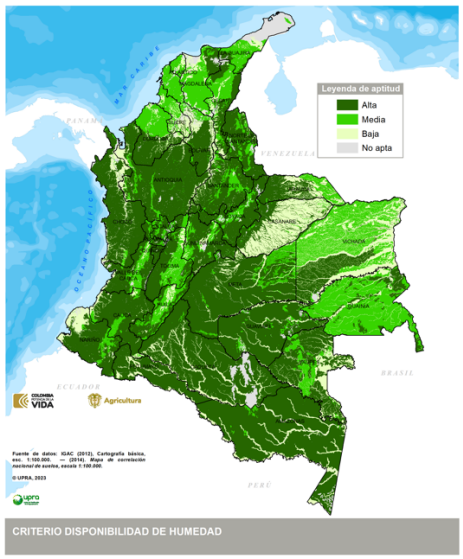
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El criterio de disponibilidad de humedad para cada una de las agrupaciones de pasturas se definió a partir de un árbol de decisión, donde se integraron las variables. La información para las variables de este criterio se obtuvo del mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 (IGAC, 2014).

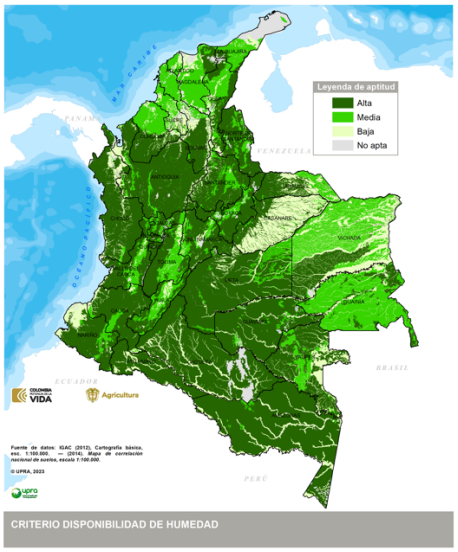
Árbol de decisión

Régimen de humedad	Textura	Aptitud
A1	A1	A1
	A2	A1
	A3	A2
A2	A1	A2
	A2	A2
	A3	A3
A3	Cualquiera	A3
N1	Cualquiera	N1

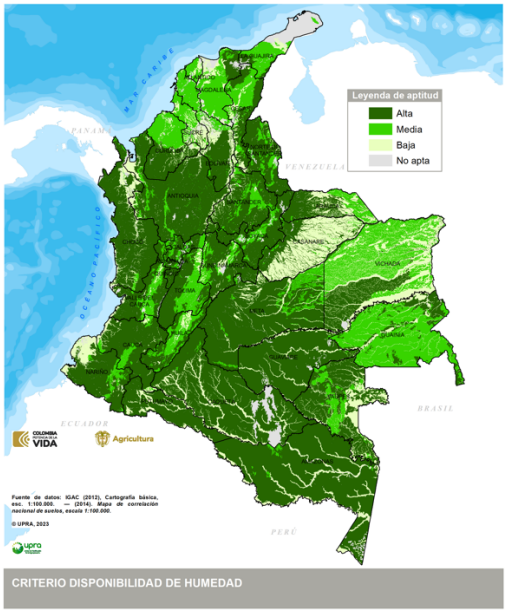
El resultado de la integración del árbol de decisión por agrupación se muestra a continuación:



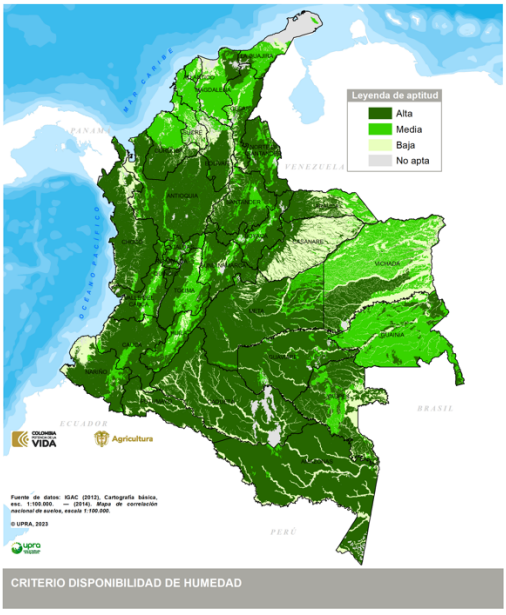
Grupo 1



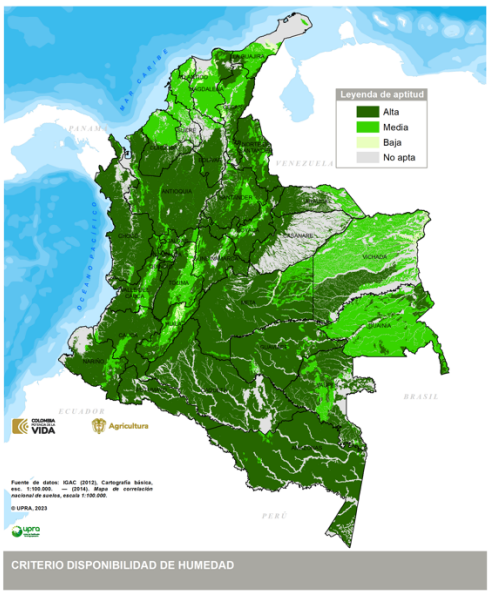
Grupo 2



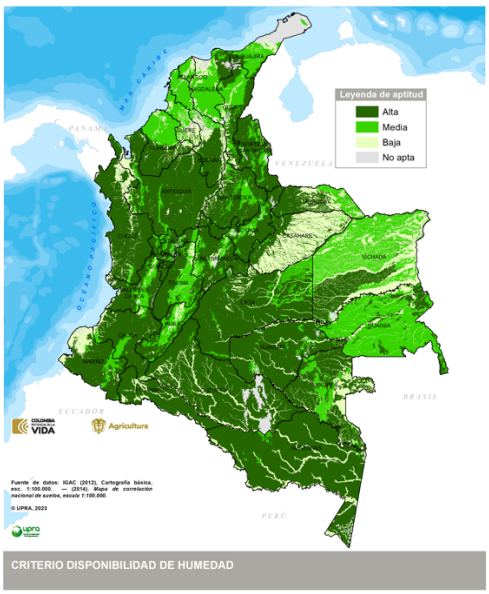
Grupo 3



Grupo 4



Grupo 7



Grupo 8

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud del criterio fue la limitación que cada variable representa en el almacenamiento y suministro de humedad para el desarrollo de los pastos, ya que reduce las posibilidades del crecimiento y desarrollo del forraje.

A continuación, se presenta la calificación cualitativa del criterio de disponibilidad de humedad; donde se tuvo en cuenta la fisiología, morfología y hábito de crecimiento de cada agrupación de pastos (ICA, 1976; Lapointe y Miles, 1992; Bernal, 1994; Ara, 1997; Argel, 2005; CIAT, 2010; Arce *et al*., 2013 y Corpoica, 2017):

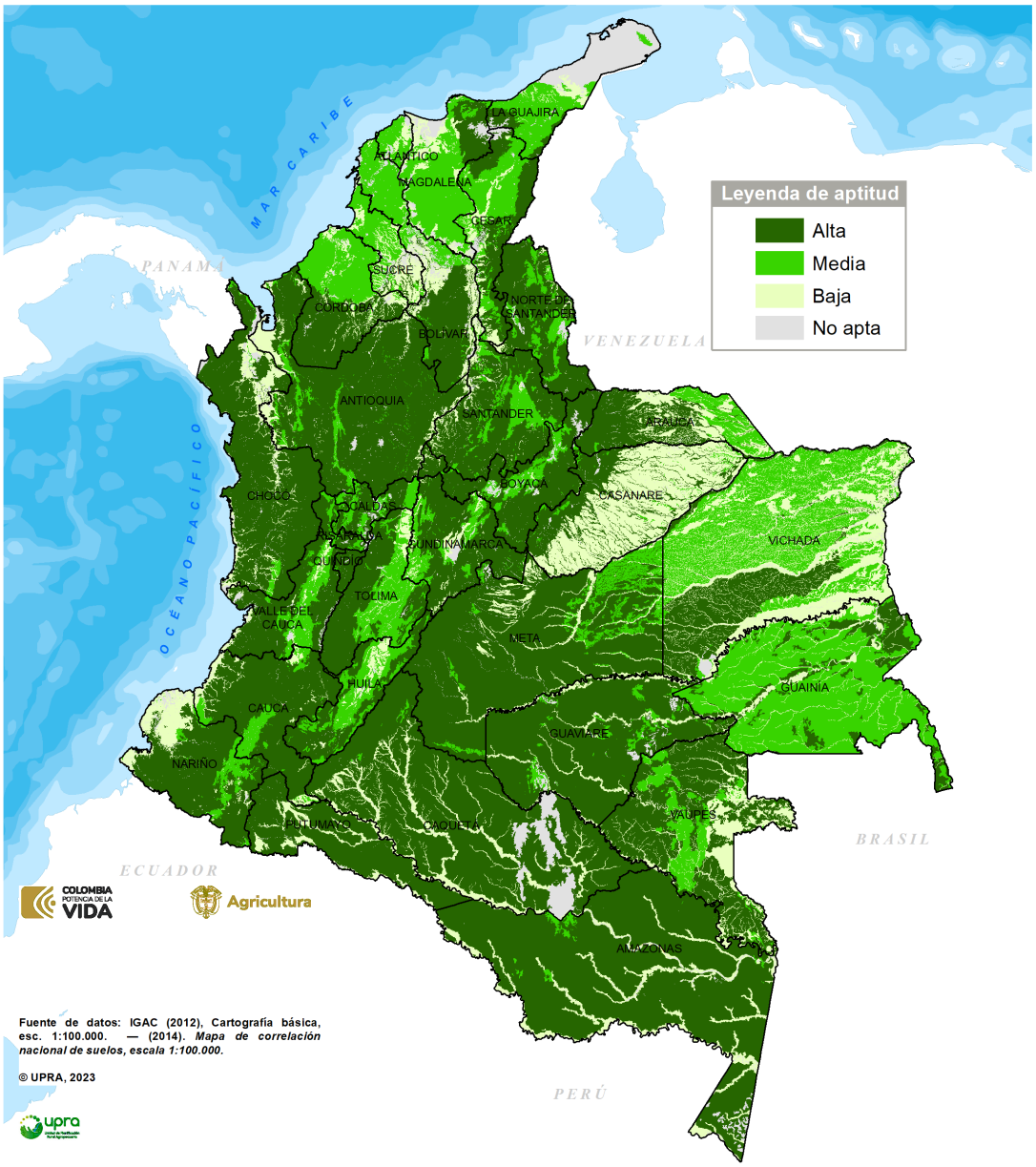
Criterio de calificación	Aptitud
Regímenes de humedad y texturas óptimas para el establecimiento de pastos para la producción bufalina.	Alta (A1)
Regímenes de humedad y de texturas que presentan limitaciones moderadas, para el establecimiento de pastos para la producción bufalina.	Media (A2)

Regímenes de humedad y texturas que presentan fuertes limitaciones, para el establecimiento de pastos para la producción bufalina.	Baja (A3)
Restricciones por regímenes de humedad y texturas, que imposibilitan el establecimiento de pastos para la producción bufalina.	No apta (N1)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. (2013). Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. *Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria, 14*(2) 215-229.
- Argel, P. (2005). *Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas doble propósito*. XIX Reunión de ALPA y la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal-AMPA, 65-71.
- Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes, producción y manejo*. Fondo Ganadero.
- CIAT. (1988). *Establecimiento y Renovación de Pasturas*. VI Reunión del Comité asesor de la RIEPT.
- CIAT. (2010). *Especies Forrajeras Multipropósito, Opciones para Productores del Trópico Americano*. CIAT.
- Corpoica. (2017). *Alimentro*. http://www.Corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/alimentro
- FAO. (1976). FAO, Editor, & FAO, Producer. http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es
- _. (1991). Guidelines: land evaluation for extensive grazing. *FAO Soils Bulletin 58*. FAO.
- ICA. (1976). *Cursos de pastos y forrajes*, Compendio Número 11. ICA.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC.
- _. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- _. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Lapointe, S., & Miles, J. (1992). *Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution*. CIAT.
- Soil Survey Staff. (2014). *Keys to Soils Taxonomy*. USDA.
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000)*. UPRA.

1.6.1. Variable régimen de humedad del suelo

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD		
VARIABLE: régimen de humedad del suelo	**UNIDAD DE MEDIDA:** clases de regímenes de humedad	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Presencia o ausencia de un manto freático, o agua retenida, a una tensión inferior a 1500 kPa, en la sección control de humedad del suelo, durante un periodo de un año normal (Soil Survey Staff, 2014).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

En condiciones de secano, la disponibilidad natural de agua en el suelo es indispensable para el establecimiento, desarrollo y producción de las pasturas; el régimen de humedad údico es el óptimo para la mayoría de los pastos, ya que mantiene el suministro de agua la mayor parte del año; los regímenes muy secos o muy húmedos limitan en la mayoría de los casos, su normal desarrollo.

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), debido a que requieren grandes obras de adecuación de tierras, orientadas al drenaje en el primer caso y de riego para el segundo. En la agrupación 5 de pastos, los regímenes ústico y arídico se calificaron como no aptos (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 (tienen dos o más componentes taxonómicos), se calificó el régimen de humedad del componente taxonómico de mayor porcentaje. Esto significa que dentro de un área determinada existen regímenes de humedad diferente al que se está calificando.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

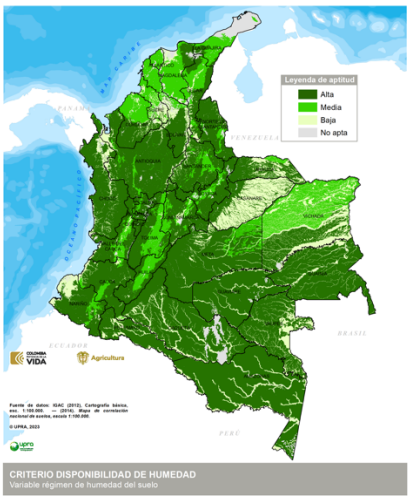
La construcción de rangos de régimen de humedad del suelo se realizó para cada una de las agrupaciones de pasturas según sus requerimientos, (ICA. 1976; Bernal, 1994; Baruch y Fisher, 1997; CIAT, 2010 y Arce *et al*., 2013):

Grupos de pasturas	**Aptitud**			
	Alta (A1)	**Media (A2)**	**Baja (A3)0**	**No apta (N1)**
1 (Raigrases)	Údico	Ústico	Ácuico	Arídico, Perácuico
2 (Kikuyo)	Údico	Ústico	Ácuico	Arídico, Perácuico
3 (Ángleton y Climacuna)	Údico	Ústico	Ácuico	Arídico, Perácuico
4 (Estrellas)	Údico	Ústico	Ácuico	Arídico, Perácuico
5 (Admirable, Alemán y Braquipará)	Ácuico	Údico (Intergrados Ácuicos Údicos)	(Intergrados Ácuícos Ústicos)	Ústico, Arídico
6 (Guineas)	Údico	Ústico	-	Arídico, Ácuico, Perácuico
7 (Brachiarias)	Údico	Ústico	-	Arídico, Ácuico, Perácuico
8 (Humidícola)	Údico	Ústico	Ácuico	Arídico, Perácuico

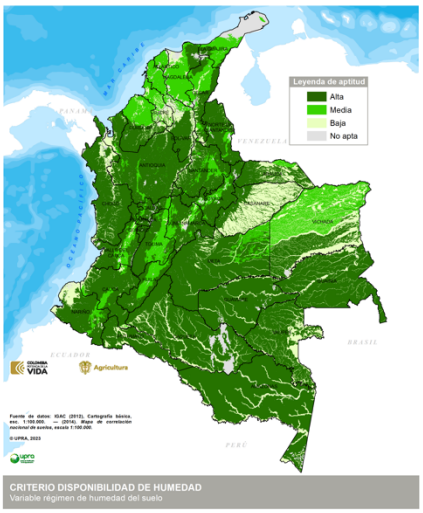
UNIDAD DE ANÁLISIS

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

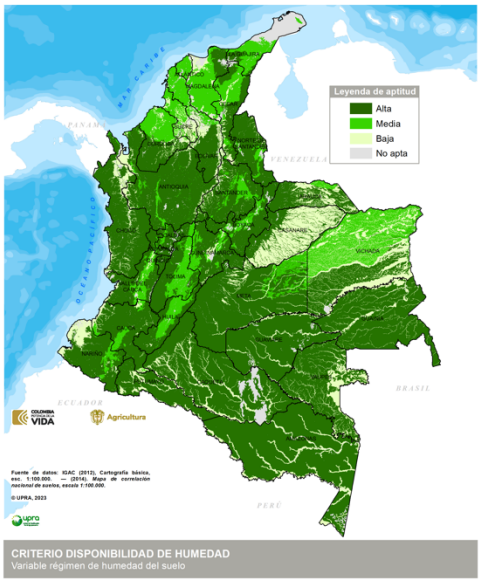
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



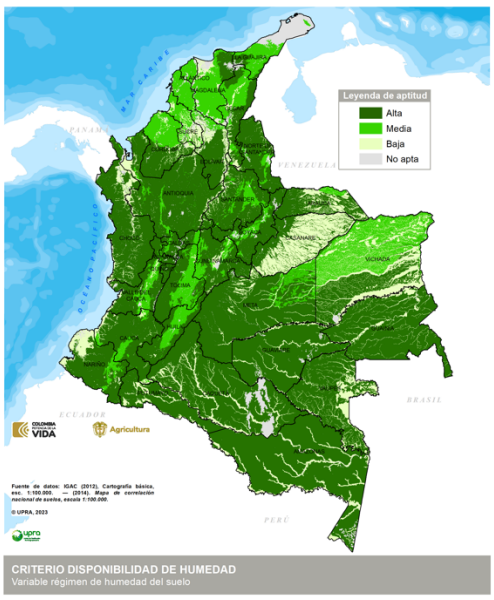
Grupo 1



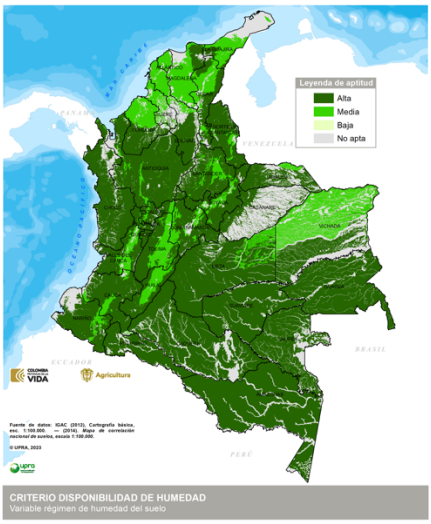
Grupo 2



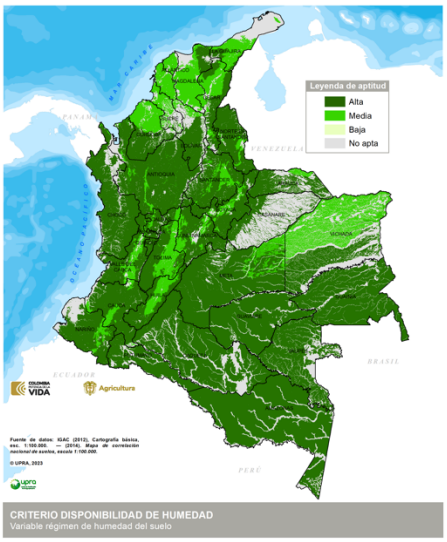
Grupo 3



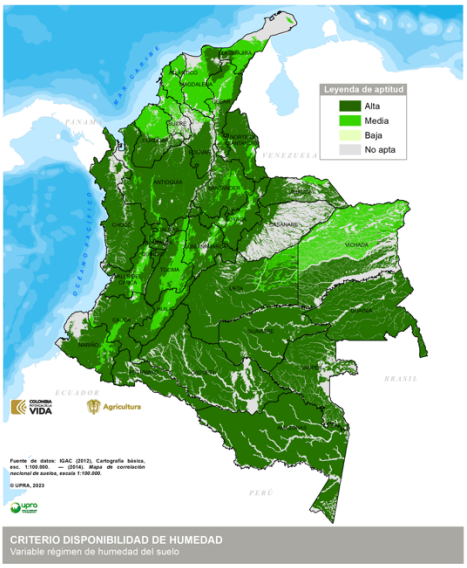
Grupo 4



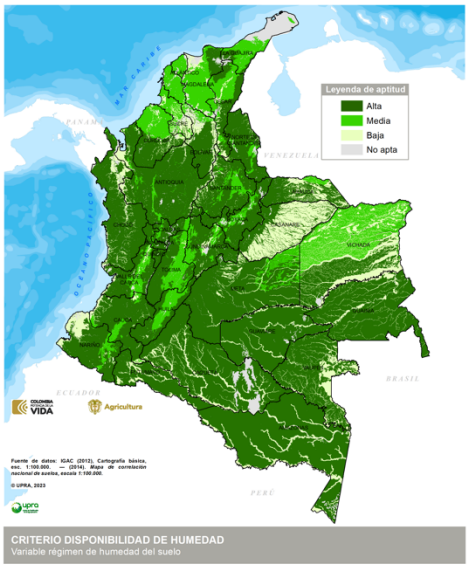
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. (2013). Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. *Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria, 14*(2) 215-229.
- Argel, P. (2005). *Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas doble propósito*. XIX Reunión de ALPA y la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal-AMPA, 65-71.
- Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes, producción y manejo*. Fondo Ganadero.
- CIAT. (1997). *Establecimiento y Renovación de Pasturas*. VI Reunión del Comité asesor de la RIEPT.
- _. (2010). *Especies Forrajeras Multipropósito, Opciones para Productores del Trópico Americano*. CIAT.
- Corpoica. (2017). Alimentro. http://www.Corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/alimentro.
- FAO. (1976). FAO, Editor, & FAO, Producer. http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es
- _. (1991). Guidelines: land evaluation for extensive grazing. *FAO Soils Bulletin 58*. FAO.
- ICA. (1976). *Cursos de pastos y forrajes, Compendio Número 11*. ICA.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC.
- _. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- _. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Lapointe, S., & Miles, J. (1992). *Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution*. CIAT.
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general* (1:100.000). UPRA.
- USDA y NRCS. (2014). *Keys to Soil Taxonomy*. USDA. Soil Survey Staff.

1.6.2. Variable textura

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: DISPONIBILIDAD DE HUMEDAD		
VARIABLE: textura	**UNIDAD DE MEDIDA:** clases de texturas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

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 (Malagón y Montenegro, 1990).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

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

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

Las clases texturales tienen capacidades diferentes de retener agua, pero no se considera que alguna de ellas se excluya por su mínima o máxima capacidad, aunque los rendimientos sean muy diferentes.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representan asociaciones o complejos de suelos, la calificación se 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, que no es posible representarlas espacialmente.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Esta variable se evalúa con base en los requerimientos de los pastos presentados en este estudio, consultados a los diferentes gremios y productores, en su relación con el crecimiento y buen desarrollo del forraje.

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

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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

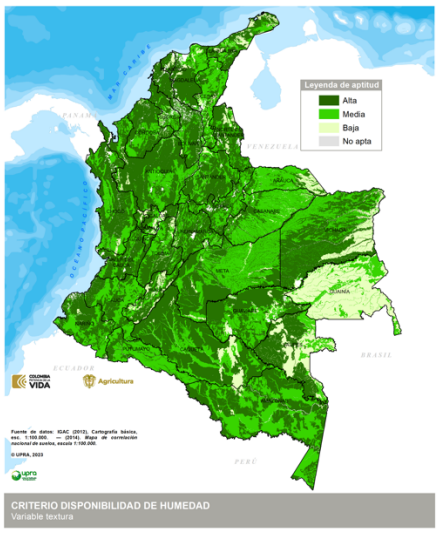
La construcción de los rangos de textura, se realizaron por agrupación de pasturas según los requerimientos, concluyendo en un mapa transversal a todos los pastos (ICA, 1976; Bernal, 1994; Baruch y Fischer, 1997; Argel, 2005; CIAT, 2010; Arce *et al*., 2013 y Corpoica, 2017):

Grupos de pasturas	Aptitud			
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
1 (Raigrases)	Ar, ArA, ArL, FAr, FArA, FArL, F	FA, FL, L	A, AF	-
2 (Kikuyo)				
3 (Ángleton y Climacuna)				
4 (Estrellas)				
5 (Admirable, alemán y Braquipará)				
6 (Guineas)				
7 (Brachiarias)				
8 (Humidícola)				

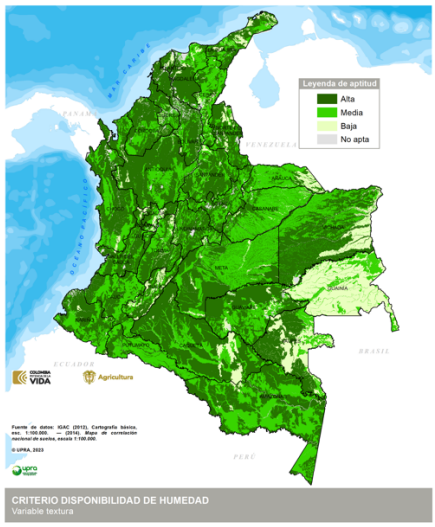
UNIDAD DE ANÁLISIS

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

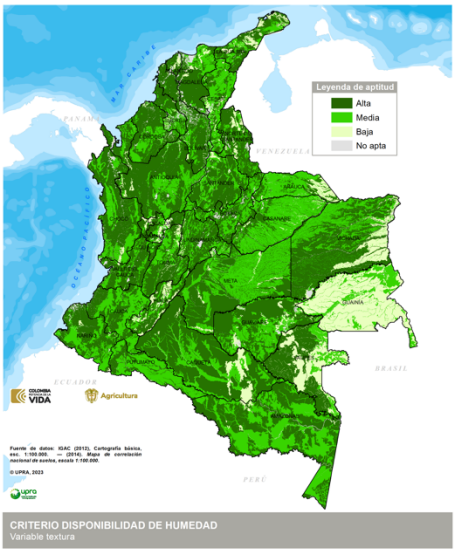
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



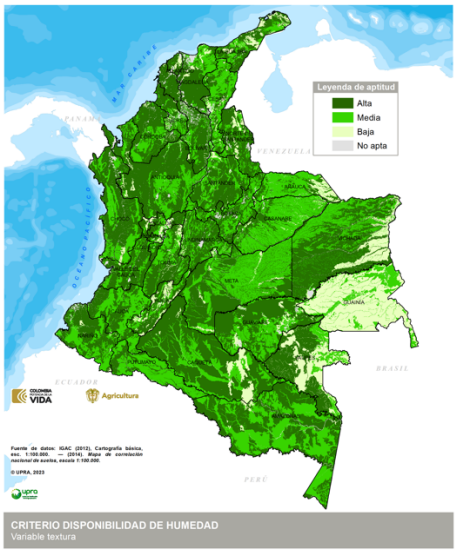
Grupo 1



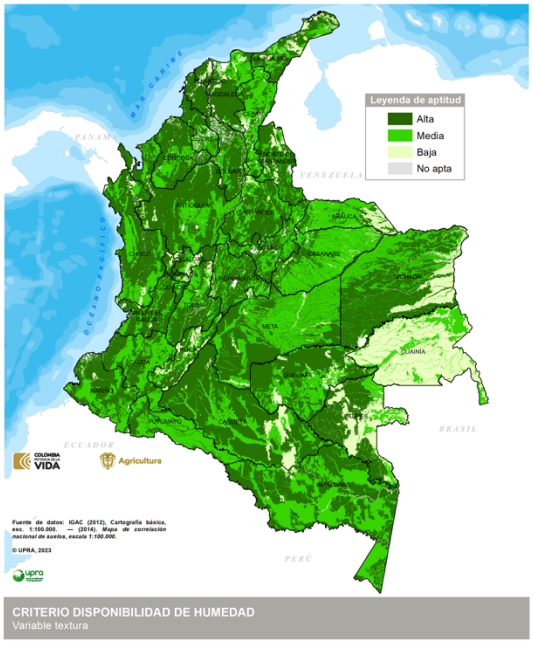
Grupo 2



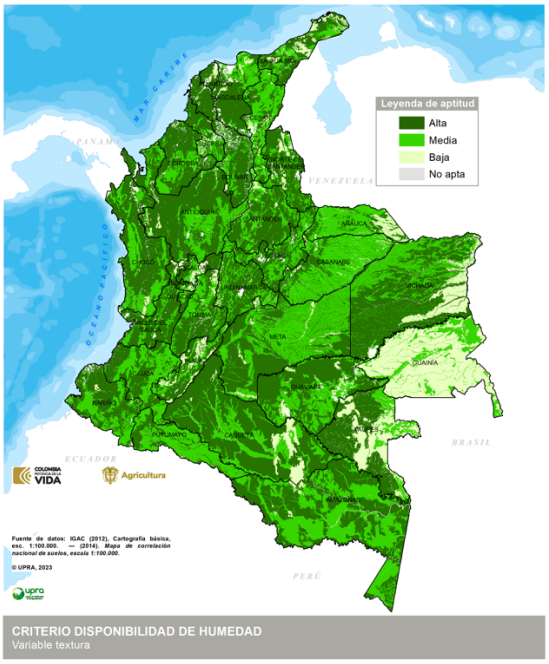
Grupo 3



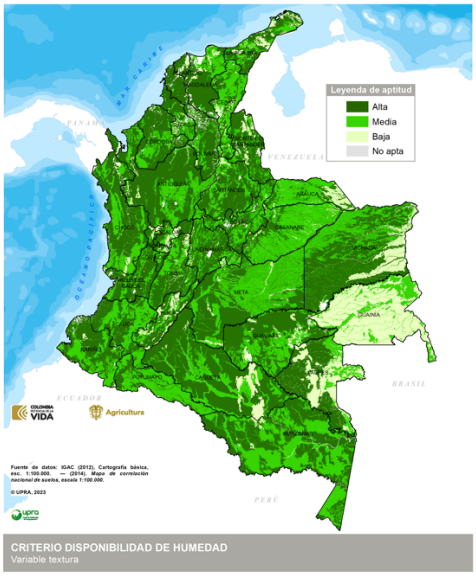
Grupo 4



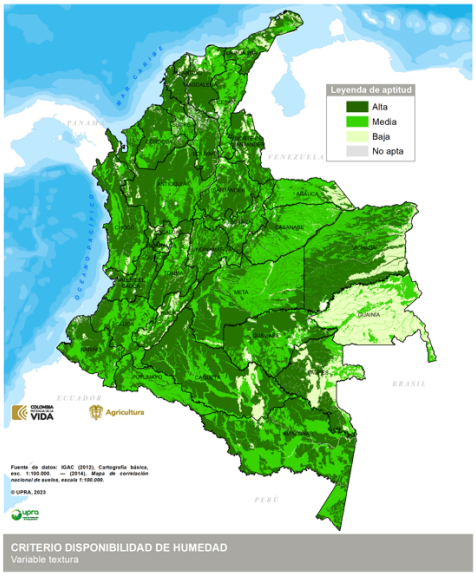
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. (2013). Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. *Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria, 14*(2) 215-229.
- Argel, P. (2005). *Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas doble propósito*. XIX Reunión de ALPA y la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal-AMPA, 65-71.
- Baruch Z, y Fisher J. (1998). *Factores climáticos y de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el establecimiento de una pastura; Establecimiento y Renovación de Pasturas*. En: VI Reunión del Comité asesor de la RIEPT. 103-142.
- Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes, producción y manejo*. Fondo Ganadero.
- CIAT. (1997). *Establecimiento y Renovación de Pasturas*. VI Reunión del Comité asesor de la RIEPT.
- CIAT. (2010). *Especies Forrajeras Multipropósito, Opciones para Productores del Trópico Americano*. CIAT.
- Corpoica. (2017). Alimentro.: http://www.Corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/alimentro.
- FAO. (1976). FAO, Editor, & FAO, Producer. http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es
- _. (1991). Guidelines: land evaluation for extensive grazing. *FAO Soils Bulletin 58*. FAO.
- ICA. (1976). *Cursos de pastos y forrajes, Compendio Número 11*..
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC.
- _. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Lapointe, S., & Miles, J. (1992). *Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution*. CIAT.
- Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. IGAC. .
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000)*. UPRA.

1.7. Criterio disponibilidad de oxígeno

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO: DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• Drenaje natural, expresado en clases de drenaje natural. • Susceptibilidad a inundaciones, expresada en fases cartográficas de inundación.		

DEFINICIÓN

Cualidad que indica cuáles son las condiciones de aireación del suelo. Cuando el suelo está libre de saturación de agua, los poros permiten la libre circulación de CO_2 hacia la atmósfera y la entrada del oxígeno del exterior para ser absorbido por las raíces (FAO, 1991; UPRA, 2013).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO

Incide en el desarrollo de las raíces y, por ende, en las funciones fisiológicas de las plantas, que conlleva a la producción de follaje; la tendencia de los terrenos planos y cóncavos a encharcarse e inundarse, puede afectar el desarrollo normal de los pastos mesófilos, porque la ausencia de oxígeno en la matriz del suelo conlleva a estrés por humedad (FAO, 1976; 1991; UPRA, 2013).

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Debido a los largos periodos de saturación de agua, se considera que suelos con drenaje natural muy pobre permanentemente no tienen aptitud (N1) para establecer los pastos analizados, ya que la ausencia de oxígeno genera intoxicación a nivel de las raíces de las plantas, lo que conlleva a grandes pérdidas en la producción de los pastos.

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 diversos tamaños que tienen calificaciones diferentes al componente mayor y que corresponden a aptitudes distintas.

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.

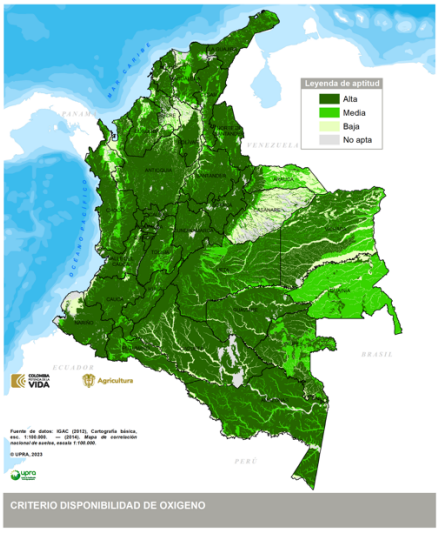
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La información para la construcción de las variables que conforman este criterio se obtuvo del mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 (IGAC, 2014), que corresponde a drenaje natural y a la susceptibilidad a inundaciones. El criterio de disponibilidad de oxígeno para cada una de las agrupaciones de pasturas se definió a partir de un árbol de decisión, donde se integraron las variables.

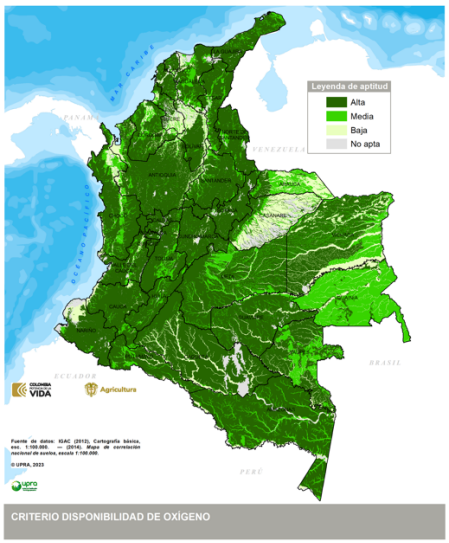
Árbol de decisión

Susceptibilidad a inundaciones	Drenaje natural	Aptitud
A1	A1	A1
	A2	A2
	A3	A3
	N1	N1
A2	A1	A2
	A2	A2
	A3	A3
	N1	N1
A3	A1	A3
	A2	A3
	A3	A3
	N1	N1
N1	Cualquiera	N1

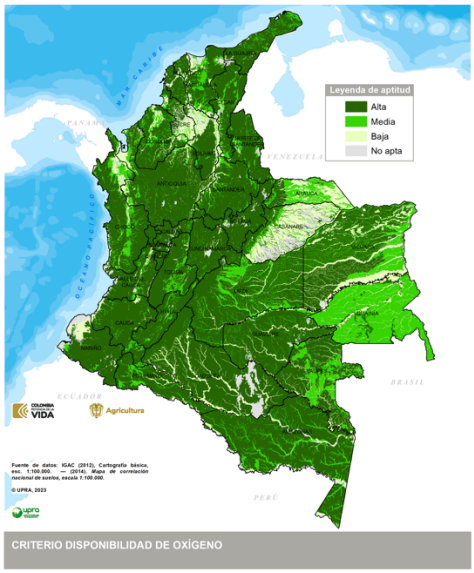
El resultado de integración del árbol de decisión por agrupación se muestra a continuación.



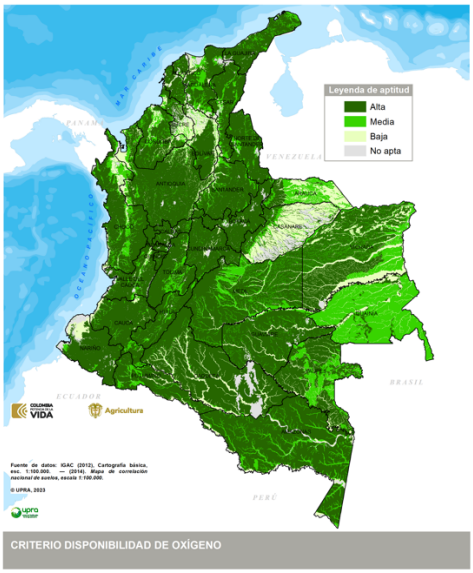
Grupo 1



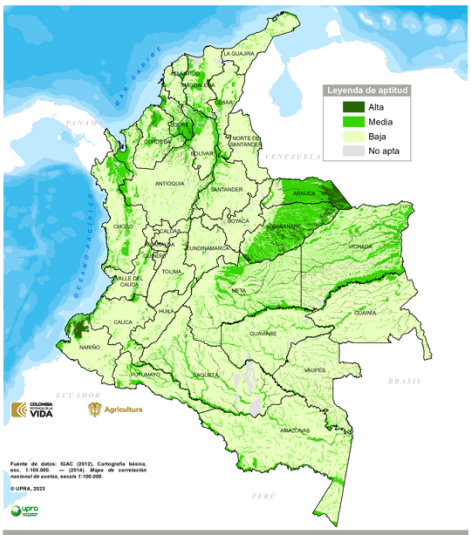
Grupo 2



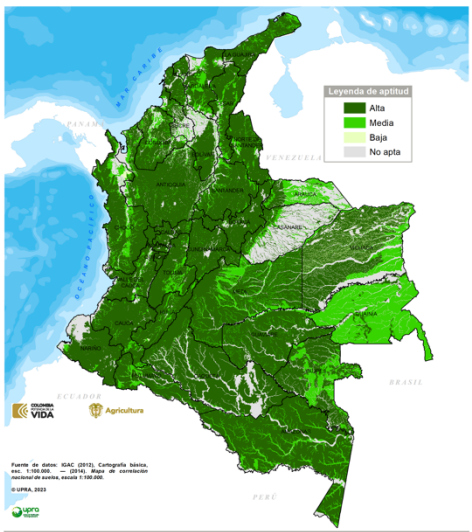
Grupo 3



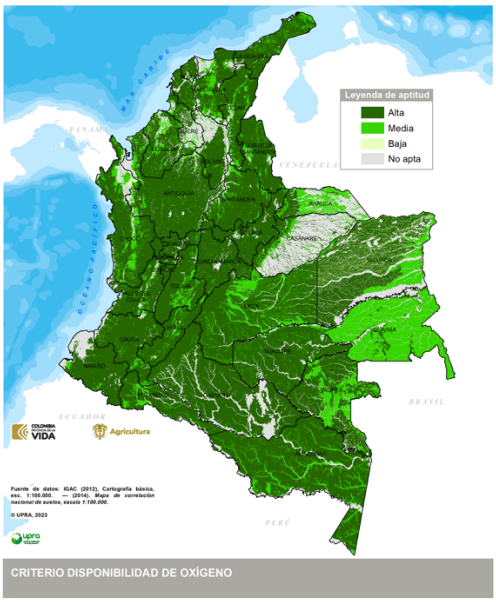
Grupo 4



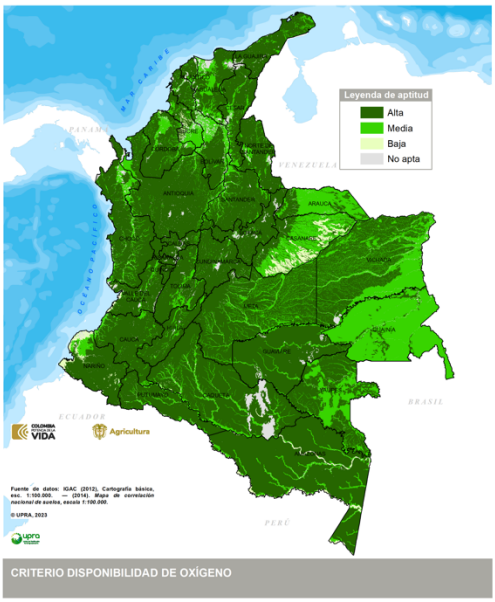
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para construir los diferentes niveles de aptitud del criterio se tuvo en cuenta la limitación de cada variable en el desarrollo de los pastos, por lo tanto, el grado de formación de forraje.

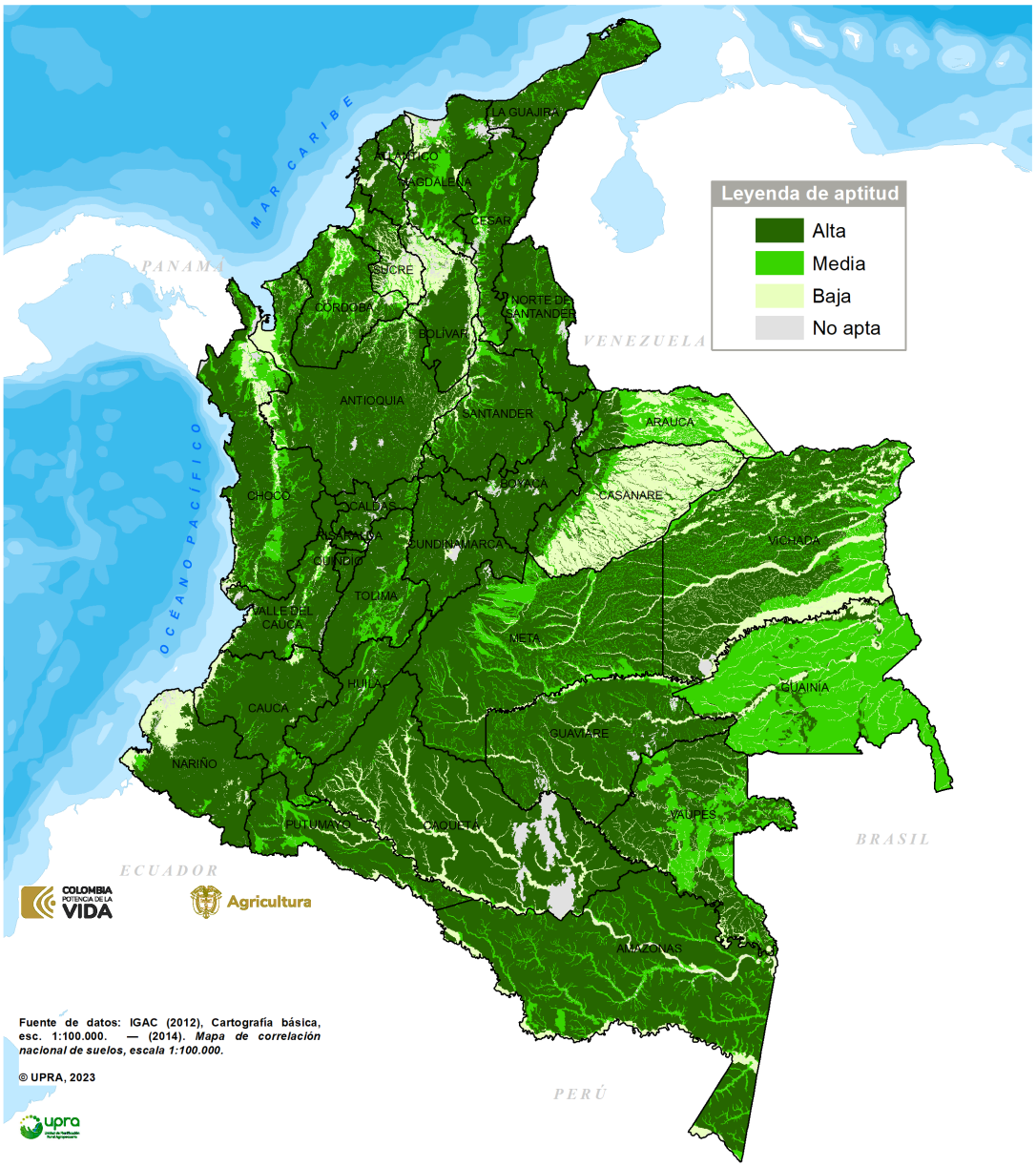
A continuación, se presenta la calificación cualitativa del criterio de disponibilidad de oxígeno donde se tuvo en cuenta la fisiología, morfología y hábito de crecimiento de cada agrupación de pastos (ICA, 1976; Lapointe & Miles, 1992; Bernal, 1994; Ara, 1997; Argel, 2005; CIAT, 2010; Arce *et al*., 2013; Corpoica, 2017).

Criterio de calificación	Aptitud
Condiciones óptimas en la disponibilidad de oxígeno, para el establecimiento de pastos para la producción bufalina.	Alta (A1)
Limitaciones moderadas por disponibilidad de oxígeno, para el establecimiento de pastos para la producción bufalina.	Media (A2)
Limitaciones fuertes por disponibilidad de oxígeno, para el establecimiento de pastos para la producción bufalina.	Baja (A3)
Restricciones por disponibilidad de oxígeno que imposibilitan el establecimiento de pastos para la producción bufalina.	No apta (N1)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. (2013). Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. *Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria, 14*(2) 215-229.
- Argel, P. (2005). *Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas doble propósito*. XIX Reunión de ALPA y la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal-AMPA, 65-71.
- Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes, producción y manejo*. Fondo Ganadero.
- CIAT. (1988). *Establecimiento y Renovación de Pasturas*. VI Reunión del Comité Asesor de la RIEPT.
- _. (2010). *Especies Forrajeras Multipropósito, Opciones para Productores del Trópico Americano*. CIAT.
- Corpoica. (2017). *Alimentro*. http://www.Corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/alimentro
- ICA. (1976). *Cursos de pastos y forrajes, Compendio Número 11*. ICA.
- FAO. (1976). FAO, Editor, & FAO, Producer. http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es
- FAO. (1991). Guidelines: land evaluation for extensive grazing. *FAO Soils Bulletin 58*. FAO.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC.
- _. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Lapointe, S., & Miles, J. (1992). *Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution*. CIAT.
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000)*. UPRA.
- USDA. (1961). Land Capability Classification. *Agriculture Handbook, 18*.

1.7.1. Variable drenaje natural

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO		
VARIABLE: drenaje natural	**UNIDAD DE MEDIDA:** clases de drenaje natural	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

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 oxidorreducción colores gley y también de la profundidad a la cual aparece el nivel freático (Cortés y Malagón, 1984).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

Incide sobre la adaptación de las raíces de los pastos bajo la presencia de niveles freáticos a diferentes profundidades dentro de la zona radicular y a los encharcamientos periódicos.

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

Dependiendo de la agrupación de pastos, se excluyen los suelos pobres y muy pobremente drenados, debido a que no tienen oxígeno disponible para las plantas y permanecen saturados con agua la mayor parte del año.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representan asociaciones 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 de los pastos.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La evaluación de la variable drenaje natural consistió en la utilización de la información del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). En los casos en los que no se contó con información en esta base, fue necesario interpretar la taxonomía de los suelos presentes en las unidades cartográficas.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

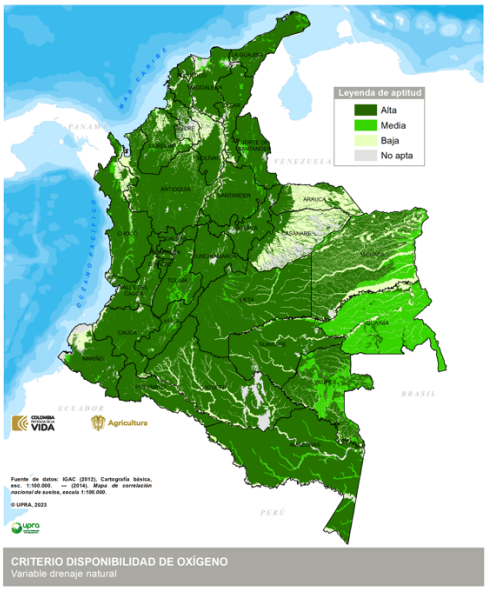
La construcción de rangos de drenaje se realizó para cada una de las agrupaciones de pasturas según sus requerimientos (ICA, 1976; CIAT, 2010; Baruch Z., y Fisher J., 1997; Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. 2013, Bernal, J., 1994).

Grupo de pasturas	Aptitud			
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
1 (Raigrases)	Bueno; moderado	Imperfecto, excesivo	Pobre	Muy pobre
2 (Kikuyo)	Bueno; moderado	Imperfecto, excesivo	Pobre	Muy pobre
3 (Ángleton y Climacuna)	Bueno; moderado	Imperfecto, excesivo	Pobre	Muy pobre
4 (Estrellas)	Bueno; moderado	Imperfecto, excesivo	Pobre	Muy pobre
5 (Admirable, Alemán y Braquipará)	Pobre	Muy pobre	Imperfecto, moderado	Bueno, excesivo
6 (Guineas)	Bueno, moderado	Imperfecto, excesivo	-	Pobre, muy pobre
7 (Brachiarias)	Bueno, moderado	Imperfecto, excesivo	-	Pobre, muy pobre
8 (Humidícola)	Bueno; moderado	Imperfecto, excesivo	Pobre, muy pobre	-

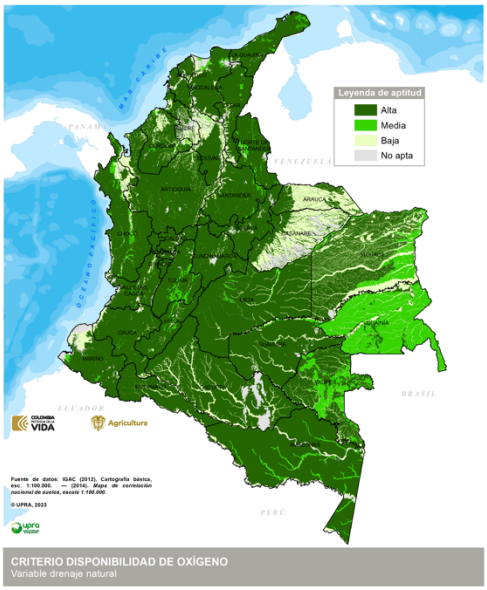
UNIDAD DE ANÁLISIS

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

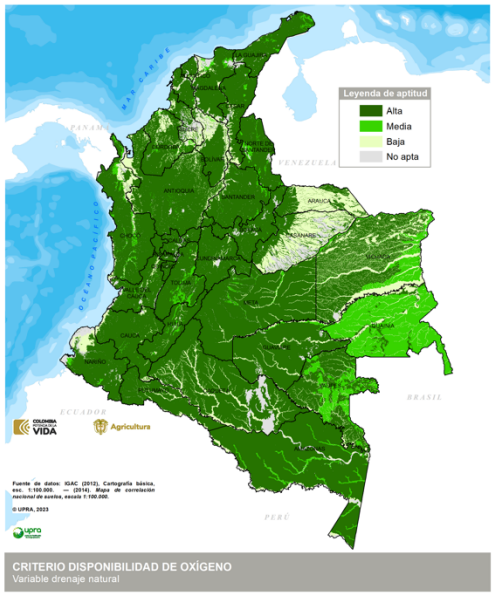
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

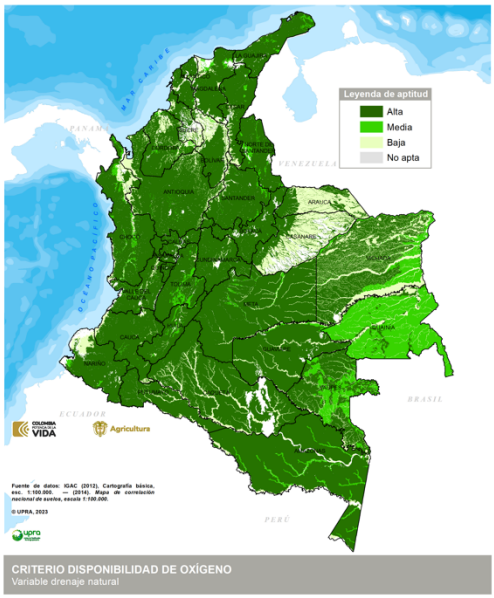


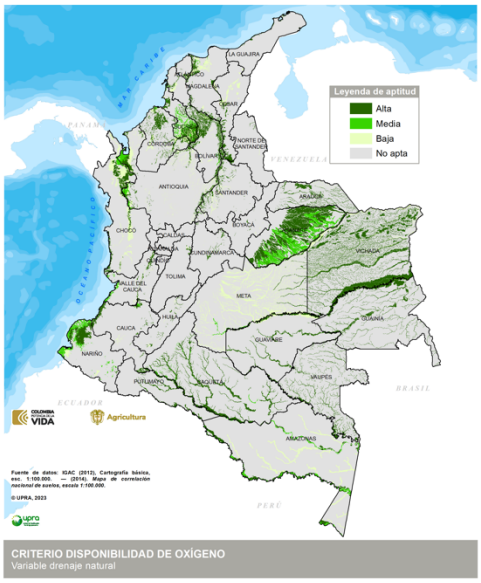
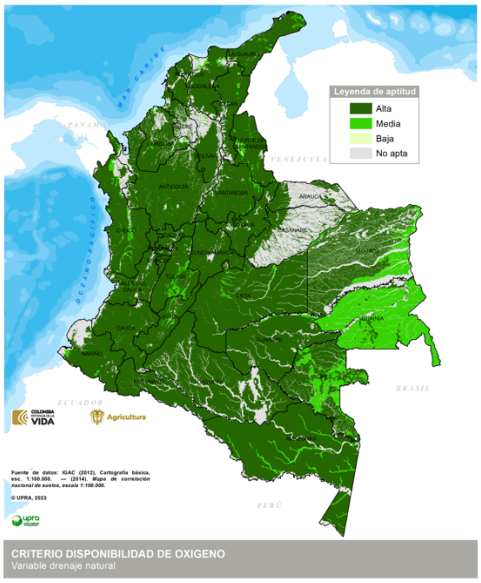
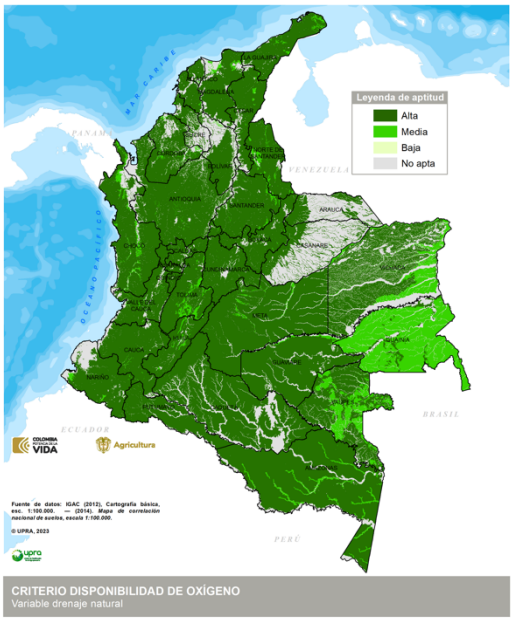
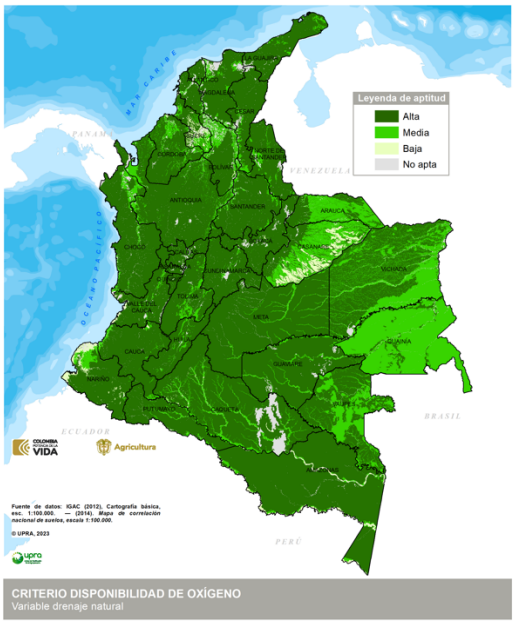
Grupo 1



Grupo 2





Grupo 3	Grupo 4
	
Grupo 5	**Grupo 6**
	
Grupo 7	**Grupo 8**

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. (2013). Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. *Corpoica Ciencia Tecnología Agropecuaria, 14*(2) 215-229.
- Argel, P. (2005). *Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas doble propósito*. XIX Reunión de ALPA y la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal-AMPA, 65-71.
- Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes, producción y manejo*. Fondo Ganadero.
- CIAT. (1997). *Establecimiento y Renovación de Pasturas*. VI Reunión del Comité asesor de la RIEPT.
- CIAT. (2010). *Especies forrajeras multipropósito, opciones para productores del Trópico Americano*. CIAT.
- Corpoica. (2017). Alimentro. http://www.Corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/alimentro.
- FAO. (1976). FAO, Editor, & FAO, Producer. http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es
- _. (1991). Guidelines*: land evaluation for extensive grazing. FAO Soils Bulletin 58*. FAO.
- ICA. (1976). *Cursos de pastos y forrajes, Compendio Número 11*. ICA.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC.
- _. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- _. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Lapointe, S., & Miles, J. (1992). *Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution*. CIAT.
- UPRA. (2013*). Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000)*. UPRA.
- USDA. (1961) Land-Capability Classification. *Agriculture Handbook* N.° 210. EUA: Soil Conservation Service USDA.

1.7.2. Variable susceptibilidad a inundaciones

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO		
VARIABLE: susceptibilidad a inundaciones	**UNIDAD DE MEDIDA**: fases cartográficas de inundación	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o cualquier masa de agua, o la acumulación de agua procedente de drenajes en zonas que normalmente no se encuentran anegadas (IGAG 2010; OMM y UNESCO, 2012).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

Las inundaciones generalmente afectan el desarrollo de la mayor parte de las especies vegetales, aún más cuando duran largos periodos de tiempo. La tolerancia a las inundaciones y a encharcamientos por parte de los pastos depende de cada especie.

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

Se excluyen las áreas que presentan o son susceptibles a las inundaciones o a encharcamientos muy frecuentes, debido a que se reduce la disponibilidad de oxígeno y afecta la totalmente la producción de los pastos. Para los grupos de pastos 6 y 7, las inundaciones frecuentes se incluyeron como N1.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

En la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos, muchas unidades cartográficas no registran información sobre fases por inundación o encharcamiento, por lo tanto, en la zonificación para los pastos, se incluye su análisis, tomando como base la nemotecnia de los nombres taxonómicos, sin pretender excluir el total de las zonas inundables, debido a que no se puede predecir la duración del evento que es el causante de los daños en los pastos.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se tomó como base el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). En algunas unidades de suelos se infirió el tiempo de duración con el tipo de paisaje, drenaje natural e interpretación de los nombres taxonómicos.

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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

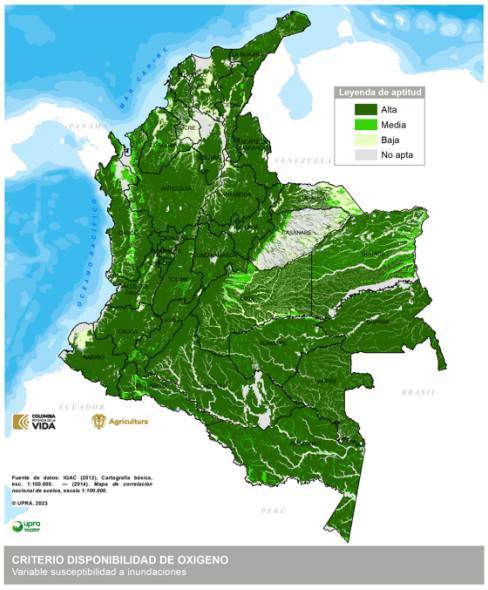
La construcción de rangos de susceptibilidad a inundaciones se realizó para cada una de las agrupaciones de pasturas según sus requerimientos (ICA, 1976; Baruch y Fisher, 1997; Bernal, 1994; CIAT, 2010, Arce *et al*., 2013).

Grupo de pasturas	Aptitud			
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
1 (Raigrases)	No hay / raras	Ocasionales	Frecuentes	Muy frecuentes
2 (Kikuyo)	No hay / raras	Ocasionales	Frecuentes	Muy frecuentes
3 (Ángleton y Climacuna)	No hay / raras	Ocasionales	Frecuentes	Muy frecuentes
4 (Estrellas)	No hay / raras	Ocasionales	Frecuentes	Muy frecuentes
5 (Admirable, Alemán y Braquipará)	Frecuentes	Raras / ocasionales	Muy frecuentes / no hay	-
6 (Guineas)	No hay	Raras	Ocasionales	Frecuentes / muy frecuentes
7 (Brachiarias)	No hay	Raras	Ocasionales	Frecuentes / muy frecuentes
8 (Humidícola)	No hay, raras, ocasionales	Frecuentes	Muy frecuentes	-

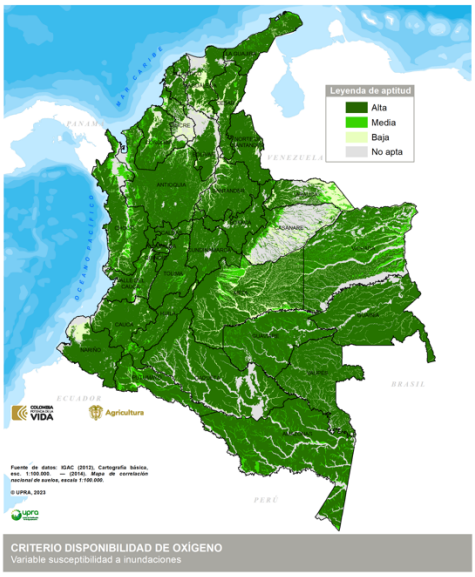
UNIDAD DE ANÁLISIS

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

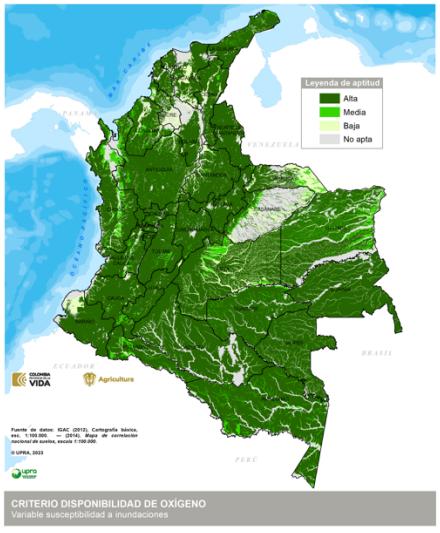
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



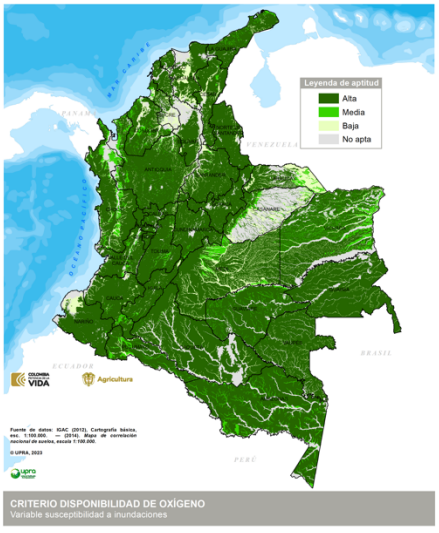
Grupo 1



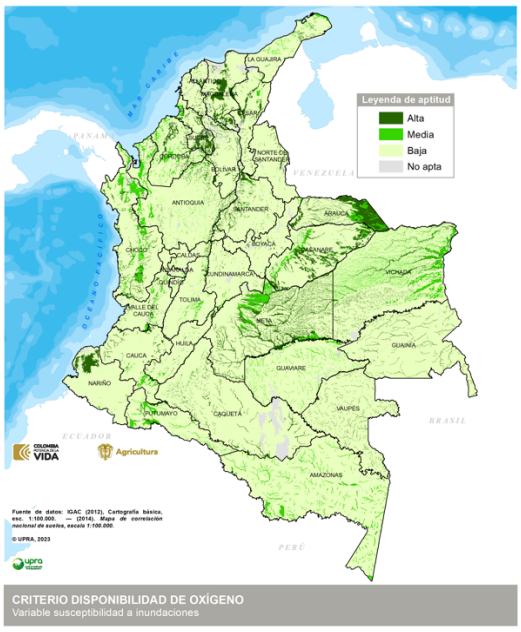
Grupo 2



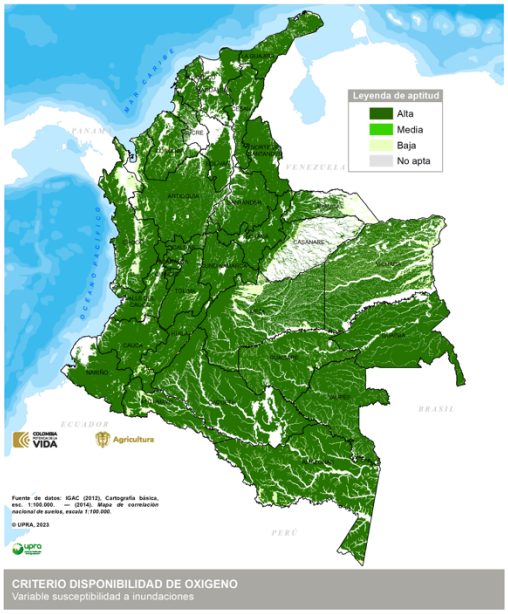
Grupo 3



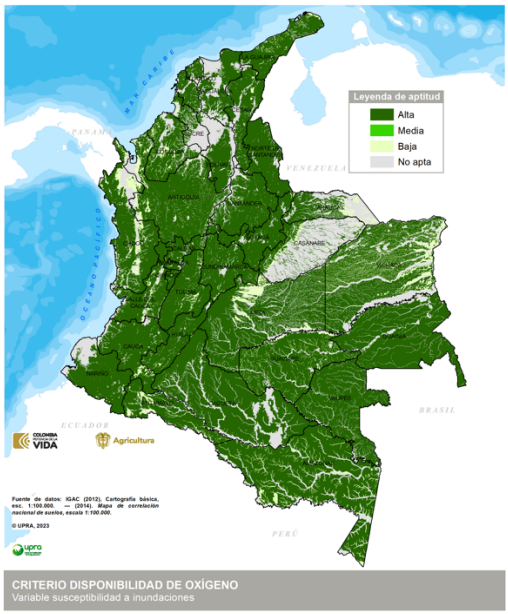
Grupo 4



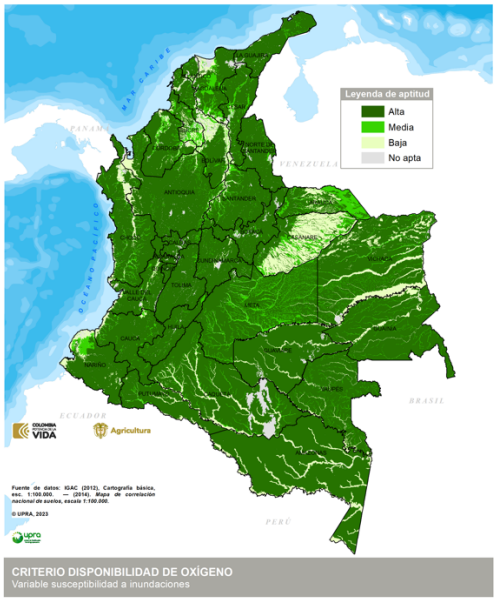
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arce, B., Peña, A. y Cárdenas, E. (2013). Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, *14*(2) 215-229.
- Argel, P. (2005). *Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas doble propósito*. XIX Reunión de ALPA y la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal-AMPA, 65-71.
- Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes, producción y manejo*. Fondo Ganadero.
- CIAT. (1997). *Establecimiento y Renovación de Pasturas*. VI Reunión del Comité Asesor de la RIEPT.
- _. (2010). *Especies Forrajeras Multipropósito, Opciones para Productores del Trópico Americano*. CIAT.
- Corpoica. (2017). Alimentro. http://www.Corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/alimentro.
- FAO. (1976). FAO, Editor, & FAO, Producer. http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es
- _. (1991). Guidelines: land evaluation for extensive grazing. *FAO Soils Bulletin 58*. FAO.
- ICA. (1976). *Cursos de pastos y forrajes, Compendio Número 11*. ICA.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC.
- _. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Lapointe, S., & Miles, J. (1992). *Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution*. CIAT.
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000)*. UPRA.

1.8. Criterio condiciones de enraizamiento

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO: CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• Profundidad efectiva, expresada en centímetros (cm). • Pedregosidad, expresada como fase cartográfica de pedregosidad. • Textura, expresada en clases de texturas.		

DEFINICIÓN

Conjunto de características físicas del suelo que permiten el desarrollo de las raíces, tanto en forma vertical como horizontal (FAO, 1976; 1991).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO

Afecta el espacio de exploración de las raíces de los pastos, incidiendo en la capacidad de originar reservas en estolones, tallos y raíces para la recuperación de los pastos durante los periodos de descanso, afectando directamente la productividad; en la medida en la que las raíces pueden explorar mayor volumen de suelo, mayores son las posibilidades de las plantas para abastecerse de agua y nutrientes (Ara, 1991; Bernal, 1994).

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

En el análisis de cada una de las variables que integran el criterio se concluye que no hay límites a partir de los cuales se imposibilite el enraizamiento de estos pastos.

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

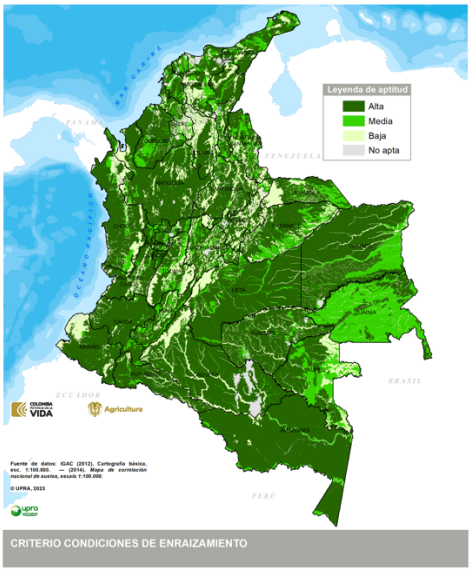
La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a escala 1:100.000, son asociaciones, donde para cada una de las variables que conforman el criterio, se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que dentro de la misma existen áreas que tienen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

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

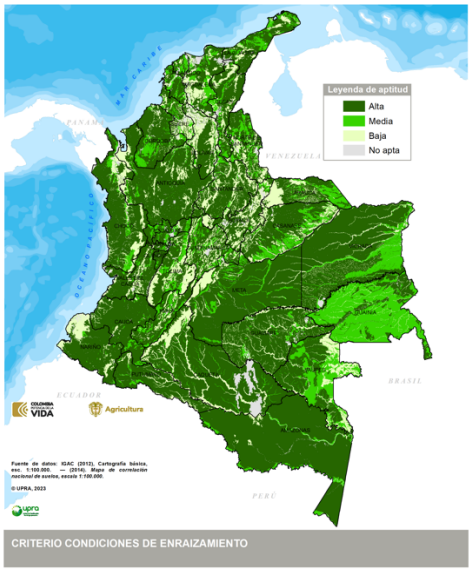
El criterio de condiciones de enraizamiento para cada una de las agrupaciones de pasturas se define a partir de un árbol de decisión, donde se integran las variables de profundidad efectiva, textura y pedregosidad, como se muestra en la tabla a siguiente:

Profundidad efectiva	Textura	Pedregosidad	Aptitud
A1	A1	A1	A1
		A3	A3
	A2	A1	A2
		A3	A3
A2	A1	A1	A2
		A3	A3
	A2	A1	A2
		A3	A3
A3	Cualquiera	Cualquiera	A3

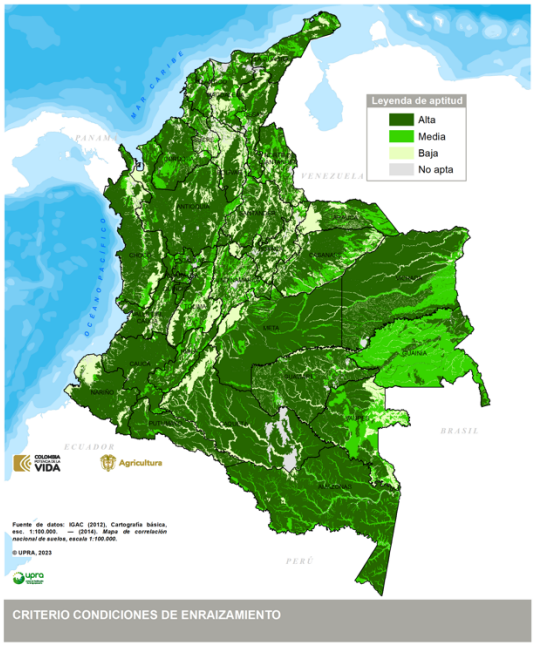
El resultado de integración del árbol de decisión para cada una de las agrupaciones de pastos se muestra a continuación:



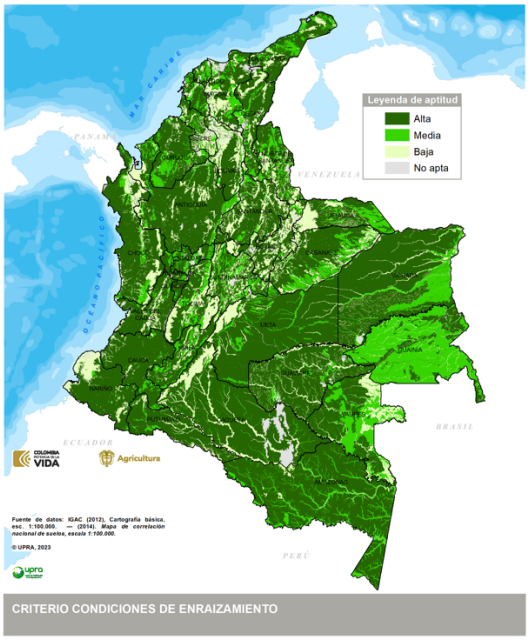
Grupo 1



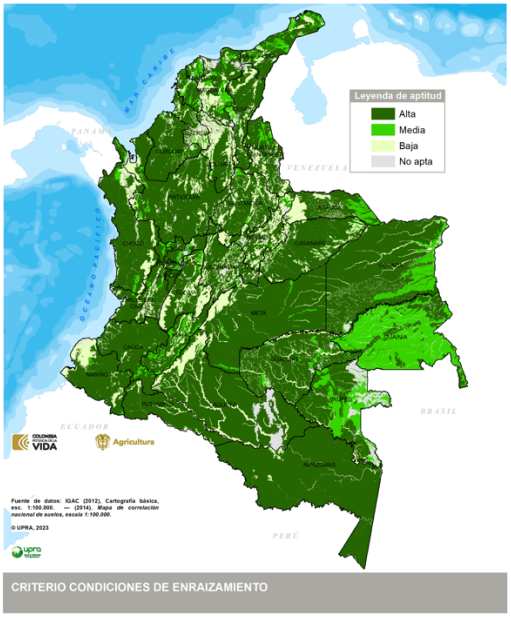
Grupo 2



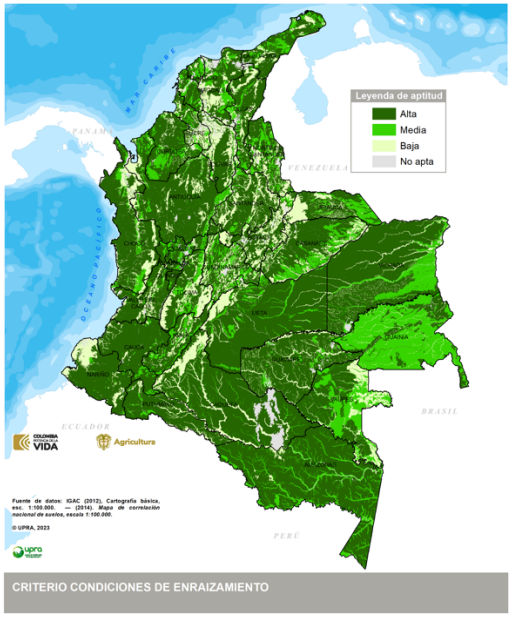
Grupo 3



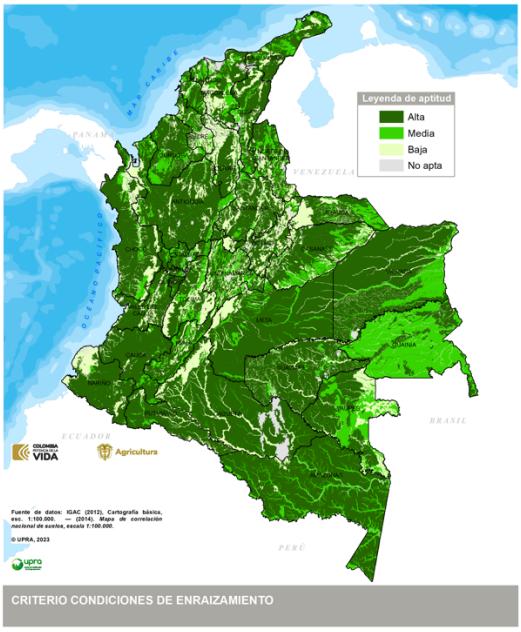
Grupo 4



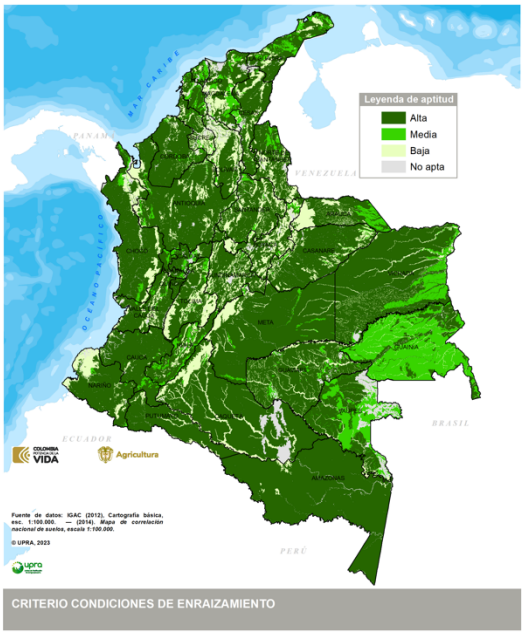
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

La información para las tres variables que conforman este criterio se obtuvo del mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 (IGAC, 2014), que corresponde a los límites de variación de las clases de profundidad (cm), pedregosidad (fase cartográfica) y las clases texturales.

Posteriormente, cada criterio generado por agrupación fue integrado en uno solo a través de un análisis jerárquico (*AHP*), como se muestra a continuación.

Integración del criterio	
Agrupaciones	**Pesos**
Grupo 1(Raigrases)	0,132
Grupo 2 (Kikuyo)	0,088
Grupo 3 (Ángleton y Climacuna)	0,254
Grupo 4 (Estrellas)	0,168
Grupo 5 (Admirable, Alemán y Braquipará)	0,151
Grupo 6 (Guineas)	0,108
Grupo 7 (Brachiarias)	0,06
Grupo 8 (Humidícola)	0,037
Total	1,00

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

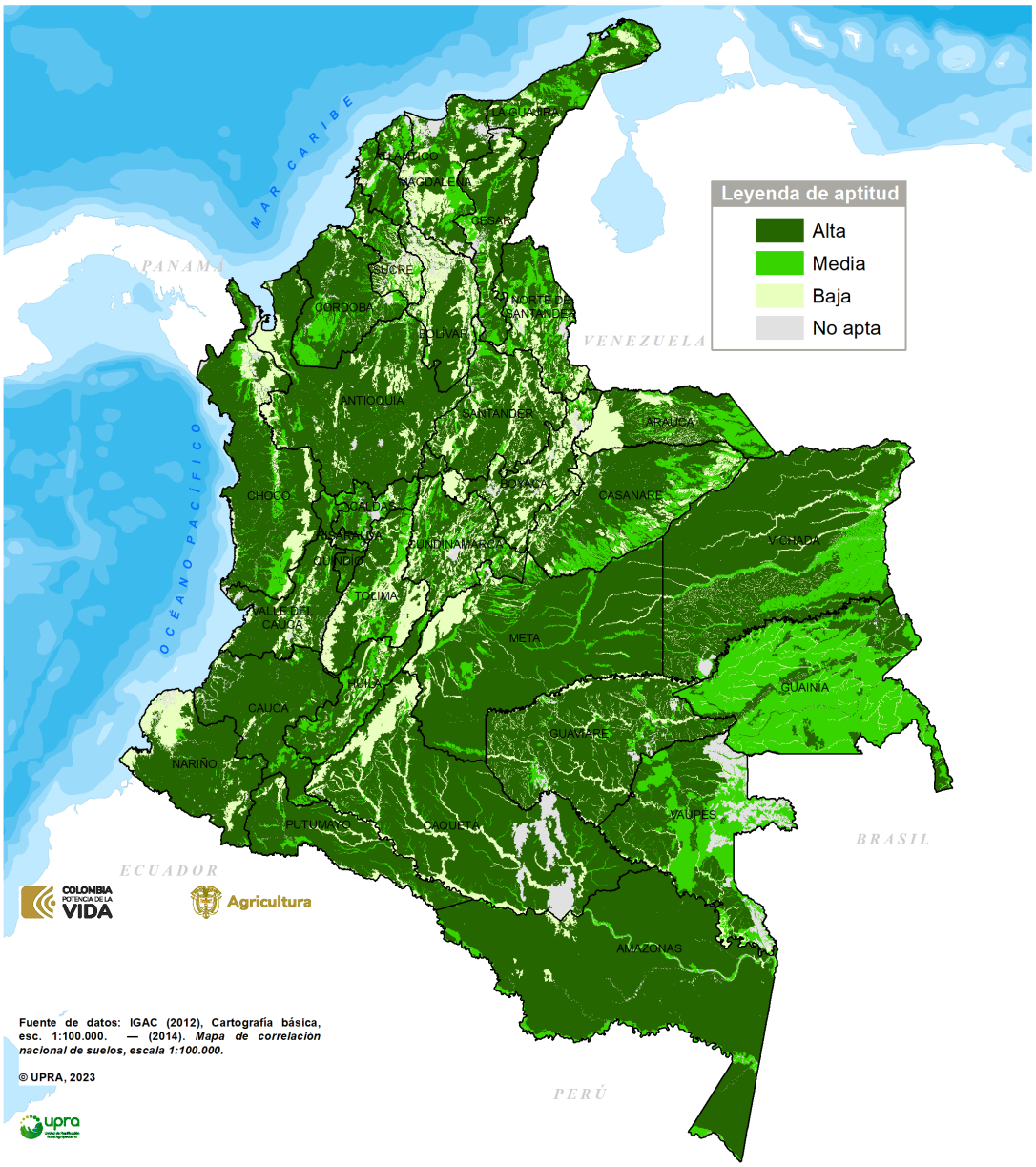
En la calificación cualitativa del criterio de condiciones de enraizamiento, se tuvieron en cuenta los requerimientos de cada agrupación de pastos (CORPOICA, 2017; Arce, Peña, & Cárdenas, 2013; CIAT, 2010; Argel, 2005; Bernal, 1994; Lapointe & Miles, 1992; Ara, 1997; ICA, 1976).

Criterio de calificación	Aptitud
Condiciones de enraizamiento optimas, para el establecimiento de pastos para la producción bufalina.	Alta (A1)
Condiciones de enraizamiento que presentan limitaciones moderadas, para el establecimiento de pastos para la producción bufalina.	Media (A2)
Condiciones de enraizamiento que presentan fuertes limitaciones, para el establecimiento de pastos para la producción bufalina.	Baja (A3)
_	No apta (N1)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arce, B; Peña, A; Cárdenas, E. (2013). Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 14(*2) 215-229.
- Argel, P. (2005). *Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas doble propósito*. XIX Reunión de ALPA y la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal-AMPA, 65-71.
- Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes, producción y manejo*. Fondo Ganadero.
- CIAT. (1991). *Establecimiento y Renovación de Pasturas*. VI Reunión del Comité asesor de la RIEPT.
- _. (2010*). Especies Forrajeras Multipropósito, Opciones para Productores del Trópico Americano*. CIAT.
- Corpoica. (2017). *Alimentro*. http://www.Corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/alimentro.
- FAO. (1976). FAO, Editor, & FAO, Producer. http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es
- _. (1991). Guidelines: land evaluation for extensive grazing. *FAO Soils Bulletin 58*. FAO.
- ICA. (1976). *Cursos de pastos y forrajes, Compendio Número 11*. ICA.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC.
- _. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. IGAC.
- _. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Lapointe, S., & Miles, J. (1992). *Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution*. CIAT.
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000)*. UPRA.

1.8.1. Variable profundidad efectiva

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO		
VARIABLE: profundidad efectiva	**UNIDAD DE MEDIDA**: centímetros (cm)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

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

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

Determina el espacio donde las raíces pueden desarrollarse vigorosamente, afectando la producción de forraje y por consiguiente la productividad bufalina; en un suelo profundo las plantas pueden encontrar mayor humedad en tiempos de sequía, ya que puede almacenar más agua; de igual manera, la planta puede tomar los nutrientes que están a su alcance y los almacenados en los horizontes más profundos del suelo.

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

No se definieron profundidades efectivas como no aptas (N1) para el establecimiento de cultivos de pastos.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

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

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La información base para determinar la profundidad efectiva de las unidades de tierra, fue el mapa de correlación nacional de suelos a escala 1:100.000 realizado por el IGAC (2014).La profundidad requerida para el desarrollo radicular, depende de cada una de las especies, ya que las mismas, tienen diferentes hábitos de crecimiento.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

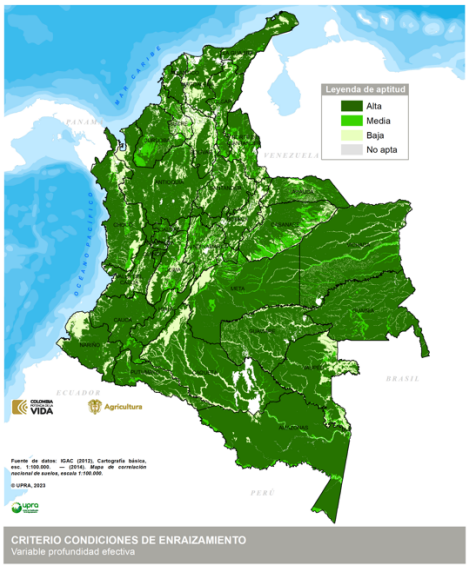
Los valores asignados para la construcción de rangos de profundidad efectiva se realizaron por agrupación de pasturas según los requerimientos (ICA, 1976; CIAT, 2010; Baruch Z., y Fisher J., 1997; Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. 2013, Bernal, J., 1994).

Grupo de pasturas	Aptitud			
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
1 (Raigrases)	>50	25-50	<25	-
2 (Kikuyo)	>50	25-50	<25	-
3 (Ángleton y Climacuna)	>50	25-50	<25	-
4 (Estrellas)	>50	25-50	<25	-
5 (Admirable, Alemán y Braquipará)	> 25	-	< 25	-
6 (Guineas)	>50	25-50	<25	-
7 (Brachiarias)	>50	25-50	<25	-
8 (Humidícola)	> 25	-	< 25	-

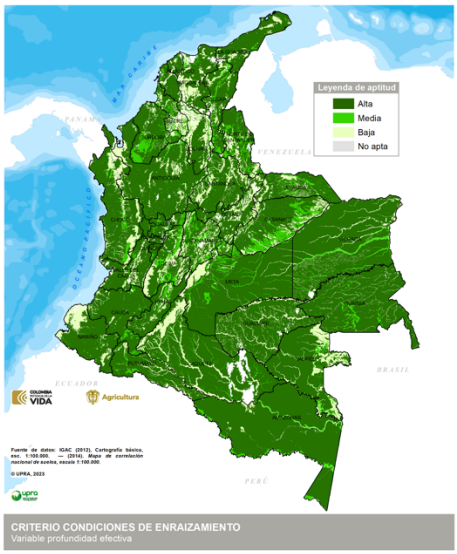
UNIDAD DE ANÁLISIS

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

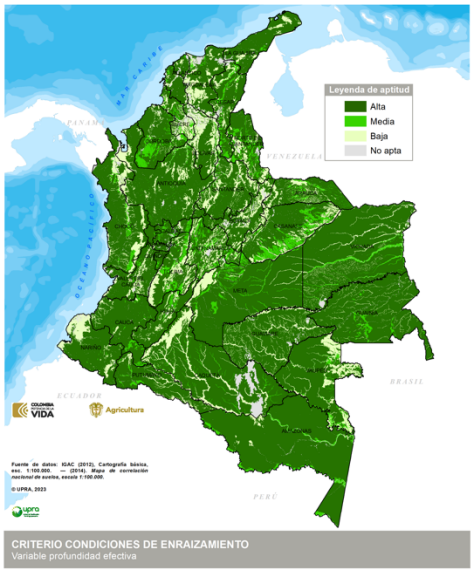
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



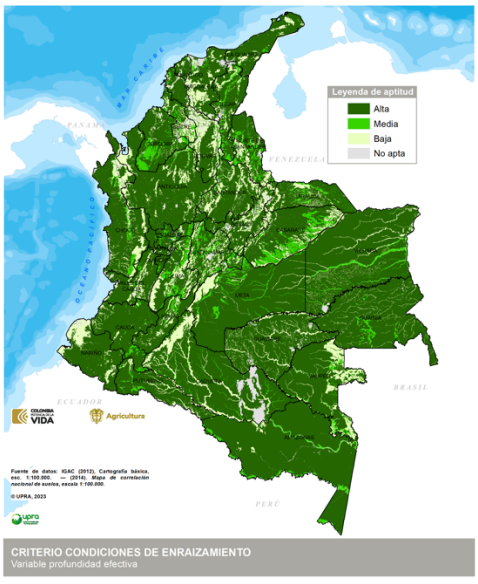
Grupo 1



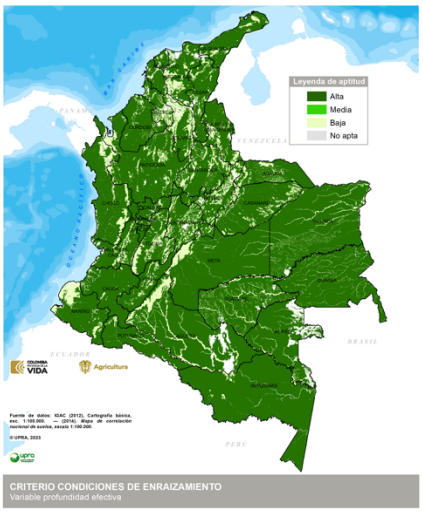
Grupo 2



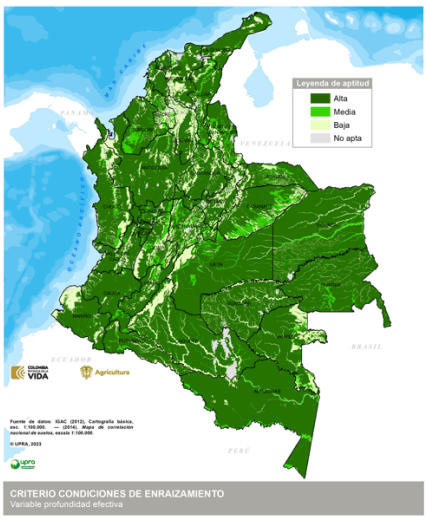
Grupo 3



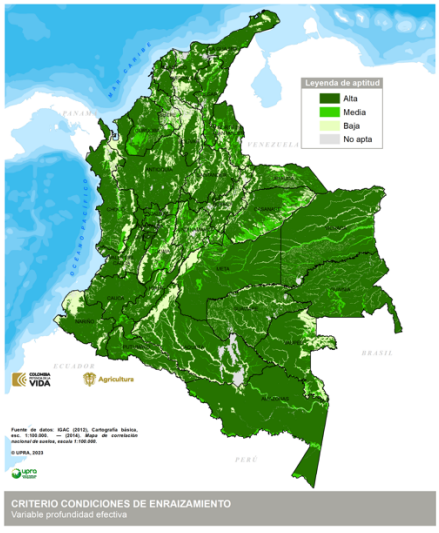
Grupo 4



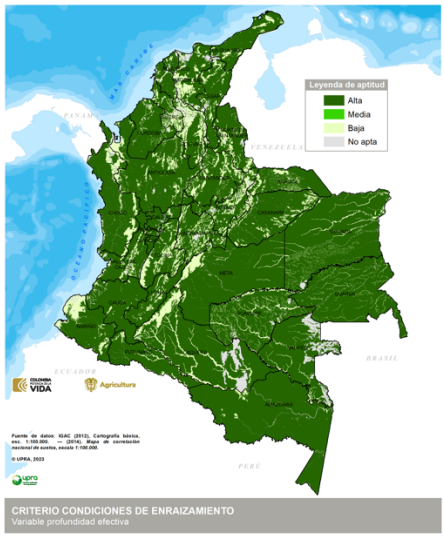
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. (2013*)*. Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 14(*2) 215-229.
- Argel, P. (2005). *Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas doble propósito*. XIX Reunión de ALPA y la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal-AMPA, 65-71.
- Baruch Z. y Fisher J. (1998). *Factores climáticos y de competencia que afectan el desarrollo de la planta en el establecimiento de una pastura; Establecimiento y Renovación de Pasturas*. En: VI Reunión del Comité asesor de la RIEPT.
- Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes, producción y manejo*. Fondo Ganadero.
- Campos, D. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos*. http://www.cenicana.org/investigacion/seica/Compiladolibros2016/Agroclimatologia_cuantitativa_cultivos.pdf>.
- CIAT. (1997). *Establecimiento y Renovación de Pasturas*. VI Reunión del Comité asesor de la RIEPT. México.
- _. (2010). *Especies Forrajeras Multipropósito, Opciones para Productores del Trópico Americano*. CIAT.
- Corpoica. (2017). *Alimentro*. http://www.Corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/alimentro.
- Doorembos J, y Kassam A. (1979). Yield response to water. *Estudio de riego y drenaje N°33*. FAO.
- FAO. (1976). FAO, Editor, & FAO, Producer. http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es
- _. (1991). Guidelines: land evaluation for extensive grazing. *FAO Soils Bulletin 58*. FAO.
- ICA. (1976). *Cursos de pastos y forrajes, Compendio Número 11*. ICA.
- Ideam. (2014). *Mapa de distribución de la temperatura media mínima anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000*. Ideam.
- _. (2014). *Mapa de distribución del brillo solar medio diario anual (horas), promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000*. Ideam.
- _. (2014). *Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación, periodo 1981-2010*. Ideam.
- IGAC. (2010*)*. *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC.
- _. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Lapointe, S., & Miles, J. (1992). *Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution*. CIAT.
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000)*. UPRA.
- USDA. (1961). Land-Capability Classification. *Agriculture Handbook* N.° 210. EUA: Soil Conservation Service USDA.

1.8.2. Variable pedregosidad

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**		
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO			
CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO			
VARIABLE: pedregosidad	**UNIDAD DE MEDIDA:** fase cartográfica		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO		**Exclusión técnica**	
		Análisis jerárquico	✓
		Exclusión legal	
		Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Fragmentos de roca de 2 mm de diámetro o mayores; se reconocen de acuerdo con su tamaño como grava, guijarro, piedra y bloques (Van Wambeke y Forbes T.R, 1987). Se relaciona con el efecto sobre el volumen y espacio de exploración de las raíces.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

Los altos contenidos de fragmentos de roca en el suelo tienen efectos negativos en los potreros porque disminuyen el área para el almacenamiento de agua, acelera la infiltración y disminuye el volumen de material de suelo que las raíces de los pastos pueden explorar para proveerse de nutrientes.

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

Se considera que en áreas con fase de pedregosidad (fragmentos de roca mayor al 35 %) la aptitud es marginal para el establecimiento de los potreros, debido a que el volumen de material de suelo es muy poco para proveer de nutrientes y de agua a las plantas y dificulta el uso adecuado de la maquinaria y de los implementos de labranza.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La principal limitante para la evaluación de esta variable es la forma como se encuentra registrada la información en la base de suelos, solamente aparece la fase pedregosa, y no se encuentra expresada en los rangos propuestos para esta zonificación. Se considera que la fase pedregosa tiene un contenido mayor del 35 %, el cual ha sido evaluado en la etapa de campo durante la elaboración del estudio de suelos.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Las fases de pedregosidad se obtuvieron a partir del mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000 (IGAC, 2014). Es importante aclarar que la variable se tomó únicamente como aparece en los registros de la información de la base de datos, es decir, con fase pedregosa o sin fase pedregosa, pero no especificando rangos. Se asume que cuando es pedregosa, la cantidad de fragmentos de roca es mayor o igual a 35 %.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

De acuerdo con diferentes consultas a los gremios, productores y literatura relacionada, se determinaron como tierras con aptitud alta (A1) a los suelos sin fase de pedregosidad y con aptitud baja (A3) a los suelos con presencia de la fase pedregosa (mayor de 35 % en volumen), porque disminuye el área de los potreros y obstaculiza el buen desarrollo radicular.

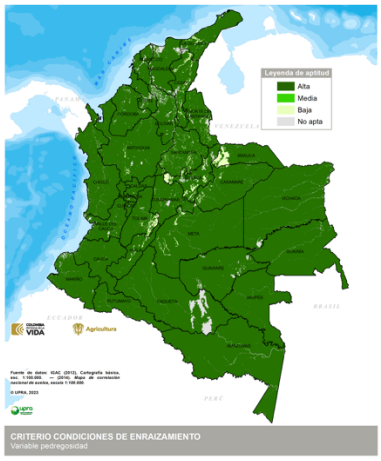
Rangos de aptitud por pedregosidad

Pedregosidad	Aptitud
Sin fase de pedregosidad	Alta (A1)
Con fase de pedregosidad	Baja (A3)

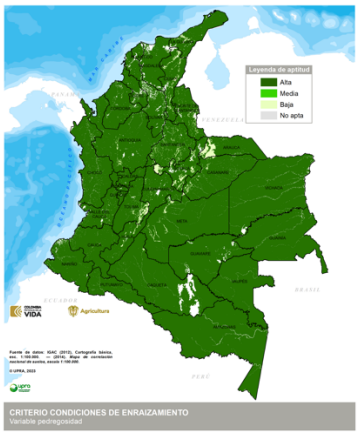
UNIDAD DE ANÁLISIS

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

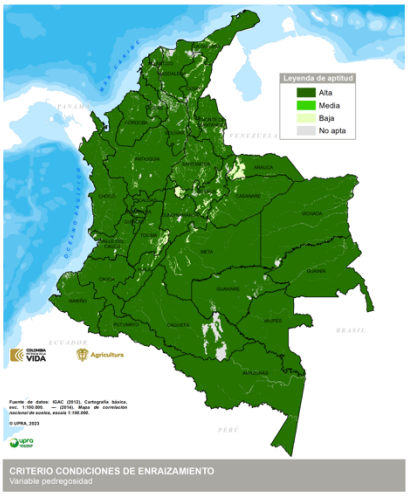
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



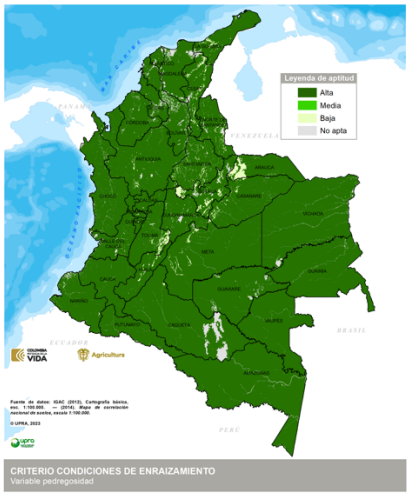
Grupo 1



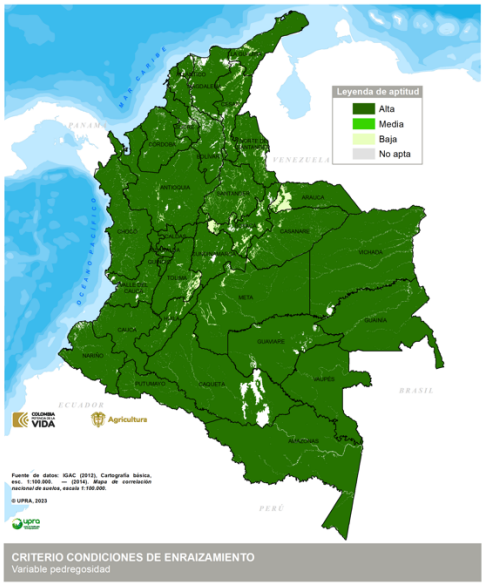
Grupo 2



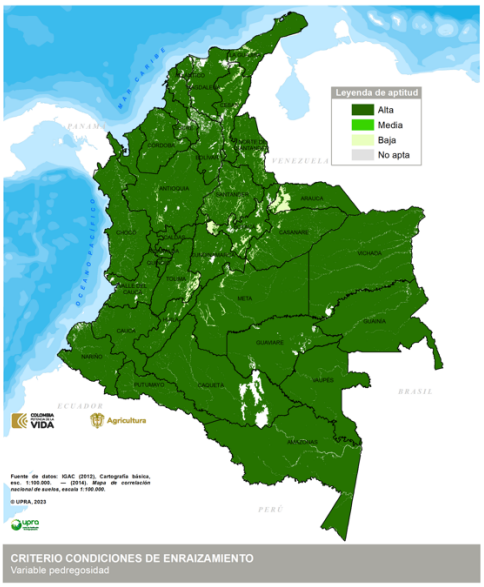
Grupo 3



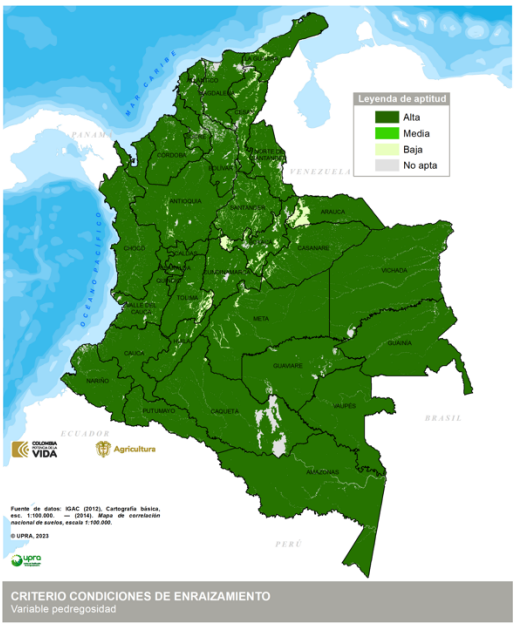
Grupo 4



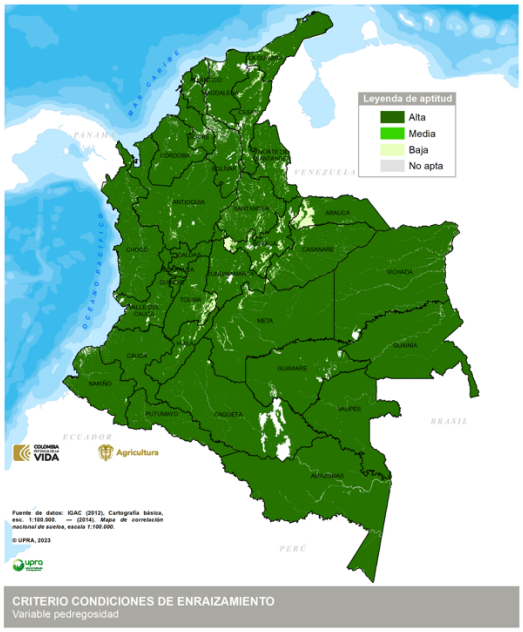
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC.
- _. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- IGAC. (2014). *Metodología para elaborar y actualizar áreas homogéneas de tierras con fines catastrales*. Uso interno. IGAC.
- Van Wambeke, A y Forbes, T. R. (1987). *Monografía técnica N.° 15. Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas*, 44-46. SMSS.

1.8.3. Variable textura

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: EDÁFICO		
CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO		
VARIABLE: textura	**UNIDAD DE MEDIDA:** clases de texturas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

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 (Malagón y Montenegro, 1990).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

Se relaciona con la consistencia y la porosidad del suelo que afecta la penetración de las raíces y el espacio entre partículas, lo que permite la circulación del oxígeno que favorece la aireación; en suelos de texturas finas las raíces tienen mayor gasto de energía para penetrarlos y en los suelos gruesos se puede presentar desarraigamiento de los pastos por el pisoteo de los búfalos, principalmente cuando se encuentran en laderas.

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

Se considera que en todos los tipos de textura se pueden establecer cultivos de estos pastos, solo que los mismos dan niveles de aptitud diferentes, por lo tanto, no hay exclusión (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representan asociaciones o complejos de suelos, el criterio utilizado es la dominancia de la clase textural en los horizontes superficiales. Por tanto, es posible tener algunos sectores dentro de la misma 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 maneja de acuerdo con los requerimientos de los cultivos de estos pastos en relación con el crecimiento y buen desarrollo vegetativo y de acuerdo con la información suministrada por los diferentes gremios y productores.

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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

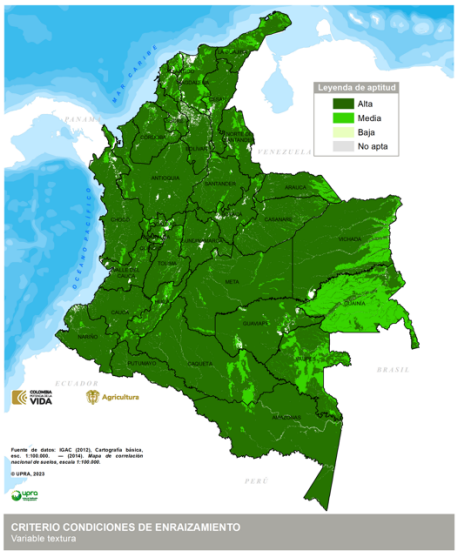
La construcción de los rangos de textura se realizó para cada una de las agrupaciones de pasturas, según los requerimientos, concluyendo en un rango transversal (ICA 1976; CIAT 2010; Baruch Z., y Fisher J. 1997; Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. 2013; Bernal, J. 1994). El resultado es un mapa transversal para todas las agrupaciones.

Grupo de pasturas	Aptitud			
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
1 (Raigrases)	F, FL, FA, FArA, L, FAL, FAr, ArA, ArL, Ar (finas)	A, AF, Ar (muy finas)	-	-
2 (Kikuyo)				
3 (Ángleton y Climacuna)				
4 (Estrellas)				
5 (Admirable, Alemán y Braquipará)				
6 (Guineas)				
7 (Brachiarias)				
8 (Humidícola)				

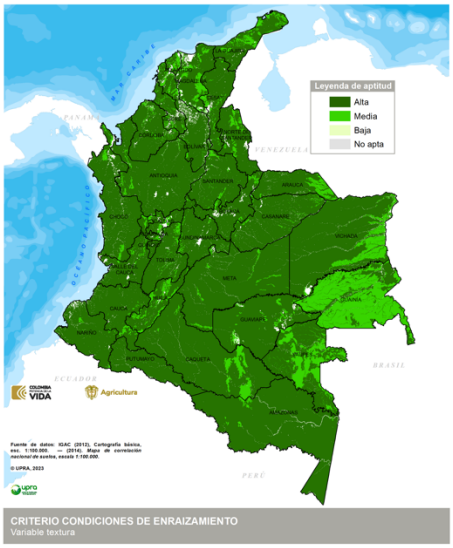
UNIDAD DE ANÁLISIS

Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

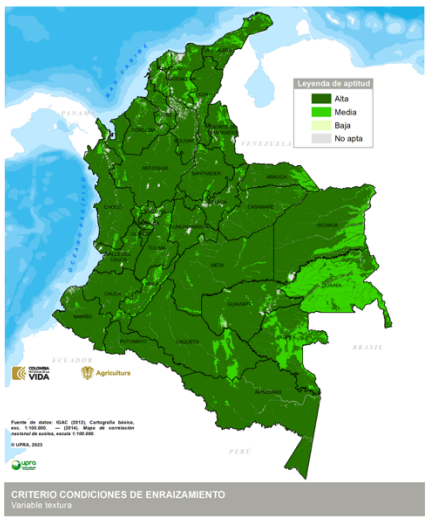
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



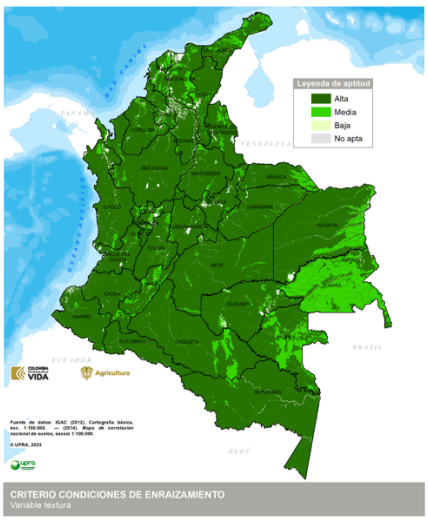
Grupo 1



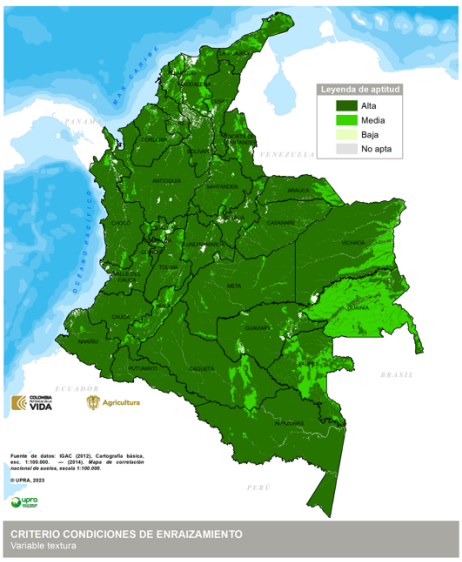
Grupo 2



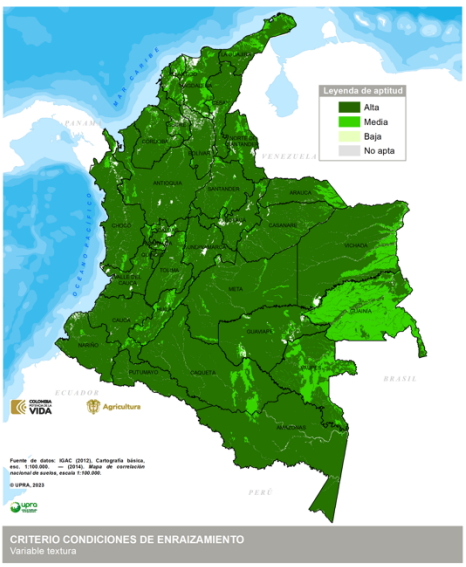
Grupo 3



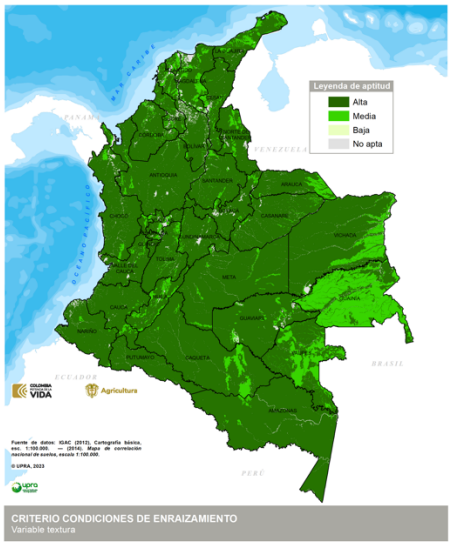
Grupo 4



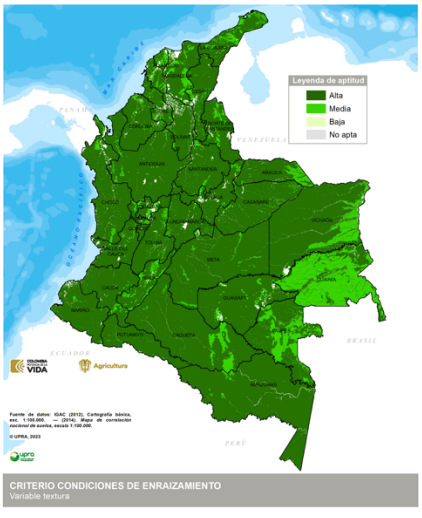
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. (2013). Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 14*(2) 215-229.
- Argel, P. (2005). *Contribución de los forrajes mejorados a la productividad ganadera en sistemas doble propósito. XIX Reunión de ALPA y la XXXIII Reunión de la Asociación Mexicana de Producción Animal-AMPA*, 65-71.
- Bernal, J. (1994). *Pastos y forrajes, producción y manejo*. Fondo Ganadero.
- CIAT. (1997). *Establecimiento y Renovación de Pasturas*. VI Reunión del Comité asesor de la RIEPT.
- CIAT. (2010). *Especies Forrajeras Multipropósito, Opciones para Productores del Trópico Americano*. CIAT.
- Corpoica. (2017). Alimentro. http://www.Corpoica.org.co:8086/NetCorpoicaMVC/alimentro.
- Doorembos J, Y Kassam A. (1979). Yield response to water. Estudio de riego y drenaje N.°33. FAO.
- FAO. (1976). FAO, Editor, & FAO, Producer. http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es
- _. (1991). Guidelines: land evaluation for extensive grazing. *FAO Soils Bulletin 58*. FAO.
- ICA. (1976). *Cursos de pastos y forrajes, Compendio Número 11*. ICA.
- IGAC. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. IGAC.
- _. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. GAC.
- _. (2014*). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Lapointe, S., & Miles, J. (1992). *Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution*. CIAT.
- Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. IGAC.
- UPRA. (2013*). Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000)*. UPRA.

1.9. Criterio susceptibilidad fitosanitaria

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: FITOSANITARIO		
CRITERIO: SUSCEPTIBILIDAD FITOSANITARIA		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• Temperatura media anual asociada al complejo de salivazo o mión de los pastos, expresada en grados centígrados (°C). • Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc), asociado al complejo de salivazo o mión de los pastos, expresado como índice de 0 a 1. • Temperatura media anual asociada a chinche de los pastos, expresada en grados centígrados (°C).		

DEFINICIÓN

Condiciones ambientales que afectan el potencial de aparición, dispersión y propagación de plagas y enfermedades en los pastos; en este caso, se refiere específicamente al complejo de salivazo o mión de los pastos y al chinche de los pastos.

Temperatura media anual asociada al complejo de salivazo o mión de los pastos y al chinche *Collaria* sp. Se interpreta como la medida del estado térmico del aire y su habilidad de comunicar calor a su alrededor, que para este caso es determinante en el metabolismo de los insectos, afectando su potencial aparición, incidencia y severidad (Rodríguez & Boshel, 2011; Barreto & Martínez, 1998; Ramírez & Gaitán, 2002).

El índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc), asociado a complejo de salivazo o mión de los pastos, es la relación entre la precipitación y la evapotranspiración mes a mes, llevados a una medida de tendencia central, que permite estimar la estacionalidad en la humedad ambiental, que para este caso es determinante en la potencial aparición, incidencia y severidad de los insectos

IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO

Impacta los rendimientos en carne y leche, dado que afecta la calidad y cantidad de forraje de las praderas e incrementa las prácticas de manejo de las mismas, lo que incide directamente en la productividad bufalina.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

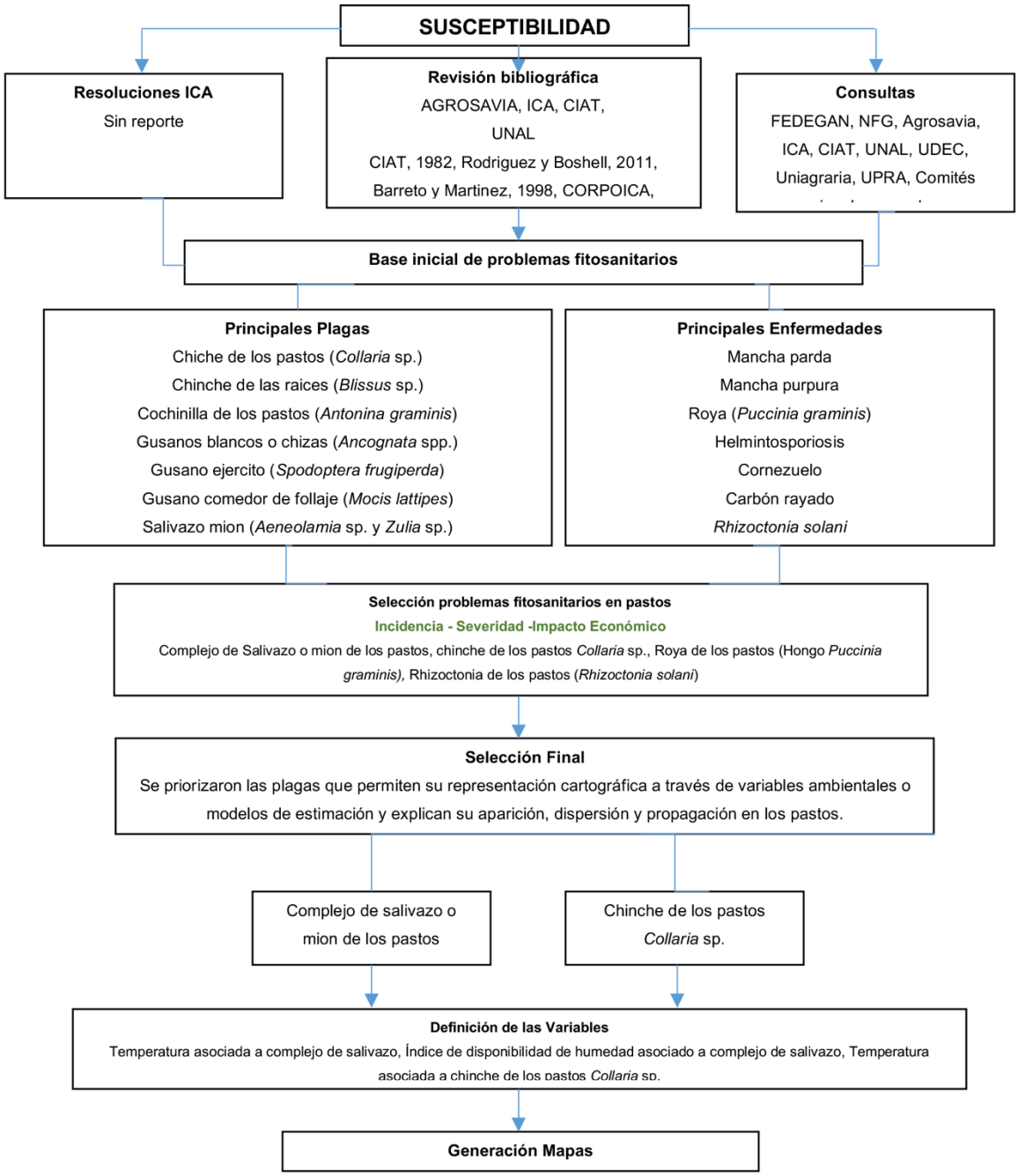
No hay rangos de exclusión (N1) para el criterio susceptibilidad fitosanitaria, debido a que estos son subsanables a través de prácticas de manejo, como el pastoreo anticipado a su programación de corte.

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Deficiencia de información del estatus fitosanitario y de estudios que relacionen los diferentes problemas de los pastos en función a los factores que propician la aparición, dispersión y propagación de plagas y enfermedades, así como modelos de estimación.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La metodología de evaluación del criterio comprende un paso a paso que inicia con el estado actual de resoluciones de la entidad de vigilancia sanitaria para el sector agropecuario, el ICA, seguidamente de los problemas fitosanitarios reportados, del impacto económico, de la posibilidad de representación cartográfica a través de variables ambientales o modelos de estimación. El esquema es resumido a continuación:



RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

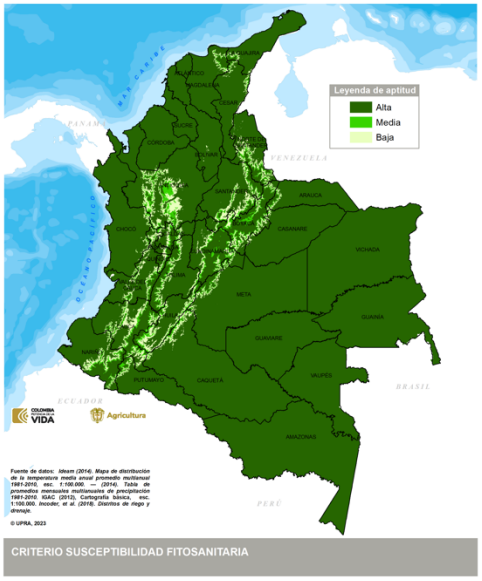
A continuación, se presenta la calificación cualitativa del criterio:

Criterio de calificación	Aptitud
Las mejores condiciones para el desarrollo de los pastos por la baja susceptibilidad a la posible aparición, dispersión y propagación de las plagas.	Alta (A1)
Condiciones moderadas para el desarrollo de los pastos por la posible susceptibilidad a la aparición, dispersión y propagación de las plagas.	Media (A2)
Condiciones marginales para el desarrollo de los pastos por la alta susceptibilidad a la presencia, aparición, dispersión y propagación de las plagas.	Baja (A3)

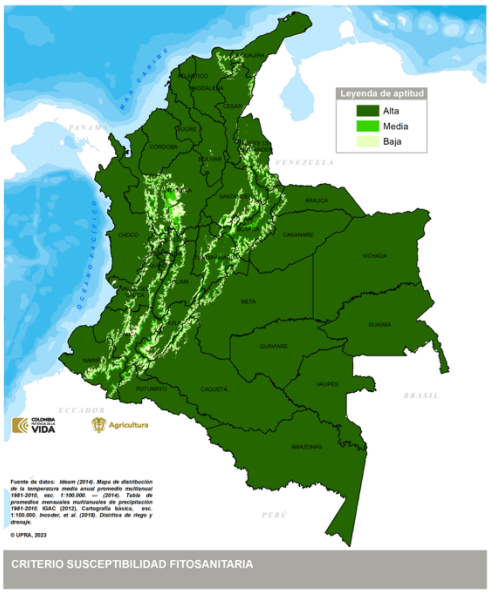
UNIDAD DE ANÁLISIS

Isolíneas

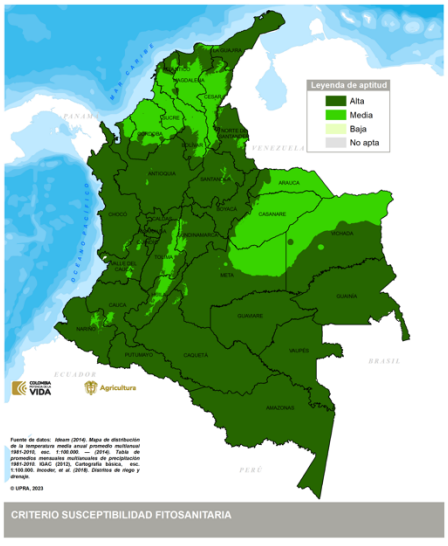
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



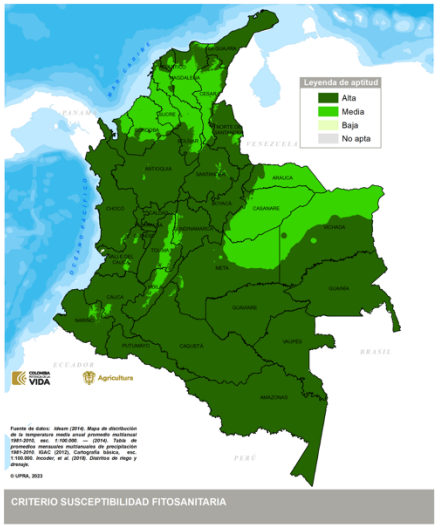
Grupo 1



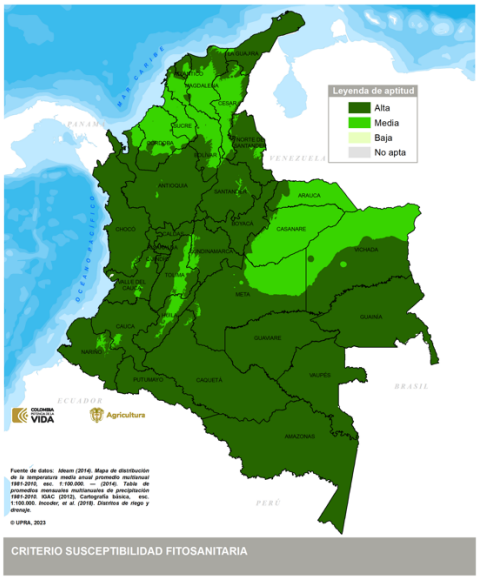
Grupo 2



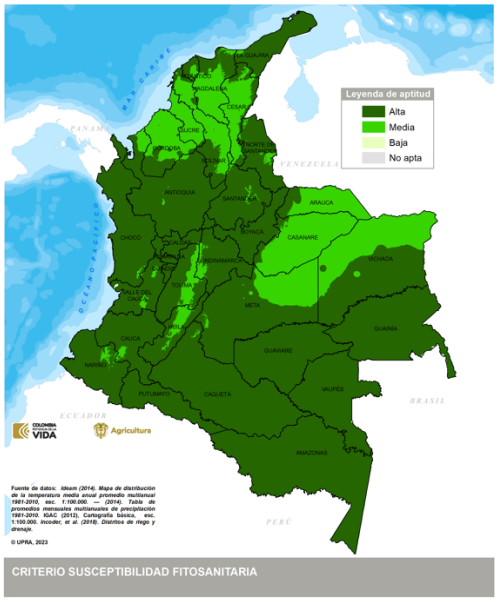
Grupo 3



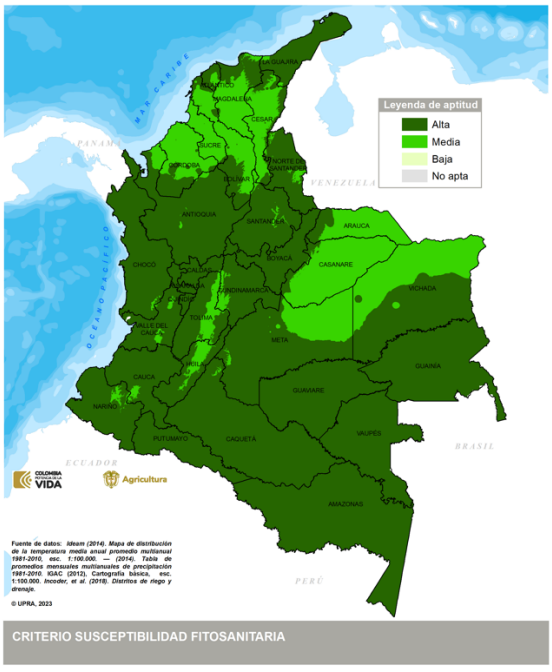
Grupo 4



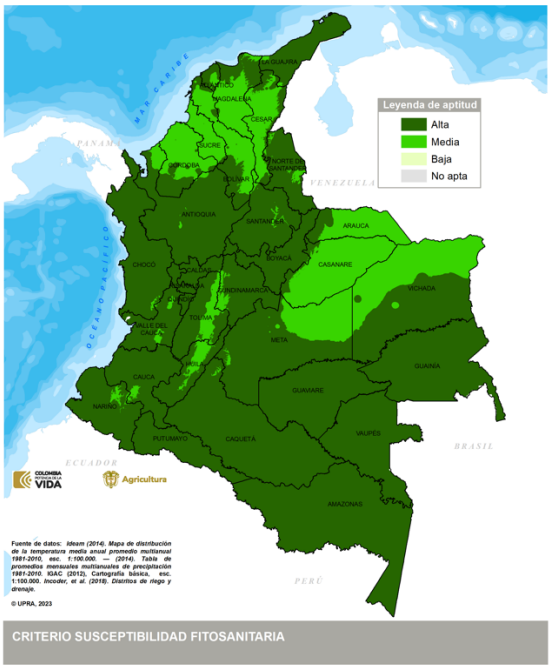
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. (2013). Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 14(*2) 215-229.
- Bernal J. (1994). *Pastos y Forrajes Tropicales: producción y manejo*. Fondo Ganadero.
- Calderón, M.; Arango, G. y Varela, F. A. (1982). *Cercópidos plagas de los pastos en América Tropical. Biología y Control*. CIAT.
- ICA. (2020). *Reportes de plagas y enfermedades, vigilancia epidemiológica reportes 2013-2016*. ICA.
- Ideam. (2014). *Mapa de isotermas de Colombia a escala 1:100.000*. Ideam.
- _. (2020*). Ráster Ideam (normales climatológicas 1981-2010)*. Ideam.
- Jiménez, N.; Torregrosa, L.; Peck, D.; Negrete, F.; Medina, J.; Pérez, A.; Reza, S.; Cuadrado, H.; Pérez, J.E. y Ochoa, A. (2001) *Manejo Integrado del mión de los pastos en la región caribe colombiana*. Corpoica.
- Lapointe S.L. and Miles J.W. (1992). *Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution*. CIAT.
- Martínez Granja, E.; Barreto Triana, N. (1998). *La Chinche de los pastos Collaria Scenica Stal en la sabana de Bogotá*. Corpoica.
- Pardo Barbosa, O.; Pérez López, O. (2018). *Alternativas forrajeras para los llanos orientales de Colombia 2*. Corpoica.
- Ramírez Gaitán, C. A.; Diaz Riveros, G. (2002). *Chinche de los pastos (Collaria scenica): Una amenaza para la producción lechera en la sabana de Bogotá y valles de Ubaté y Chiquinquirá, Recomendaciones básicas para su manejo*. ICA.
- Rodríguez, A. O. (2011). *Desarrollo de un sistema de alertas agroclimáticas tempranas para la chinche de los pastos, Collaria scenica. en la sabana de Bogotá*. (Tesis de Maestría) Universidad Nacional de Colombia.
- UPRA. (2013). *Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000)*. UPRA.
- UPRA. (2016, Abril). *Flujograma metodología identificación variables fitosanitarias*. UPRA.

1.9.1. Variable temperatura medial anual asociada al complejo de salivazo o mión de los pastos

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: FITOSANITARIO		
CRITERIO ASOCIADO: SUSCEPTIBILIDAD FITOSANITARIA		
VARIABLE: temperatura media anual asociada al complejo de salivazo o mión de los pastos	**UNIDAD DE MEDIDA:** grados centígrados (°C)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Medida del estado térmico del aire y su habilidad de comunicar calor a su alrededor, que para este caso es determinante en el metabolismo del insecto, afectando su potencial aparición, incidencia y severidad (Rodríguez y Boshell, 2011; Barreto y Martínez, 1998; Ramírez y Gaitán, 2002).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO

Efecto directo sobre el crecimiento y desarrollo de las plagas que afectan los pastos. Estos organismos están determinados por un rango de temperatura que comprende valores máximos y mínimos, fuera del cual su aparición, crecimiento y desarrollo se detiene o se disminuye; entre estos dos valores se encuentra el óptimo grado de desarrollo (UPRA, 2016).

En la tabla a continuación se presentan los pastos afectados por el complejo de salivazo:

Grupos de pasturas	Susceptible	Tolerante	Resistente
3 (Ángleton y Climacuna)	X		
4 (Estrellas)	X		
5 (Admirable, Alemán y Braquipará)	X		
6 (Guineas)	X		
7 (Braquiarias)	X		
8 (Humidícola)	X	X	

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

No se presentan valores de exclusión, dado que en los casos de ataques de la plaga el control se basa en el manejo del pastoreo.

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. Actualmente se tiene solo hasta 2010.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se construyó una tabla donde la variable independiente fue la temperatura media anual y la dependiente fue la población del insecto, utilizando el reporte científico de Calderón, M, Arango, G. y Varela, F. A. (1982): Cercópidos plagas de los pastos en América Tropical, Biología y control; con base a dicha fluctuación se definieron los rangos.

UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad final de análisis que se tomó fue el mapa de isotermas anuales elaborado por el Ideam, el cual se basa en una serie histórica de 1980 al 2010.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

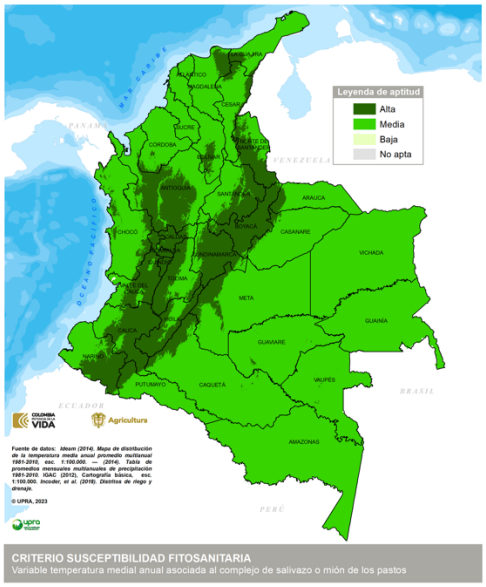
Las variables asignadas para la construcción de rangos de temperatura se realizaron en base a los trabajos de Calderon, M.; Arango, G. y Varela, F. A. (1982).

Variable	Unidad medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
Temperatura media anual asociada al complejo salivazo o mión de los pastos	°C	<24	≥24	-	-

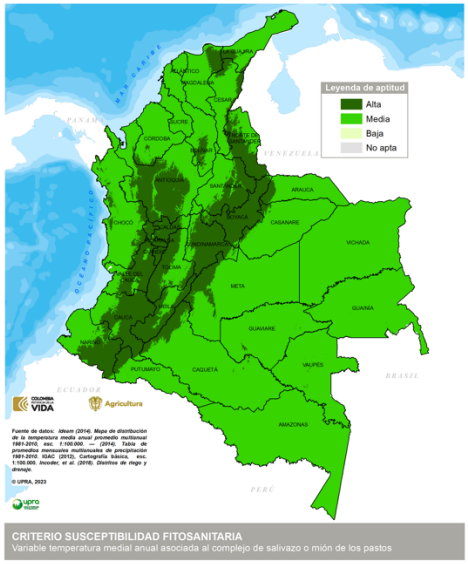
UNIDAD DE ANÁLISIS

Isotermas

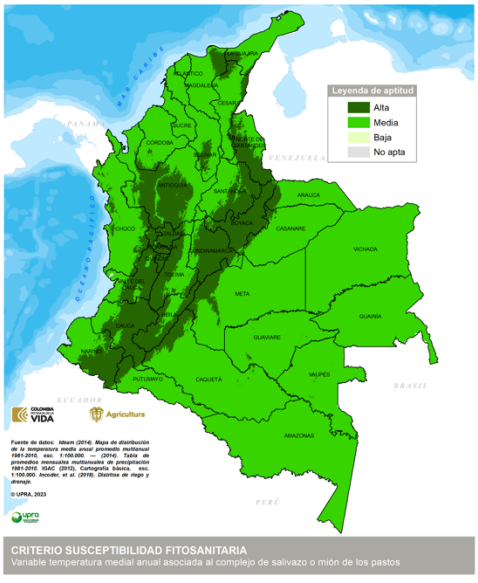
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



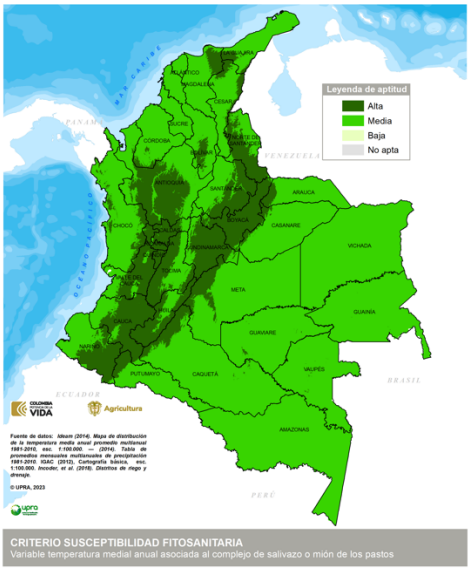
Grupo 1



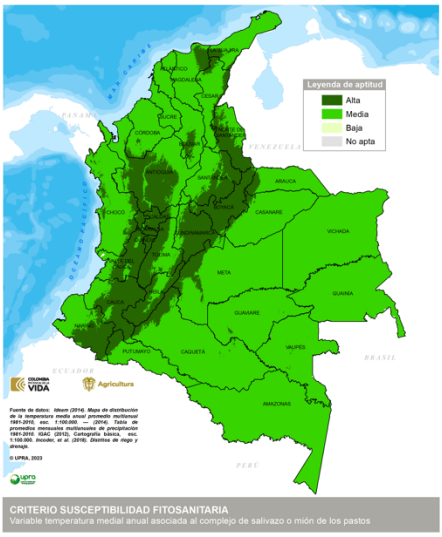
Grupo 2



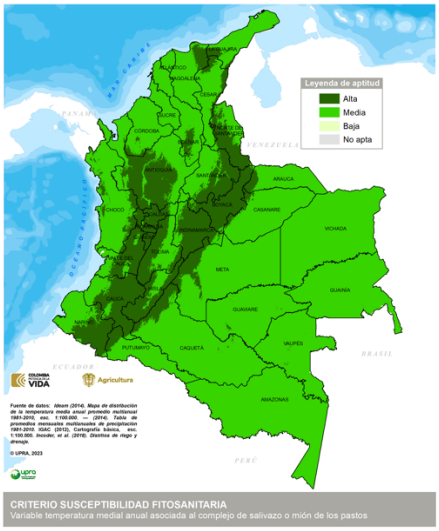
Grupo 3



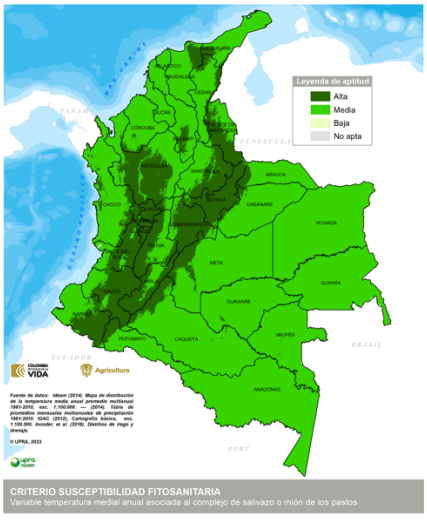
Grupo 4



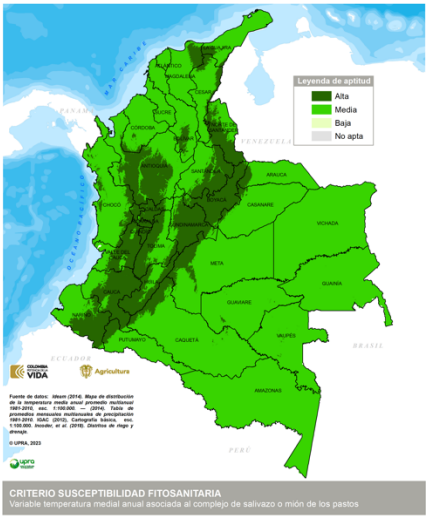
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. (2013). Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 14*(2) 215-229.
- Bernal J. (1994). *Pastos y Forrajes Tropicales: producción y manejo*. Fondo Ganadero.
- Calderon, M.; Arango, G. y Varela, F. A. (1982). *Cercópidos plagas de los pastos en América Tropical. Biología y Control*. CIAT.
- ICA. (2020). *Reportes de plagas y enfermedades, vigilancia epidemiológica reportes 2013 - 2016*. ICA.
- Ideam. (2014). *Mapa de isotermas de Colombia a escala 1:100.000*. Ideam.
- _. (2020). *Raster Ideam (normales climatológicas 1981-2010)*. Ideam.
- Jimenez, N.; Torregroza, L.; Peck, D.; Negrete, F.; Medina, J.; Pérez, A.; Reza, S.; Cuadrado, H.; Pérez, J.E. y Ochoa, A. (2001). *Manejo Integrado del mión de los pastos en la región caribe colombiana.* Corpoica.
- Lapointe S.L. and Miles J.W. (1992). *Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution*. CIAT.
- Pardo Barbosa, O.; Pérez López, O. (2018). *Alternativas forrajeras para los llanos orientales de Colombia 2*. Corpoica.
- UPRA. (2016, abril). *Flujograma metodología identificación variables fitosanitarias*. UPRA.

1.9.2. Variable índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc) asociado al complejo de salivazo o mión de los pastos

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**		
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: FITOSANITARIO			
CRITERIO ASOCIADO: SUSCEPTIBILIDAD FITOSANITARIA			
VARIABLE: índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc) asociado al complejo de salivazo o mión de los pastos	**UNIDAD DE MEDIDA:** índice de 0 a 1		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**		
	Análisis jerárquico		✓
	Exclusión legal		
	Condicionante legal		

DEFINICIÓN

Relación entre la precipitación y la evapotranspiración mes a mes, llevada a una medida de tendencia central; permite estimar la estacionalidad de la humedad ambiental, que para este caso es determinante en el potencial de aparición, incidencia y severidad de la plaga.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

Incide directamente en la potencial aparición de la plaga, dado que el complejo salivazo o mión de los pastos y su comportamiento está estrechamente relacionado con las condiciones climáticas, particularmente con la precipitación, especialmente en las regiones donde el régimen de lluvias es marcadamente estacional (CIAT, 1982), afectando principalmente a pasturas adaptadas a climas cálidos.

Grupos de pasturas	Susceptible	Tolerante	Resistente
3 (Ángleton y Climacuna)	X		
4 (Estrellas)	X		
5 (Admirable, Alemán y Braquipará)	X		
6 (Guineas)	X		
7 (Braquiarias)	X		
8 (Humidícola)	X	X	

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

No se presentan valores de exclusión (N1), dado que en los casos de ataques de la plaga el manejo es en base a pastoreo.

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.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El procesamiento de esta variable se realiza en un sistema de información geográfico, a través de mapas ráster de precipitación, evapotranspiración de referencia y evapotranspiración del cultivo mes a mes, mediante los siguientes cálculos:

Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc) se calculó en función de la siguiente ecuación:

IDHc = [(ETaene/ETcene) + (ETafeb/ETcfeb)..... (ETadic/ETcdic)]/12
ETa = ETc cuando P≥ETc y ETa=P cuando P<ETc

donde:
P = precipitación mensual multianual
ETc = evapotranspiración del cultivo mensual bajo condiciones estándares
Donde ETa es la evapotranspiración actual, refiriéndose a la cantidad de agua que suministra la precipitación en dicho mes y es evapotranspirada; los anteriores generados a partir de la normal climatológica 1981 al 2010.

Por su parte, la evapotranspiración del cultivo (ETc) es:
ETc = Kc * ETo

donde:
Kc: coeficiente hídrico del cultivo de pastos (1,0).
ETo = evapotranspiración de referencia mensual (demanda de evapotranspiración de la atmósfera, en función de un cultivo de referencia, específicamente pasto con una altura de 0,12 m, resistencia superfial de 70 sm-1 y un albedo de 0,23).

Una vez calculados los valores de IDHc mensuales multianuales desde enero hasta diciembre, son llevados a un promedio anual.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

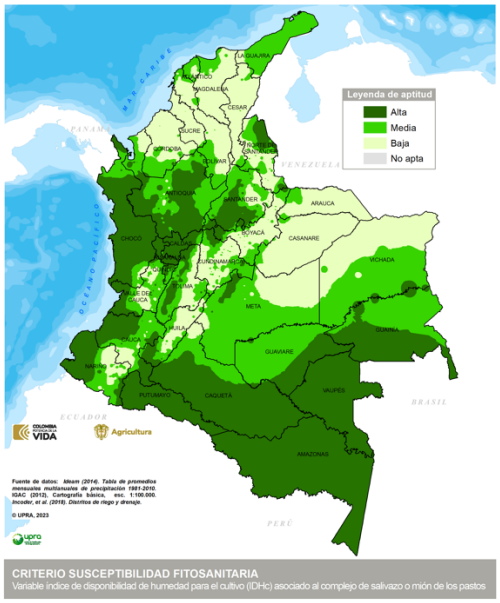
La variable índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc) asociado al complejo de salivazo o mión de los pastos define las zonas del territorio nacional donde hay marcada estacionalidad climática por humedad y las regiones que por el contrario no presentan dicha estacionalidad, como las netamente secas o húmedas del país, bajo los rangos que se muestran a continuación.

IDHc	Aptitud
>0,95	Alta (A1)
<0,65 y 0,85-0,95	Media (A2)
0,65 y 0,85	Baja (A3)
-	No apta (N1)

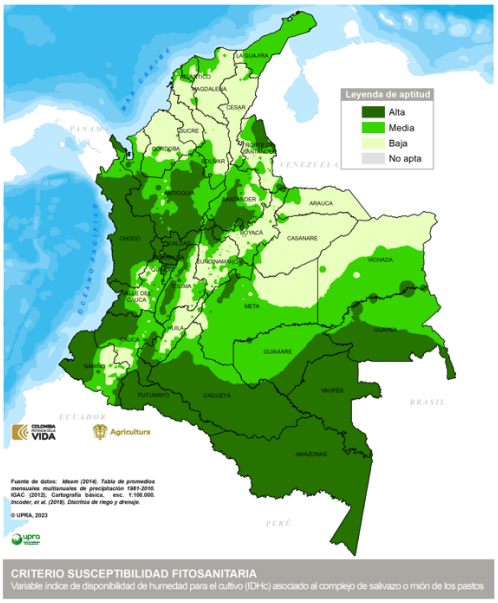
UNIDAD DE ANÁLISIS

Isolíneas de humedad

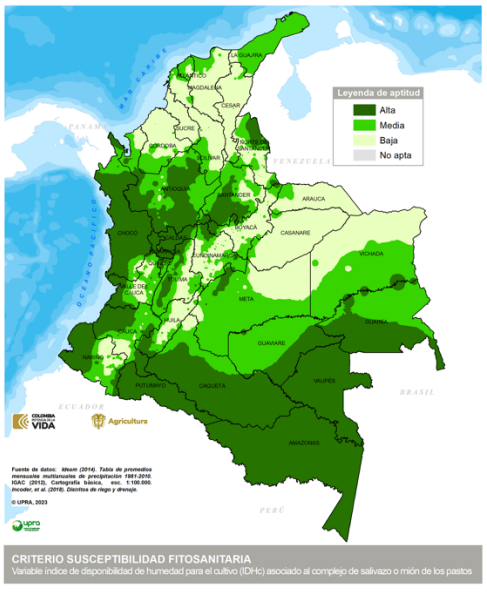
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



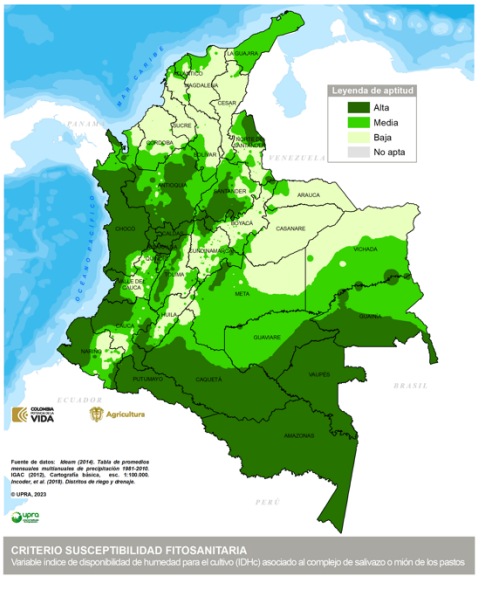
Grupo 1



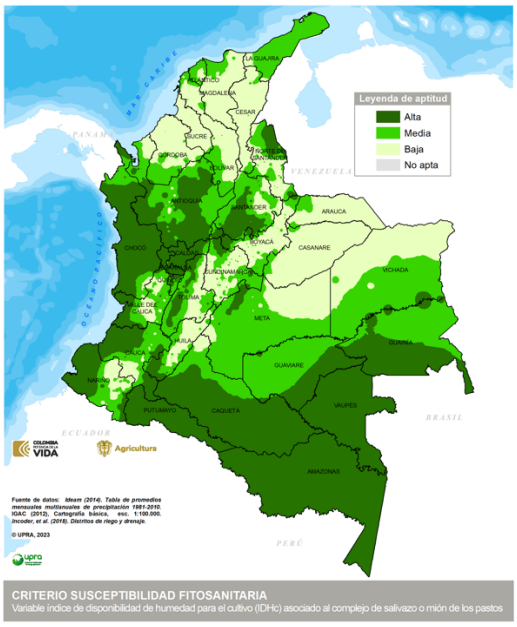
Grupo 2



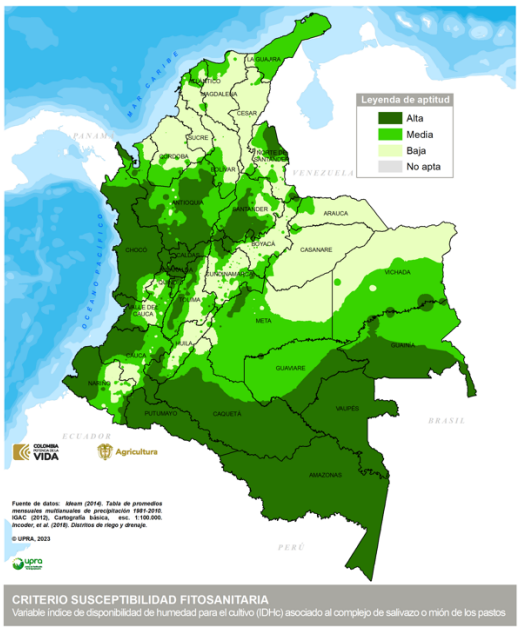
Grupo 3



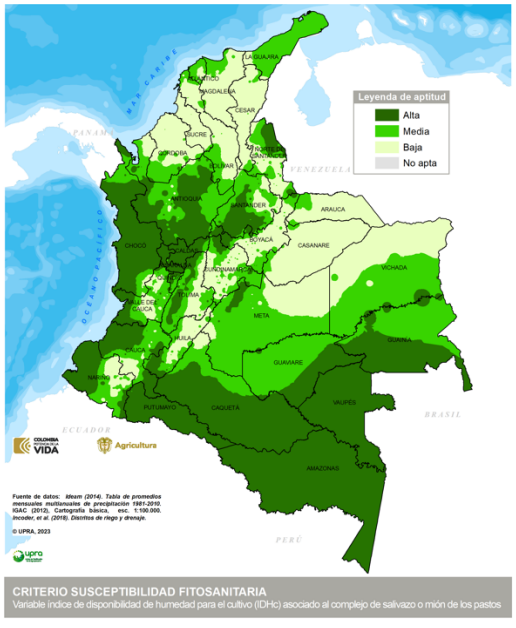
Grupo 4



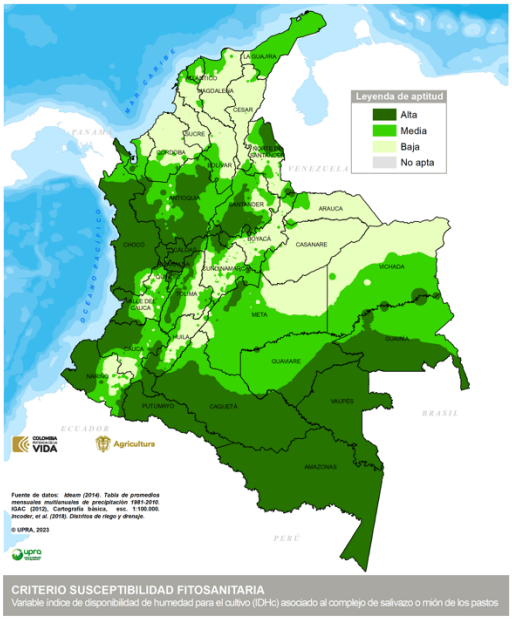
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. (2013). Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 14(*2) 215-229.
- Bernal J. (1994). *Pastos y Forrajes Tropicales: producción y manejo*. Fondo Ganadero.
- Calderon, M.; Arango, G. y Varela, F. A. (1982). *Cercópidos plagas de los pastos en América Tropical. Biología y Control*. CIAT.
- ICA. (2020). *Reportes de plagas y enfermedades, vigilancia epidemiológica reportes 2013 - 2016.* ICA.
- Ideam. (2014). *Mapa de isotermas de Colombia a escala 1:100.000*. Ideam.
- _. (2020). *Raster Ideam (normales climatológicas 1981-2010)*. Ideam.
- Jimenez, N.; Torregroza, L.; Peck, D.; Negrete, F.; Medina, J.; Pérez, A.; Reza, S.; Cuadrado, H.; Pérez, J.E. y Ochoa, A. (2001). *Manejo Integrado del mión de los pastos en la región caribe colombiana.* Corpoica.
- Lapointe S.L. and Miles J.W. (1992). *Pastures for the tropical lowlands, Germplasm case study: Brachiaria species, CIAT's Contribution.* CIAT.
- Pardo Barbosa, O.; Pérez López, O. (2018). *Alternativas forrajeras para los llanos orientales de Colombia 2*. Corpoica.
- UPRA. (2016, Abril). *Flujograma metodología identificación variables fitosanitarias*. UPRA.

1.9.3. Variable temperatura medial anual asociada al chinche de los pastos *Collaria* sp.

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: FÍSICO. SUBCOMPONENTE: FITOSANITARIO		
CRITERIO ASOCIADO: SUSCEPTIBILIDAD FITOSANITARIA		
VARIABLE: temperatura medial anual asociada al chinche de los pastos *Collaria* sp.	**UNIDAD DE MEDIDA:** grados centígrados (°C)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Medida del estado térmico del aire y su habilidad de comunicar calor a su alrededor, que para este caso es determinante en el metabolismo del insecto, afectando su potencial aparición, incidencia y severidad (Rodríguez y Boshell, 2011; Barreto y Martínez, 1998; Ramírez y Gaitán, 2002).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO

El chinche de los pastos *Collaria* sp. es uno de los principales insectos plaga de clima frío que incide y afecta a los pastos porque se alimenta, mastica y succiona los contenidos nutricionales de las plantas, ocasionando bajo rendimiento, disminución de carga animal y reducción en producción de carne y leche. Las altas poblaciones del insecto aumentan los niveles de daño a nivel celular, radicular y foliar, ocasionando el debilitamiento y muerte de la planta.

En la tabla a continuación se presenta los pastos afectados por el Chinche *Collaria* sp.

Grupos	**Pasto**	**Plaga Chinche *Collaria* sp.**		
		Susceptible	Tolerante	Resistente
1	*Lolium multiflorum* (Ryegrass anual)	X	-	-
	Lolium hybridum (Ryegrass híbrido)	X	-	-
	Lolium perenne (Ryegrass perenne)	X	-	-
	Dactylis glomerata (Azul orchoro)	-	X	-
	Holcus lanatus (Falsa poa)	X	-	-
	Festuca arudianacea (Festuca alta)	-	X	-
2	*Cenchrus clandestinus (Pennisetum clandestinum)*, (Kikuyo)	X	**-**	**-**

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

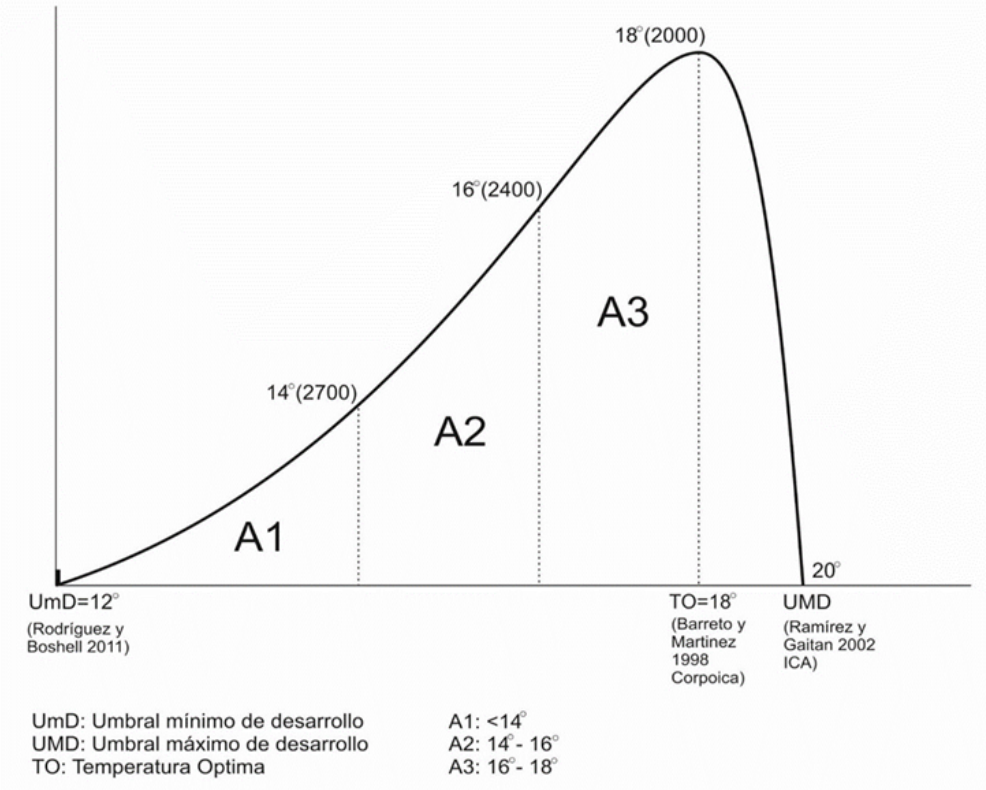
No se presentan valores de exclusión, dado que en los casos de ataques de la plaga el manejo es en base con el pastoreo

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.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

A partir de una curva biotérmica, donde la variable independiente fue temperatura media anual y la dependiente población del insecto, se definieron los rangos en base a dicha fluctuación (Rodríguez y Boshell, 2011; Barreto y Martínez, 1998; Ramírez y Gaitán, 2002).



UNIDAD DE ANÁLISIS

La unidad final de análisis son las isotermas anuales, a partir del mapa elaborado por el Ideam, el cual se basa en una serie histórica de 1980 al 2010.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

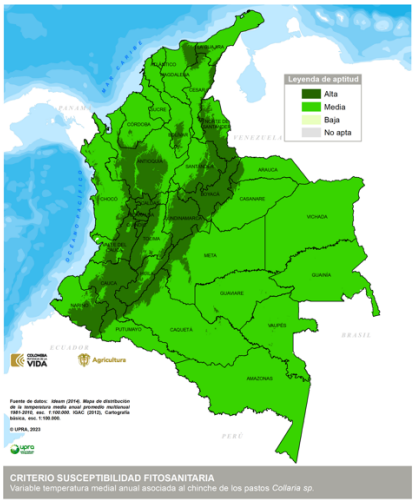
Las variables asignadas para la construcción de rangos de temperatura se realizaron en base a los trabajos de Rodríguez y Boshell, (2011), Barreto y Martínez, (1998), y Ramírez y Gaitán (2002).

Variable	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
Temperatura medial anual asociada al chinche de los pastos *Collaria* sp.	°C	≤14 y ≥19	14 - 16	16 - 19	-

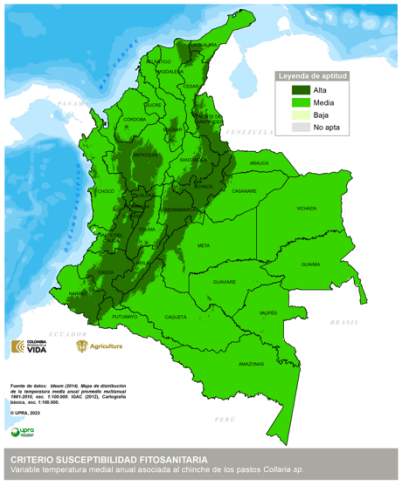
UNIDAD DE ANÁLISIS

Isotermas

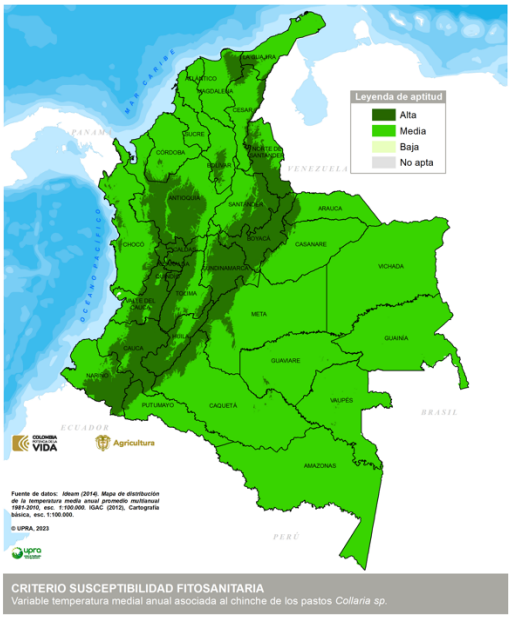
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



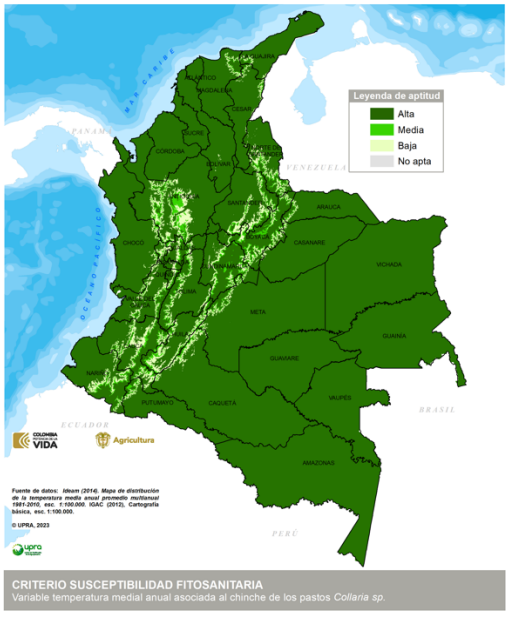
Grupo 1



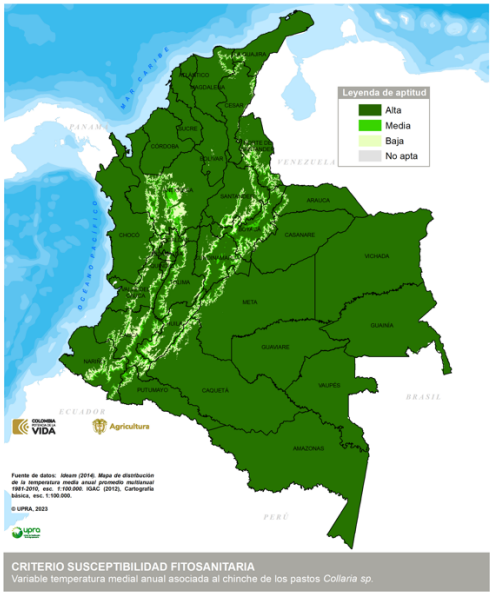
Grupo 2



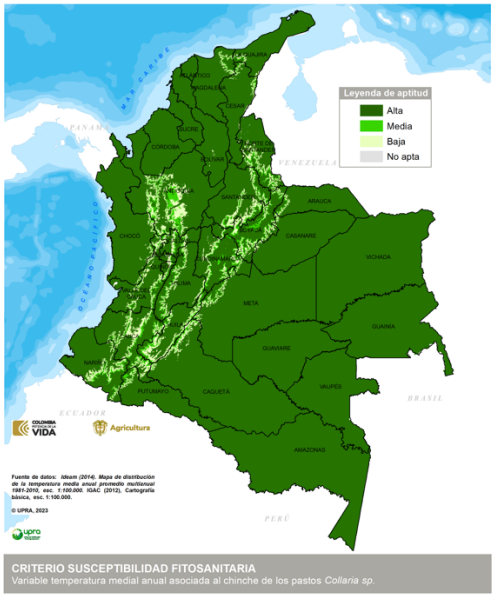
Grupo 3



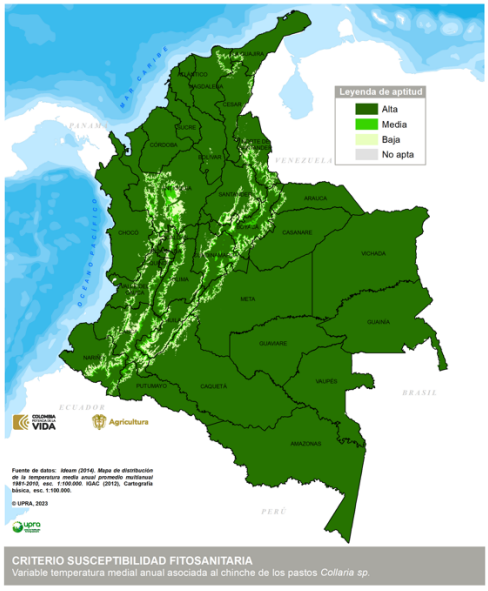
Grupo 4



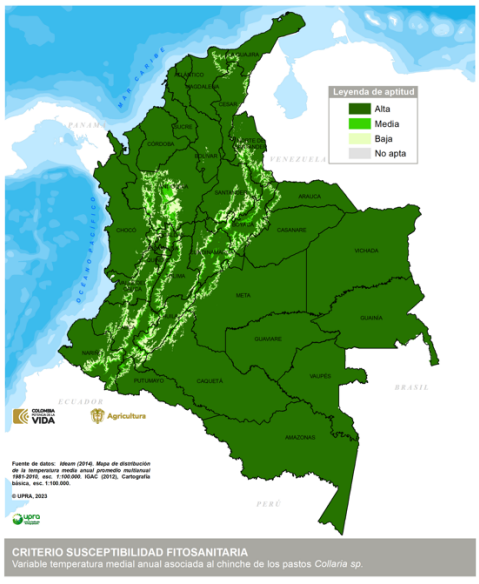
Grupo 5



Grupo 6



Grupo 7



Grupo 8

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arce, B., Peña, A., & Cárdenas, E. (2013). Sistema de apoyo a la toma de decisiones para la selección de especies forrajeras (STDF) en función de la oferta ambiental en Colombia. *Corpoica Ciencia y Tecnología Agropecuaria, 14*(2) 215-229.
- Bernal J. (1994). *Pastos y Forrajes Tropicales: producción y manejo*. Fondo Ganadero.
- ICA. (2020). *Reportes de plagas y enfermedades, vigilancia epidemiológica reportes 2013 - 2016*. ICA.
- Ideam. (2014). *Mapa de isotermas de Colombia a escala 1:100.000*. Ideam.
- _. (2020). *Raster Ideam (normales climatológicas 1981-2010)*. Ideam.
- Martínez Granja, E. y Barreto Triana, N. (1998). *La Chinche de los pastos Collaria Scenica Stal en la sabana de Bogotá*. Corpoica.
- Ramirez Gaitan, C. A. y Diaz Riveros, G. (2002). *Chinche de los pastos (Collaria scenica): Una amenaza para la producción lechera en la sabana de Bogotá y valles de Ubaté y Chiquinquirá, Recomendaciones básicas para su manejo*. ICA.
- Rodríguez Roa, A. O. (2011). *Desarrollo de un sistema de alertas agroclimáticas tempranas para la chinche de los pastos, Collaria scenica. en la sabana de Bogotá* [tesis de maestría]. Universidad Nacional de Colombia.
- UPRA. (2016, abril). *Flujograma metodología identificación variables fitosanitarias*. UPRA.

2. Fichas metodológicas del componente socioecosistémico

2.1. Criterio estatus ecológico de las pasturas

<table>
<tr><th colspan="3">FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO</th></tr>
<tr><th>TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</th><th colspan="2">PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (Bubalus bubalis) EN PASTOREO</th></tr>
<tr><th colspan="3">COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO</th></tr>
<tr><th colspan="3">CRITERIO: ESTATUS ECOLÓGICO DE LAS PASTURAS</th></tr>
<tr><td rowspan="4">TIPO DE CRITERIO</td><td>Exclusión técnica</td><td></td></tr>
<tr><td>Análisis jerárquico</td><td>✓</td></tr>
<tr><td>Exclusión legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
<tr><th colspan="3">VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO</th></tr>
<tr><td colspan="3">• Vigor, expresado como valores normalizados de la productividad primaria neta (t/ha/año).
• Potencial de invasibilidad, expresado como valores normalizados de la probabilidad de invasibilidad.
• Amenaza por incendios de la cobertura vegetal, expresada como categorías de amenaza total.</td></tr>
</table>

DEFINICIÓN

Capacidad de las pasturas para soportar y mantener su capital natural sin degradarse ante alteraciones externas y de funcionar permanentemente de forma saludable o apropiada, como condición indispensable para la prestación, regulación y el flujo de servicios ecosistémicos requeridos para la sostenibilidad de los sistemas productivos y del territorio mismo.

Este criterio responde tanto a la productividad y resiliencia de las pasturas como también, de una forma indirecta, a la evaluación del bienestar animal en lo concerniente a que se encuentre libre de hambre y de desnutrición.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Refleja la capacidad para amortiguar situaciones de alteración y la sostenibilidad del territorio. Está en relación directa con el mantenimiento de la capacidad productiva de los sistemas agropecuarios que conforman la matriz rural.

Este criterio contribuye a la identificación de áreas con pasturas que, debido a diferentes circunstancias, han perdido en algún grado su funcionalidad y capacidad productiva, brindando de esta forma herramientas que permiten determinar zonas que no son capaces de soportar la actividad ganadera, además que el desarrollo intensivo de la actividad favorecerá el deterioro productivo y funcional de esas pasturas.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

La principal limitante identificada está relacionada con la escala de los insumos empleados para la construcción del criterio, como es el mapa de Amenaza total de incendios de la cobertura vegetal, cuya escala de salida es 1:500.000, lo cual generaliza la información analizada y a su vez, resta exactitud. Adicionalmente, se considera como limitante la resolución espacial y la temporalidad de las imágenes MODIS empleadas para generar el mapa de vigor.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

El criterio se construyó a partir de la integración de las tres variables que lo componen: vigor, potencial de invasibilidad y amenaza por incendios de la cobertura vegetal. Cada una de las variables, ha sido previamente cartografiada y clasificada en tres rangos de aptitud, de acuerdo con la metodología explicada en la ficha de cada variable.

Para la construcción del criterio, se realizó la integración de las variables, mediante la suma ponderada de sus valores de aptitud, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$EE = \alpha V + \beta PI + yAI$$

En la que $\alpha, \beta\ y\ \gamma$ representan los coeficientes o factores de ponderación de la aptitud de las tres variables, los cuales se determinan mediante el criterio de experto.
Para este proceso, los valores respectivamente son:

$\alpha = 0{,}7$
$\beta = 0{,}2$
$\gamma = 0{,}1$

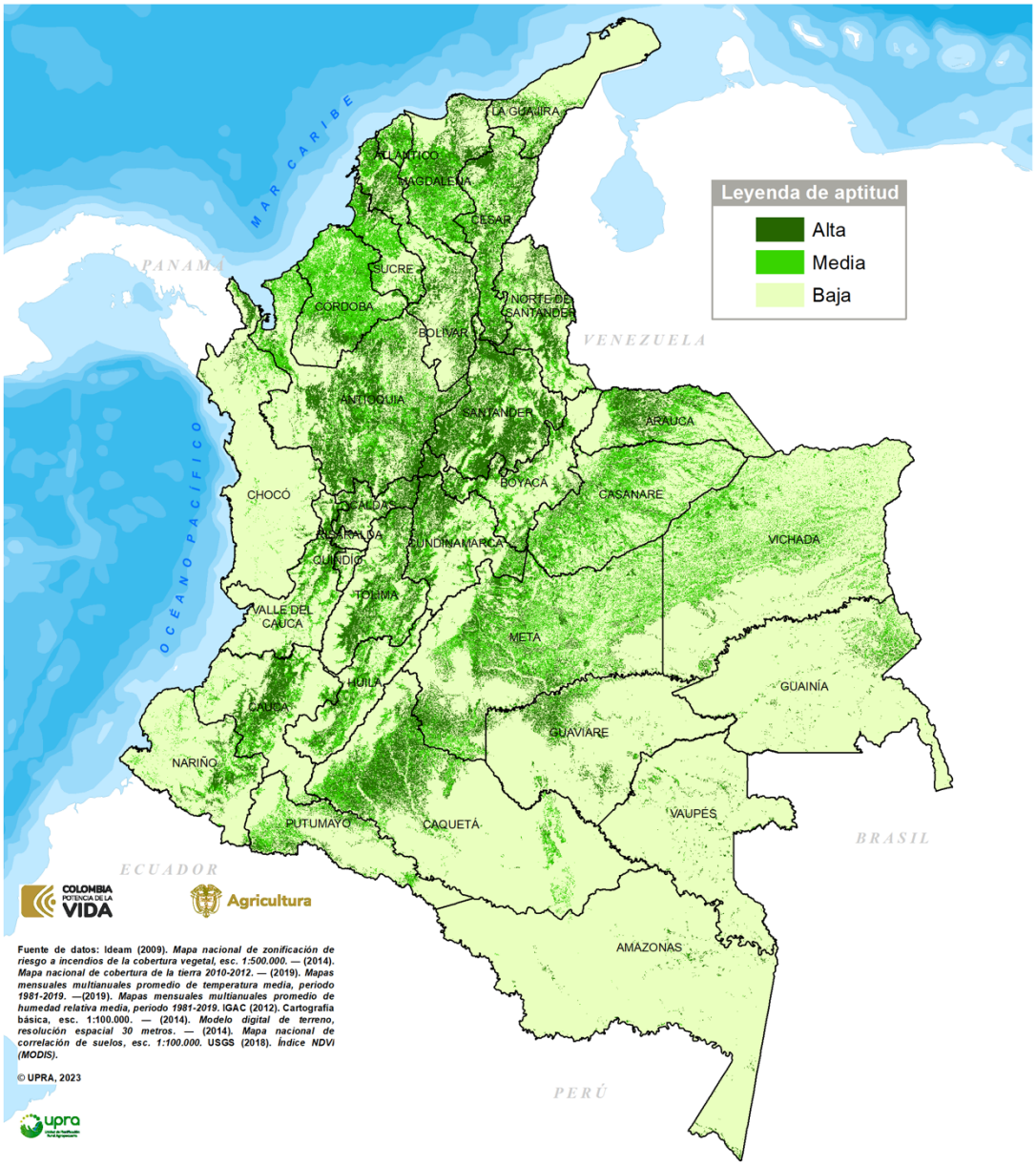
Los resultados de esta suma se agruparon en tres categorías de aptitud para el criterio: alta (A1), media (A2) y baja (A3), como se presentan en la siguiente tabla:

Criterio	Aptitud			
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
Estatus ecológico de las pasturas	Pasturas con alta capacidad para soportar y mantener su capital natural sin degradarse y de funcionar permanentemente de forma saludable (2,23-3,0)	Pasturas con moderada capacidad para soportar y mantener su capital natural sin degradarse y de funcionar permanentemente de forma saludable (1,6-2,23)	Pasturas con baja capacidad para soportar y mantener su capital natural sin degradarse y de funcionar permanentemente de forma saludable (1,0-1,6)	No aplica

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Variables	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
Vigor	Valores normalizados de la productividad primaria neta (t/ha/año)	Áreas con pasturas de alta productividad >41,2	Áreas con pasturas de moderada productividad 36,7-41,2	Áreas con pasturas de baja productividad <36,7	No aplica
Potencial de invasibilidad	Valores normalizados de la probabilidad de invasibilidad	Áreas cuyas condiciones biofísicas no facilitan la invasibilidad < 0,5	Áreas cuyas condiciones biofísicas facilitan, en grado moderado la invasibilidad 0,5 - 0,9	Áreas cuyas condiciones biofísicas facilitan la invasibilidad > 0,9	No aplica
Amenaza por incendios de la cobertura vegetal	Categorías de amenaza total	Áreas con mínima probabilidad de incendios de la cobertura vegetal. Amenaza total muy baja y baja	Áreas con moderada probabilidad de incendios de la cobertura vegetal. Amenaza total moderada	Áreas con alta probabilidad de incendios de la cobertura vegetal. Amenaza total alta y muy alta	No aplica

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO ESTATUS ECOLÓGICO DE LAS PASTURAS

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. (CONABIO). (2018, abril). http://www.biodiversidad.gob.mx/invasoras
- García, L., y Baptiste, M. (2017). *Aspectos metodológicos*. En D. Cárdenas-López, M. Baptiste, & N. Castaño (Edits.), *Plantas exóticas con alto potencial de invasión* (pp. 40-56). IAVH.
- Hofstede, R. (2004). *Health state of Páramos: an effort to correlate science and practice*. Lyonia, 6(1). http://www.lyonia.org/viewArticle.php?articleID=266
- Ideam-CONIF. (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*. Ideam-CONIF.
- Organización de las Naciones Unidas. (2006). *Los enfoques ecosistémicos y los océanos. Exposiciones orales realizadas durante el proceso abierto de consultas oficiosas de las Naciones Unidas sobre los océanos y el derecho del mar*.
- SEMARNAT, INE & CIGA. (2011). *Aplicaciones del sensor MODIS para el monitoreo del territorio*. (J.-F. Mas, Ed.).

2.1.1. Variable vigor

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO		
CRITERIO ASOCIADO: ESTATUS ECOLÓGICO DE LAS PASTURAS		
VARIABLE: vigor	**UNIDAD DE MEDIDA:** valores normalizados de la productividad primaria neta (t/ha/año)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Está referido a su productividad, con particular atención a las interacciones que afectan los flujos de energía (ONU, 2006). De acuerdo con Hofstede (2004), se puede afirmar que entre mayor vigor tenga una pastura, mayor será su productividad.

El vigor en términos de salud ecológica se refiere a la productividad del ecosistema. Esto, en términos biológicos, explica que entre mayor sea la productividad del material vegetal, en mejor "salud" se encuentra el ecosistema (Hofstede, 2004).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Esta variable permite realizar una aproximación a la productividad de las pasturas, identificando las áreas que poseen mayor vigor, las cuales por sus condiciones naturales representan a aquellas que ofrecen mayores rendimientos asociados a una mayor productividad.

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

Esta variable no genera exclusión (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

De forma consecuente con las metodologías empleadas, la estimación de la productividad primaria neta se realizó a partir de imágenes MODIS, las cuales tienen como mayor limitante la resolución espacial y la temporalidad.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La variable partió de la construcción de una fórmula de materia seca, a partir de la regresión de datos de mediciones de materia seca en campo, para diferentes grupos de pasturas y de la respuesta del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), correspondiente a su promedio para todas las imágenes de 2019. Se obtuvo la siguiente fórmula:

Materia seca (t/ha/año) = 50,342*NDVI + 8,1937

Esta determinación de la materia seca se evalúa solo para las coberturas relacionadas con pastos:

Código cobertura	Leyenda Corine Land Cover
231	Pastos limpios
232	Pastos arbolados
233	Pastos enmalezados
242	Mosaico de pastos y cultivos
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
244	Mosaico de pastos con espacios naturales
245	Mosaico de cultivos y espacios naturales
3211	Herbazal denso
3212	Herbazal abierto
32111	Herbazal denso de tierra firme
32112	Herbazal denso inundable
32121	Herbazal abierto arenoso
32122	Herbazal abierto rocoso
321111	Herbazal denso de tierra firme no arbolado
321112	Herbazal denso de tierra firme arbolado
321113	Herbazal denso de tierra firme con arbustos
321121	Herbazal denso inundable no arbolado
321122	Herbazal denso inundable arbolado

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para el establecimiento de los rangos de aptitud, se utilizaron intervalos iguales como método de agrupamiento del *software* ArcGis. De esta forma, se establece una relación directamente proporcional entre la aptitud y el vigor de las coberturas evaluadas.

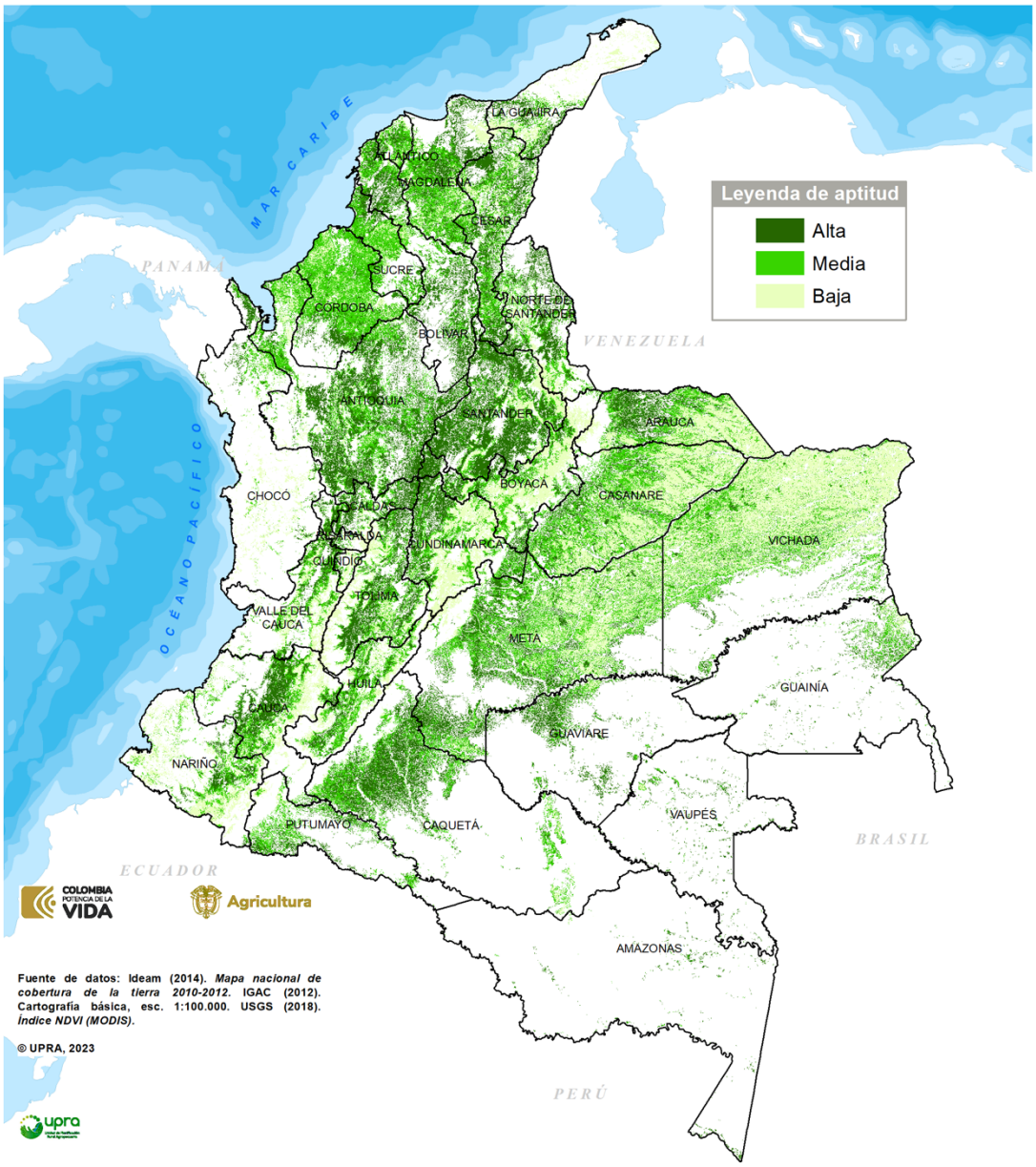
Rangos de aptitud para la variable

Descripción	Rango	Aptitud
Áreas con pasturas de alta productividad	> 41,2	Alta (A1)
Áreas con pasturas de moderada productividad	36,7 - 41,2	Media (A2)
Áreas con pasturas de baja productividad	< 36,7	Baja (A3)
_	_	No apta (N1)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Pixeles con materia seca (t/ha/año)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO ESTATUS ECOLÓGICO DE LAS PASTURAS
Variable vigor

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Aguilera, I.; Monteagudo, S.; Castaños, J.; González-Jiménez, A. y Escudero, R. (2009). *El nivel 3 de la nomenclatura corine y la pérdida de representatividad de algunas clases importantes en el clc06 de la C.A. Aragon*. En S. Montesinos, & L. Fernández (Ed.), XIII Congreso de la Asociación Española de Teledectección, 393-396. Catalayud. http://www.aet.org.es/congresos/xiii/cal99.pdf
- Hofstede, R. (2004). *Health state of Páramos: an effort to correlate science and practice*. Lyonia, 6(1). http://www.lyonia.org/viewArticle.php?articleID=266
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2006). *Los enfoques ecositémicos y los océanos. Exposiciones orales realizadas durante el proceso abierto de consultas oficiosas de las Naciones Unidas sobre los océanos y el derecho del mar.*.

2.1.2. Variable potencial de invasibilidad

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO		
CRITERIO ASOCIADO: ESTATUS ECOLÓGICO DE LAS PASTURAS		
VARIABLE: potencial de invasibilidad	**UNIDAD DE MEDIDA:** valores normalizados de la probabilidad de invasibilidad	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Condiciones o características propias de las áreas con pasturas que facilitan el establecimiento y posterior dispersión de las especies exóticas con alto riesgo de invasión en Colombia.

La variable contribuye a discriminar las áreas que, por sus condiciones naturales, tienen mayores probabilidades para el establecimiento de estas especies.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Tomando en consideración que las especies invasoras en muchos casos tienen efectos negativos sobre la biodiversidad, tales como desequilibrios ecológicos entre las poblaciones silvestres, cambios en la estructura y composición de las comunidades, así como en su funcionamiento, pérdida de poblaciones silvestres y degradación de la integridad ecológica de ecosistemas (Conabio, 2016), cobra importancia identificar las áreas con mayor potencial de invasibilidad; por lo tanto, esta variable contribuye a discriminar las áreas que por sus condiciones naturales presentan mayor probabilidad para el establecimiento de especies invasoras.

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

No aplican valores de exclusión (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

No se identifican limitantes en la evaluación.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La variable corresponde a un modelo predictivo de distribución de 16 especies invasoras de la familia poácea definidas por García & Baptiste (2017). El modelo se construyó a partir de los siguientes parámetros:

a. Información geográfica asociada al libro denominado *Plantas exóticas de alto riesgo de invasión en Colombia*, realizado por el IAVH en coedición con el Instituto SINCHI, los registros biológicos proporcionaron la localización de 16 poáceas con alto riesgo de invasión.

Tabla 1. Especies de la familia poácea con alto riesgo de invasión en Colombia

Especie
Anthoxanthum odoratum
Arundo donax
Bambusa vulgaris
Cenchrus clandestinus
Cenchrus purpureus
Cynodon dactylon
Cynodon nlemfuensis
Guadua weberbaueri
Gynerium sagittatum
Holcus lanatus
Hyparrhenia rufa
Megathyrsus maximus
Melinis minutiflora
Rottboellia cochinchinensis
Urochloa brizantha
Urochloa decumbens

Fuente: García & Baptiste, (2017)

b. Mapa de correlación de suelos (IGAC), que proporciona la información del tipo de relieve y taxonomía de los suelos.

c. Mapa de distribución de temperatura media multianual promedio (Ideam).

d. Mapa de distribución de humedad relativa media multianual promedio (Ideam).

Las especies invasoras fueron divididas en dos subgrupos: invasoras de clima cálido y de clima frío; posteriormente, se realizó un modelo de distribución para cada subgrupo.

Tabla 2. Especies invasoras de acuerdo con su distribución climática

Especies invasoras de clima cálido		Especies invasoras de clima frío
Bambusa vulgaris		*Anthoxanthum odoratum*
Cenchrus purpureus		*Arundo donax*
Cynodon dactylon		*Cenchrus clandestinus*
Cynodon nlemfuensis		*Holcus lanatus*
Guadua weberbaueri		
Gynerium sagittatum		
Hyparrhenia rufa		
Megathyrsus maximus		
Melinis minutiflora		
Rottboellia cochinchinensis		
Urochloa brizantha		
Urochloa decumbens		

Para obtener los modelos de distribución de cada subgrupo, se ingresaron los datos mencionados en el *software* Maxent, por medio del cual es posible estimar la probabilidad de la distribución espacial de las especies analizadas. Una vez procesada la información, se obtuvieron dos modelos: distribución potencial de especies invasoras de clima cálido y distribución potencial de especies invasoras de clima frío.

Posteriormente, se realizó una superposición difusa (*fuzzy overlay*) con la función Or del *software* ArcGis, entre los dos modelos de distribución de las especies invasoras, permitiendo así identificar los pixeles con los valores más altos. El mapa resultante de esta superposición fue reclasificado en tres rangos de aptitud.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para el establecimiento de los rangos de aptitud, se establece una relación inversamente proporcional entre la aptitud y el riesgo de invasibilidad. Los rangos de agrupamiento fueron definidos de acuerdo con el criterio del experto.

Tabla 3. Rangos de aptitud para la variable potencial de invasibilidad

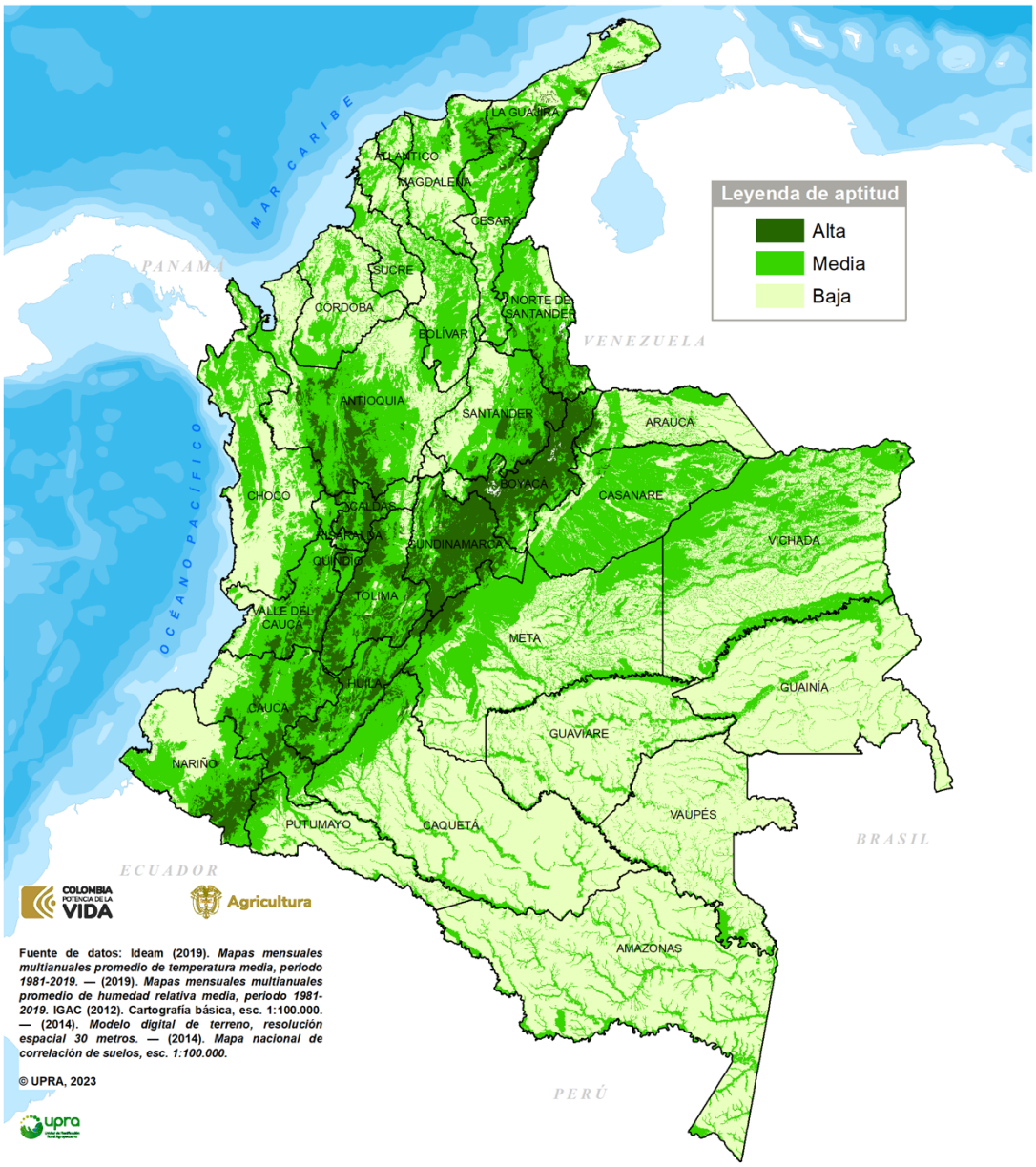
Descripción	Rango	Aptitud
Áreas cuyas condiciones biofísicas no facilitan la invasibilidad	< 0,5	Alta (A1)
Áreas cuyas condiciones biofísicas facilitan en grado moderado la	0,5 - 0,9	Media (A2)

invasibilidad		
Áreas cuyas condiciones biofísicas facilitan la invasibilidad	> 0,9	Baja (A3)
_	_	No apta (N1)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Categoría de invasibilidad

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO ESTATUS ECOLÓGICO DE LAS PASTURAS
Variable potencial de invasibilidad

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (Conabio). (2018, abril). http://www.biodiversidad.gob.mx/invasoras
- García, L. y Baptiste, M. (2017). *Aspectos metodológicos*. En D. Cárdenas-López, M. Baptiste, & N. Castaño (Edits.), Plantas exóticas con alto potencial de invasión, 40-56. IAVH.

2.1.3. Variable amenaza por incendios de la cobertura vegetal

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**		
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO			
CRITERIO ASOCIADO: ESTATUS ECOLÓGICO DE LAS PASTURAS			
VARIABLE: amenaza por incendios de la cobertura vegetal	**UNIDAD DE MEDIDA:** categorías de amenaza total		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO		**Exclusión técnica**	
		Análisis jerárquico	✓
		Exclusión legal	
		Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Identifica aquellas coberturas que, por sus características, tienen una mayor probabilidad de verse afectadas por un incendio de la cobertura vegetal, lo cual repercute de forma directa en la aptitud del territorio en el establecimiento y desarrollo de actividades agropecuarias.

Se expresa como la probabilidad de que un evento de este tipo se presente con una cierta intensidad, en un sitio específico y tiempo determinado.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

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.

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

No aplican valores de exclusión (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La principal limitante identificada está relacionada 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 PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La variable se generó a partir del mapa de amenaza total de incendios de la cobertura vegetal para Colombia, el cual relaciona factores tales como la susceptibilidad de la vegetación a incendios de la cobertura vegetal, precipitación, temperatura, velocidad del viento, frecuencia de incendios de la cobertura vegetal, pendientes y radiación solar; este mapa tiene por objeto identificar el grado de amenaza por incendios de la cobertura vegetal que posee el país (Ideam-CONIF, 2009).

Se tomaron las categorías definidas en el mapa de amenaza total de incendios de la cobertura vegetal.

Categoría de amenaza
Muy baja
Baja
Moderada
Alta
Muy alta

Posteriormente, se realizó un análisis cualitativo que permitió reclasificar las categorías de amenaza y asignarles un grado de aptitud.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

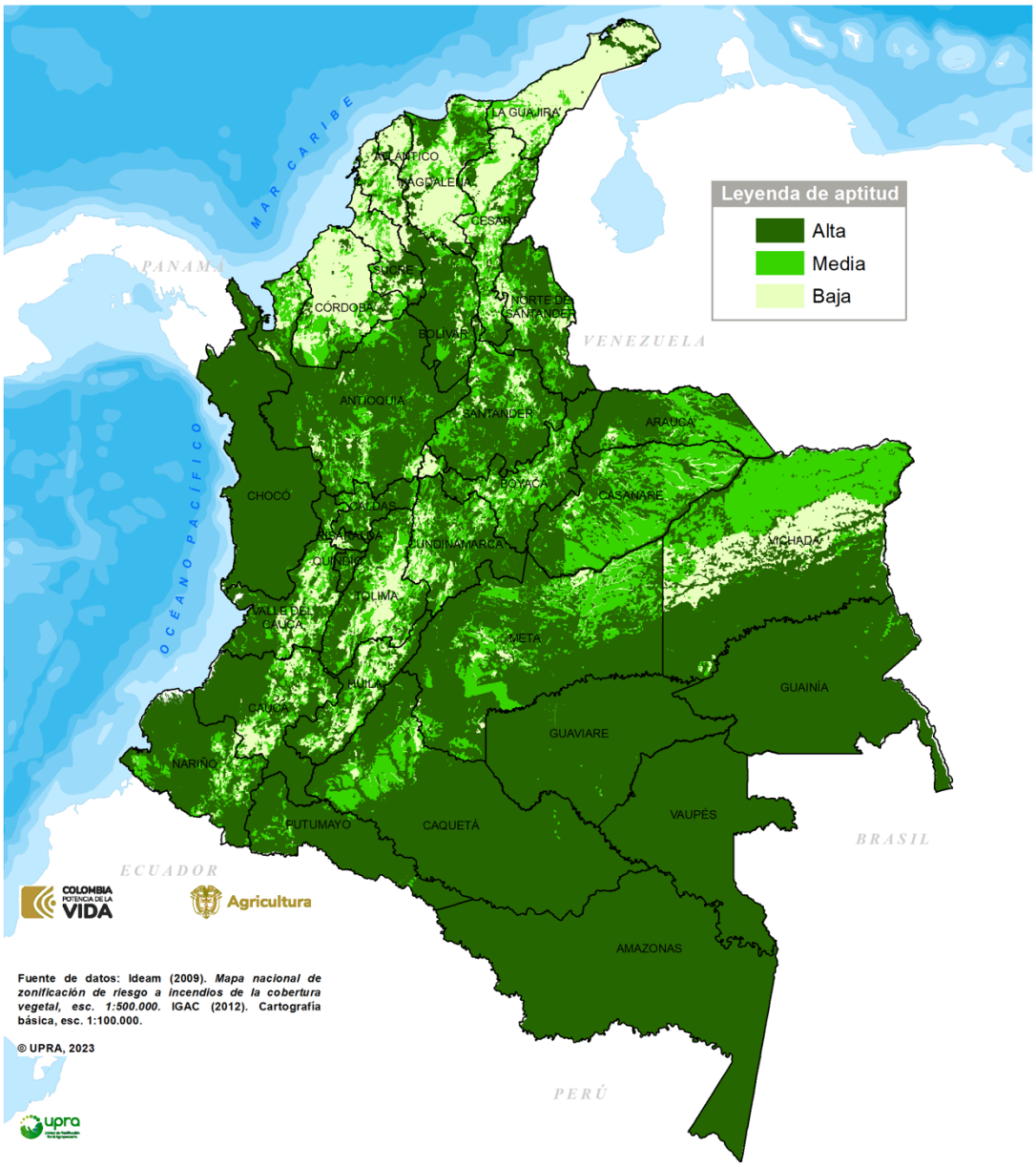
La variable presenta los siguientes rangos de aptitud:

Rangos	Aptitud
Áreas con mínima probabilidad de incendios de la cobertura vegetal. Amenaza total muy baja y baja	Alta (A1)
Áreas con moderada probabilidad de incendios de la cobertura vegetal. Amenaza total moderada	Media (A2)
Áreas con alta probabilidad de incendios de la cobertura vegetal. Amenaza total alta y muy alta	Baja (A3)
-	No apta (N1)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Pixeles

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO ESTATUS ECOLÓGICO DE LAS PASTURAS
Variable amenaza por incendios de la cobertura vegetal

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam-CONIF. (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*. Ideam-CONIF.

2.2. Criterio confort animal

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO		
CRITERIO: CONFORT ANIMAL		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• Movilidad, expresada cualitativamente. • Confort higrotérmico, expresado como temperatura y % de humedad relativa. • Áreas que facilitan la captación de agua y favorecen la termorregulación, expresadas cualitativamente. • Condiciones de sombrío, expresadas como cobertura.		

DEFINICIÓN

Muestra la capacidad del medio para proveer las mejores condiciones que favorecen el bienestar y desarrollo de los búfalos sin alterar sus mecanismos fisiológicos y expresar al máximo sus rendimientos zootécnicos.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

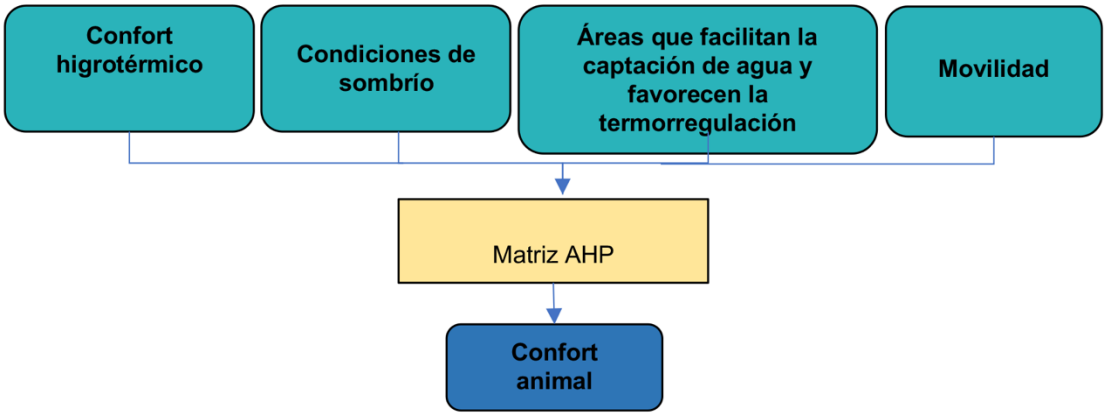
Identifica las zonas con las mejores condiciones medioambientales sin tener que acudir a ningún tipo de intervención en infraestructura para mejorarlas, lo que permite a los búfalos expresar al máximo su potencial genético, productivo, reproductivo y comportamental, garantizando el bienestar animal en su tercera libertad (libre de incomodidades físicas o térmicas según la OIE).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

En el análisis de las variables ninguna presentó límites que se califiquen como no aptas (N1).

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Para la evaluación del criterio se realizó el procesamiento de las cuatro variables como se describe a continuación:



a. **Confort higrotérmico:** se realizó una clasificación de todo el territorio según la temperatura y la humedad; posteriormente se hizo una reclasificación por los valores más benéficos para los búfalos durante su desarrollo productivo, así:

Calificación de la variable confort higrotérmico

Descripción	Aptitud
Zonas con sensación térmica óptima. Frecuencia respiratoria y cardíaca dentro de los parámetros normales o ideales para ingesta, crecimiento, producción y reproducción.	Alta (A1)
Zonas con sensación térmica moderada. Se empiezan a elevar ligeramente parámetros respiratorios, cardíacos, puede presentar jadeo con o sin salivación y una leve disminución de ingesta, crecimiento, producción y reproducción.	Media (A2)
Zonas con sensación térmica extrema. Se aumentan frecuencia respiratoria y cardíaca, jadeo con salivación moderada a excesiva, reducción de ingesta, disminución de crecimiento, producción y reproducción.	Baja (A3)

b. **Condiciones de sombrío:** se hizo una reclasificación de las coberturas Modis y Corine que brindan sombrío a los bufalinos para su desarrollo productivo bajo pastoreo.

Calificación de la variable condiciones de sombrío

Descripción	Aptitud
Zonas donde las coberturas naturales generan mayor sombrío	Alta (A1)
Zonas donde las coberturas naturales generan sombrío moderado	Media (A2)
Zonas donde las coberturas naturales generan menor sombrío	Baja (A3)

c. **Áreas que facilitan la captación de agua y favorecen la termorregulación:** se realizó una reclasificación del índice topográfico de humedad, índice climático de humedad para estanques, drenaje natural y *buffer* de cercanía a drenajes dobles y cuerpos de agua.

Calificación de la variable áreas que facilitan la captación de agua y favorecen la termorregulación

Descripción	Aptitud
Mayor facilidad para la captación de agua	Alta (A1)
Facilidad moderada para la captación de agua	Media (A2)
Baja facilidad para la captación de agua	Baja (A3)

d. **Movilidad:** se realizó una reclasificación de la pendiente, las características de los suelos y la pedregosidad para el desarrollo productivo de los búfalos bajo pastoreo.

Calificación de la variable movilidad

Descripción	Aptitud
Zonas donde no se ve alterada la movilidad de los búfalos en pastoreo	Alta (A1)
Zonas donde se ve alterada de forma moderada la movilidad de los búfalos en pastoreo	Media (A2)
Zonas donde se ve alterada altamente la movilidad de los búfalos en pastoreo	Baja (A3)

Posteriormente las cuatro variables se unen mediante la siguiente matriz *AHP*:

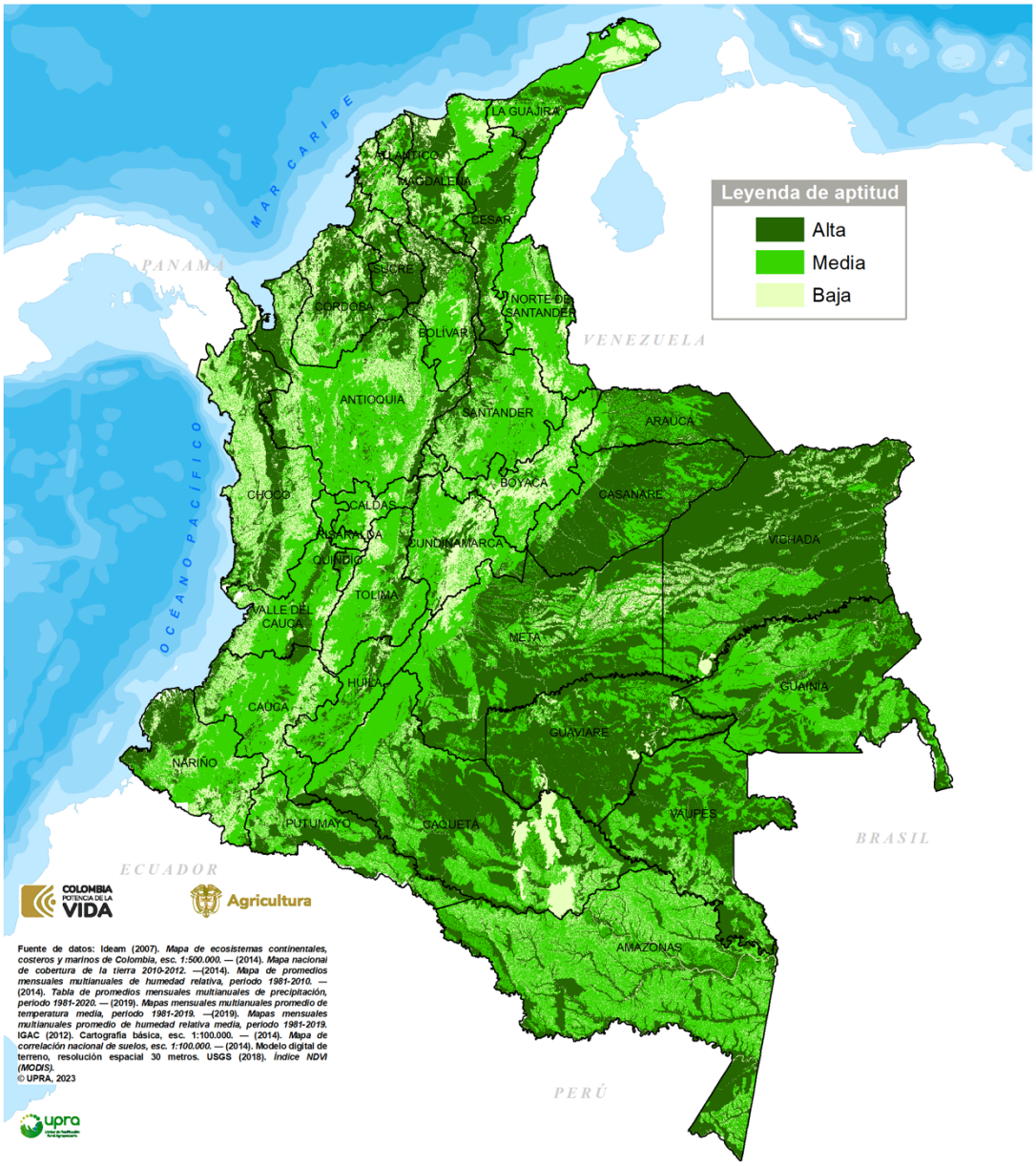
Criterio confort animal					
Variables	**Movilidad**	**Confort**	**Captación de agua**	**Sombrío**	**Pesos (%)**
Movilidad	1				51,3
Confort higrotérmico	1/3	1			26,1
Captación de agua	1/3	1/3	1		15,0
Condiciones de sombrío	1/5	1/3	1/3	1	7,6

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para el establecimiento de los rangos de clase de aptitud del criterio, el valor final de la ponderación (que varía entre 1 y 3) se debe a la reclasificación, así:

Criterio de calificación	Aptitud
Condiciones altas de confort	Alta (A1)
Condiciones medias de confort	Media (A2)
Condiciones bajas de confort	Baja (A3)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO CONFORT ANIMAL

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Saravia, C. y Cruz, G. (2003). Influencia del ambiente atmosférico en la adaptación y producción animal. Uruguay, *Fac. Agr. Nota Técnica N.° 50.*
- Weather and climate and animal production. *Guide to agricultural meteorological practices.* Chapter 12.
- Xin, Hongwei and Harmon, Jay D. (1998). *Livestock industry facilities and environment: Heat stress indices for livestock*. Agriculture and environment extension publications. 163. http://lib.dr.iastate.edu/extension_ag_pubs/163

2.2.1. Variable movilidad

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO		
CRITERIO ASOCIADO: CONFORT ANIMAL		
VARIABLE: movilidad	**UNIDAD DE MEDIDA:** cualitativa	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Expresa el concepto de locomoción, es decir, el desplazamiento que hacen los animales por motivos instintivos como son la búsqueda de alimento, la reproducción y la protección, entre otros, lo que permite caracterizar los suelos que garantizan la facilidad en el desplazamiento de los búfalos en pastoreo.

El termino locomoción viene del latín *locus* que significa “desde un lugar” y *motionem* que significa “movimiento” (Online Etimology Dictionary, 2020).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Las limitaciones en el desplazamiento de los búfalos, implican un gasto energético para satisfacer las necesidades de sobrevivencia, además son factores que inducen al pastoreo desigual, deteriorando los pastizales y suelos en los lugares de más fácil acceso.

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

En el análisis de esta variable, no hay límites que califiquen zonas del territorio nacional como no aptas (N1).

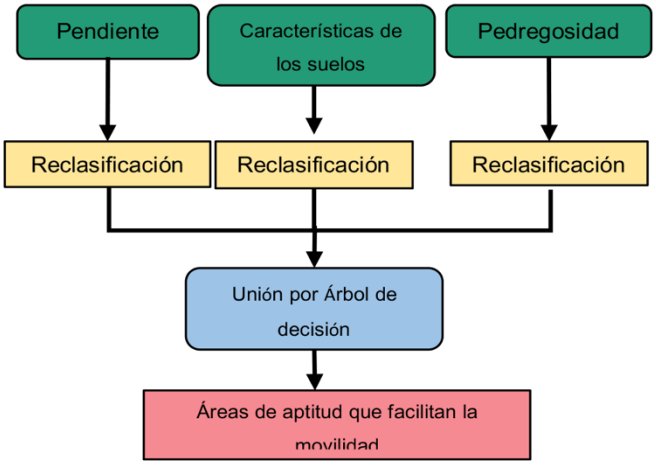
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

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

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el desarrollo de la variable se realizó el procesamiento que se describe a continuación:

Procedimiento para determinar la variable movilidad para la producción de búfalos en pastoreo.



La reclasificación y árbol de decisión para generar la salida gráfica final de la variable se resume en la siguiente tabla:

Pendiente	Características de los suelos	Pedregosidad	Aptitud
≤ 7	Resto (órdenes)	No pedregoso	A1
		Pedregoso	A2
	Orden Vertisoles (Gilgai) zurales, escarceos	No pedregoso	A2
		Pedregoso	A2
7 – 12	Resto (órdenes)	No pedregoso	A2
		Pedregoso	A2
	Orden Vertisoles (Gilgai) zurales, escarceos	No pedregoso	A2
		Pedregoso	A2
> 12	Resto (órdenes)	No pedregoso	A3
		Pedregoso	A3
	Orden Vertisoles (Gilgai) zurales, escarceos	No pedregoso	A3
		Pedregoso	A3

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para el establecimiento de los rangos de clase de aptitud de la variable, el valor final de la ponderación (que varía entre 1 y 3) se establece mediante la siguiente reclasificación:

Aptitud para la producción de búfalos en pastoreo

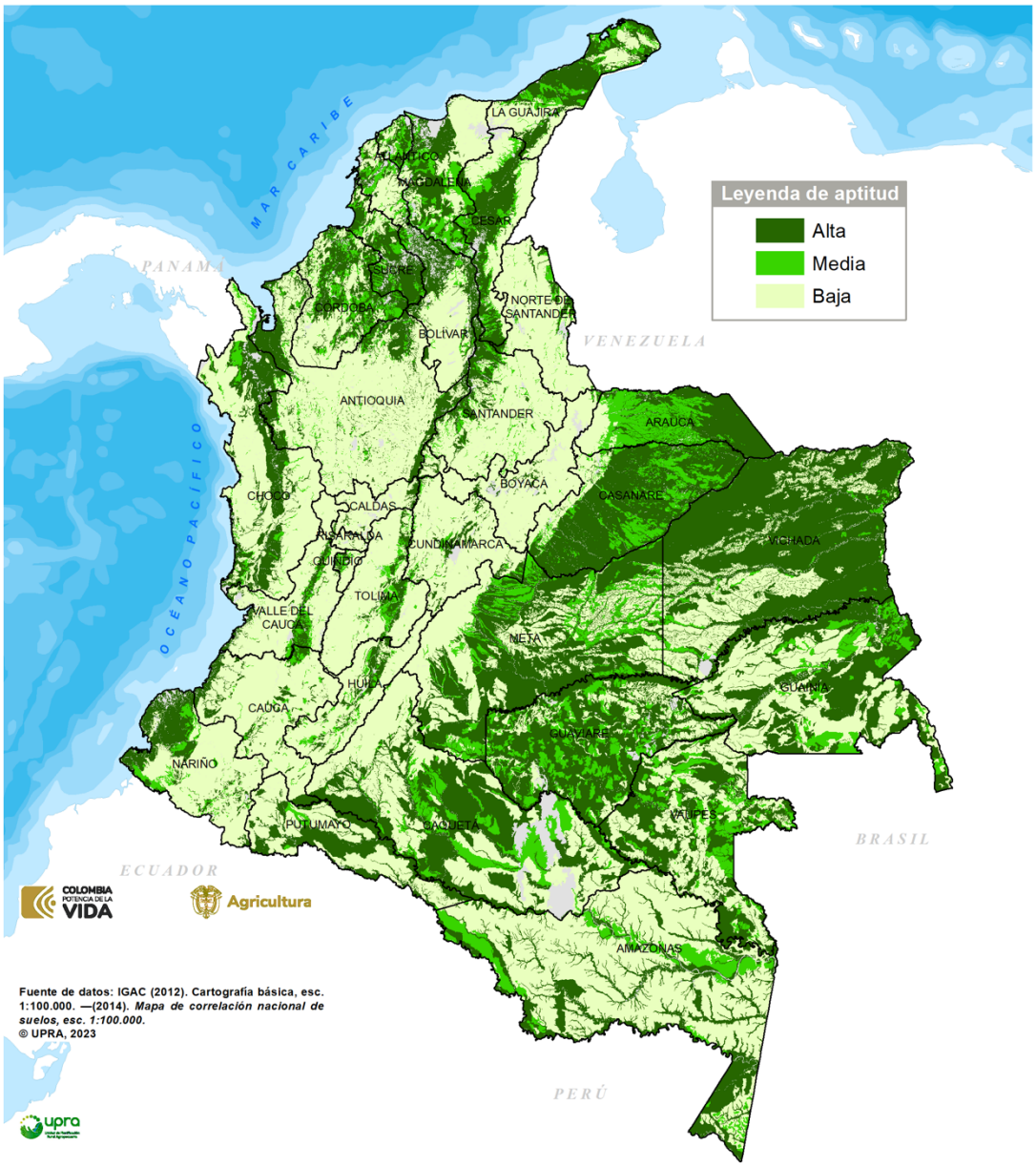
Variable movilidad

Descripción	Aptitud
Zonas donde no se ve alterada la movilidad de los búfalos en pastoreo	Alta (A1)
Zonas donde se ve alterada de forma moderada la movilidad de los búfalos en pastoreo	Media (A2)
Zonas donde se ve alterada altamente la movilidad de los búfalos en pastoreo	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Cualitativa

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO CONFORT ANIMAL
Subvariable movilidad

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Chesworth Ward. (2008). *Encyclopedia of soil science*. Springer. P. 298.
- IGAC. (2005). *Geomorfología aplicada a levantamientos edafológicos y zonificación física de tierras*. IGAC.
- _. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (Manual de códigos)*. IGAC.
- _. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, a escala 1:100.000*. IGAC.
- Online Etimology Dictionary. (2020). *Locomotion*. https://www.etymonline.com/word/locomotion07/10/2020
- Prabin Poudel, et.al. (2019). Comparative study in habitat suitability analysis of wild water buffalo (*Bubalus arnee*) in two flood plains of Chitwan National Park (CNP), Nepal. *International Journal of Research Studies in Zoology, 5*(3), pp. 1-10. DOI: http://dx.doi.org/10.20431/2454-941X.0503001
- Van Wambeke, A. y Forbes, T.R. (1987). Monografía técnica N.° 15. *Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas*. Pp. 44-46. SMSS.

2.2.2. Variable confort higrotérmico

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO		
CRITERIO ASOCIADO: CONFORT ANIMAL		
VARIABLE: confort higrotérmico	**UNIDAD DE MEDIDA:** temperatura y % de humedad relativa	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Capacidad que tiene el medio de brindar a los búfalos, durante su ciclo productivo, las comodidades térmicas (sensación térmica) suficientes que les permitan expresar su potencial genético, productivo, reproductivo y comportamental, sin alterar sus mecanismos fisiológicos ni generar algún signo de estrés calórico. De acuerdo con lo citado en Berdugo *et al.,* (2018) "El búfalo de agua (*Bubalus bubalis*) es un mamífero cuyo cuerpo absorbe una gran cantidad de radiación solar debido a su escaso pelo y piel oscura, además posee un sistema de enfriamiento evaporativo poco eficiente, puesto que su sudoración es escasa (Marai y Haeeb, 2009) lo que puede hacerlo más susceptible al estrés por calor".

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

"Los búfalos de agua son muy susceptibles al estrés térmico, especialmente cuando se exponen directamente a los rayos del sol, ya que tienen un mecanismo de enfriamiento por evaporación cutánea deficiente" (Berdugo *et al.,* 2018), es por ello que es importante identifica las zonas con las mejores condiciones de temperatura y humedad, sin ningún tipo de intervenciones medio ambientales o modificaciones en infraestructura; lo anterior permite al animal destinar sus utilidades calóricas a la producción de carne, leche y crías y no a mecanismos de termorregulación.

"El problema de estrés calórico en búfalos reduce el nivel de confort y ocasiona cambios drásticos en sus funciones biológicas tales como: reducción de ingesta y utilización del alimento, alteraciones en el metabolismo del agua, proteínas, balance de energía, minerales, reacciones enzimáticas, secreciones hormonales, y metabolitos sanguíneos. Estas alteraciones tienen como resultado disminución de crecimiento, producción y reproducción (Nagarcenkar y Sethi, (1981); Marai *et al*., (2006), citados por Berdugo *et al.,* 2018).

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

En el análisis de esta variable, no hay límites que califiquen zonas del territorio nacional como no aptas (N1).

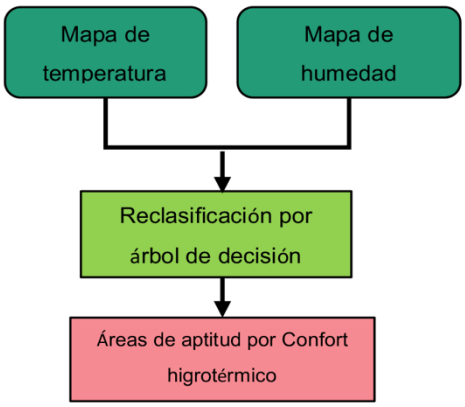
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La variable se construyó a partir de los valores medios de temperatura y humedad relativa ambiental.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el desarrollo de la variable se realizó el procesamiento que se describe a continuación:

Procedimiento para determinar el confort higrotérmico para la producción de búfalos en pastoreo.



Se tomaron los datos de temperatura (°C) y humedad relativa (%) del promedio multianual 1981-2019 y se corrieron según el siguiente árbol de decisión:

Temperatura media anual (°C/año)	Humedad relativa media anual (%/año)	Aptitud
13 - 22	≤80	A1
	80 - 85	A1
	>85	A2
22- 26	≤80	A1
	80 - 85	A2

	>85	A3
<13 y >26	≤80	A2
	80 - 85	A3
	>85	A3

Es preciso mencionar que existen características que pueden brindar al sistema productivo mejoras en las condiciones físico-medioambientales para que los búfalos no presenten incomodidades físicas o térmicas, las cuales se reducen a la adopción de nuevas tecnologías en la infraestructura del sistema productivo, ya sea ambiente mejorado, silvopastoreo, entre otras; decisión individual que adoptará cada productor dependiendo de las características de su sistema productivo, condiciones medioambientales del área donde se ubica la finca y raza de los animales (potencial biótico, adaptabilidad, etc.), lo cual imposibilita su espacialización pero que no se desconoce su existencia ni las ayudas productivas y rentables que puede generar en áreas con condiciones climáticas adversas.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para el establecimiento de los rangos de clase de aptitud de la variable, el valor final de la ponderación (que varía entre 1 y 3) se definió mediante la reclasificación de la temperatura y humedad relativa según lo más recomendado en diferentes estudios para el desarrollo del búfalo; así:

Aptitud para la producción de búfalos en pastoreo

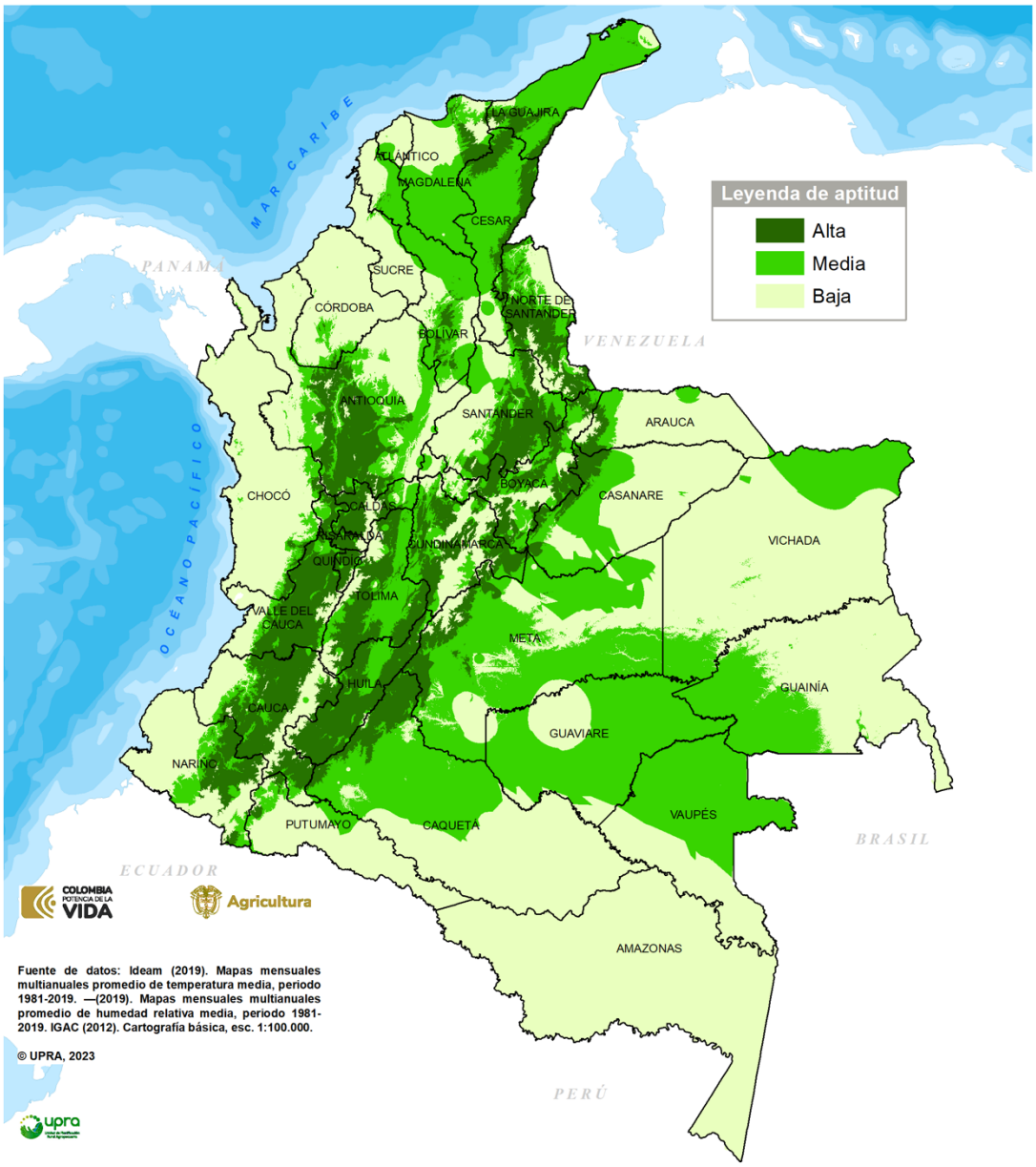
variable confort higrotérmico

Descripción	Aptitud
Zonas con sensación térmica óptima. Frecuencia respiratoria y cardíaca dentro de los parámetros normales o ideales para ingesta, crecimiento, producción y reproducción.	Alta (A1)
Zonas con sensación térmica moderada. Se empiezan a elevar ligeramente los parámetros respiratorios, cardíacos, puede presentar jadeo con o sin salivación y una leve disminución de la ingesta, crecimiento, producción y reproducción.	Media (A2)
Zonas con sensación térmica extrema. Se aumentan la frecuencia respiratoria y cardíaca, jadeo con salivación moderada a excesiva, reducción de ingesta, disminución de crecimiento, producción y reproducción.	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

T° y % HR

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO CONFORT ANIMAL
Variable confort higrotérmico

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Berdugo, J., Mota, D., Napolitano, F., Nava-Adame, J., Ruiz, J., López, C. & Guerrero-Legarreta, I. (2018). Cambio climático y el búfalo de agua. *Entorno Ganadero 2019. Suplemento especial Búfalos*, *15*(95): 26-36. DOI 10.13140/RG.2.2.17646.25924.
- Crudeli, G. (2011). *Fisiología reproductiva del búfalo*. Facultad de Ciencias Veterinarias

  Universidad Nacional del Nordeste Corrientes. Argentina. http://www.zootecnia.ucr.ac.cr/index.php/component/phocadownload/category/4-resena-seminario-taller-bufalo-agua?download=37:resena-seminario-taller-bufalo-agua
- Ideam. (2012). M*apa de distribución de la humedad relativa anual 1981-2010, escala 1:100.000*. Ideam.
- _. (2019). *Mapas mensuales multianuales promedio de humedad relativa media, periodo 1981-2019*. Ideam.
- _. (2019). *Mapas mensuales multianuales promedio de temperatura media, periodo 1981-2019*. Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- Marai, I.F.M. & Haeeb, A.A.M. (2010). Buffalo's biological functions as affected by heat stress - A review. *Livestock Science - LIVEST SCI. 127*, 89-109. DOI 10.1016/j.livsci.2009.08.001
- Sánchez, J. A., Romero, M.H., Suárez, Y.J. (2017) Estacionalidad reproductiva de la hembra bufalina (*Bubalus bubalis*). *Rev Inv Vet Perú, 28(3):* 606-618. http://dx.doi.org/10.15381/rivep.v28i3.13289

2.2.3. Variable áreas que facilitan la captación de agua y favorecen la termorregulación

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO		
CRITERIO ASOCIADO: CONFORT ANIMAL		
VARIABLE: áreas que facilitan la captación de agua y favorecen la termorregulación	**UNIDAD DE MEDIDA:** cualitativa	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Capacidad que tienen las diferentes áreas del territorio para facilitar la captación de agua, lo que podría favorecer la termorregulación de los búfalos y aumentar la aptitud de aquellas zonas del territorio con condiciones de sensación térmica no tan favorables para el desarrollo del búfalo en pastoreo.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Los búfalos se encuentran principalmente en áreas del trópico con agua permanentemente disponible. Pueden morir fácilmente en condiciones de calor (>38 °C) ya que son deficientes en glándulas sudoríparas en relación con su tamaño (Werner 2014). Durante los períodos de calor, pasan buena parte del día bañándose en agua y/o revolcándose en barro para reducir el estrés por calor y las picaduras de insectos.

Poseen la capacidad de pastorear plantas bajo el agua, a diferencia del ganado, por lo que el principal alimento de los animales salvajes se encuentra en los hábitats acuáticos (Ridpath 1991 y Werner 2014 citado por CABI, 2019).

Permite determinar las áreas del país donde las condiciones medio ambientales contribuyen con el confort animal y con su normal desarrollo productivo.

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

En el análisis de esta variable, no hay límites que califiquen zonas del territorio nacional como no aptas (N1).

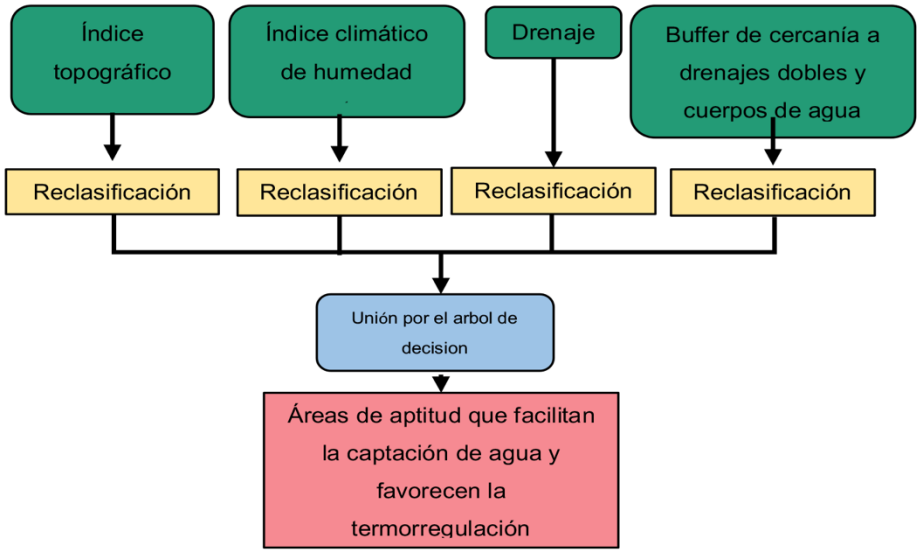
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

En el análisis de esta variable, no hay limitantes.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el desarrollo de la variable se realizó el procesamiento que se describe a continuación:

Procedimiento para determinar las áreas que facilitan la captación de agua y favorecen la termorregulación para la producción de búfalos en pastoreo.



La reclasificación de aptitud de las subvariables se describe a continuación:

Variable	Subvariable	Rangos de aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Áreas que facilitan la captación de agua y favorecen la termorregulación	Índice topográfico de humedad	>0,9	0,9 – 0,77	0,4 - 0,77	<0,4
	Índice climático de humedad para estanques	>10	7,5 - 10	<7,5	
	Drenaje	Pobre y muy pobre	Moderado, imperfecto	Bueno, excesivo	-
	Buffer de cercanía a drenajes dobles y cuerpos de agua	500	500 - 1000	>1000	-

Posteriormente las cuatro subvariables se unen mediante el siguiente árbol de decisión:

Índice climático de humedad para estanques	*Buffer* de cercanía a drenajes dobles y cuerpos de agua (metros)	Drenaje natural (clases)	Índice topográfico de humedad	Aptitud
A1	A1	A1	A1	A1
			A2	A1
			A3	A1
		A2	A1	A1
			A2	A1
			A3	A1
		A3	A1	A1
			A2	A1
			A3	A3
	A2	A1	A1	A1
			A2	A1
			A3	A1
		A2	A1	A1
			A2	A2
			A3	A2
		A3	A1	A1
			A2	A2
			A3	A3
	A3	A1	A1	A1
			A2	A1
			A3	A1
		A2	A1	A1
			A2	A2
			A3	A2
		A3	A1	A1
			A2	A2
			A3	A3
A2	A1	A1	A1	A1
			A2	A1
			A3	A1
		A2	A1	A1
			A2	A1
			A3	A1
		A3	A1	A1
			A2	A1
			A3	A3
	A2	A1	A1	A1

			A2	A1
			A3	A1
		A2	A1	A1
			A2	A2
			A3	A2
		A3	A1	A1
			A2	A2
			A3	A3
	A3	A1	A1	A1
			A2	A1
			A3	A1
		A2	A1	A1
			A2	A2
			A3	A2
		A3	A1	A1
			A2	A2
			A3	A3
A3	A1	A1	A1	A1
			A2	A1
			A3	A3
		A2	A1	A1
			A2	A1
			A3	A3
		A3	A1	A1
			A2	A1
			A3	A3
	A2	A1	A1	A1
			A2	A1
			A3	A3
		A2	A1	A1
			A2	A2
			A3	A3
		A3	A1	A1
			A2	A2
			A3	A3
	A3	A1	A1	A3
			A2	A3
			A3	A3
		A2	A1	A3
			A2	A3
			A3	A3
		A3	A1	A3
			A2	A3
			A3	A3

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para el establecimiento de los rangos de clase de aptitud de la variable, el valor final de la ponderación (que varía entre 1 y 3) se establece así:

Aptitud para la producción de búfalos en pastoreo

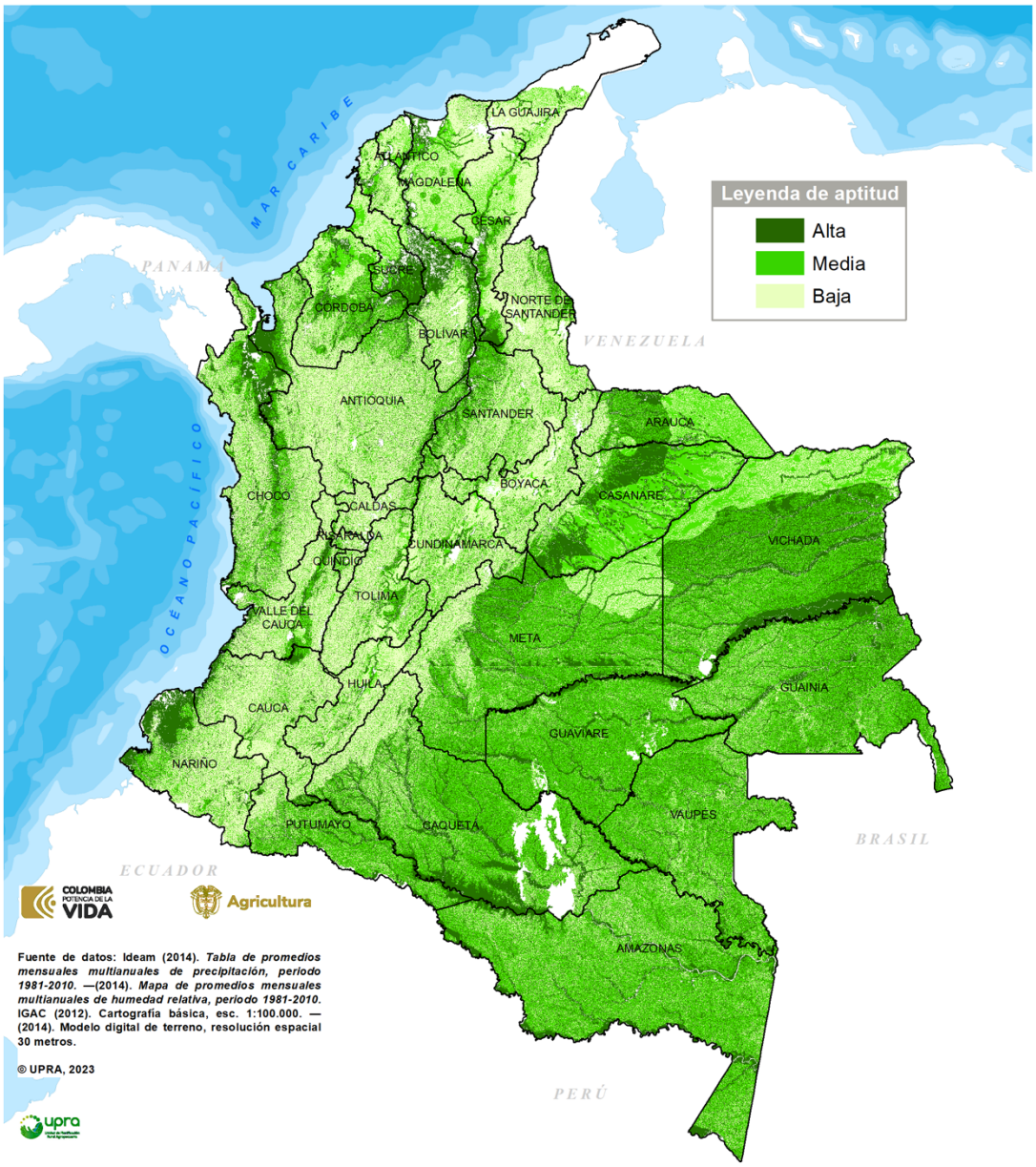
Variable áreas que facilitan la captación de agua y favorecen la termorregulación

Descripción	Aptitud
Mayor facilidad para la captación de agua	Alta (A1)
Facilidad moderada para la captación de agua	Media (A2)
Baja facilidad para la captación de agua	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Cualitativa

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO CONFORT ANIMAL
Variable áreas que facilitan la captación de agua y favorecen la termorregulación

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Beven K. & Kirkby J. (1979). A physically based, variable contributing area model of basin hydrology / Un modèle à base physique de zone d'appel variable de l'hydrologie du bassin versant, *Hydrological Sciences Journal*, *24:1*, 43-69, DOI: 10.1080/02626667909491834.
- CABI. (2019). *Bubalus bubalis* (Asian water buffalo). https://www.cabi.org/isc/datasheet/90762#tosummaryOfInvasiveness
- Ideam. (2014). *Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación y evaporación, periodo 1981-2010*. Ideam.
- IGAC. (2002). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 30 o 90 m (según corresponda)*. IGAC.
- _. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (Manual de códigos)*. IGAC.
- _. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- Soil Science Division Staff. (2018). Soil survey manual. USDA. United States Department of Agriculture. *Agriculture Handbook N.° 18*. p. 213-215.
- Shuttle Radar Topography Mission (SRTM). (2015). *Modelo digital de elevación 30 metros*. USGS.
- Soil Survey Staff. (2014). *Key to soil taxonomy*. Twelfth Edition. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service.

2.2.4. Variable condiciones de sombrío

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO		
CRITERIO ASOCIADO: CONFORT ANIMAL		
VARIABLE: condiciones de sombrío	**UNIDAD DE MEDIDA:** cobertura	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

La variable mide la capacidad que tiene el medio de brindar sombrío mediante las coberturas naturales existentes; se obtiene mediante la reclasificación de las coberturas Corine y Modis.

En los sistemas de producción bajo pastoreo, reviste gran importancia el proporcionar sombrío y protección a los animales frente a las condiciones climáticas, por ejemplo el uso de barreras vivas entre otras, durante el desarrollo productivo del animal puesto que “los efectos negativos observados en tratamientos sin sombrío de árboles repercutieron de forma mínima en alteraciones metabólicas, evidenciando respuestas homeostáticas en el animal ante las condiciones ambientales” (Barragán *et al.*, 2015), lo que se traduce finalmente en baja rentabilidades y pérdidas económicas para el productor generadas por el estrés calórico el cual puede ser mejorado gracias a las coberturas naturales que proporcionen sombrío.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Los búfalos al ser deficientes en glándulas sudoríparas que le faciliten la termorregulación y al encontrarse “en ausencia de agua para revolcarse”, pueden sobrevivir buscando sombra y se comportarán como el ganado” (Tulloch y Litchfield, 1981 citados por CABI, 2019); es por ello la importancia de determinar las coberturas naturales actuales que proporcionan sombra y un grado de protección frente a la radiación solar en un área determinada, para contribuir con el confort animal y mejorar las condiciones de sensación térmica para el desarrollo productivo del animal.

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

En el análisis de esta variable, no hay límites que califiquen zonas del territorio nacional como no aptas (N1).

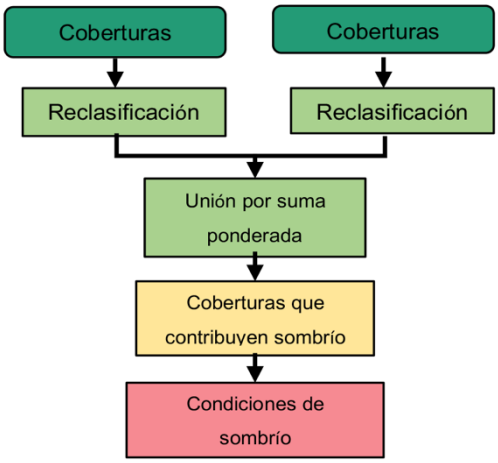
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La variable se construyó a partir de las coberturas Corine 2014 y las coberturas Modis, las cuales pueden haber variado a la actualidad.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

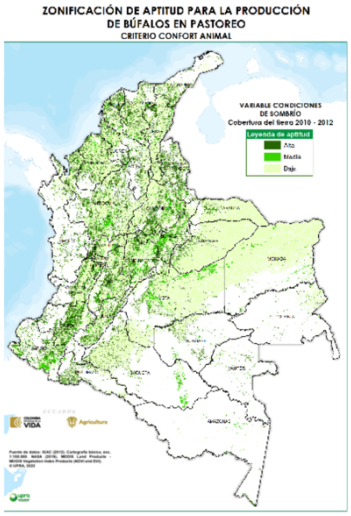
Para el desarrollo de la variable se realizó el procesamiento que se describe a continuación:

Procedimiento para determinar las condiciones de sombrío para la producción de búfalos en pastoreo.



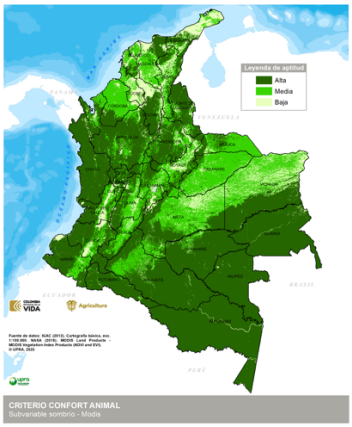
La reclasificación realizada de las coberturas Corine 2014 que brindan sombrío y el resultado de la salida gráfica para los búfalos en pastoreo son los siguientes:

Descripción	Aptitud
Zonas donde las coberturas naturales generan mayor sombrío (2.2.4/2.3.2/2.4.3/2.4.4/3.1.5/2.2.3.1/3.2.1.1.1.2)	Alta (A1)
Zonas donde las coberturas naturales generan sombrío moderado (2.4.2/3.1.5/2.2.2.3/2.2.3.4/3.1.5.1/3.1.5.2/3.2.1.1.1.2/3.2.1.1.1.3/3.2.1.1.2.2)	Media (A2)
Zonas donde las coberturas naturales generan menor sombrío (2.1.1/2.1.2/2.1.4/2.1.5/2.2.1/2.2.2/2.3.1/2.3.3/2.4.1/2.4.2/2.1.2.1/2.1.2.2 2.1.3.1/2.1.4.1/2.1.4.2/2.1.5.1/2.2.1.1/2.2.3.2/3.2.1.1/3.2.1.2/3.2.1.2.1 /3.2.1.2.2/3.2.3.1/3.2.3.2/3.2.3/2.2.1.2.1/3.2.1.1.1/3.2.1.1.1.1)	Baja (A3)



La reclasificación realizada a las coberturas Modis que brindan sombrío y el resultado de la salida gráfica para los búfalos en pastoreo son los siguientes:

Calificación de las coberturas	Aptitud
1 - 5 y 8	Alta (A1)
6, 7 y 9	Media (A2)
10 - 12, 14 y 17	Baja (A3)
13, 15 y 16	No apta (N1)



Por último, se realiza una unión por suma ponderada 0,7 (Modis) + 0,3 (Corine) para generar la salida gráfica final de la variable con la máscara de coberturas aptas para no dar aptitud a coberturas de conservación como el Amazonas.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para el establecimiento de los rangos de clase de aptitud de la variable, el valor final de la ponderación (que varía entre 1 y 3) se establece mediante la siguiente reclasificación:

Aptitud para la producción de búfalos en pastoreo

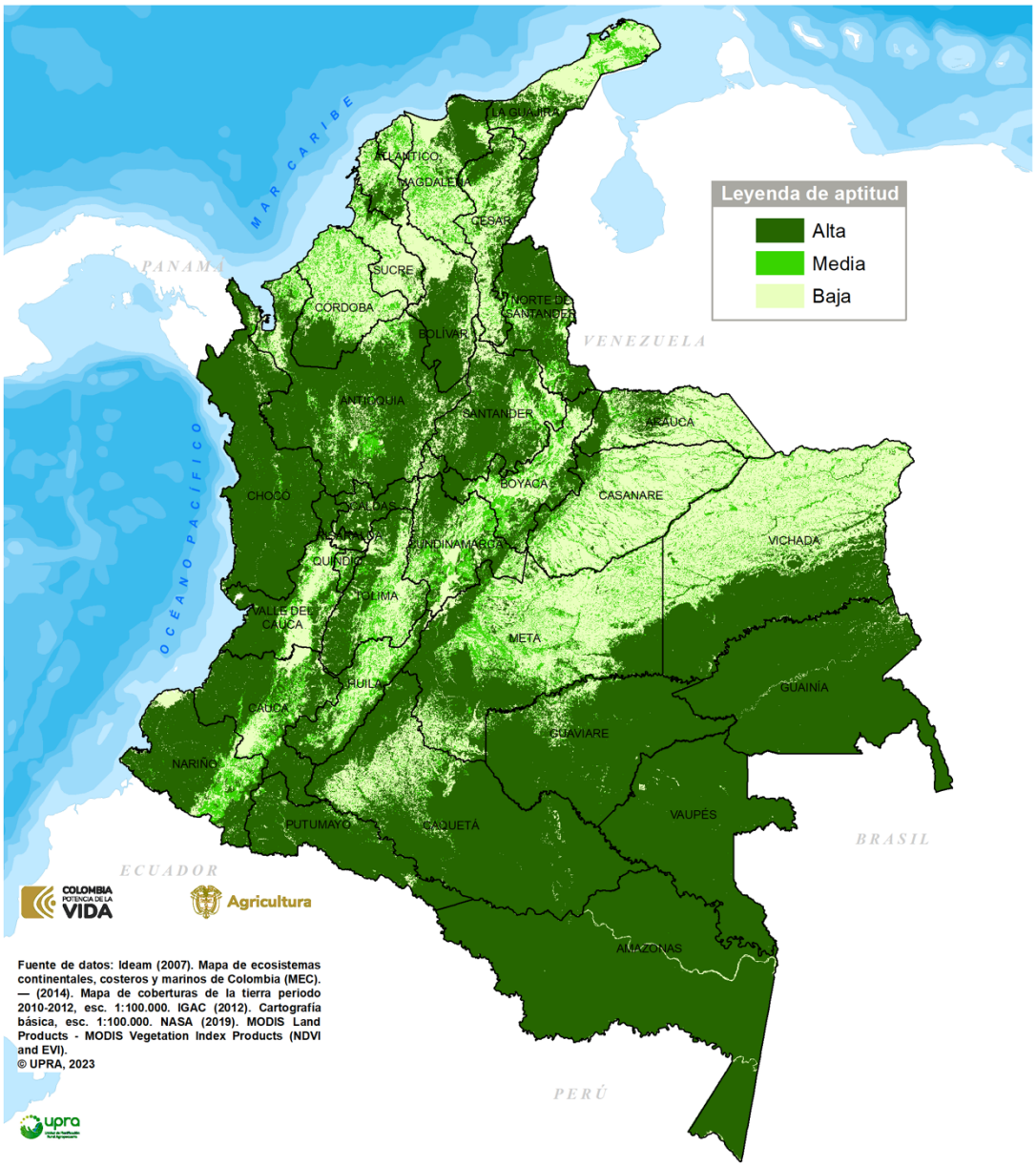
Variable condiciones de sombrío

Descripción	Aptitud
Zonas donde las coberturas naturales generan mayor sombrío	Alta (A1)
Zonas donde las coberturas naturales generan sombrío moderado	Media (A2)
Zonas donde las coberturas naturales generan menor sombrío	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Cobertura

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO CONFORT ANIMAL
Variable condiciones de sombrío

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Barragán, W.; Mahecha, L; Cajas Y. (2015). Variables fisiológicas-metabólicas de estrés calórico en vacas bajo silvopastoreo y pradera sin árboles. *Revista de Agronomía Mesoamericana, 26*(2), Universidad de Costa Rica.
- CABI. (2019). *Bubalus bubalis* (Asian water buffalo). https://www.cabi.org/isc/datasheet/90762#tosummaryOfInvasiveness
- Friedl, M., Sulla-Menashe, D. (2015). MCD12Q1 MODIS / Terra + Aqua Tipo de cubierta de tierra Anual L3 Global 500m SIN Grilla V006 [Conjunto de datos]. NASA EOSDIS Land Processes DAAC. DOI: 10.5067 / MODIS / MCD12Q1.006
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* IGAC.
- _. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000*. IGAC.
- Prieto, M. (2014). *Beneficios del bienestar animal en la produccion pecuaria*. 3° Foro Internacional México Calidad Suprema: Tendencias del Sector Agroalimentario.

2.3. Criterio potencial forrajero de pastos nativos y naturalizados

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO		
CRITERIO: APROPIACIÓN Y ACCESO AL AGUA		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• Número de especies de importancia forrajera presentes, expresado como valores normalizados del número de especies con mayor potencial forrajero en Colombia, basado en su distribución biogeográfica o patrones corológicos. • Uso tradicional de los pastos nativos como forrajes, expresado como categorías cualitativas de uso de especies nativas como forraje.		

DEFINICIÓN

Expresa la distribución natural de algunas de las principales especies de pastos de la familia *Poaceae* (gramíneas), utilizadas en mayor o menor grado como forrajes para la producción de ganado bufalino en Colombia, así como el uso potencial que podrían tener según el grado de conocimiento y tradición en su utilización a nivel regional.

Las poáceas (gramíneas) han sido desde la antigüedad una de las familias de plantas más importantes para el hombre ya que, de acuerdo con el sitio geográfico, pueden llegar a representar la principal fuente de alimentos (trigo, maíz, arroz, entre otros cereales); también se emplean como forraje para los animales. Las gramíneas son la fuente más grande de bienestar en el mundo, ya que no solo nos suministran el pan –base de la alimentación de casi todos los pueblos–, sino que son también los principales constituyentes de las praderas y las sabanas que alimentan los ganados (Cañas, 2013).

De acuerdo con Cañas (2013), las gramíneas constituyen la sexta familia más rica en la flora de Colombia. En el contexto latinoamericano, Colombia ocupa el cuarto lugar en riqueza de flora agrostológica. De acuerdo con los registros del Herbario Nacional Colombiano (COL), del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia (UNAL de Colombia, 2020), las regiones naturales de Colombia que presentan la mayor riqueza agrostológica son la Andina, la Orinocense, la Caribe y la Guayanesa, con 616, 277, 210 y 195 especies, respectivamente. Se ha observado, que las tierras bajas presentan el mayor número de especies: 0-500 m. snm con 425 especies; 500-1000 m. snm con 271 especies; 1000-1500 m. snm con

269 especies. Dentro de esta familia se documentaron 211 especies usadas en diferentes grupos y dentro de éstas 68 especies como forrajeras.

Esta gran presencia de especies de gramíneas forrajeras, favorecen la ganadería extensiva en algunas áreas del país, en las cuales se da muy poco manejo de las pasturas cultivadas, por lo cual además de generar un buen potencial de uso como forraje, ha demostrado que desde el punto de vista nutritivo y por sus condiciones organolépticas propias, pueden convertirse en una fuente importante de alimento para la ganadería (Sossa *et al*., 2017; Peñuela *et al*,.2014).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Contribuye a la identificación de áreas con pasturas naturales y naturalizadas, las cuales de alguna forma son o podrían ser utilizadas como alternativas potenciales o como suplemento a los pastos forrajeros utilizados normalmente en la producción ganadera bufalina.

El criterio contribuye a discriminar las unidades de mayor concentración y probabilidad de distribución de las diferentes especies de gramíneas forrajeras, en el territorio colombiano como potenciales fuentes alternativas de alimento para la implementación de sistemas pecuarios.

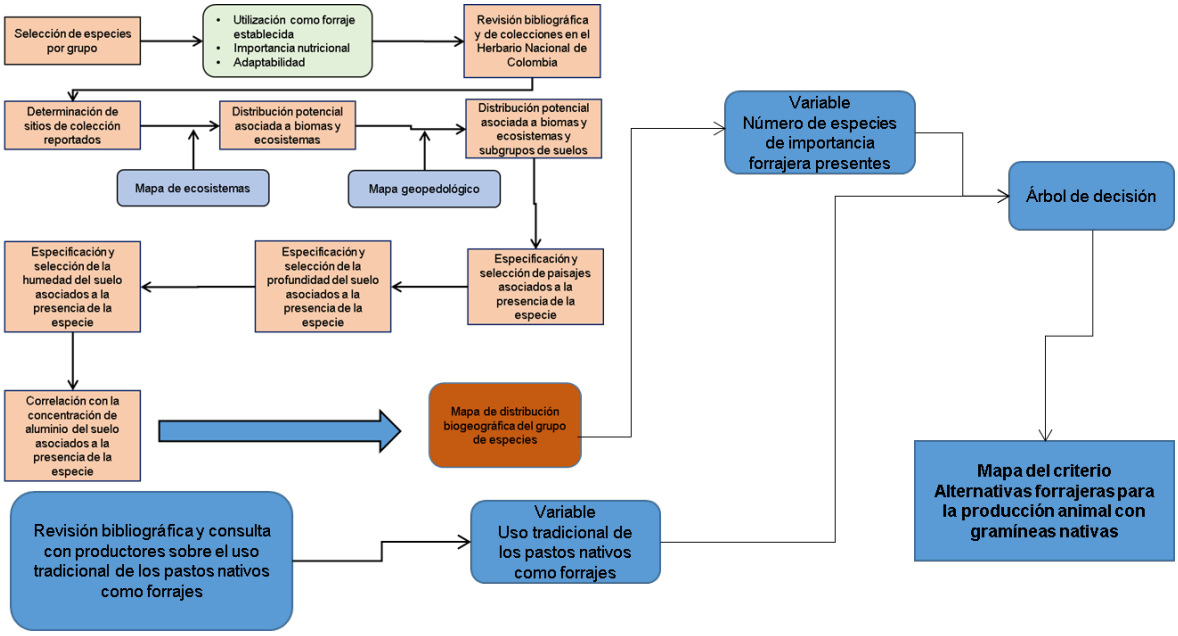
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

La principal limitante identificada está relacionada con la poca información bibliográfica disponible sobre pastos nativos utilizados como forraje en nuestro país.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

El criterio se construyó a partir de la integración de las dos variables que lo componen: número de especies de importancia forrajera presentes y uso tradicional de los pastos nativos como forrajes. Cada una de estas variables ha sido previamente cartografiada y clasificada en tres rangos de aptitud, de acuerdo con las metodologías explicadas en sus respectivas fichas. La metodología general puede observarse en la figura 1.

Figura 1. Diagrama metodológico para la evaluación del criterio la variable



Fuente: Elaboración propia.

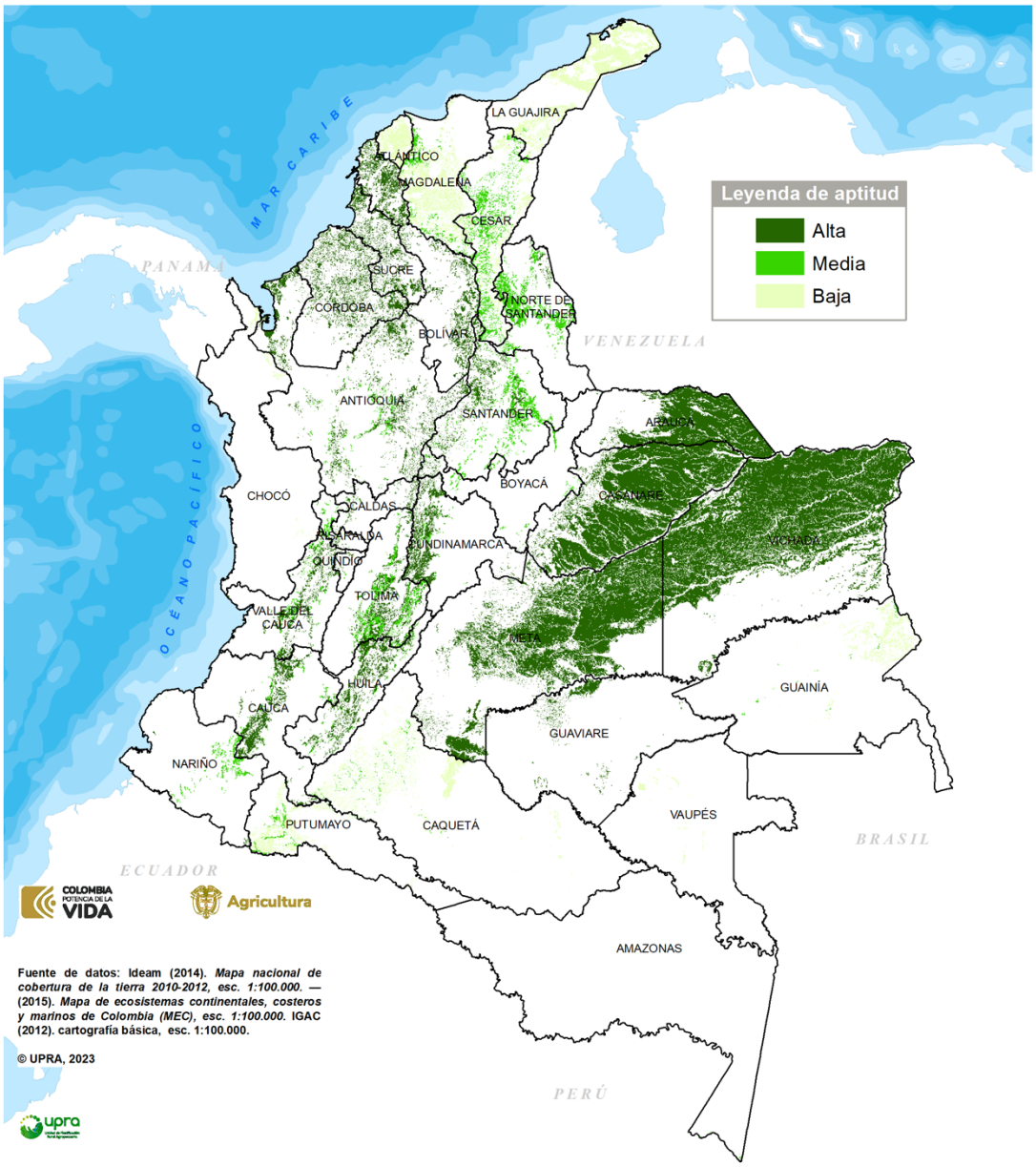
Como se puede observar, para la construcción del criterio, se llevaron a cabo las siguientes actividades:

- Revisión bibliográfica y revisión de ejemplares de referencia en el Herbario Nacional Colombiano.
- Selección de especies de mayor importancia para su uso como forrajes.
- Búsqueda bibliográfica y por referencias de los sitios y datos de colección; se correlaciona la información con aspectos tales como clima, altitud de la distribución de las especies, bioma en la cual se desarrollan y características de los suelos en los cuales se encuentran naturalmente, con el fín de determinar los principales aspectos corológicos de cada una de ellas.
- Generación del mapa de distribución para cada una de las especies seleccionadas.
- Superposición de los mapas de distribución.
- Análisis y conteo de la cantidad de especies que se entrecruzan en sus rangos de distribución.
- Revisión bibliográfica y consulta con productores sobre el conocimiento del uso de estas especies en las diferentes regiones del país.
- Finalmente, para la construcción del criterio se integraron las variables Uso tradicional de los pastos nativos como forrajes y número de especies de importancia forrajera presentes, a través de una unión manteniendo la mayor aptitud (Integración por el máximo).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Variables	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta
Número de especies de importancia forrajera presentes	Valores normalizados del número de especies con mayor potencial forrajero en Colombia, basado en su distribución biogeográfica o patrones corológicos	Áreas que comparten la distribución de 5 o más especies	Áreas que comparten la distribución de 3 a 5 especies	Áreas en las cuales se distribuyen menos de 3 especies	No aplica
Uso tradicional de los pastos nativos como forrajes	Categorías cualitativas de uso de especies nativas como forraje	Áreas reportadas con uso conocido y frecuente de pastos nativos como forraje	Áreas en las cuales el uso de pastos nativos como forrajes es conocido, pero es poco frecuente su uso en actividades pecuarias	Áreas en las cuales existen pastos nativos con potencial forrajero, pero no se conoce su uso ni su utilización	No aplica

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO POTENCIAL FORRAJERO DE PASTOS NATIVOS Y NATURALIZADOS

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Giraldo, D.; Alonso, D. (2013). *Las gramíneas en Colombia: riqueza, distribución, endemismo, invasión, migración, usos y taxonomías populares*. Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencias Naturales, (biblioteca José Jerónimo Triana; no.26) 384 pp: ilustraciones. Universidad Nacional de Colombia.
- Peñuela, L; Solano, C; Ardila, V & Galán, S. (2014). *Sabana inundable y ganadería opción productiva de conservación en la Orinoquia*. Rednastur, WWF, TNC, y PNN.
- Sossa, P; Lopera, J; Bothía, J; Galindo, A. (2017). *Evaluación agronómica de los pastos nativos lambedora Leersia hexandra y guaratara Axonopus purposii en sabanas inundables del municipio de Arauca*. En Murgueitio, E; Galindo, A; Lopera J; Bothía, J; Sossa, C. *Reconversión ganadera y sistemas silvopastoriles en sabanas inundables*. Editorial CIPAV.
- Universidad Nacional de Colombia. (2020). Herbario Nacional Colombiano (COL). http://www.biovirtual.unal.edu.co/es/colecciones/search/plants/

2.3.1. Variable número de especies de importancia forrajera presentes

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO		
CRITERIO ASOCIADO: POTENCIAL FORRAJERO DE PASTOS NATIVOS Y NATURALIZADOS		
VARIABLE: número de especies de importancia forrajera presentes	**UNIDAD DE MEDIDA:** valores normalizados del número de especies con mayor potencial forrajero en Colombia, basado en su distribución biogeográfica o patrones corológicos	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Describe los patrones de distribución natural de un grupo seleccionado de especies de gramíneas nativas y naturalizadas que, por su importancia como potencial forrajero, pueden servir como alternativas para la producción pecuaria en las principales zonas bufaleras del país.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite realizar una aproximación al conocimiento de la presencia de algunas especies de gramíneas de uso forrajero en el país, las cuales podrían llegar a ser de importancia en la producción ganadera de búfalos.

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

Esta variable no genera ningún tipo de exclusión (N1).

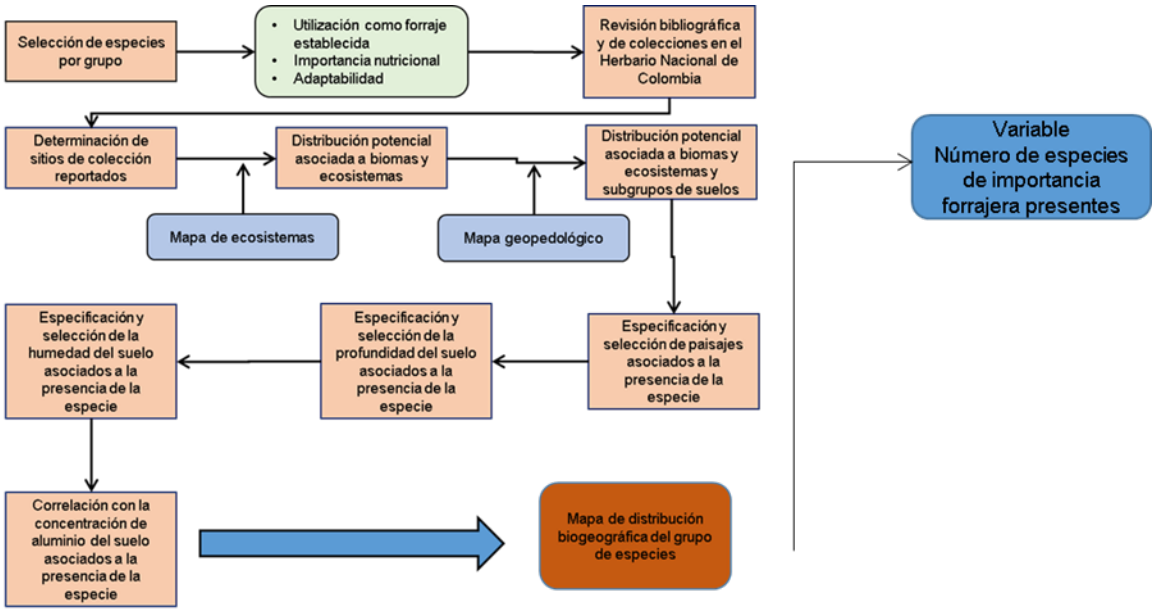
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La principal limitante identificada está relacionada con la dificultad de georreferenciación precisa de sitios de colección de las especies consideradas pastos nativos utilizados como forraje en nuestro país, ya que la información contenida en los ejemplares del herbario no posee datos de coordenadas, sino que están referidos a sitios dentro de un municipio determinado.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La metodología empleada para la evaluación de esta variable se observa en la figura 1.

Figura 1. Método para la evaluación de la variable



Fuente: Elaboración propia.

Para su construcción, se partió de una revisión de los ejemplares colectados en el Herbario Nacional Colombiano (COL), del Instituto de Ciencias naturales de la Universidad Nacional de Colombia (UNAL de Colombia, 2020) y en la obra de referencia sobre gramíneas de Colombia desarrollada por Cañas en el 2013.

A partir de dicha revisión se realizó un análisis de los principales patrones de distribución de las 63 especies de gramíneas citadas para el país, con uso forrajero.

Una vez obtenido un primer mapa de distribución de estas especies mediante revisión de la literatura y por comunicación con productores pecuarios de diversas zonas del país, se realizó la selección de las especies más representativas, siendo estas:

Gramíneas nativas:

- Pasto Guaratara, *Axonopus purpusii* (figura 2)
- Pasto Lambedora o Lambe-Lambe, *Leersia hexandra* (figura 3)
- Pasto Gramalote *Paspalum fasciatum* (figura 4)
- Grama nativa, *Axonopus compresus* (figura 5)
- Pasto Maciega, *Paspalum virgatum* (figura 6)
- Pasto Canutillo, *Andropogon lateralis* (figura 7)

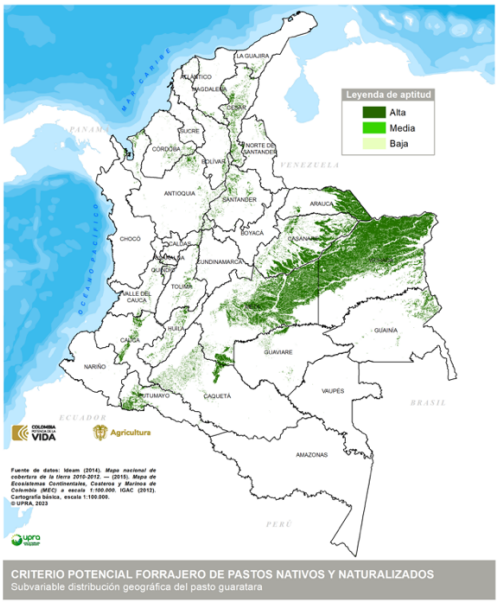
Gramínea introducida naturalizada:

- Pasto Colusuana, *Bothriochloa pertusa* (figura 8)

Una vez seleccionadas las especies de mayor importancia, mediante revisión de literatura de los principales factores corológicos que inciden en su distribución (bioma en el cual se encuentra, clima, altitud, tipo de suelos), se procedió a realizar para cada una de las especies el mapa de distribución, correlacionando la cartografía existente del mapa de ecosistemas de Colombia (Ideam, 2015), utilizando la información de biomas, clima y la geopedología que contiene como atributos y los puntos de colección una vez georeferenciados o ubicados por aproximación al lugar reportado de colección.

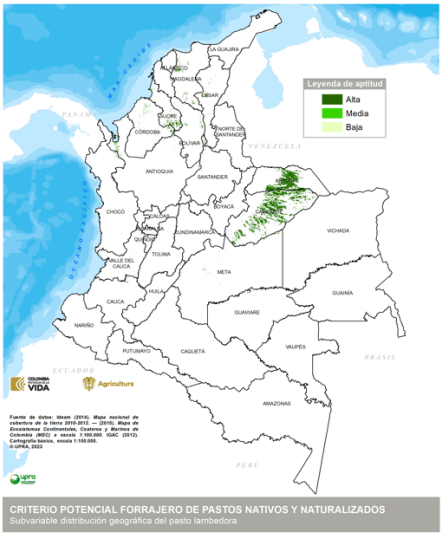
Posteriormente, se procedió a realizar una superposición (unión cartográfica de los mapas de distribución de las 7 especies seleccionadas (figura 10) y posteriormente se realizó el conteo de cuántas de ellas comparten el mismo sitio. Con dicha información, se procedió a generar el mapa de aptitud de la variable a partir de la clasificación mostrada en la tabla 1.

Figura 2. Distribución biogeográfica del pasto guaratara



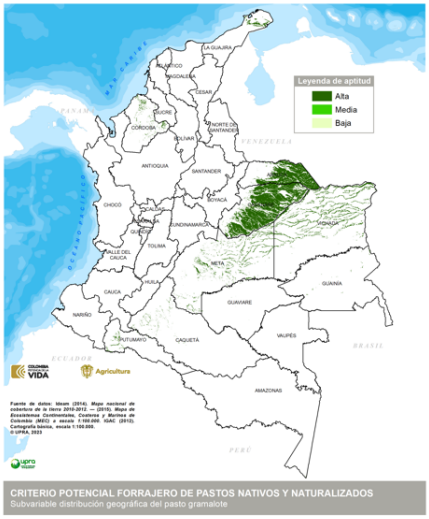
Fuente: Elaboración propia.

Figura 3. Distribución biogeográfica del pasto Lambedora



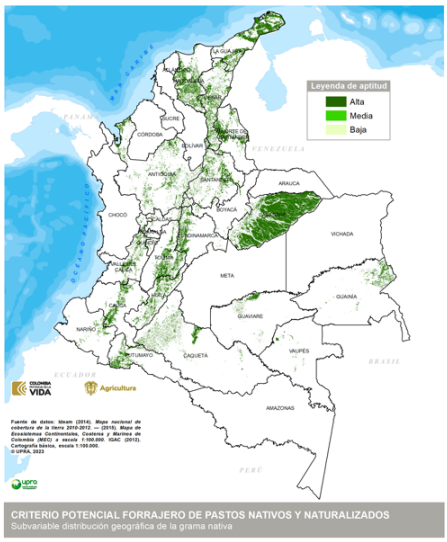
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Distribución biogeográfica del pasto Gramalote



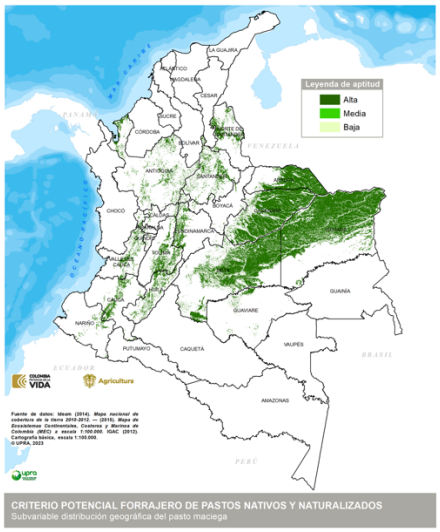
Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Distribución biogeográfica de la Grama nativa



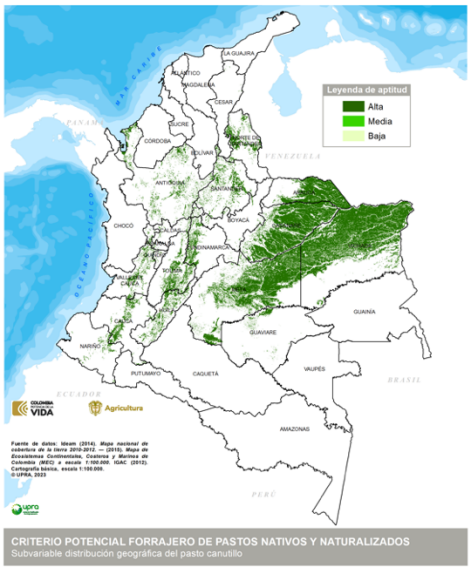
Fuente: Elaboración propia.

Figura 6. Distribución biogeográfica del pasto Maciega



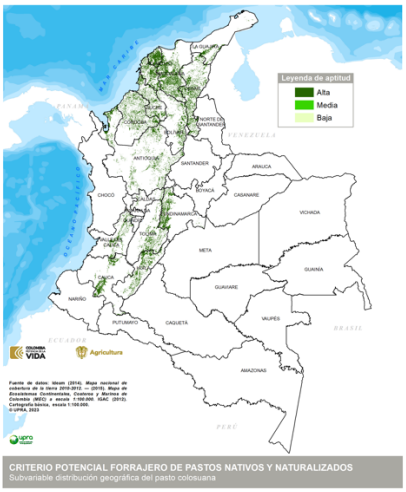
Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Distribución biogeográfica del pasto Canutillo



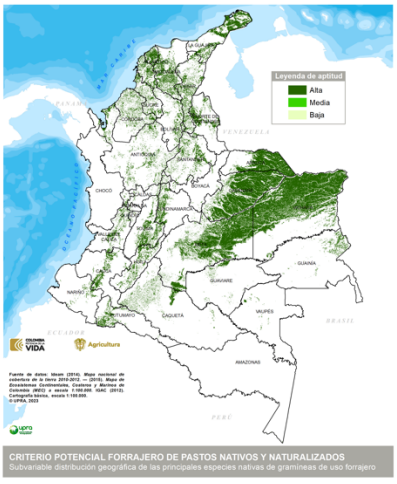
Fuente: Elaboración propia.

Figura 8. Distribución biogeográfica del pasto Colosuana



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Distribución biogeográfica de las principales especies nativas de gramíneas de uso forrajero



Fuente: Elaboración propia.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos de aptitud varían de acuerdo con el número de especies que comparten su misma distribución geográfica.

De esta forma, se establece una relación directamente proporcional entre la aptitud y la cantidad de especies por un área determinada.

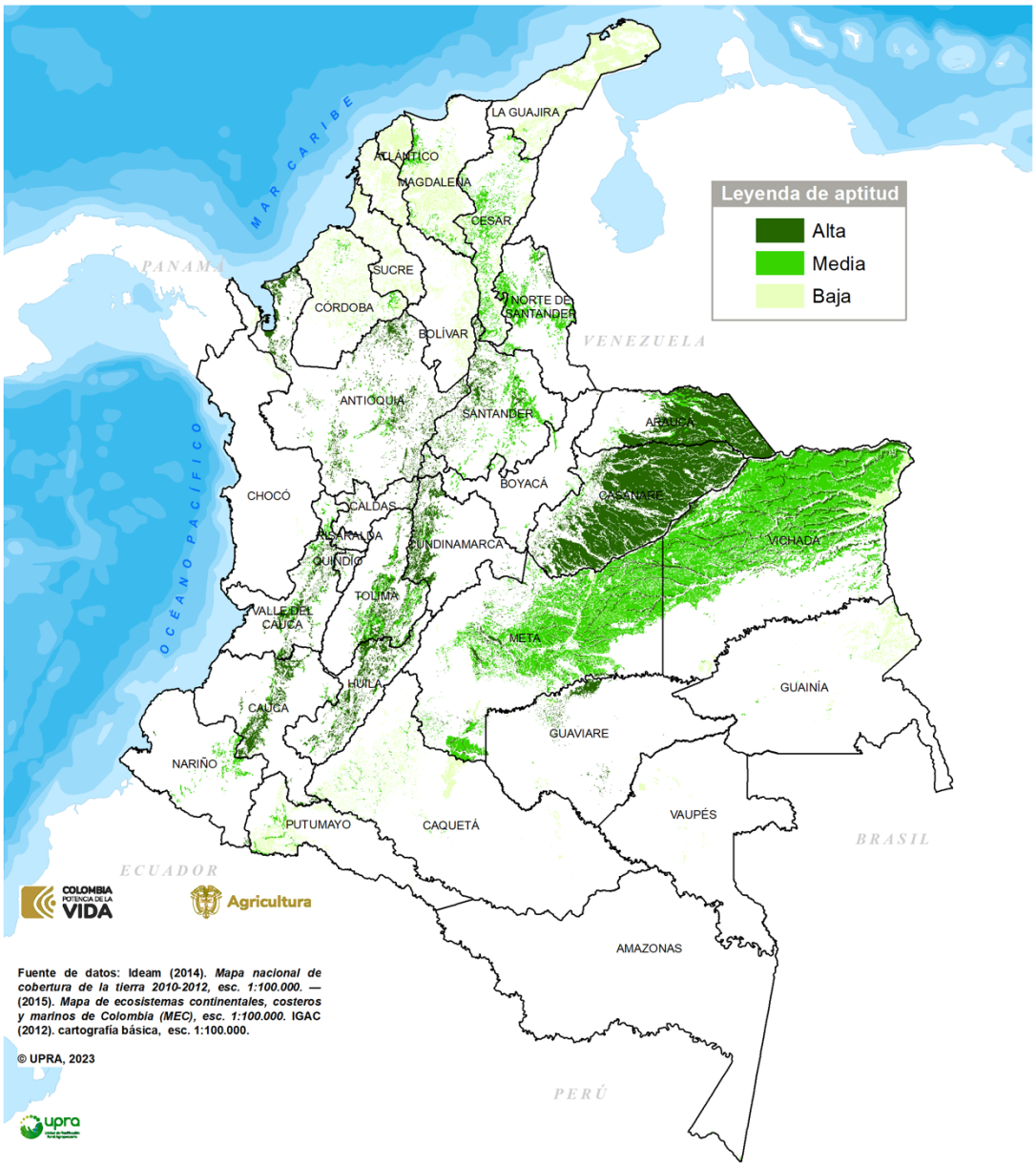
Rangos de aptitud para la variable

Unidad de medida	Aptitud			
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
Valores normalizados del número de especies con mayor potencial forrajero en Colombia, basado en su distribución biogeográfica o patrones corológicos	Áreas que comparten la distribución de 5 o más especies	Áreas que comparten la distribución de 3 a 5 especies	Áreas en las cuales se distribuyen menos de 3 especies	No aplica

UNIDAD DE ANÁLISIS

Áreas que comparten las especies de gramíneas con potencial forrajero

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO POTENCIAL FORRAJERO DE PASTOS NATIVOS Y NATURALIZADOS
Variable número de especies de importancia forrajera presentes

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Giraldo, D.; Alonso, D. (2013). *Las gramíneas en Colombia: riqueza, distribución, endemismo, invasión, migración, usos y taxonomías populares*. Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencias Naturales, (biblioteca José Jerónimo Triana; no.26) 384 pp: ilustraciones. Universidad Nacional de Colombia.
- Ideam, IGAC, IAVH, Invemar, Sinchi e IIAP. (2015*). Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia*. 313 p. Ideam, IGAC, IAVH, Invemar, Sinchi, IIAP.
  Universidad Nacional de Colombia. (2020). Herbario Nacional Colombiano (COL). http://www.biovirtual.unal.edu.co/es/colecciones/search/plants/

2.3.2. Variable uso tradicional de los pastos nativos como forrajes

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO		
CRITERIO ASOCIADO: POTENCIAL FORRAJERO DE PASTOS NATIVOS Y NATURALIZADOS		
VARIABLE: uso tradicional de los pastos nativos como forrajes	**UNIDAD DE MEDIDA:** categorías cualitativas de uso de especies nativas como forraje	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Identifica las zonas en las cuales se tiene conocimiento del uso de especies nativas como forrajes y que se usan frecuentemente en la alimentación del ganado bufalino.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Denota la importancia cultural del uso de las especies nativas como potenciales alimentos de índole forrajera en sistemas de producción pecuaria, así como la disponibilidad existente para fomentar su uso como alternativa suplementaria a los pastos cultivados.

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

No aplican valores de exclusión (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La principal limitante identificada se fundamenta en la poca información sistematizada del uso tradicional de especies de gramíneas forrajeras nativas de Colombia.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La variable se desarrolló a partir de la identificación realizada por algunos autores y expertos en agrostología del país sobre el conocimiento y uso de especies de gramíneas forrajeras.

Cañas (2013) identificó para Colombia cerca de 63 especies de pastos con este tipo de uso; por su parte, Sossa *et al*., (2017) y Galindo *et al*., (2017), identifcaron la importancia que tienen las pasturas nativas para el sostenimiento de la ganadería en las sabanas del Arauca. Peñuela *et al*., (2014), Huertas, (2014) y Ocampo y Peñuela (2014), por su parte, analizaron la importancia de dichas gramíneas para el fortalecimiento y manejo sostenible de la ganadería en el departamento del Casanare y norte del Meta.

A partir de esta información y otra suministrada por productores de varios departamentos del país, se desarrolló el mapa de la variable.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

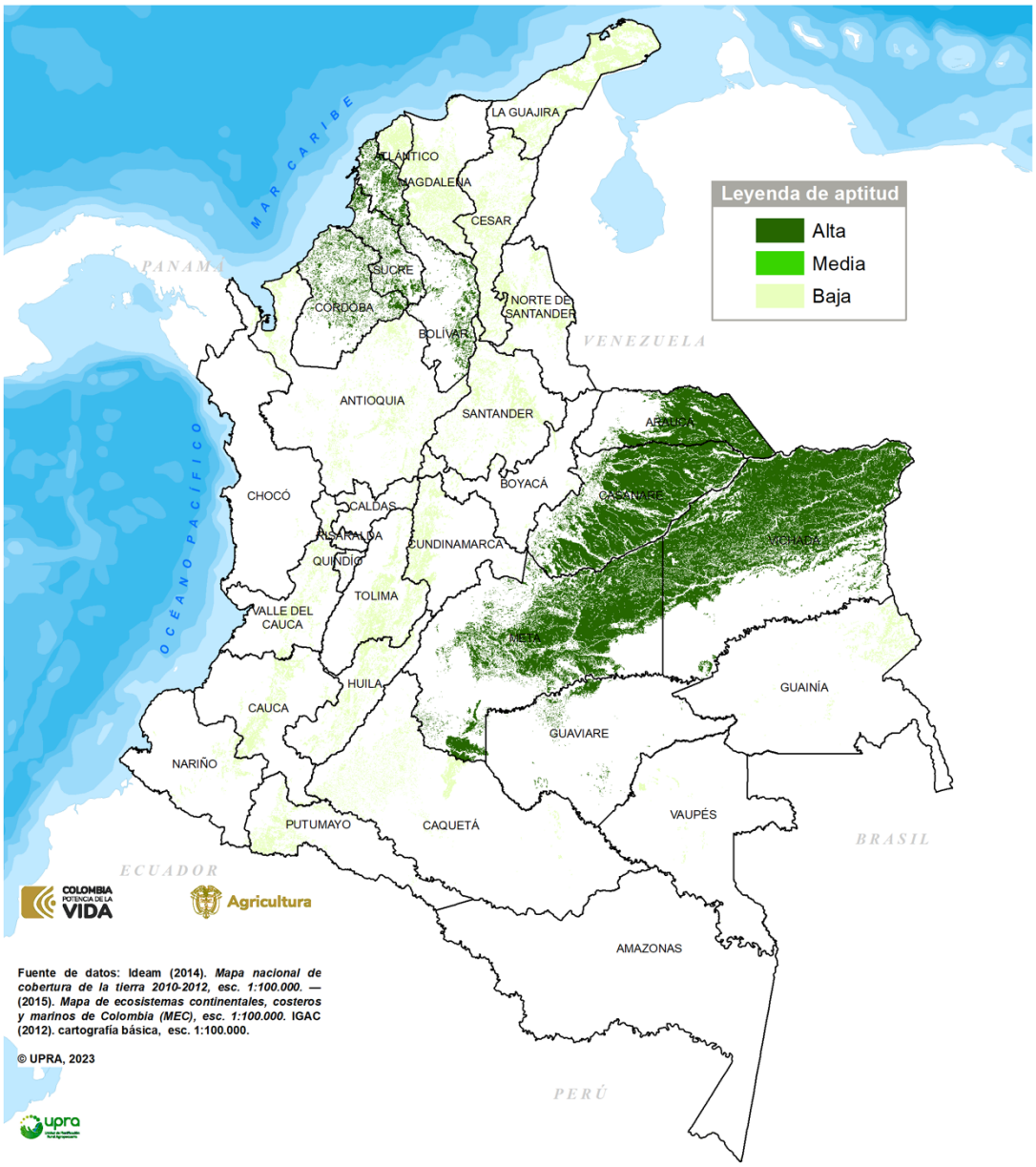
La variable presenta los siguientes rangos de aptitud:

Variable	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
Uso tradicional de los pastos nativos como forrajes	Categorías cualitativas de uso de especies nativas como forraje	Áreas reportadas con uso conocido y frecuente de pastos nativos como forraje	Áreas en las cuales el uso de pastos nativos como forrajes es conocido, pero es poco frecuente su uso en actividades pecuarias	Áreas en las cuales existen pastos nativos con potencial forrajero, pero no se conoce su uso ni su utilización	No aplica

UNIDAD DE ANÁLISIS

Grado de conocimiento y uso de gramíneas nativas como forrajes para la producción pecuaria

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO POTENCIAL FORRAJERO DE PASTOS NATIVOS Y NATURALIZADOS
Variable uso tradicional de los pastos nativos como forrajes

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Galindo, A; Bothía, J; Cardoza, A; Rubio; P; Alfonso, J; Rubio, R; Neme, L. (2017). Sistemas de reconversión ganadera desarrollados en sabanas inundables del municipio de Arauca. En Murgueitio, E; Galindo, A; Lopera J; Bothía, J; Sossa, C. *Reconversión ganadera y sistemas silvopastoriles en sabanas inundables*. Editorial CIPAV:
- Giraldo, D.; Alonso, D. (2013). *Las gramíneas en Colombia: riqueza, distribución, endemismo, invasión, migración, usos y taxonomías populares*. Facultad de Ciencias. Instituto de Ciencias Naturales, (biblioteca José Jerónimo Triana; n.° 26) 384 pp. Universidad Nacional de Colombia.
- Huertas, H. (2014). Relación de complementariedad sabana inundable y ganadería. En: Peñuela, L; Solano, C; Ardila, V & Galán, S. (Eds). *Sabana inundable y ganadería opción productiva de conservación en la Orinoquia*. Rednastur, WWF, TNC, y PNN.
- Ocampo, A y L, Peñuela. (2014). Enfoque sistémico base fundamental para la productividad de la ganadería de cría en sabana inundable. En: Peñuela, L; Solano, C; Ardila, V & Galán, S. (Eds). *Sabana inundable y ganadería opción productiva de conservación en la Orinoquia*. Rednastur, WWF, TNC, y PNN
- Peñuela, L; Solano, C; Ardila, V & Galán, S. (Eds). (2014). *Sabana inundable y ganadería opción productiva de conservación en la Orinoquia*. Rednastur, WWF, TNC, y PNN.
- Sossa, P; Lopera, J; Bothía, J; Galindo, A. (2017). Evaluación agronómica de los pastos nativos lambedora *Leersia hexandra* y guaratara *Axonopus purposii* en sabanas inundables del municipio de Arauca. En Murgueitio, E; Galindo, A; Lopera J; Bothía, J; Sossa, C. *Reconversión ganadera y sistemas silvopastoriles en sabanas inundables*. Editorial CIPAV

2.4. Criterio apropiación y acceso al agua

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO		
CRITERIO: APROPIACIÓN Y ACCESO AL AGUA		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• Apropiación de agua, expresada en millones de m^3. • Acceso al agua, polígonos de cobertura.		

DEFINICIÓN

Balance entre la oferta hídrica de una subzona hidrográfica (calculada como uso consuntivo de agua por las pasturas) y la demanda hídrica incluyendo el consumo potencial (cantidad de agua que contiene la subzona hidrográfica para el consumo del inventario actual del ganado bufalino, determinando la disponibilidad del recurso para futuras producciones), y la cercanía a los cuerpos de agua para garantizar el suministro y acceso al líquido para el ganado, lo cual además asegura su confort.

El consumo de agua es suplido en la unidad geográfica de análisis (subzona hidrográfica), 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 y en casos excepcionales, a partir de transvases desde cuencas circundantes. A mayor demanda de agua por parte del inventario bufalino en la zona, 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. La cercanía hace referencia a las áreas que se les facilita el acceso por su colindancia a cuerpos de agua primario y secundario y zonas potencialmente inundables con una presión hídrica constante, con la cual puedan suplir los requerimientos de los animales.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

La importancia de la apropiación y acceso al agua radica en la estimación de la sostenibilidad hídrica de la unidad de análisis (polígonos de ETR x SZH) y disponibilidad hídrica de la subzona hidrográfica, necesarias para el mantenimiento y desarrollo de las praderas y garantizar el bienestar animal en su primera libertad (libre de sed).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Los consumos de agua corresponden a datos teóricos estimados.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Para la evaluación del criterio se realizó el procesamiento de las dos variables mediante la construcción de una matriz de paso

Procedimiento para determinar la aptitud del criterio para la apropiación y acceso al agua para producción de búfalos en pastoreo

		Apropiación de agua		
		A1	A2	A3
Acceso al agua	A1	A1	A2	A3
	A2	A2	A2	A3
	A3	A3	A3	A3

a. **Apropiación de agua:** se elaboró relacionando el uso consuntivo de agua por las pasturas y la demanda hídrica, incluyendo el consumo potencial; para este último, se tuvo en cuenta la información del censo bufalino, las unidades de producción agrícola (Censo Nacional Agropecuario de 2014) con el fin de estimar un promedio de animales por UPA, la precipitación media multianual y las subzonas hidrográficas del ENA (2018), que permitieron calcular la cantidad de animales por subzona, teniendo en cuenta un consumo de agua de 15,6 l/100 kg de peso vivo/día (Sharma *et al.*, 2016), lo que conlleva a 78 l/día, si se asume un peso promedio por animal de 500 kg. Los rangos de aptitud de la demanda hídrica se definieron mediante la reclasificación por intervalos geométricos. Finalmente, la integración del uso consuntivo y la demanda hídrica se realiza mediante el siguiente árbol de decisión:

Demanda hídrica	Uso consuntivo Coberturas aptas	Aptitud Apropiación de agua
A1	A1	A1
	A2	A1
	A3	A2
A2	A1	A1
	A2	A2
	A3	A3

A3	A1	A2
	A2	A3
	A3	A3

b. **Acceso al agua:** se elaboró teniendo en cuenta la cercanía de predios aptos para ganadería bufalina a los cuerpos de agua, de acuerdo con el mapa del criterio cambio de cobertura de la cadena y las unidades de producción agrícola (Censo Nacional Agropecuario de 2014). Los rendimientos hídricos de los cuerpos de agua se definieron según la información del índice de disponibilidad hídrica del ENA (2018) por subzona hidrográfica, asignando dicho rendimiento a cuerpos de agua y zonas potencialmente inundables. La cercanía a cuerpos de agua se calcula a través de la herramienta Cost Distance de ArcGis, teniendo en cuenta los siguientes rangos de cercanía a cuerpos de agua y zonas potencialmente inundables reportados por Pokhrel *et al.* (2019) para la ganadería bufalina:

Aptitud	Rango
Alta	<1000 m
Media	>1000 – 2000 m
Baja	> 2000 m

La integración de las coberturas, predios, disponibilidad hídrica y distancia a cuerpos de agua y zonas potencialmente inundables se realizó mediante la expresión:

Acceso al agua = 0,4 (Disponibilidad hídrica) + 0,4 (Distancia predios) +0,2 (Aptitud cobertura/UPAS)

La reclasificación de los rangos de aptitud se realizó teniendo en cuenta intervalos geométricos, haciendo un ajuste a la aptitud media de acuerdo con el criterio de los investigadores del componente ecosistémico.

Descripción	Aptitud
Zonas donde los rendimientos hídricos por subzona hidrográfica son altos y la distancia de desplazamiento es baja	Alta (A1)
Zonas donde los rendimientos hídricos por subzona hidrográfica son moderados y la distancia de desplazamiento es media	Media (A2)
Zonas donde los rendimientos hídricos por subzona hidrográfica son bajos y la distancia de desplazamiento es alta	Baja (A3)

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

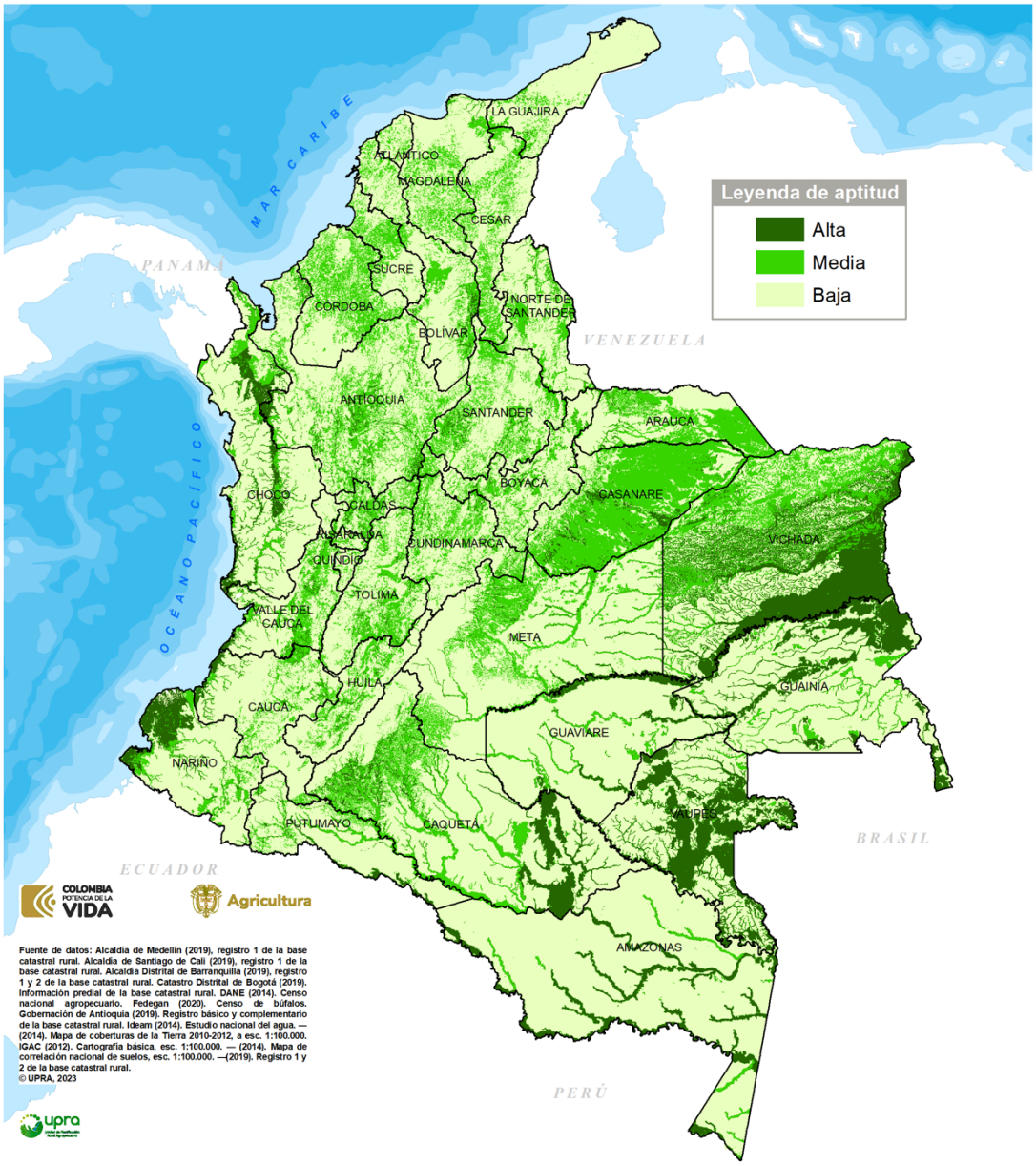
Para el establecimiento de los rangos de aptitud del criterio, se siguió la siguiente matriz de paso:

		Apropiación de agua		
		A1	A2	A3
Acceso al agua	A1	A1	A2	A3
	A2	A2	A2	A3
	A3	A3	A3	A3

Aptitud para la producción de búfalos en pastoreo bajo el criterio de apropiación y acceso al agua

Descripción	Aptitud
Zonas donde la sostenibilidad hídrica es alta y existe mayor cercanía para el desplazamiento a los cuerpos de agua	Alta (A1)
Zonas donde la sostenibilidad hídrica está en equilibrio y existe moderada cercanía para el desplazamiento a los cuerpos de agua	Media (A2)
Zonas donde la disponibilidad hídrica es baja y existe menor cercanía para el desplazamiento a los cuerpos de agua	Baja (A3)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO APROPIACIÓN Y ACCESO AL AGUA

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Fraser. (2006). *El bienestar animal y la intensificación de la producción animal, una interpretación alternativa*. FAO.
- ICA. (2019). ICA. https://www.ica.go
- Ideam. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología Corine land cover adaptada para Colombia escala 1:100.000*. Ideam.
- _. (2018). *Estudio nacional del agua*. Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000*. IGAC.
- Pokhrel, K., Poudel, P., Neupane, B. & R. Paudel. (2019). Comparative study in habitat suitability analysis of wild water buffalo (*Bubalus arnee*) in two flood plains of Chitwan National Park (CNP), Nepal. *International Journal of Research Studies in Zoology, 5*(3), 1-10.
- Sharma, A., Kundu, S., Tariq, H., Mahesh, M., Gautam, S. & S. Singh. (2016). Predicting water intake of lactating riverine buffaloes under tropical climate. *Livestock Science 191*, 187-190

2.4.1. Variable apropiación de agua

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**		
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO			
CRITERIO ASOCIADO: APROPIACIÓN Y ACCESO AL AGUA			
VARIABLE: apropiación de agua	**UNIDAD DE MEDIDA:** millones de m^3		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**		
	Análisis jerárquico	✓	
	Exclusión legal		
	Condicionante legal		

DEFINICIÓN

Estima el consumo potencial de agua por parte del ganado bufalino, para su producción en pastoreo en una subzona hidrográfica, mediante la evaluación de su oferta hídrica natural.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Radica en conocer el grado de aptitud de un área geográfica de acuerdo con la disponibilidad de agua, para el desarrollo adecuado del ganado bufalino, de tal manera que le permita saciar la sed y tener un óptimo desarrollo fisiológico.

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

En el análisis de esta variable, no se presenta ningún límite que califique zonas del territorio nacional como no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

El cálculo de la información depende de la precisión de los inventarios bufalinos y deberá ser ajustado de acuerdo con la nueva información proveniente de fuentes oficiales.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La variable apropiación de agua se generó a partir del análisis de los siguientes insumos:

1. Información del censo bufalino 2019 (ICA, 2019)
2. Unidades de producción agrícola (Censo Nacional Agropecuario de 2014)
3. Mapa de temperatura media multianual (1981-2010)
4. Tabla de precipitación media multianual
5. Capa de subzonas hidrográficas (Estudio Nacional del Agua, ENA, 2018).

A través del uso consuntivo de agua por las pasturas, la demanda hídrica incluyendo el consumo potencial, información del censo bufalino y las unidades de producción agrícola se estimó un promedio de animales por UPA.

Uso consuntivo

Rango	Aptitud
<0,7	Alta (A1)
0,7 – 1,05	Media (A2)
> 1,05	Baja (A3)

En relación con la oferta se partió de la precipitación media multianual y las subzonas hidrográficas del Estudio Nacional del Agua, a fin de llevar la información de las UPA a subzona hidrográfica, permitiendo calcular la cantidad de animales por subzona, teniendo en cuenta un consumo de agua de 15,6 l/100 kg de peso vivo/día (Sharma *et al*., 2016), lo que conlleva a 78 l/día estimando un peso promedio por animal de 500 kg. De esta manera es posible estimar cuánta agua consumen la totalidad de los animales. La reclasificación de los rangos de aptitud se realizó a través de intervalos geométricos.

Demanda hídrica.

Rango	Aptitud
>0,000501	Alta (A1)
0,000501 – 0,000025	Media (A2)
< 0,000025	Baja (A3)

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para la integración del uso consuntivo y la demanda hídrica se realiza mediante el siguiente árbol de decisión:

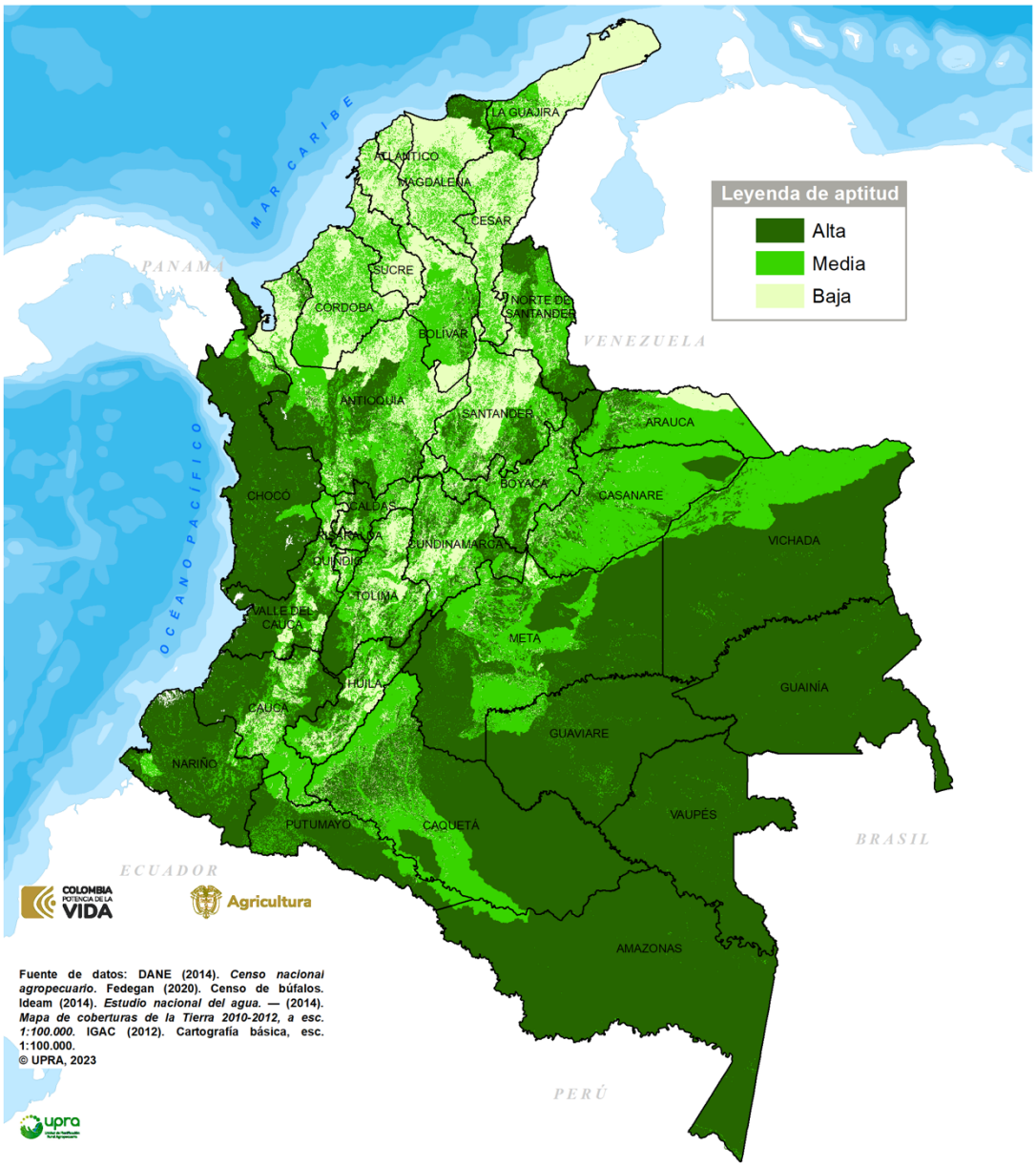
Aptitud para el establecimiento de la producción bufalina en pastoreo por la variable apropiación de agua

Demanda hídrica	Uso consuntivo Coberturas aptas	Aptitud Apropiación de agua
A1	A1	A1
	A2	A1
	A3	A2
A2	A1	A1
	A2	A2
	A3	A3
A3	A1	A2
	A2	A3
	A3	A3

UNIDAD DE ANÁLISIS

Millones de metros cúbicos (Mm^3)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO APROPIACIÓN Y ACCESO AL AGUA
Variable apropiación de agua

FUENTES DE INFORMACIÓN

- ICA. (2018, Octubre). ICA. https://www.ica.gov.co/Areas/Pecuaria/Servicios/Epidemiologia-Veterinaria/Censos-2016/Censo-2017.aspx. ICA.
- Ideam. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra. Metodología Corine land cover adaptada para Colombia escala 1:100.000*. Ideam.
- _. (2018). *Estudio nacional del agua*. Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000*. IGAC.
- National Research Council. (NRC). (2001). *Nutrient requirements of dairy cattle*. 7th rev. ed. National Academy Press.
- Sharma, A., Kundu, S., Tariq, H., Mahesh, M., Gautam, S. & S. Singh. (2016). Predicting water intake of lactating riverine buffaloes under tropical climate. *Livestock Science 191*, 187-190.

2.4.2. Variable acceso al agua

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO		
CRITERIO ASOCIADO: APROPIACIÓN Y ACCESO AL AGUA		
VARIABLE: acceso al agua	**UNIDAD DE MEDIDA:** polígono de cobertura	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Esta variable hace referencia a la accesibilidad a los cuerpos de agua para garantizar la cantidad requerida para el sustento animal. El agua es "el elemento más vital de todos los conocidos hasta el momento" (Sager, 2000), "tiene una importancia primaria como el mayor constituyente del organismo animal; esta es requerida para la regulación de la temperatura corporal, para el crecimiento, reproducción, lactación, digestión, metabolismo, excreción, hidrolisis de nutrientes, transporte de nutrientes y de desperdicios en el cuerpo, lubricación de las articulaciones y muchas funciones más" (Garcia, 2011). Por ello los animales deben contar con acceso libre, constante a agua limpia y fresca, la cual debe satisfacer los requerimientos nutricionales en las diferentes etapas productivas, algo básicos para su mantenimiento y desarrollo y en pro del cumplimiento de la libertad (libre de sed) del bienestar animal. La falta de disponibilidad y consumo de esta puede producir la muerte.

De esta forma, en términos de la aplicación de la presente zonificación, para la evaluación de la variable se opta por calificar las zonas de territorio de la siguiente forma: un territorio con aptitud alta tiene cercanía a cuerpos de agua y zonas potencialmente inundables y el agua se encuentra en las cantidades suficiente para responder al bienestar animal, lo cual garantizaría condiciones para el establecimiento de la actividad pecuaria; asegurando la posibilidad del establecimiento de una producción animal en dicha zona demarcada en el territorio. Por el contrario, donde las zonas tienen una baja aptitud, hace referencia a lugares del territorio colombiano en donde no se recomienda el establecimiento de una producción por falta del acceso al agua.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite determinar la cercanía al recurso hídrico y la disponibilidad en cantidades suficientes, para saciar la sed del animal y garantizar la supervivencia en el sistema productivo.

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

En el análisis de la variable, no se presentan límites que califiquen zonas del territorio nacional como no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

No aplica.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Inicialmente se identifica la cercanía de predios aptos para ganadería bufalina a cuerpos de agua y zonas potencialmente inundables, de acuerdo con el mapa del criterio cambio de cobertura de la cadena y las unidades de producción agrícola (Censo Nacional Agropecuario, 2014). Los rendimientos hídricos de los cuerpos de agua se definen de acuerdo con la información del índice de disponibilidad hídrica del ENA (2018) por subzona hidrográfica, asignando dicho rendimiento a cuerpos de agua y zonas potencialmente inundables.

La cercanía a cuerpos de agua se calcula a través de la herramienta Cost Distance de ArcGis, teniendo en cuenta los siguientes rangos de cercanía a cuerpos de agua y zonas potencialmente inundables reportados por Pokhrel *et al.* (2019) para la ganadería bufalina:

Rango	Aptitud
<1000 m	Alta (A1)
>1000 – 2000 m	Media (A2)
> 2000 m	Baja (A3)

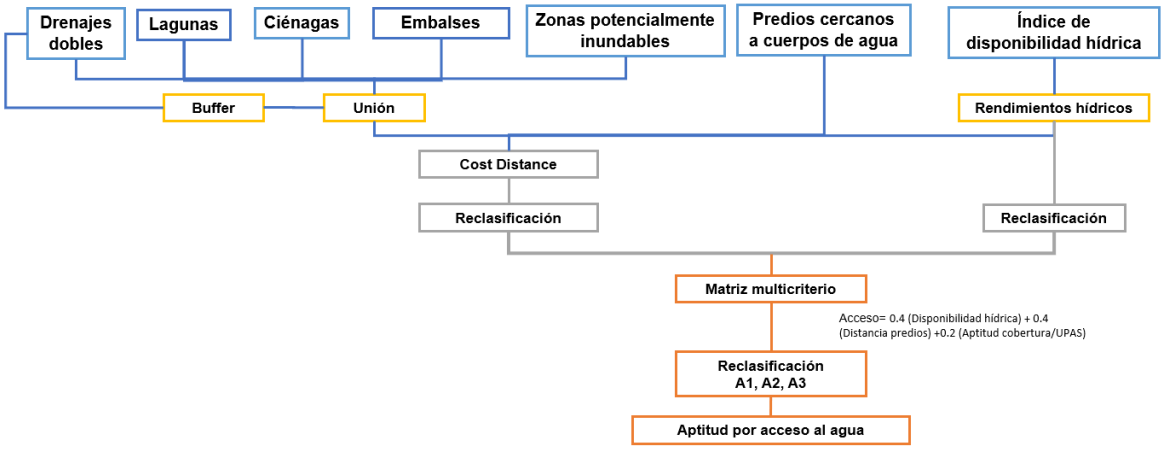
La integración de las coberturas, predios, disponibilidad hídrica y distancia a cuerpos de agua y zonas potencialmente inundables se realizó mediante la expresión:

Acceso al agua = 0,4 (Disponibilidad hídrica) + 0,4 (Distancia predios) + 0,2 (Aptitud cobertura/UPAS).

La reclasificación de los rangos de aptitud se hizo teniendo en cuenta intervalos geométricos, haciendo un ajuste a la aptitud media, sugerido por el componente ecosistémico.

La evaluación de la variable cumplió con el procedimiento que se describe a continuación:

Procedimiento para determinar el acceso al agua para la producción de búfalos en pastoreo



RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para el establecimiento de los rangos de aptitud de la variable se realizó una reclasificación por intervalos geométricos, ajustando la aptitud media de acuerdo con lo sugerido por el componente ecosistémico:

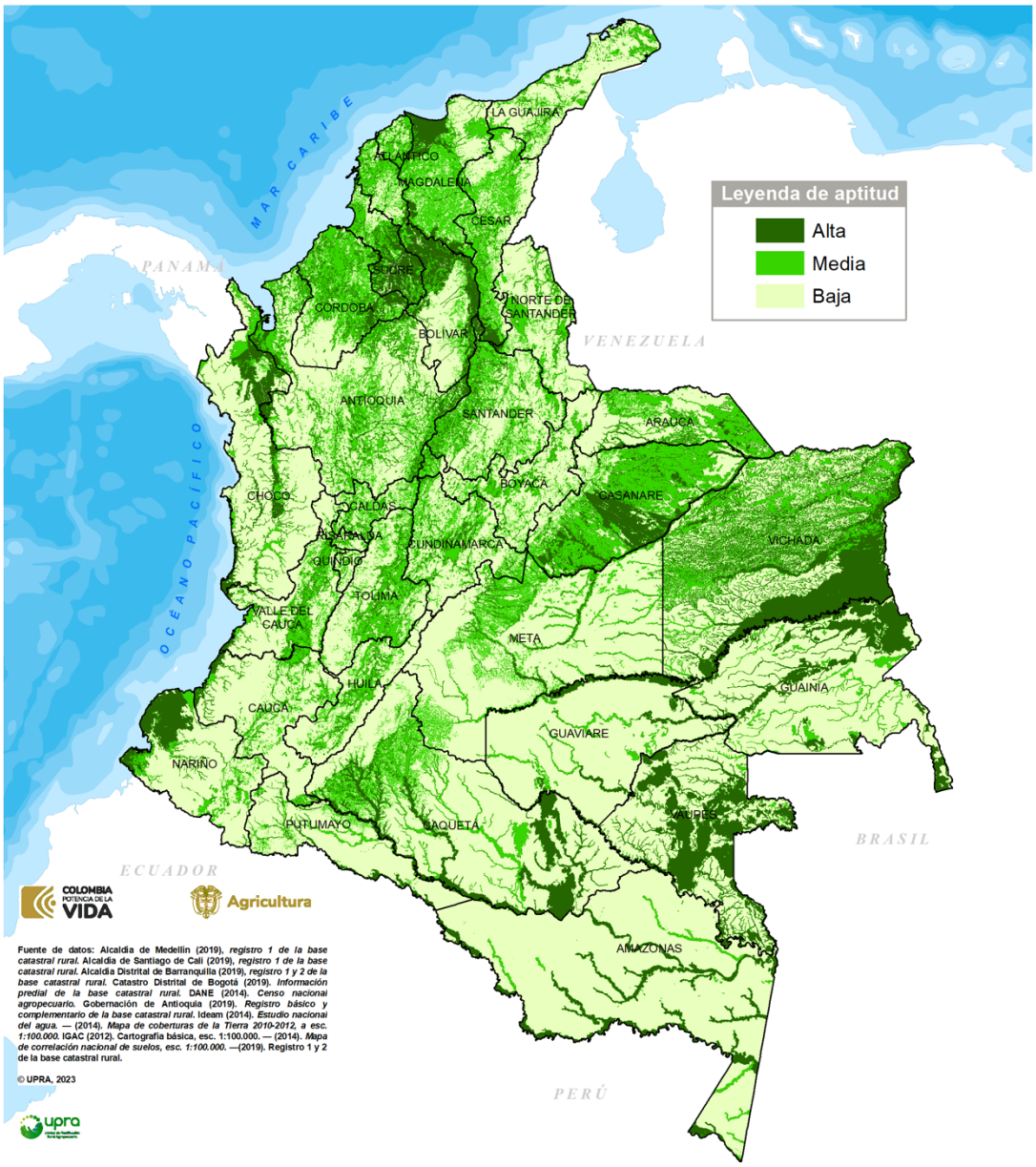
Aptitud para para la producción de búfalos en pastoreo por la variable acceso al agua

Descripción	Aptitud
Zonas donde los rendimientos hídricos por subzona hidrográfica son altos y la distancia de desplazamiento es baja	Alta (A1)
Zonas donde los rendimientos hídricos por subzona hidrográfica son moderados y la distancia de desplazamiento es media	Media (A2)
Zonas donde los rendimientos hídricos por subzona hidrográfica son bajos y la distancia de desplazamiento es alta	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Polígono de cobertura

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO APROPIACIÓN Y ACCESO AL AGUA
Variable acceso al agua

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2018). *Estudio nacional del agua*. Ideam.
- Pokhrel, K., Poudel, P., Neupane, B. & R. Paudel. (2019). Comparative study in habitat suitability analysis of wild water buffalo (*Bubalus arnee*) in two flood plains of Chitwan National Park (CNP), Nepal. *International Journal of Research Studies in Zoology*, *5*(3), 1-10.
- Tafur, M. y Acosta, J. (2016). *Bienestar animal: Nuevo reto para la ganadería*. ICA.

2.5. Criterio integridad ecológica

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO		
CRITERIO: INTEGRIDAD ECOLÓGICA		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• Conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN), expresada como categoría de costo - distancia acumulada. • Índice de naturalidad por subzona hidrográfica (INAT), expresado como la proporción de área de la unidad biogeográfica (%). • Áreas de concentración de especies sensibles (ACES), expresada cualitativamente. Requiere asignación de pesos para integrar especies sensibles en AICAS y APC; riqueza potencial de especies migratorias.		

DEFINICIÓN

Capacidad del ecosistema para soportar y mantener su capital natural sin degradarse y de funcionar permanentemente de forma saludable o apropiada, como condición indispensable para la prestación, regulación y el flujo de servicios ecosistémicos requeridos para la sostenibilidad de los sistemas productivos y del territorio mismo (Ciontescu, 2012).

La integridad ecológica (IE) es un estimador de la calidad ambiental, útil en la planificación y toma de decisiones para la conservación, se define como la «habilidad de un ecosistema para soportar y mantener una comunidad, balanceada y adaptada, de organismos con una composición de especies, diversidad y organización funcional comparable con aquella de los hábitats naturales en una región». La IE constituye una medida del funcionamiento permanente saludable o apropiado de los ecosistemas en un territorio, así como de la provisión continuada de recursos naturales y servicios ecosistémicos (autogenerados y autosostenibles), por lo que vincula el bienestar humano actual y futuro con el cuidado y protección de la Tierra y sus ecosistemas como hábitat de las especies (Ciontescu 2012; Corcoran 2005).

De acuerdo con esta definición, un territorio con integridad ecológica es capaz de sobreponerse y superar perturbaciones naturales y los disturbios inducidos por el hombre.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Aproxima el estado de conservación de un área determinada, permitiendo establecer el grado de salud de los ecosistemas o paisajes y por tanto su vocación como área de conservación, su orientación hacia la restauración, o, por el contrario, su aptitud hacia el establecimiento de producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo.

Su análisis es orientado 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 mediante el desarrollo de acciones ambientales sostenibles; cuando el conocimiento sea limitado, debe primar el principio de precaución.
- Adoptar patrones de producción que salvaguarden la capacidad de regeneración de los ecosistemas, los derechos humanos y el bienestar de las comunidades.
- Promover la sostenibilidad ecológica.

Para efectos de la zonificación, un territorio con integridad ecológica es capaz de sobreponerse y superar perturbaciones naturales y los disturbios inducidos por el hombre, garantizando su propia identidad ecosistémica y la prestación de los servicios ecosistémicos que lo definen.

La integridad ecológica en los paisajes transformados refleja la salud ambiental (capacidad para amortiguar situaciones de alteración) y la sostenibilidad del territorio; por tanto, está en relación directa con el mantenimiento de la capacidad productiva de los sistemas agropecuarios que conforman la matriz rural, la cual alberga el potencial productivo de un territorio. También refleja una medida del nivel de precaución que debe adoptar el sistema productivo con respeto a lugares considerados estratégicos por su alto valor ecológico o de conservación (AVC).

A través de la integridad ecológica, se contribuye en el logro de los compromisos asumidos por el sector agropecuario a través del Decreto 2478 de 1999, el cual establece que “el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural debe armonizar y coordinar la formalización y adopción de la política de protección y uso productivo de los servicios ambientales, agua, suelo, captura de carbono y biodiversidad con el Minambiente”.

Finalmente, el modelo parte de la premisa que la aptitud para el establecimiento de producción de búfalos en pastoreo varía en relación inversa con la integridad ecológica del territorio, de manera que aquella es baja donde existen altos valores ecológicos de conservación (AVC) pues deben primar las prácticas de preservación, conservación o restauración. La aptitud se incrementa en lugares donde dicha integridad es reducida debido a la transformación del paisaje o ausencia de dichos AVC.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

La temporalidad de la información de Corine Land Cover (2012) limita una interpretación actualizada de la situación ecosistémica real. Sin embargo, es la última información oficial generada y disponible.

Adicionalmente, la información sobre biodiversidad usualmente cuenta con limitaciones relacionadas con la representatividad de los grupos taxonómicos y el esfuerzo de muestreo, por lo cual es difícil presentar la información de forma homogénea para las diferentes regiones del país.

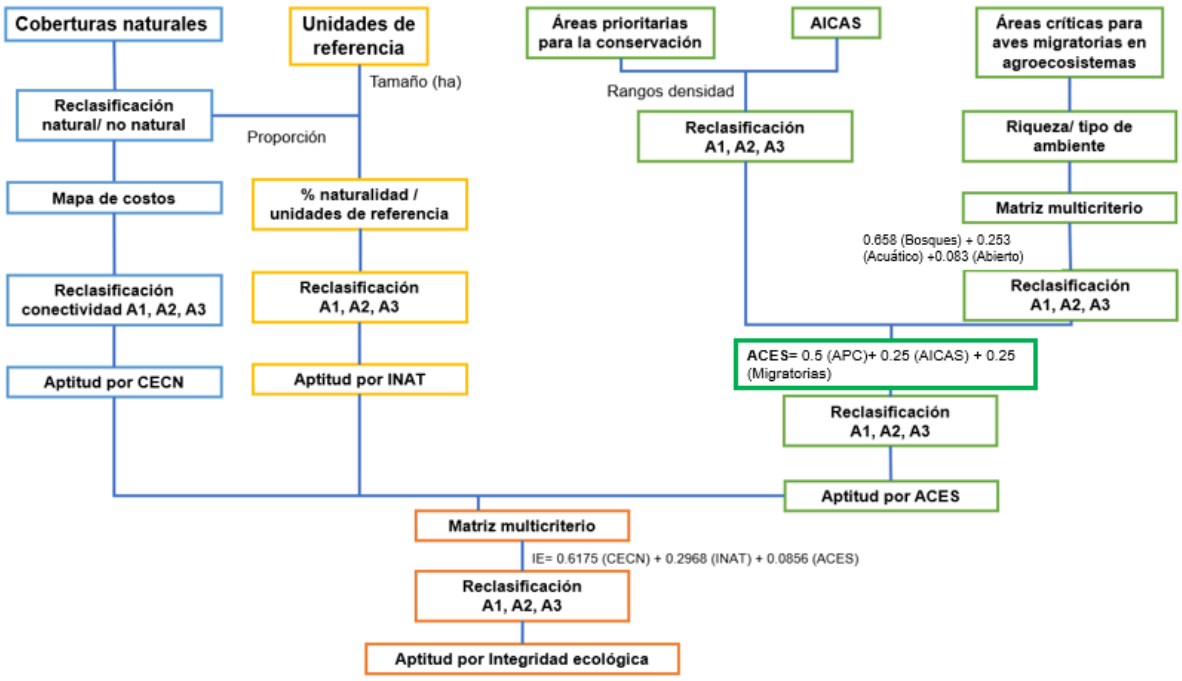
METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

La integridad ecológica analiza los componentes estructurales y funcionales del sistema (integridad espacial e integridad ecosistémica (Vélez & Gómez, 2008), mediante la integración de las siguientes variables:

- Conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN)
- Índice de naturalidad por por subzona hidrográfica (INAT)
- Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)

Para la evaluación del criterio se ejecutó el procesamiento independiente de cada una de sus tres variables, como se describe en sus respectivas fichas técnicas.

Figura 1. Esquema metodológico para la determinación de la aptitud del criterio integridad ecológica



Para la construcción del criterio, se realizó la integración de las variables, mediante la suma ponderada de sus valores de aptitud, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$A_{IE} = \alpha A_{CECN} + \beta A_{INAT} + \gamma A_{ACES}$$

En la que $\alpha, \beta \; y \; \gamma$ representan los coeficientes o factores de ponderación de la aptitud de las tres variables, los cuales se determinan mediante el criterio de experto.

Para este proceso, los valores respectivamente son:

$$\alpha = 0{,}6175$$

$\beta = 0{,}2968$
$\gamma = 0{,}0856$

Los resultados de esta suma se agruparon en tres categorías de aptitud para el criterio: alta (A1), media (A2) y alta (A3), como se presentan en la siguiente tabla, empleando los Intervalos geométricos como método de agrupamiento del software ArcGis:

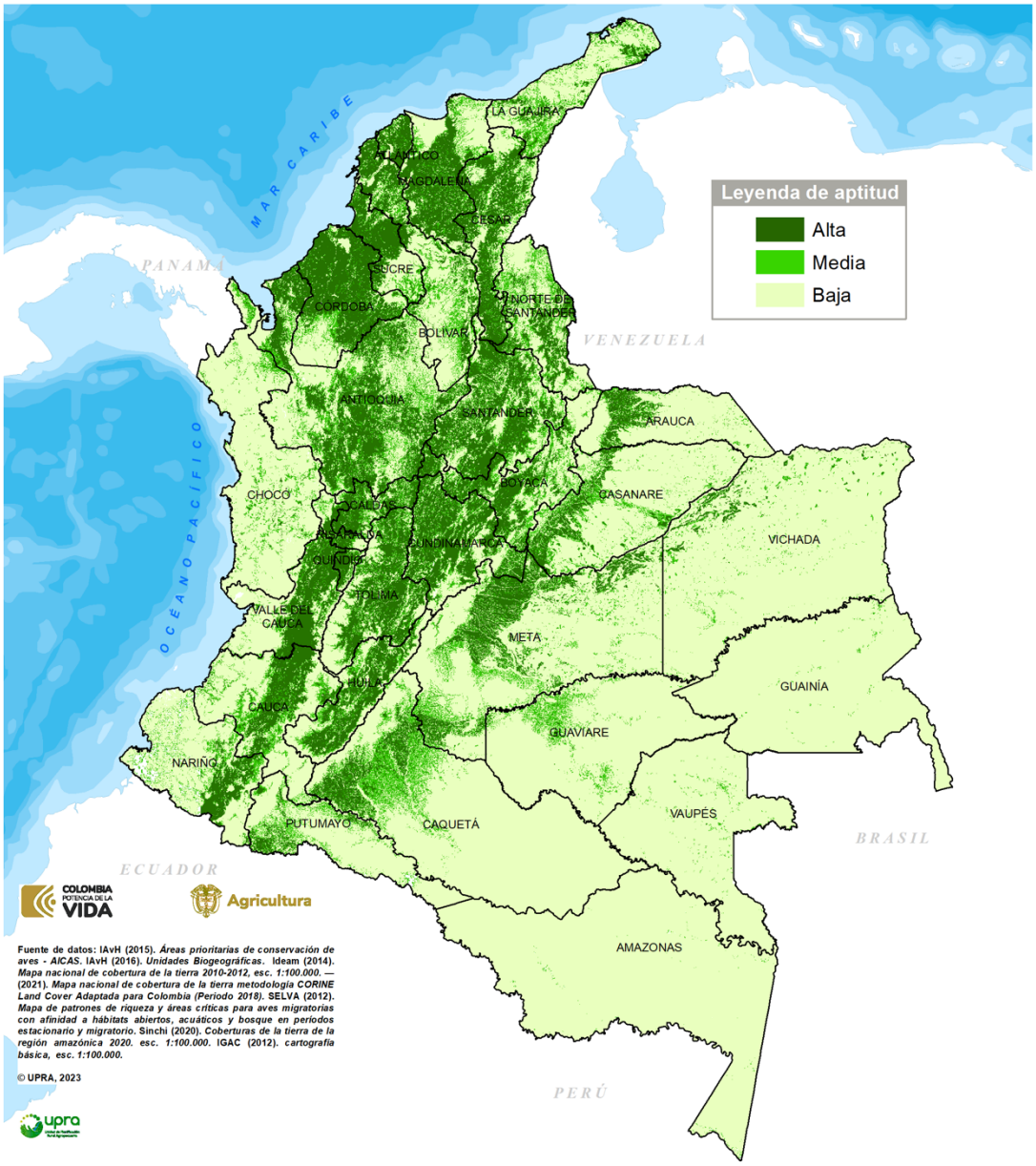
Criterio	Aptitud			
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
Integridad ecológica	Valores menores del rango del criterio, clasificados por cortes naturales La actividad productiva irrumpe en baja medida, sobre la conectividad natural, espacios naturales, o los procesos vitales de especies sensibles. (3 – 2,27)	Valores intermedios del rango del criterio, clasificados por cortes naturales La actividad productiva irrumpe en grado moderado sobre la conectividad natural, los espacios naturales, o los procesos vitales de especies sensibles. Debe actuarse con cierta precaución durante el proceso productivo. (2,27 – 1.6)	Valores mayores del rango del criterio, clasificados por cortes naturales Lugares en donde la integridad ecológica es mayor. La actividad productiva irrumpe fuertemente sobre la conectividad natural, los espacios naturales, o los procesos vitales de especies sensibles. Debe actuarse con mayor precaución durante el proceso productivo. (<1,6)	No aplica

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Variables	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
Conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN)	Categoría de costo - distancia acumulada	Conectividad baja >17.500	Conectividad media 0 - 17.500	Conectividad alta 0	No aplica
Índice de Naturalidad por subzona hidrográfica (INAT)	Proporción de área de la unidad biogeográfica (%)	Naturalidad muy baja – vital (0 – 5 %) Naturalidad baja – estratégica (5 – 30 %) Naturalidad moderada (30 – 50 %)	Naturalidad alta (50 – 75 %)	Naturalidad muy alta – protección (75 – 100 %)	No aplica

Variables	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)	Categorías de concentración de especies sensibles	Zonas de muy baja densidad de especies sensibles * Áreas sin identificación o baja presencia de APC * Ausencia de AICAS (ln(D) < -8,085) * Áreas sin importancia para especies migratorias. >1,51	Zonas de baja densidad de especies sensibles * APC con alta presencia de especies sensibles * AICAS con densidad muy baja o baja de especies sensibles (Ln(D) = -8,085 a -4,189) * Áreas de importancia moderada o alta para especies migratorias 1,34 – 1,51	Zonas de Moderada, alta y muy alta densidad de especies. * APCs con densidad muy alta asociada a coberturas naturales * AICAS con moderada, alta y muy alta densidad de especies sensibles (Ln(D) = -4,189 a 1,670) * Áreas de importancia muy alta para especies migratorias <1,34	No aplica

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ciontescu, N. (2012). *Instructivo metodológico para la evaluación de atributos e integridad ecológicos en áreas protegidas. ArcGIS-Fragstats*. PNN.
- Corcoran, P. (2005). La integridad ecológica: un compromiso hacia la vida en la Tierra. En: B. Mackey. *La carta de la Tierra en acción: hacia un mundo sostenible* (pp. 68-71). KIT Publishers BV.
- Franco, A. M., Devenish, C., Barrero, M. C. y Romero, M. H. (2009). Colombia. En: C. Devenish, D. F.; Díaz Fernández, R. P.; Clay, I. Davidson e I. Yépez Zabala (Eds.). *Important Bird Areas Americas - Priority sites for biodiversity conservation*), (pp. 135-148). Quito: BirdLife International (BirdLife Conservation Series num. 16).
- IAVH y ANH. (2010). *Áreas prioritarias para la conservación, escala 1:250.000*. IAVH y ANH.
- IAVH. (2015). *Áreas importantes para la conservación de las aves, escala 1:100.000*. IAVH.
- Ideam. (2010). *Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia*, escala 1:100.000. Ideam.
- _. (2010). *Estudio Nacional del Agua: capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000*. Ideam.
- _. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000*. Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. 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.
- Vélez, L. y Gómez A. (2008). Un marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje. *Arbor 184 (729):* 31-44.

2.5.1. Variable conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN)

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO		
CRITERIO ASOCIADO: INTEGRIDAD ECOLÓGICA		
VARIABLE: conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN)	**UNIDAD DE MEDIDA:** categoría de costo – distancia acumulada	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

La conectividad se analiza a partir de la fragmentación y la heterogeneidad del paisaje (McArthur & Wilson 1967; Tischendorf & Fahrig 2000; Correa, 2009), por lo cual requiere establecer la continuidad y determinar la existencia de barreras (resistencias, contrastes) en el territorio, que limiten o impriman mayor costo para el flujo de la biodiversidad y los bienes y servicios ecosistémicos, fundamentales para el desarrollo de los sistemas productivos y la sostenibilidad del territorio.

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). Por tanto, la variable parte del análisis de la distancia entre fragmentos naturales funcionales, y las rutas con menor costo (resistencia/contraste) para el desplazamiento de la biodiversidad a través del paisaje.

De esta forma, en términos de la aplicación en el presente estudio, en áreas con mayor conectividad de las coberturas naturales, la aptitud para establecimiento de la producción de búfalos en pastoreo es baja.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

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 y 1 (sin conectividad a altamente conectado). Se establece un rango de variación empleando los intervalos geométricos como método de agrupamiento del software ArcGis.

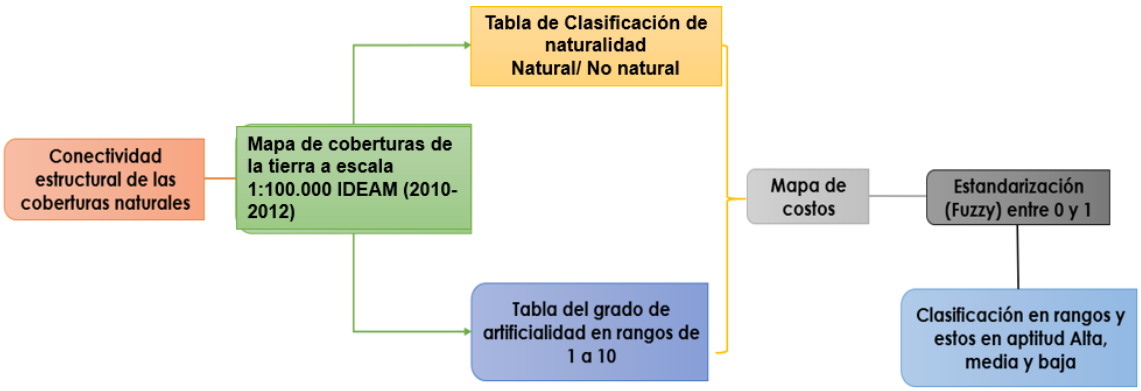
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Al basarse en la capa base oficial de Coberturas de la Tierra 2012 y su leyenda adaptada para Colombia (Ideam, 2010a), su información tiene cierto nivel de discrepancia con la realidad, en función de los cambios que se hayan producido desde el 2012.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN) permite dar una aproximación rápida a escala de paisaje sobre la continuidad de los hábitats, como elemento necesario para el desplazamiento de la biodiversidad natural y el desarrollo de las funciones ecosistémicas. Para dicho análisis se parte del mapa de coberturas de la Tierra, adaptada para Colombia (Ideam, 2010a). Adicionalmente se identifican las coberturas no naturales y el grado de artificialidad, a partir del cual se definen los pesos de resistencia de paso, a partir de allí se determina el costo de desplazamiento de las especies haciendo uso de la herramienta costes del programa ArcGis.

Figura 2. Esquema metodológico de la variable de conectividad estructural.



Para establecer las calificaciones de artificialidad en la tabla se consideraron:

- Áreas que representan un alto costo para la conectividad de las estructuras de las coberturas naturales como los territorios artificializados, se calificaron con 10.

- La resistencia de las coberturas se calificó conforme a un modelo de resistencia que, de acuerdo con Correa (2009), describe los parámetros que confieren mayor o menor

movilidad a las especies o los servicios ecosistémicos a través de la matriz del paisaje. Por tanto, áreas que corresponden a la misma cobertura existente, o con un área de bosques o coberturas naturales en la que el costo sea menor, le corresponde una calificación de 1.

- En las áreas con actividades agropecuarias, la calificación se hace respecto al impacto que puede tener el desarrollo de estas actividades en los procesos de conectividad; la calificación puede variar entre 2 y 9.

- Se consideraron las áreas húmedas y los cuerpos de agua con un costo moderado para la conectividad, ya que estas permiten la relación de las distintas especies.

Tabla 3. Calificación de costos para el criterio conectividad estructural

Calificación	
Artificialidad alta	10
Artificialidad media	9
Artificialidad baja	8
Semi-artificial alto	7
Semi-artificial medio	6
Semi-artificial bajo	5
Sin artificialidad bajo	4
Sin artificialidad medio	3
Sin artificialidad alto	2
Natural	1

Fuente: UPRA, (2018).

Una vez identificadas las coberturas naturales del territorio, con la calificación de la artificialidad, se realizó el mapa de costo de distancia (coste de distancia) a través del análisis de sistema de información geográfica SIG, con el fin de establecer la aptitud para la producción de búfalos en pastoreo. La conectividad baja, para este ejercicio, tiene aptitud alta (A1), la media aptitud media (A2), y la alta conectividad aptitud baja (A3).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para la obtención de rangos, se establece una clasificación en tres clases, por el método de intervalos geométricos dada la distribución asimétrica de los datos con respecto a la mediana. De esta forma, cada clase contiene aproximadamente el mismo número de valores.

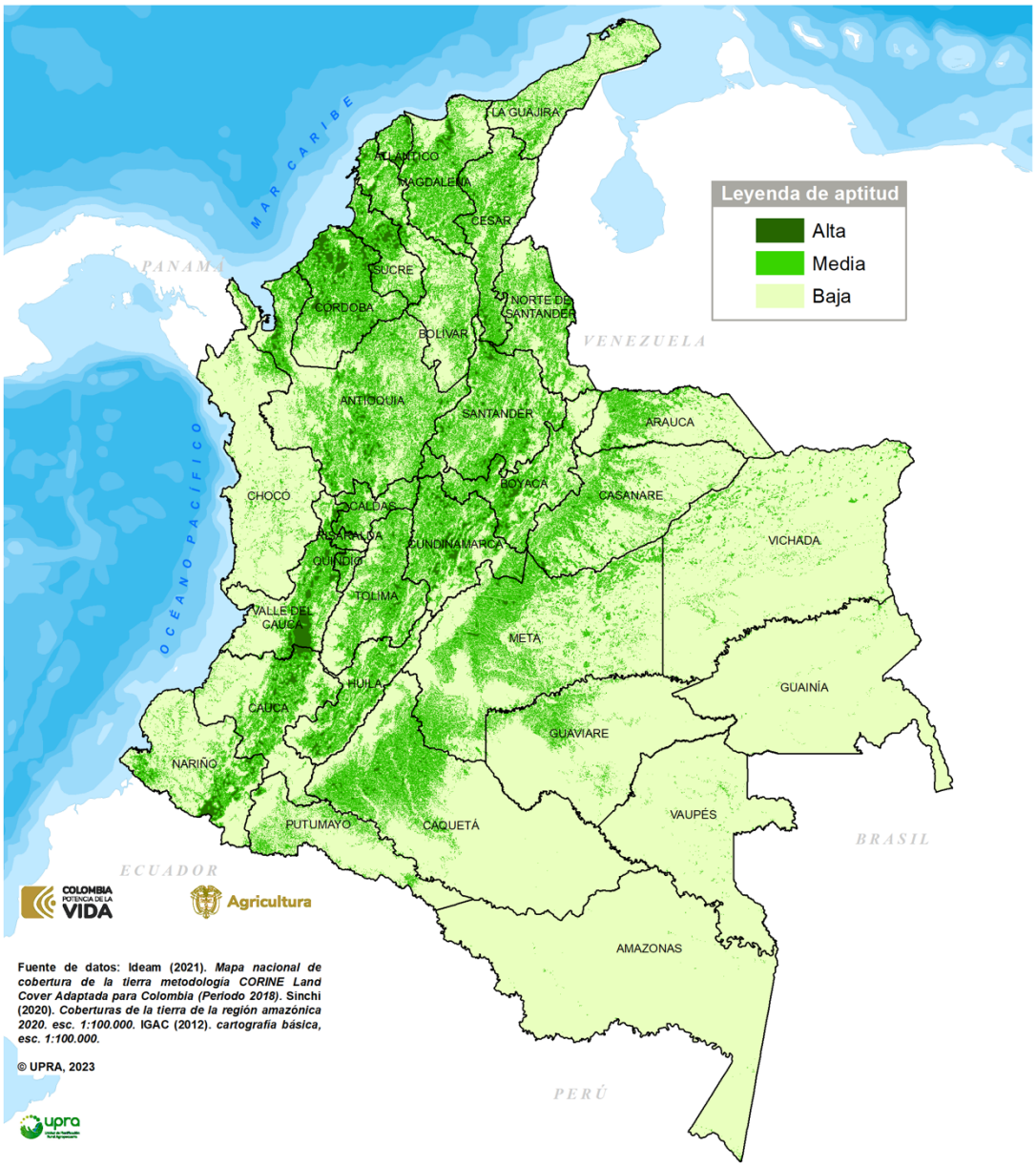
Calificación de la variable
Conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN)

Conectividad (categoría de costo – distancia acumulada)	Aptitud
Conectividad baja >17.500	Alta (A1)
Conectividad media 0 – 17.500	Media (A2)
Conectividad alta 0	Baja (A3)
No aplica	No apta (N1)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Costo distancia acumulada

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA
Variable conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN)

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Correa, A. (2009). Análisis del estado actual de conectividad de las coberturas vegetales de la cuenca media del río Tunjuelo. *Revista Pérez-Arbelaezia 19*: 115-139.
- Ideam. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000.* Ideam.
- MacArthur, R. H. y Wilson, E. O. (1967). *La teoría de la biogeografía de la isla*., Princeton.
- Tischendorf, L. y Fahrig, L. (2000). How should we measure landscape connectivity? *Landscape Ecology 15:* 633-641.

2.5.2. Variable índice de naturalidad por subzona hidrográfica (INAT)

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO		
CRITERIO ASOCIADO: INTEGRIDAD ECOLÓGICA		
VARIABLE: índice de naturalidad por subzona hidrográfica (INAT)	**UNIDAD DE MEDIDA:** proporción de área de la unidad biogeográfica (%).	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

La variable está referida a las coberturas naturales en las cuales se desarrollan los procesos ecológicos esenciales, que son necesarios para sustentar la vida.

La prestación de servicios ecosistémicos y la sostenibilidad ambiental en un área geográfica de análisis[1], está determinada por la cantidad de espacios que permiten la prevalencia de los procesos naturales necesarios para sustentar la vida y satisfacer la demanda de recursos en el mismo territorio (Vélez & Gómez, 2008). De esta forma, en cada unidad biogeográfica se calcula la superficie ocupada por todas aquellas coberturas asociadas a procesos naturales (coberturas vegetales silvestres, cuerpos de agua, áreas húmedas, superficies de recarga hídrica, entre otros), en proporción al tamaño de la unidad biogeográfica. Así entre más alta sea la naturalidad, menor será la aptitud para el establecimiento de producción de búfalos en pastoreo, por cuanto las labores productivas interrumpen el potencial para el desarrollo de procesos naturales. Entre tanto, en las áreas con menor y moderada naturalidad, mayor será la aptitud para el establecimiento de esta producción ganadera, 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

Contribuye a estimar la sostenibilidad ambiental de la unidad geográfica de análisis (unidad biogeográfica), mediante la cantidad de espacios disponibles para el funcionamiento natural que sostiene los procesos vitales del sistema, así como el abastecimiento a procesos productivos.

[1] Se emplean las unidades biogeográficas

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

Esta variable no genera exclusión. Se identifica un rango de variación porcentual respecto al área de la unidad biogeográfica y se establece un descriptor de dicha presencia de áreas naturales.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

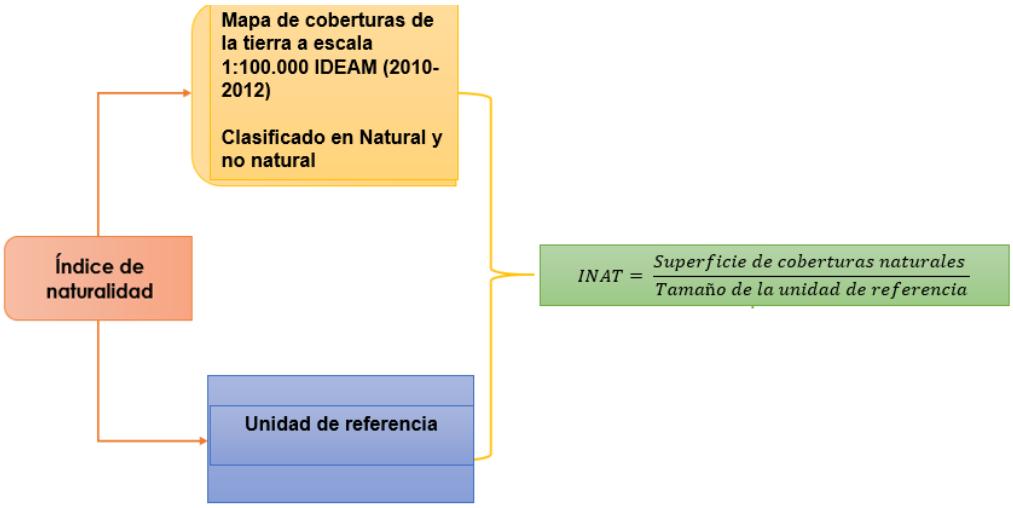
Al fundamentarse en la capa base oficial de Coberturas de la Tierra 2012 y su leyenda adaptada para Colombia (IDEAM, 2010), su información tiene cierto nivel de discrepancia con la realidad, en función de los cambios que se hayan producido desde el 2012.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para este estudio se relaciona el área de todos los tipos de coberturas naturales (vegetación y recursos hídricos) según la clasificación de Corine Land Cover (a partir del mapa oficial de coberturas, escala 1:100.000, elaborado por las entidades del SINA (Ideam, 2012). Para esto, se realizó el cruce cartográfico de la capa de cobertura de la tierra con el de unidades biogeográficas, facilitado por el Instituto Alexander von Humboldt (2017).

INAT = Superficie de coberturas naturales (ha)/tamaño de unidad biogeográfica (ha)

Figura 3. Esquema metodológico de la variable índice de naturalidad por subzona hidrográfica



RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Se establecieron los siguientes rangos, de acuerdo con los parámetros establecidos por Márquez (2003) y se reclasificaron en términos de su aporte a la aptitud para el establecimiento de producción de búfalos en pastoreo

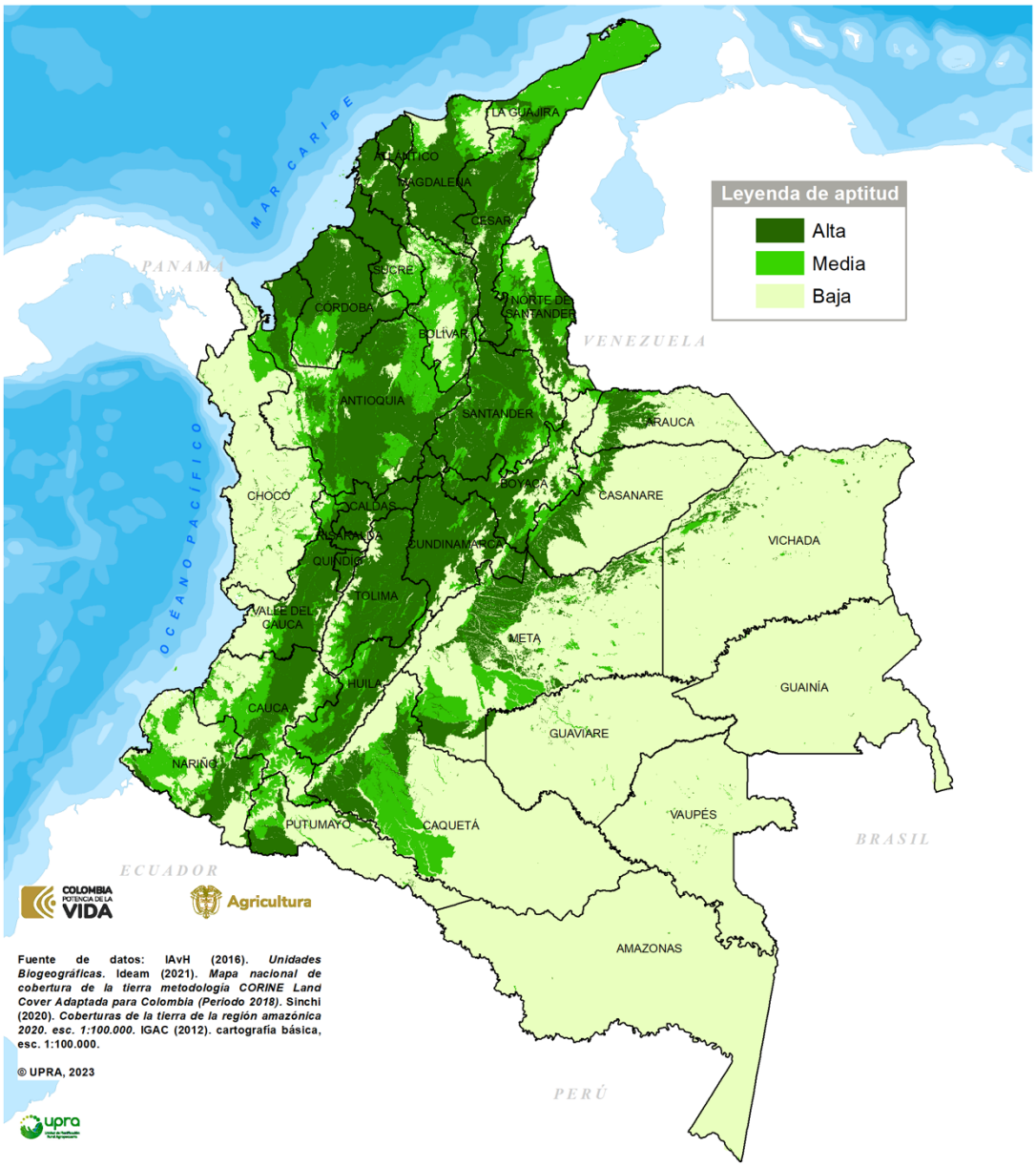
Calificación de la variable índice de naturalidad por subzona hidrográfica (adaptado a partir de Márquez, 2003)

Descripción	Rango Proporción de área de la unidad biogeográfica (%)	Aptitud
INAT muy baja – vital, baja – estratégica, moderada	0-50	Alta (A1)
INAT alta	50-75	Media (A2)
INAT muy alta – protección	75-100	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Porcentaje

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA
Variable índice de naturalidad (INAT)

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000.* Ideam.
- Ideam. (2014). *Estudio Nacional del Agua – ENA. I*: Ideam.
- Márquez C., G. (2003). *Ecosistemas estratégicos de Colombia.* Sociedad Geográfica de Colombia. http://www.sogeocol.edu.co/documentos/07ecos.pdf.

2.5.3. Variable áreas de concentración de especies sensibles (ACES)

<table>
<tr><th colspan="4">FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE</th></tr>
<tr><td colspan="2">TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="2">PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (Bubalus bubalis) EN PASTOREO</td></tr>
<tr><td colspan="4">COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO</td></tr>
<tr><td colspan="4">CRITERIO ASOCIADO: INTEGRIDAD ECOLÓGICA</td></tr>
<tr><td colspan="2">VARIABLE: áreas de concentración de especies sensibles (ACES)</td><td colspan="2">UNIDAD DE MEDIDA: cualitativo. Requiere asignación de pesos para integrar especies sensibles en AICAS y APC; riqueza potencial de especies migratorias</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="4">TIPO DE CRITERIO ASOCIADO</td><td>Exclusión técnica</td><td></td></tr>
<tr><td>Análisis jerárquico</td><td>✓</td></tr>
<tr><td>Exclusión legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
</table>

DEFINICIÓN

La representatividad ecosistémica en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas – SINAP es reducida y con ello el potencial para la conservación de la biodiversidad del país. Por esta razón, existen en el territorio nacional, áreas que, sin presentar figuras de protección, cuentan con altos valores para la conservación (AVC) por sus niveles de concentración de biodiversidad (en especial de especies amenazadas, de distribuciones reducidas, o dependientes de la calidad del hábitat a lo largo de rutas de migración).

La variable establece lugares donde tiene lugar la concentración de especies sensibles a través de indicadores como la densidad en polígonos definidos como Áreas prioritarias para la conservación (APC), o la riqueza de especies migratorias en Áreas críticas sobre agroecosistemas (AC). De igual forma, se integran las Áreas de Importancia para la Conservación de aves silvestres (AICAS).

Estas áreas son de importancia debido a que constituyen sitios de refugio para elementos de la biodiversidad sensible, los cuales prestan servicios ecosistémicos como dispersión de semillas, control de plagas, etc. Además, aportan en el funcionamiento natural de los ecosistemas nacionales y transfronterizos, a través de la integración de cadenas alimenticias, ciclos biogeoquímicos, etc.

De esta forma, entre mayor sea la concentración de estas especies, dada su sensibilidad, es menor la aptitud para el establecimiento de producción de búfalos en pastoreo, 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 de este tipo de ganadería es mayor.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite identificar áreas en donde el establecimiento de producción de búfalos en pastoreo puede generar un riesgo potencial de afectación a la biodiversidad sensible en áreas no protegidas.

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

La concentración de especies sensibles es una variable que no genera exclusiones. Pero el enfoque radica en la continuidad que debe prevalecer en el territorio en términos de la favorabilidad de hábitat para el flujo de la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos asociados (dispersión genética, polinización, regulación de cadenas tróficas, control biológico de plagas, entre otros), de tal forma que entre mayor sea la concentración de especies sensibles, menor es la aptitud para el establecimiento de producción de búfalos en pastoreo, puesto que pueden generar presiones recíprocas a los ciclos naturales de las especies.

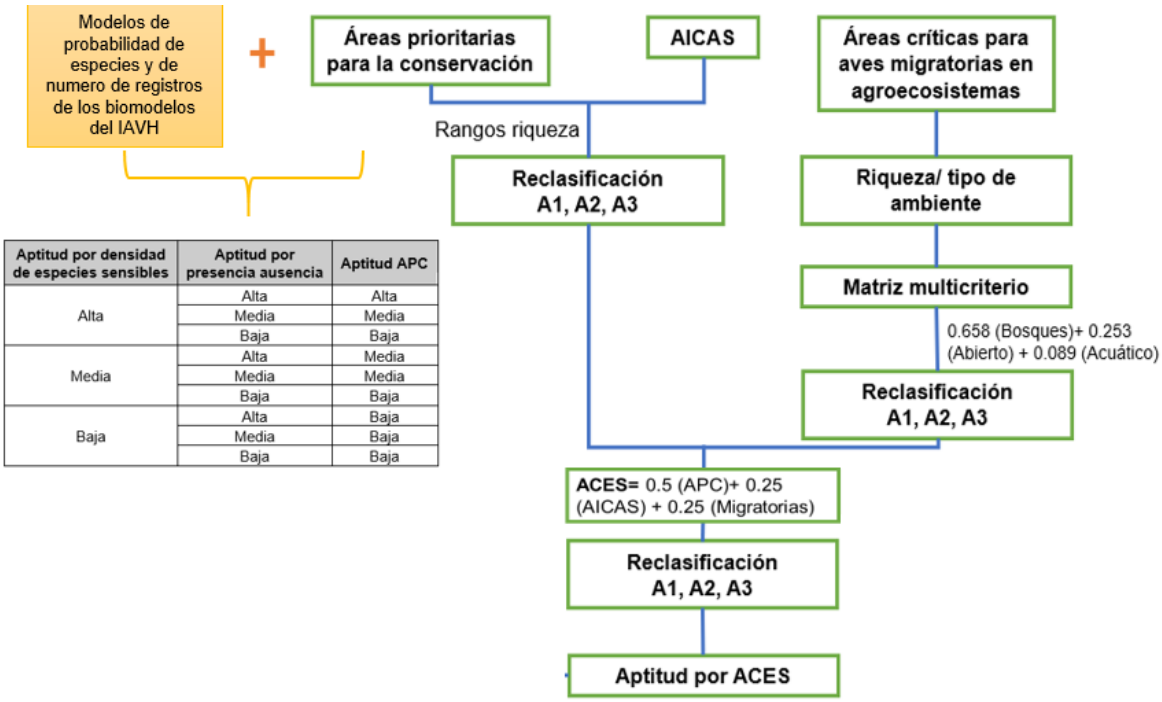
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

No existen estudios a nivel nacional que determinen la distribución y concentración de especies sensibles, por lo que el cubrimiento no es homogéneo. Esto supone integrar varios estudios realizados con metodologías y finalidades para complementar el panorama nacional.

Partiendo del supuesto que todo el país tiene biodiversidad con valor de conservación, se destacan algunos lugares del territorio con concentración de esta. Por tanto, la variable supone una menor concentración en las áreas no conservadas, pero puede corresponder en realidad a estudios no elaborados, por lo que se complementará en la medida en que se incorpore nueva información al respecto.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Esta variable se construye a partir de los siguientes insumos: mapas de polígonos y bases de datos asociadas de áreas prioritarias de conservación, datos de presencia ausencia de especies de los modelos de probabilidad de especies y de número de registros de los biomodelos del IAVH, libro rojo de especies amenazadas en Colombia, listas AICAS y riqueza potencial para aves migratorias en agroecosistemas. Se emplea la información sobre biodiversidad asociada a las APC (IAvH – ANH, 2013), AICAS (IAvH, 2015) y agroecosistemas (SELVA, 2012). El esquema metodológico de la variable se describe a continuación:



Aptitud por densidad de especies sensibles	Aptitud por presencia ausencia	Aptitud APC
Alta	Alta	Alta
	Media	Media
	Baja	Baja
Media	Alta	Media
	Media	Media
	Baja	Baja
Baja	Alta	Baja
	Media	Baja
	Baja	Baja

- **Áreas prioritarias para la conservación (APC):**
  En el estudio, esta sub-variable se mide a través de la densidad de especies sensibles /km^2, en áreas APC no declaradas en el SINAP, para lo cual se toma de base la información generada por el Instituto Alexander von Humboldt (IAVH) y la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) en 2013 en el portafolio de APC, escala 1:100.000. Adicionalmente se incluyó la capa geográfica de las unidades biogeográficas y biomas en Colombia —que están siendo utilizadas para los Conpes nacionales ambientales— con datos para 355 áreas sobre bioma y superficie (ha). Datos de presencia ausencia de especies de los modelos de probabilidad de especies y de número de registros de los biomodelos del IAVH. Listado de especies de mamíferos, peces, aves y plantas endémicas o amenazadas.

  Para incorporar esta información, se toman los Objetos de Conservación (Odc) de filtro fino y de filtro grueso del portafolio de APC, los cuales representan unidades de análisis para la conservación de elementos de la biodiversidad a nivel de especies, o ecosistemas respectivamente. Entre mayor sea el número N (riqueza) de especies sensibles o endémicas en relación con el tamaño del área que las contiene (sitios de mayor concentración o densidad de especies), menor será la compatibilidad del territorio con el establecimiento de pasturas para la producción de búfalos.

  Para este análisis, se asigna a cada polígono de APC, el valor de la densidad de la riqueza, teniendo en cuenta la riqueza por hectárea, calculando la riqueza mediante la suma de

los valores reportados de mamíferos, aves, peces, reptiles, anfibios y plantas. La definición de los rangos de aptitud se determina mediante intervalos geométricos.

Descripción	Aptitud por densidad de especies sensibles
Áreas sin identificación de APC (Ln(D) < -10,02)	Alta (A1)
APC con densidad muy baja de especies sensibles (Ln(D) = -10,02 a -5,72) APC con densidad baja de especies sensibles (Ln(D) = -5,72 a -2,77)	Media (A2)
APC con densidad moderada de especies sensibles (Ln(D) = -2,76 a -1,42) APC con densidad alta de especies sensibles (Ln(D) = -1,42 a -0,06) APC con densidad muy alta de especies sensibles (Ln(D) = -0,05 a 6,42)	Baja (A3)
No aplica	No apta (N1)

Posteriormente, se utilizó la capa de las unidades biogeográficas y biomas en Colombia y los datos de presencia ausencia de especies de los modelos de probabilidad de especies y de número de registros de los biomodelos del IAVH y el listado de especies de mamíferos, peces, aves y plantas endémicas o amenazadas, para construir el parámetro denominado especies prioritarias, se deben incluir todos los biomodelos. Se contabilizán por medio de los datos de presencia ausencia de especies de los modelos de probabilidad de especies y de número de registros de los biomodelos del IAVH, para asignar 1 para las especies presentes y 0 para las ausentes. Se asigna a cada unidad biogeográfica el valor de las especies amenazadas o endémicas que le corresponda. Posteriormente se unen estas dos tablas por medio del campo “unidad biogeográfica” en el software ArcGis 10.3. y se obtiene una tabla que indica la cantidad de especies amenazadas o endémicas para cada unidad, luego se realiza una clasificación de los valores obtenidos.

Posteriormente, se reclasifican los parámetros evaluados de acuerdo con el siguiente árbol de decisión, en el cual se adopta el nivel de mayor restricción para ser consecuente con el principio de precaución, así:

Aptitud por densindad de especies sensibles	Aptitud por presencia ausencia	Aptitud por APC
Alta	Alta	Alta
	Media	Media
	Baja	Baja
Media	Alta	Media
	Media	Media
	Baja	Baja
Baja	Alta	Baja
	Media	Baja
	Baja	Baja

Descripción	Aptitud
Baja presencia de APC y especies sensibles	Alta (A1)
Alta presencia de APC y especies sensibles	Media (A2)
Áreas asociadas a coberturas naturales, en las cuales se asume una muy alta densidad de especies	Baja (A3)

- **Áreas de importancia para la conservación de aves (AICAS)**

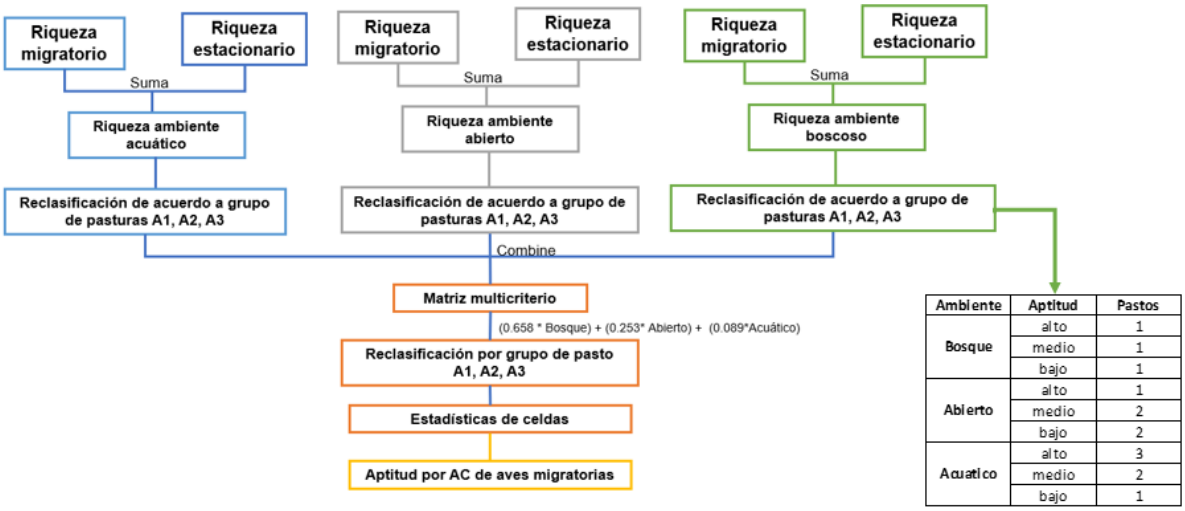
  Para el desarrollo y análisis de las AICAS, se tomó la información suministrada por el IAVH, relacionada con AICAS, en formato shape y documental. Se ajustó la riqueza de la capa AICAS (IAvH, 2015) de acuerdo con la información publicada en la página BirdLife International, tomando las categorías de especies vulnerables y amenazadas de cada AICA. De la base de datos de especies se excluyeron las AICAS sin información georreferenciada y las especies duplicadas; posteriormente, para cada una se definió el número de especies por categoría de amenaza a nivel nacional. Se precisaron los rangos de riqueza aplicando la herramienta Natural breaks de ArcGis.

Rango (ln D)	Descripción	Aptitud
<-8,085	Áreas sin identificación de AICAS	Alta (A1)
-0,085 a -6,137 - 6,137 a -4,189	AICAS muy baja de especies sensibles	Media (A2)

	AICAS baja de especies sensibles	
-4,189 a -2,241 -2,241 a -0,293 -0,293 a 1,67	AICAS moderada de especies sensibles AICAS alta de especies sensibles AICAS muy alta de especies sensibles	Baja (A3)

- **Áreas críticas (AC) para aves migratorias en paisajes agropecuarios:**

A partir de la información producida por Selva (2012), se emplearon las capas relacionadas con riqueza de especies de periodo estacionario y migratorio, asociadas a ambientes acuáticos, abiertos y de bosque. Para los hábitats bosque y acuático se realizó un esquema por Fuzzy, donde uno (1) es la menor presencia y tres (3) la mayor. Seguido a esto los tres hábitats se reclasificaron y combinaron. La reclasificación se realizó teniendo en cuenta la implementación de pasturas para la producción de ganadería bufalina y su afectación en la aptitud de la riqueza. 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, en los periodos migratorio y estacionario, sumando estas dos capas a fin de identificar aquellas áreas que representan ambientes críticos a lo largo de todo el ciclo migratorio.



Ambiente	Aptitud	Pastos
Bosque	alto	1
	medio	1
	bajo	1
Abierto	alto	1
	medio	2
	bajo	2
Acuatico	alto	3
	medio	2
	bajo	1

La consolidación de los diferentes ambientes se realizó mediante matrices multicriterio, las cuales permiten determinar el porcentaje de participación de cada uno:

Riqueza de especies migratorias = (0,658 * Bosque) + (0,253* Abierto) + (0,089*Acuático)

Los valores de la riqueza se reclasificaron aplicando la herramienta intervalos geométricos de ArcGis para asignar categorías de aptitud.

Rango	Aptitud
>1,51	Alta (A1)
1,34 – 1,51	Media (A2)
<1,34	Baja (A3)

Para integrar toda la información de concentración de especies sensibles relacionada con biodiversidad y evitar redundancias, se realizó también a través matrices multicriterio, obteniendo los siguientes pesos:

ACES= 0,5 (APC) + 0,25 (AICAS) + 0,25 (Migratorias)

La definición de aptitud se realizó a través de intervalos geométricos.

Rango	Aptitud
2,27- 3,0	Alta (A1)
1,6 – 2,27	Baja (A2)
<1,6	Baja (A3)

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

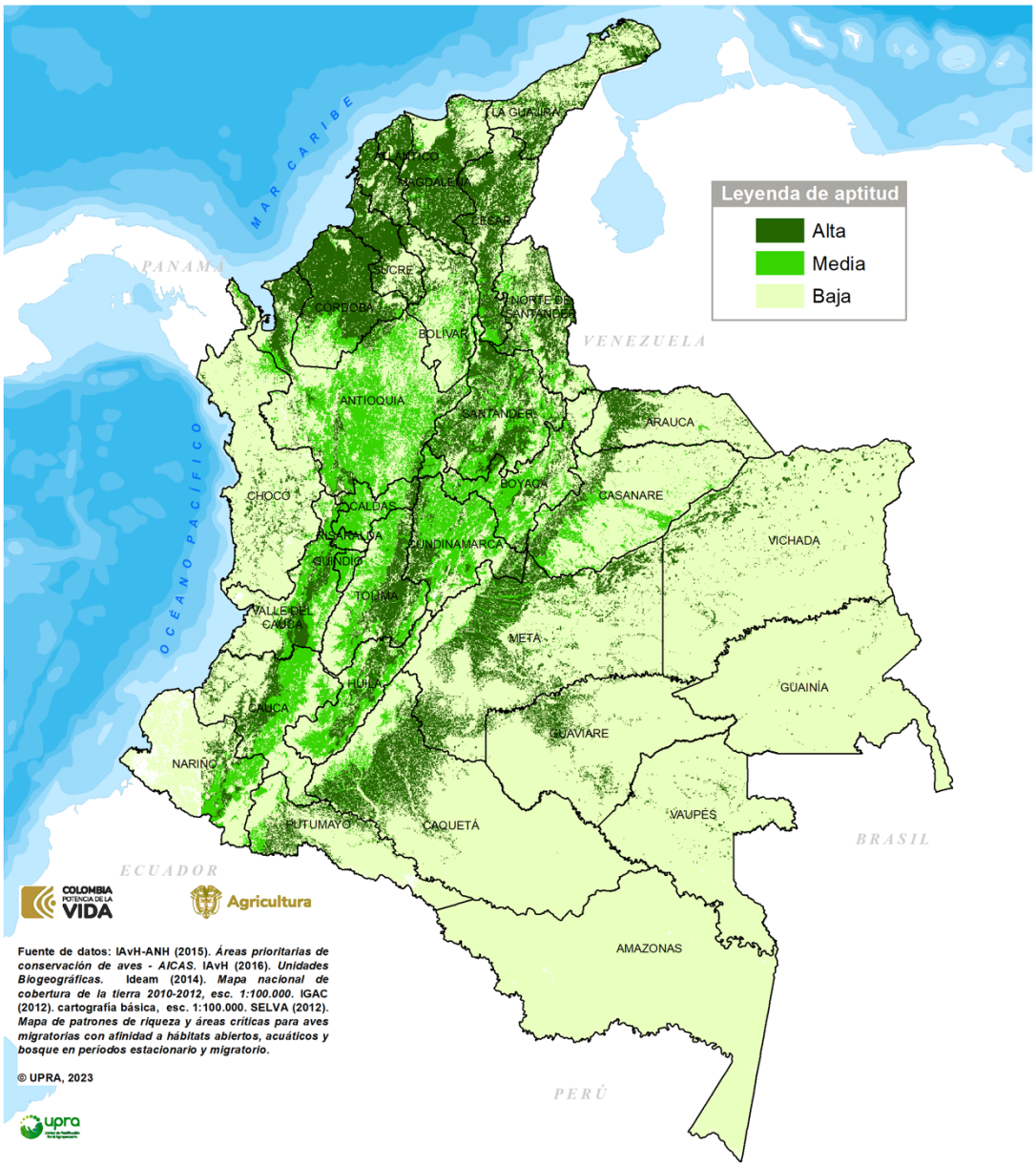
Se establecieron los siguientes rangos de atitud para las ACES.

Rango	Aptitud
2,27- 3,0	Alta (A1)
1,6 – 2,27	Media (A2)
<1,6	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Cualitativa

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA
Variable áreas de concentración de especies sensibles (ACES)

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Franco, A., Devenish, C., Barrero, M. C. & Romero, M. H. (2009). Colombia. En: Devenish, C.; Díaz Fernández, D; Clay, R.; Davidson I. & Yépez Zabala I. (Eds). *Important Bird Areas Americas - Priority sites for biodiversity conservation*. (pp 135 –148). BirdLife International (BirdLife Conservation Series No. 16).
- García- Márquez, J. R.; Moreno I. y Sacharow O. (2012*). Modelamiento de áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia*. Informe final del Convenio 044 del 2012 entre SELVA y UPRA.
- Instituto Alexander von Humboldt – Agencia Nacional de Hidrocarburos. AvH-ANH. (2010). Áreas prioritarias para la conservación. Escala 1:250.000.
- Instituto Alexander von Humboldt. (2015). Mapa de Áreas Importantes para la Conservación de las Aves - AICAS. Fuente de datos: F. Gary Stiles (Instituto de Ciencias de la Universidad Nacional), Alonso Quevedo Gil, Hermano Roque Casallas (Museo de La Salle), Mijael Brand Prada, Dr. Kristof Zyskowski (Yale University´s Peabody Museum of Zoology), Dr. J. Van Remsen (Louisiana State), Asociación Calidris.
- SELVA. (2012). *Mapas de Modelamiento de Áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia*. Convenio No. 044 del 2012 entre SELVA y UPRA.

2.6. Criterio sanidad animal

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO. SUBCOMPONENTE: SANITARIO		
CRITERIO: SANIDAD ANIMAL		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• Susceptibilidad a la transmisión de enfermedades vectoriales de control oficial y hemoparásitos, expresada como adimensional. • Susceptibilidad al contagio por enfermedades no vectoriales de control oficial, expresada como adimensional.		

DEFINICIÓN

Es un "pilar fundamental para asegurar la competitividad del sector pecuario" (SAG, 2014). Es un factor clave para el establecimiento de cualquier sistema productivo, ya que se debe mantener durante todas las etapas productivas. Tiene como objeto preservar la salud y vida de los animales y ser una herramienta en la toma de medidas preventivas con respecto a las enfermedades presentes o introducidas al país que puedan poner en riesgo la vida animal o humana.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Es importante durante el proceso productivo puesto que cualquier intervención de agentes patógenos podría evitar el desarrollo normal de los búfalos, disminuyendo sus rendimientos productivos y reproductivos, generando altas pérdidas económicas por mortalidades o cierres de comercio nacional y de exportación. Este criterio representa la cuarta libertad del bienestar animal (libre de enfermedades; según la OIE).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

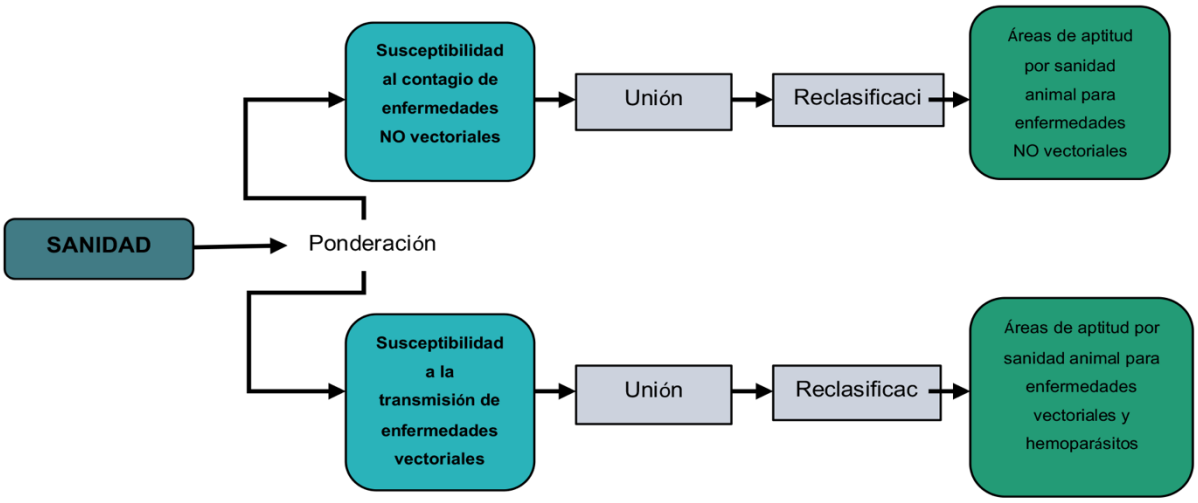
Existen diferentes factores que afectan la sanidad animal, que por falta de información a nivel nacional no pudieron ser espacializados.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

En el análisis de cada una de las variables ninguna presenta límites que se califiquen como no aptos (N1).

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Para la evaluación del criterio se realizó el procesamiento de las dos variables como se describe a continuación:



a. **Susceptibilidad al contagio por enfermedades no vectoriales de control oficial:** se realizó una clasificación de todo el territorio según la vulnerabilidad que presenta frente a las diferentes enfermedades que pueden afectar una producción bufalina, así:

Calificación de la variable susceptibilidad al contagio por enfermedades no vectoriales de control oficial

Descripción	Aptitud
Susceptibilidad baja	Alta (A1)
Susceptibilidad media	Media (A2)
Susceptibilidad alta	Baja (A3)

b. **Susceptibilidad a la transmisión de enfermedades vectoriales de control oficial y hemoparásitos:** se realizó una clasificación de todo el territorio según la vulnerabilidad

que presenta frente a las diferentes enfermedades que pueden afectar una producción bufalina, así:

Calificación de la variable susceptibilidad a la transmisión de enfermedades vectoriales de control oficial y hemoparásitos

Descripción	Aptitud
Susceptibilidad baja	Alta (A1)
Susceptibilidad media	Media (A2)
Susceptibilidad alta	Baja (A3)

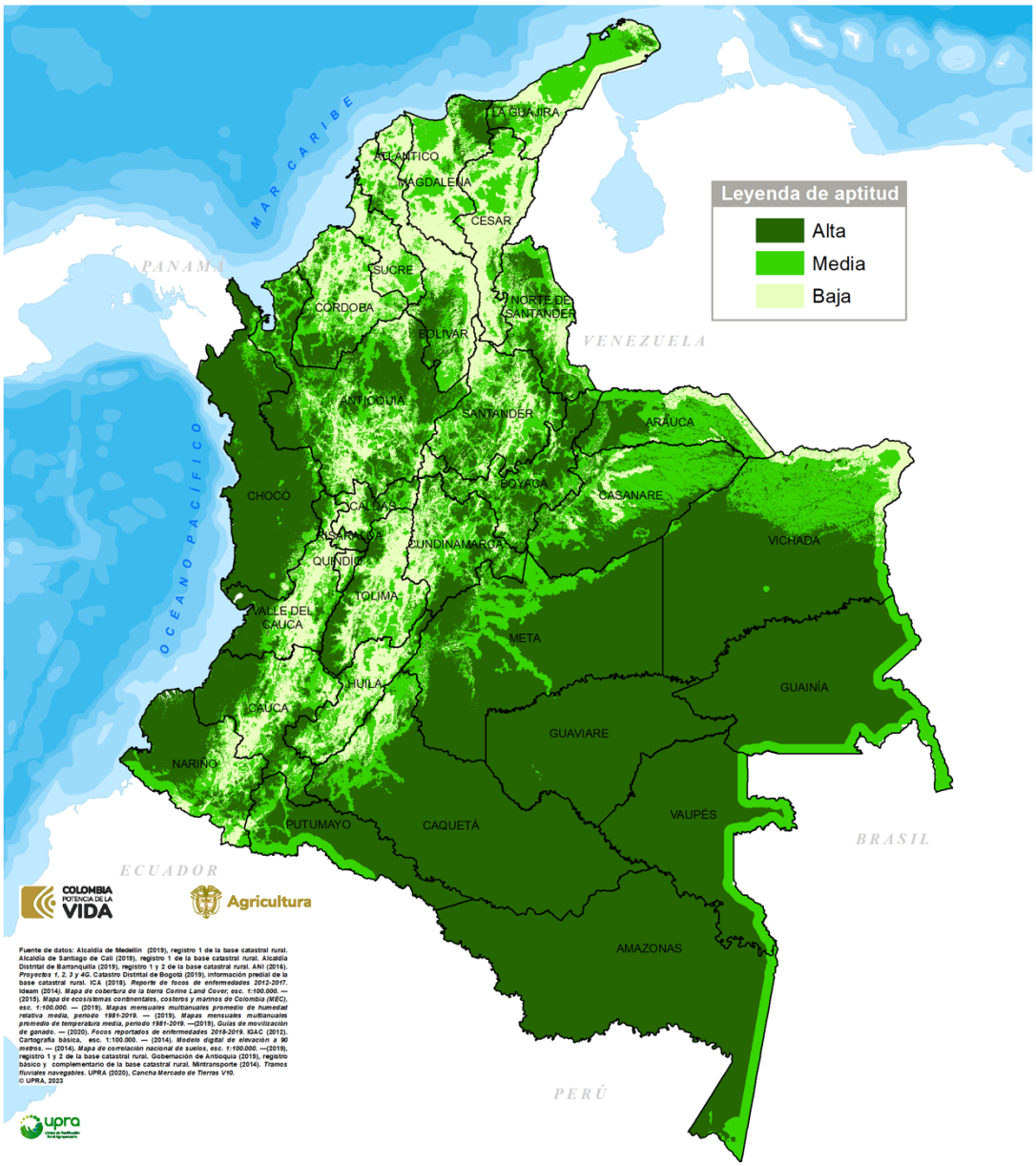
La unión de las variables que componen el criterio de sanidad animal se realizó por suma ponderada, se dio un peso de 70 % a la susceptibilidad a la transmisión de enfermedades vectoriales de control oficial y hemoparásitos y 30 % a la susceptibilidad al contagio por enfermedades no vectoriales de control oficial, dando una mayor importancia a las enfermedades que generan mas pérdidas económicas en las producciones bufalinas.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para el establecimiento de los rangos de clase de aptitud del criterio, el valor final de la ponderación (que varía entre 1 y 3) se reclasificó, así:

Criterio de calificación	Aptitud
Susceptibilidad baja	Alta (A1)
Susceptibilidad media	Media (A2)
Susceptibilidad alta	Baja (A3)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



Fuente de datos: Alcaldía de Medellín (2019), registro 1 de la base catastral rural. Alcaldía de Santiago de Cali (2019), registro 1 de la base catastral rural. Alcaldía Distrital de Barranquilla (2019), registro 1 y 2 de la base catastral rural. ANI (2016). *Proyectos 1, 2, 3 y 4G.* Catastro Distrital de Bogotá (2019), información predial de la base catastral rural. ICA (2018). *Reporte de focos de enfermedades 2012-2017.* Ideam (2014). *Mapa de cobertura de la tierra Corine Land Cover, esc. 1:100.000.* — (2015). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (MEC), esc. 1:100.000.* — (2019). *Mapas mensuales multianuales promedio de humedad relativa media, periodo 1981-2019.* — (2019). *Mapas mensuales multianuales promedio de temperatura media, periodo 1981-2019.* —(2019), *Guías de movilización de ganado.* — (2020), *Focos reportados de enfermedades 2018-2019.* IGAC (2012). Cartografía básica, esc. 1:100.000. — (2014). *Modelo digital de elevación a 90 metros.* — (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, esc. 1:100.000.* —(2019), registro 1 y 2 de la base catastral rural. Gobernación de Antioquia (2019), registro básico y complementario de la base catastral rural. Mintransporte (2014). *Ttramos fluviales navegables.* UPRA (2020), *Cancha Mercado de Tierras V10.*
© UPRA, 2023

CRITERIO SANIDAD ANIMAL

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000*. Ideam.
- _. (2014). *Mapa nacional de cobertura de la tierra 2010-2012*. Ideam.
- _. (2017). *Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia (MEC) a escala 1:100.000*. Ideam.
- _. (2019). *Mapas mensuales multianuales promedio de humedad relativa media, periodo 1981-2019*. Ideam.
- _. (2019b). *Mapas mensuales multianuales promedio de temperatura media, periodo 1981-2019*. Ideam.
- Ideam, IGAC, IAvH, Invemar, I. Sinchi e IIAP. (2015). *Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia*. 313 pp. Ideam, IGAC, IAvH, Invemar, I. Sinchi e IIAP.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2012b). *Registro 1 y 2 de la base catastral rural*. IGAC.
- _. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014b). *Modelo digital de elevación de 90 m*. IGAC.
- Mintransporte. (2014). *Tramos fluviales navegables*. Mintransporte.
- UPRA. (2020). *Cancha del mercado de tierras V10*. UPRA.

2.6.1. Variable susceptibilidad a la transmisión de enfermedades vectoriales de control oficial y hemoparásitos

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**		
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO. SUBCOMPONENTE: SANITARIO			
CRITERIO ASOCIADO: SANIDAD ANIMAL			
VARIABLE: susceptibilidad a la transmisión de enfermedades vectoriales de control oficial y hemoparásitos	**UNIDAD DE MEDIDA:** cualitativa		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**		
	Análisis jerárquico	✓	
	Exclusión legal		
	Condicionante legal		

DEFINICIÓN

Son aquellas enfermedades endémicas de prioridad nacional “que un ser vivo (casi siempre un vector artrópodo) transmite a un hospedador” (Verwoerd, 2015). Dichas enfermedades afectan de manera directa en la rentabilidad de la producción, por ser un limitante en el comercio de animales; además, algunas de ellas pueden ser trasmitidas a los humanos (zoonosis) convirtiéndose en un problema de salud pública. Por disposiciones internacionales de la OIE, deben ser manejadas con programas de obligatorio cumplimiento para reducir el riesgo de afectar a las diferentes especies productivas y a los mercados nacionales e internacionales (Zúñiga, s. f.).

Se evalúa a través de la distribución y establece las áreas propicias que brindan a los vectores de cuatro enfermedades; rabia de origen silvestre (enfermedad de control oficial), estomatitis vesicular (enfermedad de declaración obligatoria) y hemoparásitarias trasmitidas por *Rhipicefalus* (B) *microplus* y Tripanosomiasis, un ambiente favorable para llevar a término su ciclo biológico completo.

Muestra la distribución potencial de la garrapata (*Rhipicephalus microplus*), moscas (*Lutzomyia* spp.), murciélago hematófago (*Desmodus rotundus*) y tábanos y moscas de establo (*Stomoxys* spp., *Haematobias* spp.) mediante modelos de distribución de especie.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Brinda la información necesaria para tomar medidas preventivas de bioseguridad para el establecimiento de producciones bufalinas y evitar pérdidas económicas, riesgos en la salud pública (zoonosis).

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

En el análisis de esta variable no hay límites que califiquen zonas del territorio nacional como no aptas (N1).

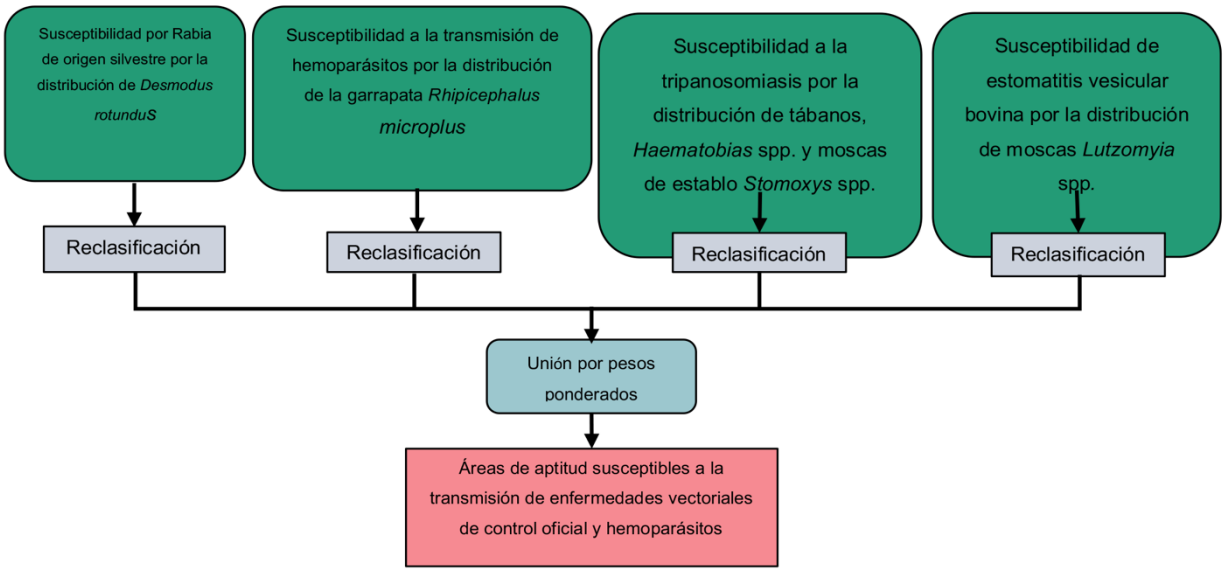
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

En el análisis de esta variable no hay limitantes.

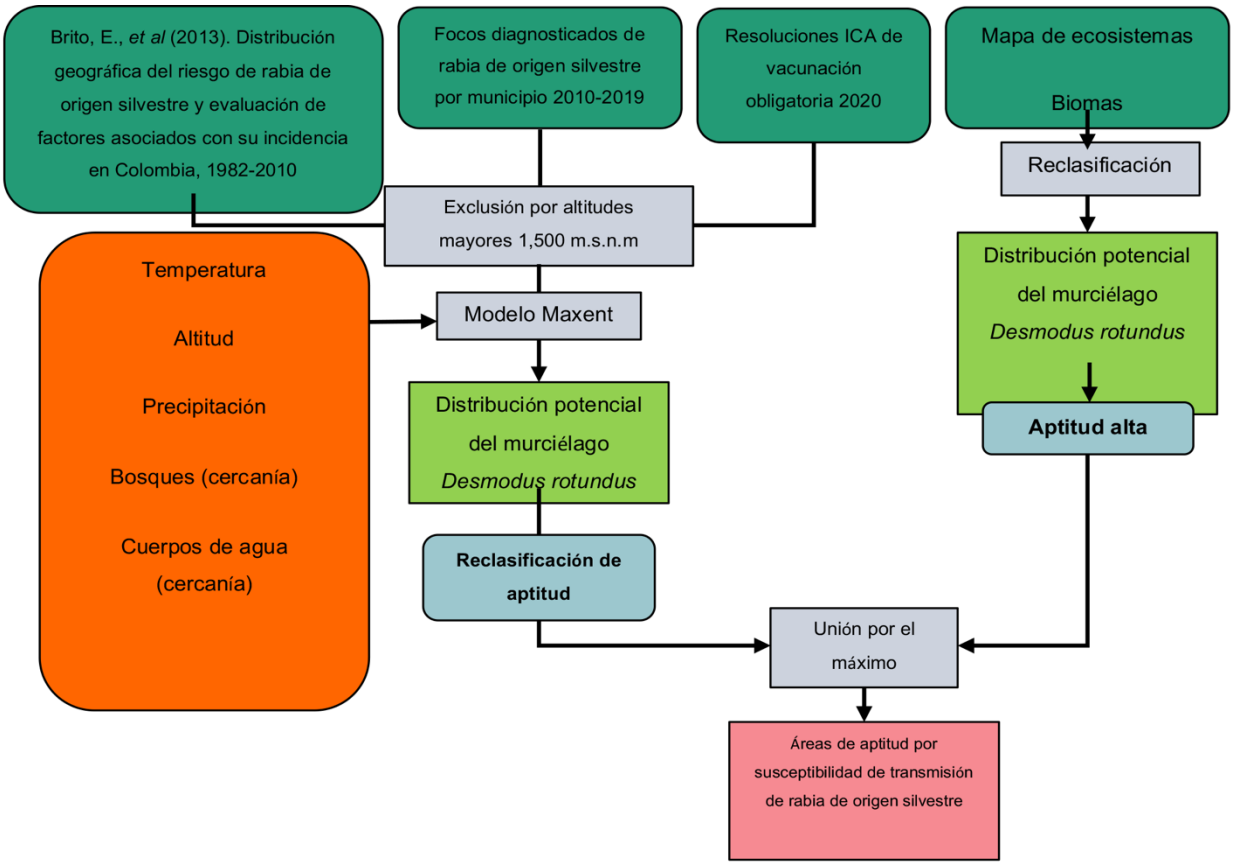
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

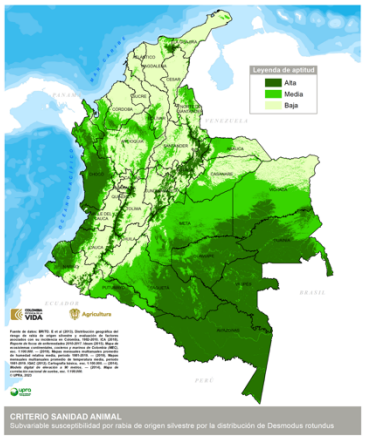
Para el desarrollo de la variable se realizó el procesamiento que se describe a continuación:

Procedimiento para determinar la susceptibilidad a la transmisión de enfermedades vectoriales de control oficial y hemoparásitos para la producción de búfalos en pastoreo



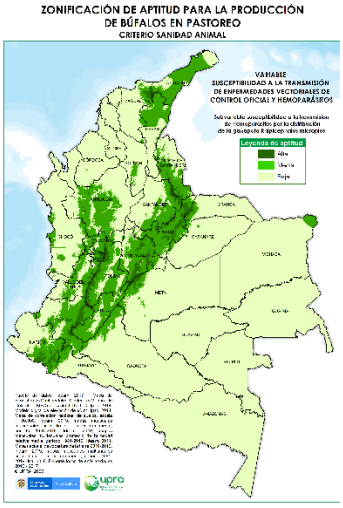
a. Subvariable susceptibilidad por rabia de origen silvestre por la distribución de *Desmodus rotundus*: resalta las áreas del territorio con distribución potencial del murciélago hematófago; para generar la salida gráfica se utilizó el modelo de distribución *maxent* con la metodología que se describe a continuación:

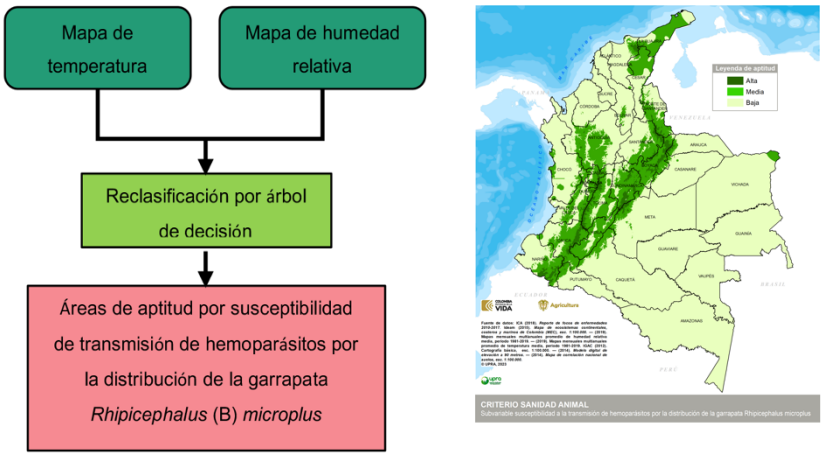




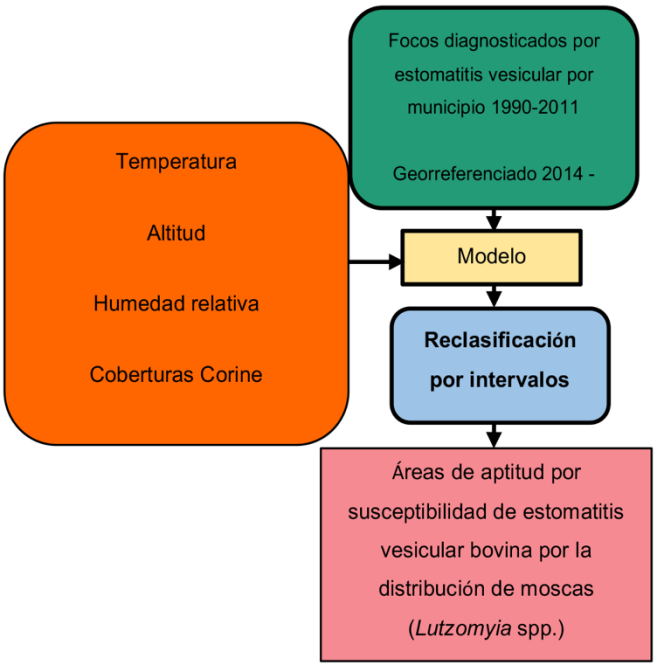
b. Subvariable susceptibilidad a la transmisión de hemoparásitos por la distribución de la garrapata *Rhipicephalus microplus*: genera una distribución potencial de la garrapata relacionando la temperatura y humedad relativa según el siguiente árbol de decisión.

Temperatura	Humedad relativa (%)	Aptitud
22 - 30	75 - 80	A3
22 - 30	70 - 75	A2
22 - 30	80 - 85	A3
22 - 30	65 - 70	A2
22 - 30	85 - 90	A3
11 - 22	85 - 90	A2
11 - 22	80 - 85	A2
22 - 30	90 - 95	A2
11 - 22	90 - 95	A3
11 - 22	75 - 80	A2
< 11	90 - 95	A1
11 - 22	70 - 75	A2
< 11	80 - 85	A1
< 11	85 - 90	A1
< 11	75 - 80	A1
11 - 22	65 - 70	A2
< 11	70 - 75	A1
> 30	75 - 80	A3
> 30	80 - 85	A3
< 11	65 - 70	A1
> 30	70 - 75	A3



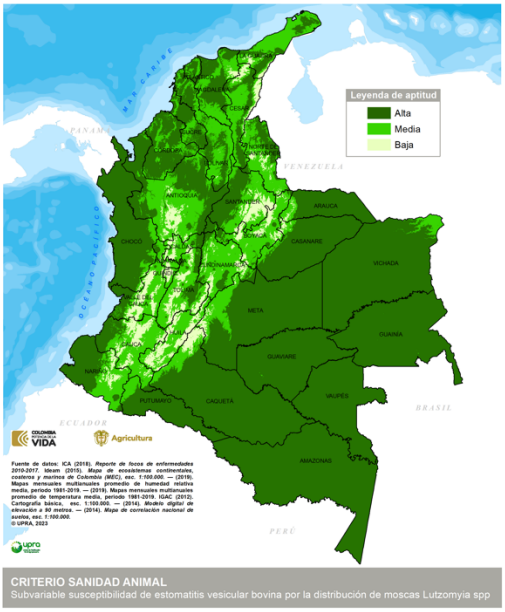


c. Susceptibilidad de estomatitis vesicular bovina por la distribución de moscas (*Lutzomyia* spp.): para el desarrollo del modelo de distribución que se describe en la figura a continuación, se tuvo en cuenta la capa de suelos de 3 formas (taxonomía NEW, según su contenido de materia orgánica y por presencia o ausencia de materia orgánica) y para las coberturas Corine se tuvo en cuenta la tabla que se describe a continuación.



c. Susceptibilidad de estomatitis vesicular bovina por la distribución de moscas (*Lutzomyia* spp.): para el desarrollo del modelo de distribución que se describe en la figura a continuación, se tuvo en cuenta la capa de suelos de 3 formas (taxonomía NEW, según su contenido de materia

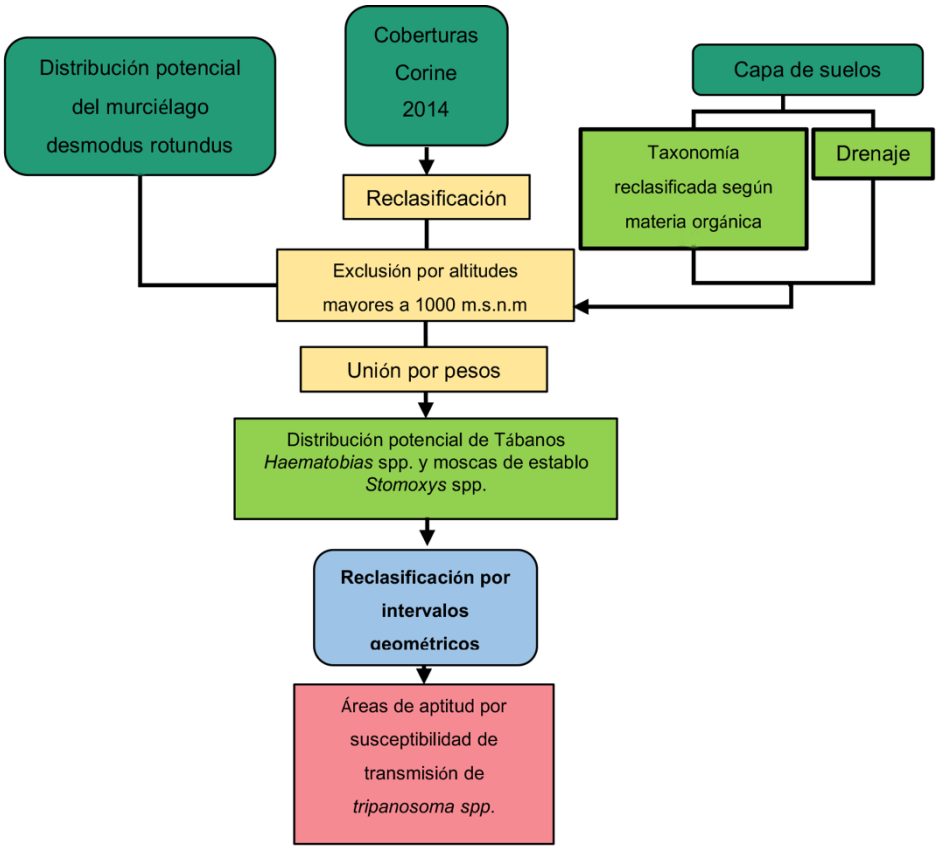
orgánica y por presencia o ausencia de materia orgánica) y para las coberturas Corine se tuvo en cuenta la tabla que se describe a continuación.

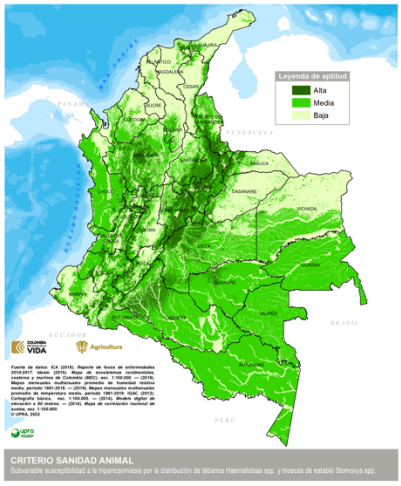


Coberturas Corine 2014	
3.1.1.1 Bosque denso alto	3.2.1.2 Herbazal abierto
3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme	3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso
3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable	3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso
3.1.1.1.2.1. Bosque denso alto Inundable heterogeneo	3.2.2.1. Arbustal denso
3.1.1.1.2.2 Manglar denso alto	3.2.2.2. Arbustal abierto
3.1.1.1.2.3. Palmares	3.2.2.2.1. Arbustal abierto esclerófilo
3.1.1.2 Bosque denso bajo	3.2.2.2.2. Arbustal abierto mesófilo
3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme	3.1.5. Plantacion forestal
3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable	3.1.5.1 Plantación de coníferas
3.1.2 Bosque	3.1.5.2. Plantacion de latifoliadas
3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme	3.2.3. Vegetacion secundaria o en transición
3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable	3.2.3.1. Vegetacion secundaria alta
3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme	3.2.3.2. Vegetacion secundaria baja
3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable	3.2.1.1 Herbazal denso
3.1.3. Bosque fragmentado	3.2.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme
3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos	3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado
3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetacion secundaria	3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado

3.1.4. Bosque de galeria y ripario	3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos
3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable	2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales
3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado	2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales
3.2.1.1.2.3 Arracachal	

a. Susceptibilidad a la tripanosomiasis por la distribución de tábanos *Haematobias* spp. y moscas de establo *Stomoxys* spp.: resalta las áreas del territorio con distribución potencial para tábanos y moscas teniendo en cuenta su bioecología; para generar la salida grafica se utilizó el modelo de distribución maxent con la metodología que se describe a continuación y las coberturas Corine utilizadas fueron las mismas descritas en la subvariable anterior.





Por último, para generar la salida grafica final de la variable se realizó la unión por suma ponderada de las subvariables, con los pesos que se describen a continuación dando una mayor importancia a las enfermedades de control oficial y declaración obligatoria evaluadas y posteriormente de acuerdo con las pérdidas económicas que pueden generar las enfermedades al presentarse en una explotación bufalina.

Subvariable	Porcentaje (%)
Rabia de origen silvestre	30
Estomatitis vesicular	30
Tripanosomiasis	25
Hemoparasitarias	15

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para el establecimiento de los rangos de clase de aptitud de la variable, el valor final de la ponderación (que varía entre 1 y 3) se establece mediante la reclasificación; así:

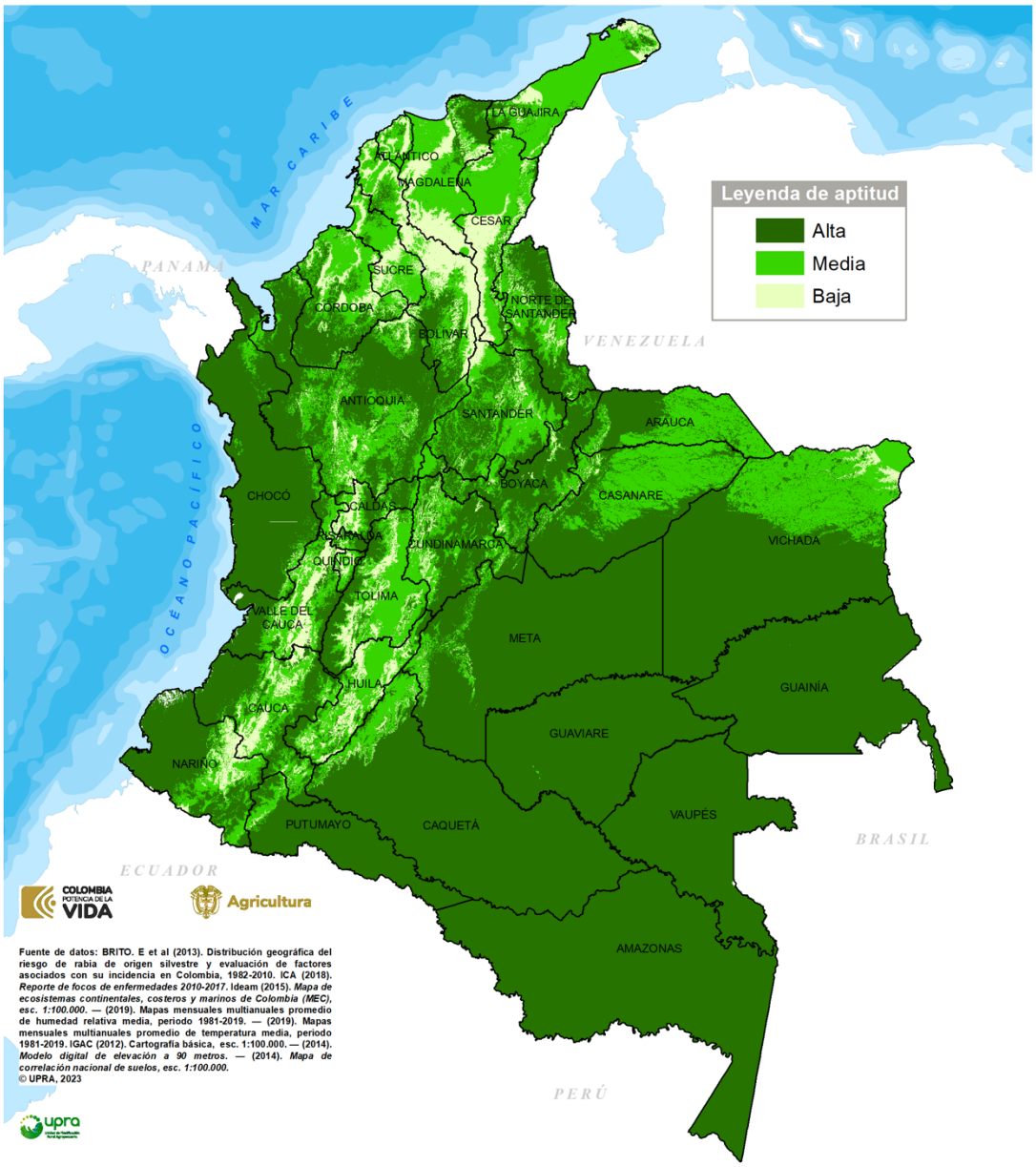
Aptitud para la producción de búfalos en pastoreo por la variable susceptibilidad a la transmisión de enfermedades vectoriales de control oficial y hemoparásitos

Descripción	Aptitud
Susceptibilidad baja	Alta (A1)
Susceptibilidad media	Media (A2)
Susceptibilidad alta	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Cualitativa

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO SANIDAD ANIMAL
Variable susceptibilidad a la transmisión de enfermedades vectoriales de control oficial y hemoparásitos

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía de Medellín. (2019). Registro 1 de la base catastral rural.
- Barros ATM. (2001). Dynamics of Haematobia irritans irritans (Diptera: Muscidae) infestation on Nelore cattle in the Pantanal, Brazil. *Mem Inst Oswaldo Cruz, 96*(4):445-50. http://dx.doi.org/10.1590/S0074- 02762001000400002
- Brito-Hoyos D., Brito Sierra, E. & Villalobos Álvarez, R. (2013). Distribución geográfica del riesgo de rabia de origen silvestre y evaluación de los factores asociados con su incidencia en Colombia, 1982-2010. *Revista Panamericana de Salud Pública, 33*(1), 08-14.
- Cortés-Vecino; (2011). Garrapatas: estado actual y perspectivas; Simposio Parasitología veterinaria XX Congreso Latinoamericano de Parasitología; *Biomédica 31*(sup.3):3-315.
- IAVH. (2017). *Base de datos ausencia y presencia correspondiente Biomodelos de especie, escala 1:100.000*. IAVH.
- ICA. (2020). *Focos diagnosticados con rabia de origen silvestre georreferenciados 2009-2019*. ICA.
- _. (2018). Reporte focos de enfermedades 2010-2017. ICA.
- _. (2020). Resoluciones ICA 064528 del 24 marzo 2020. ICA.
- Ideam. (2017). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia (MEC) a escala 1:100.000*. Ideam.
- _. (2019). *Mapas mensuales multianuales promedio de humedad relativa media, periodo 1981-2019*.
- _. (2019). *Mapas mensuales multianuales promedio de temperatura media, periodo 1981-2019*. Ideam.
- _. (2017). *Mapa de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinosde Colombia (MEC) a escala 1:100.000*. Ideam.
- _. (2014). *Mapa nacional de cobertura de la tierra 2010-2012*. Ideam.
- IGAC. (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Modelo digital de elevación de 90 m*. IGAC.
- Orjuela M.; Díaz M. y otros. (2009). Colombia, sanidad animal 2008. Sistema de Información y Vigilancia Epidemiológica. Informe técnico.
- Osorio A., Madruga C., Desquesnes M, Soares CO, Ribeiro LR, Costa SC. Trypanosoma (*Duttonella*) vivax: its biology, epidemiology, pathogenesis, and introduction.*The New World a review*. *Mem Inst Oswaldo Cruz. 2008; 103*(1):1-13. http://dx.doi.org/10.1590/S0074-02762008000100001

- Parra-Henao G, Alarcon-Pineda EP, Lopez-Valencia G. (2008). Ecología y análisis parasitológico de tábanos (Diptera: Tabanidae) en Antioquia, Colombia. *Caldasia*; *30*(1):179-88.
- Servicio agricola y ganadero (SAG). (s.f.). http://www.sag.gob.cl/ambitos-de-accion/sanidad-animal.
- Trujillo, L. (2009). *Antecedentes y avances en aspectos de epidemiologia, diagnóstico y control de la estomatitis vesicular*. Facultad de Viencias. Pontificia Universidad Javeriana
- Verwoerd, D. (2015). Definición de «vector» y «enfermedad transmitida». *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.*, 37-39.
- Wells EA, Betancourt A, Ramírez IE. (1982). Trypanosoma vivax in Colombia: interpretation of field results. *Trop Anim Health Prod. 14*(3):141-50.

  http://dx.doi.org/10.1007/BF02242144
- Wall R, Shearer D. (2010). *Ectoparasitología veterinaria: biología, patología y control*. Acribia.
- Zapata R, Mesa J, Mejía J, Reyes J, Ríos LA. (2009) Frecuencia de infección por Trypanosoma sp. en búfalos de agua (Bubalus bubalis) en cuatro hatos bufaleros de Barrancabermeja, Colombia. *Rev Colomb Cienc Pecu. 22*(1):25-32.
- Zúñiga, I. MVZ UN. Msc Salud Pública. PhD Ciencias Veterinarias.

2.6.2. Variable susceptibilidad al contagio por enfermedades no vectoriales de control oficial

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**		
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO. SUBCOMPONENTE: SANITARIO			
CRITERIO ASOCIADO: SANIDAD ANIMAL			
VARIABLE: susceptibiidad al contagio por enfermedades no vectoriales de control oficial	**UNIDAD DE MEDIDA:** cualitativa		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO		**Exclusión técnica**	
		Análisis jerárquico	✓
		Exclusión legal	
		Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Las enfermedades no vectoriales de control oficial y de importancia sanitaria son aquellas de prioridad nacional que, por sus características epidemiológicas, afectan el comercio nacional y de exportación de productos o subproductos de origen bufalino. Se evalúan a través de la distribución y concentración de focos georreferenciados con diagnostico ICA de brucelosis y tuberculosis, en un periodo de 5 años, 2012-2017 para búfalinos y vacunos, y 2018 - 2019 solo con diagnóstico en bufalinos; frontera terrestre (Venezuela - Ecuador - Brasil) y la conectividad medida mediante guías de movilización ICA 2019, tanto para vacunos como para búfalinos.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Cualquier intervención de agentes patógenos podría evitar al búfalo expresar su potencial genético, mantener sus rendimientos productivos y reproductivos y generar altas pérdidas económicas. Por lo que este insumo brinda la información necesaria para tomar medidas preventivas de bioseguridad para el establecimiento de producciones bufalinas y así evitar pérdidas económicas y problemas de salud pública (zoonosis).

Adicionalmente es deber del Gobierno Nacional proteger la sanidad pecuaria con el fin de evitar pérdidas económicas, perjuicios a la salud humana y restricción en la comercialización de animales o sus productos según los considerandos de las resoluciones ICA generadas para la prevención, control y erradicación de enfermedades de control oficial. Igualmente, Colombia es país miembro de la OIE (Organización Mundial de Sanidad Animal) por ello debe cumplir con los lineamientos concernientes a la toma de las medidas sanitarias pertinentes para la prevención, control y erradicación de las enfermedades establecidas en la lista de enfermedades de declaración obligatoria generada por dicha organización.

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

En el análisis de esta variable, no hay límites que califiquen zonas del territorio nacional como no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

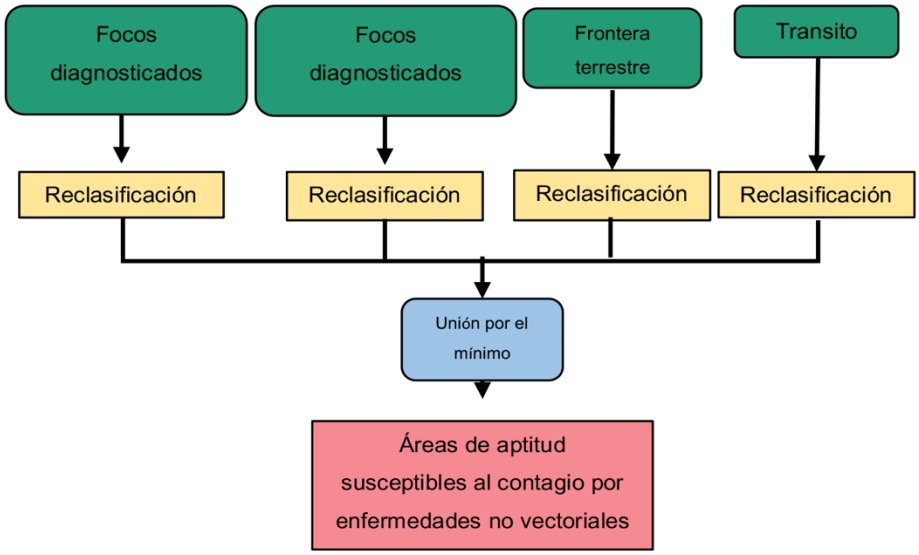
Existen muchas otras enfermedades que revisten importancia económica, que afectan la salud pública y salud animal, pero que por falta de datos no es posible su representación cartográfica.

Por otra parte, los reportes oficiales de sanidad en los bufalinos en Colombia se limitan a las enfermedades de control oficial y declaración obligatoria.

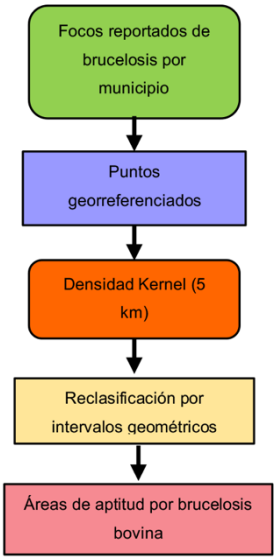
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

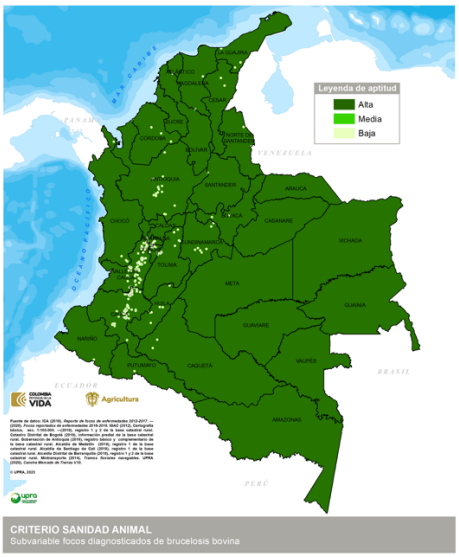
Para el desarrollo de la variable se realizó el procesamiento que se describe a continuación:

Procedimiento para determinar la susceptibilidad al contagio por enfermedades no vectoriales de control oficial para la producción de búfalos en pastoreo



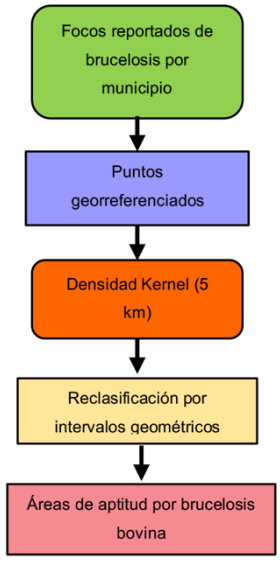
a. Subvariable focos diagnosticados brucelosis bovina: resalta las áreas del territorio nacional que presentan focos diagnosticados y georreferenciados reportados por el ICA en el periodo comprendido entre el año 2012 y 2017 para la especie bovina - bufalina y 2018-2019 solo bufalina. Dichos puntos se representan mediante una densidad de Kernel a un radio de 5 km. La metodología se describe a continuación al igual que la salida gráfica resultado del proceso.

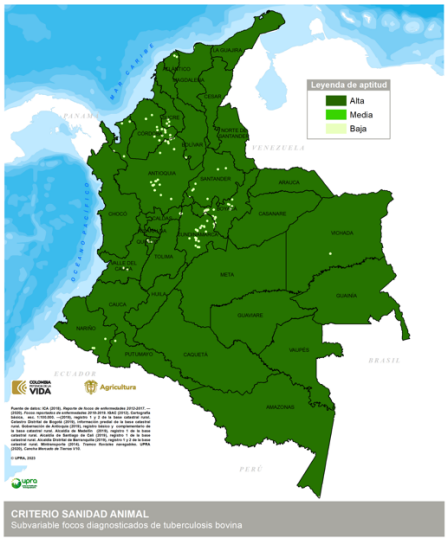




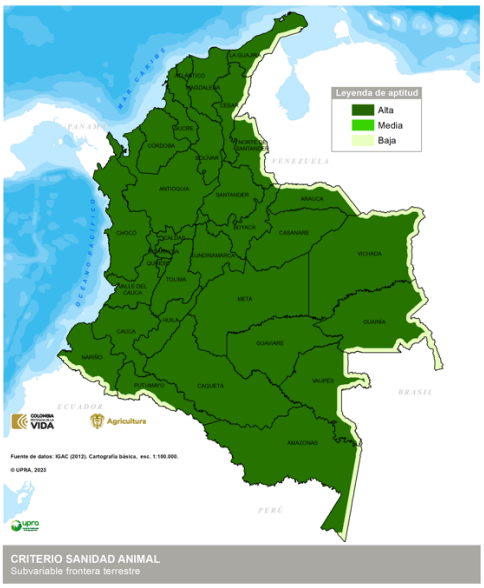
b. Subvariable focos diagnosticados tuberculosis bovina: resalta las áreas del territorio nacional que presentan focos diagnosticados y georreferenciados reportados por el ICA

en el periodo comprendido entre el año 2012 y 2017 para la especie bovina - bufalina y 2018-2019 solo bufalina. Dichos puntos se representan mediante una densidad de Kernel a un radio de 5 km. La metodología se describe a continuación al igual que la salida grafica resultado del proceso.

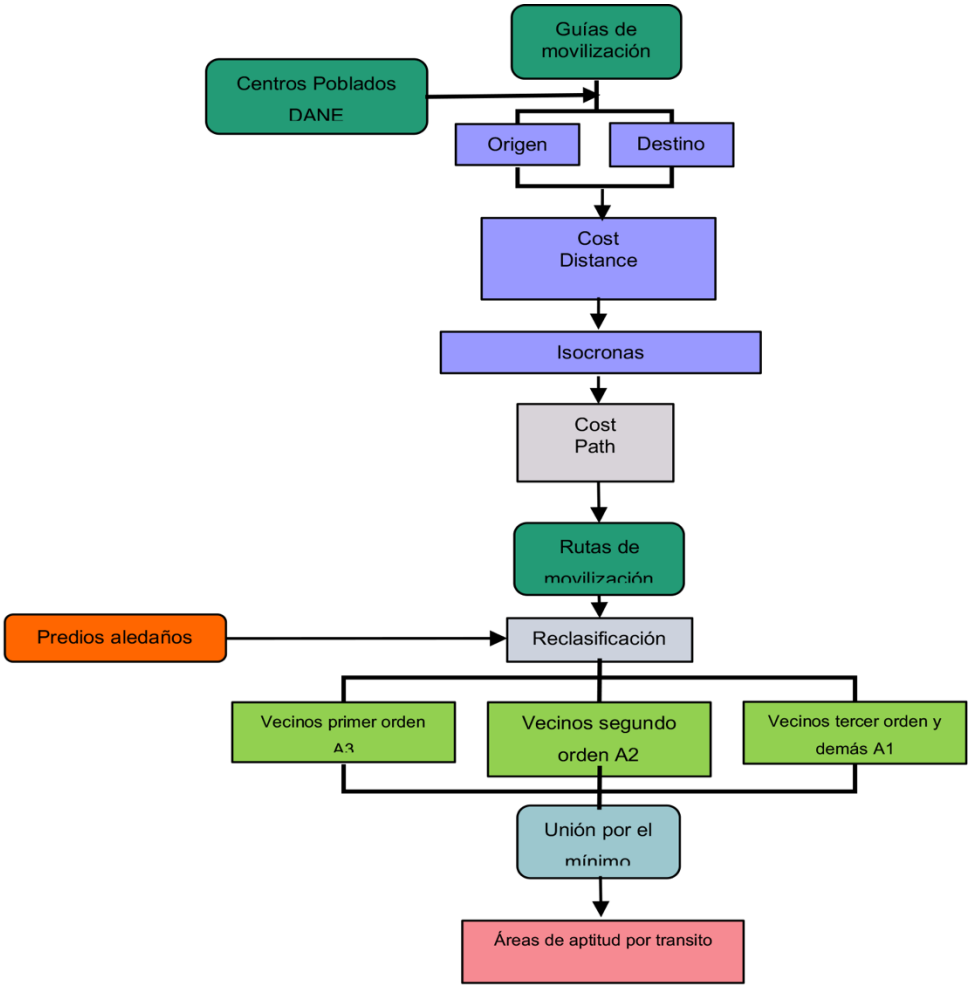


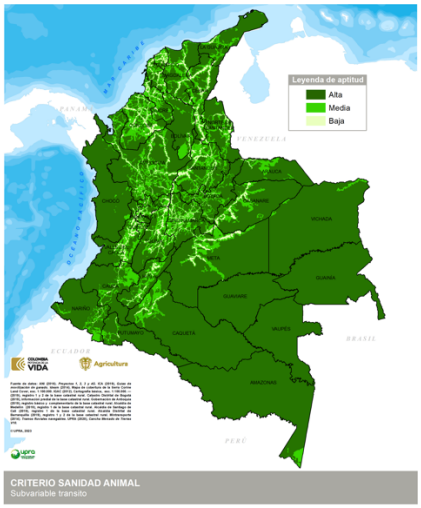


c. Subvariable frontera terrestre: demarcan un *buffer* de 15 km con la frontera terrestre con Venezuela, Brasil y Ecuador.



d. Subvariable transito: se toman las guías de movilización 2019 con la información origen - destino de los búfalos y bovinos trasportados por las diferentes vías del país. La metodología se describe a continuación,un al igual que la salida gráfica resultado del proceso.


Guías de movilización
Centros Poblados DANE
Origen
Destino
Cost Distance
Isocronas
Cost Path
Rutas de movilización
Predios aledaños
Reclasificación
Vecinos primer orden A3
Vecinos segundo orden A2
Vecinos tercer orden y demás A1
Unión por el mínimo
Áreas de aptitud por transito


Leyenda de aptitud
Alta
Media
Baja
CRITERIO SANIDAD ANIMAL
Subvariable transito

Las anteriores subvariables se unen mediante un árbol de decisión por el mínimo.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para el establecimiento de los rangos de clase de aptitud de la variable, el valor final de la ponderación (que varía entre 1 y 3) se establece mediante la reclasificación, así:

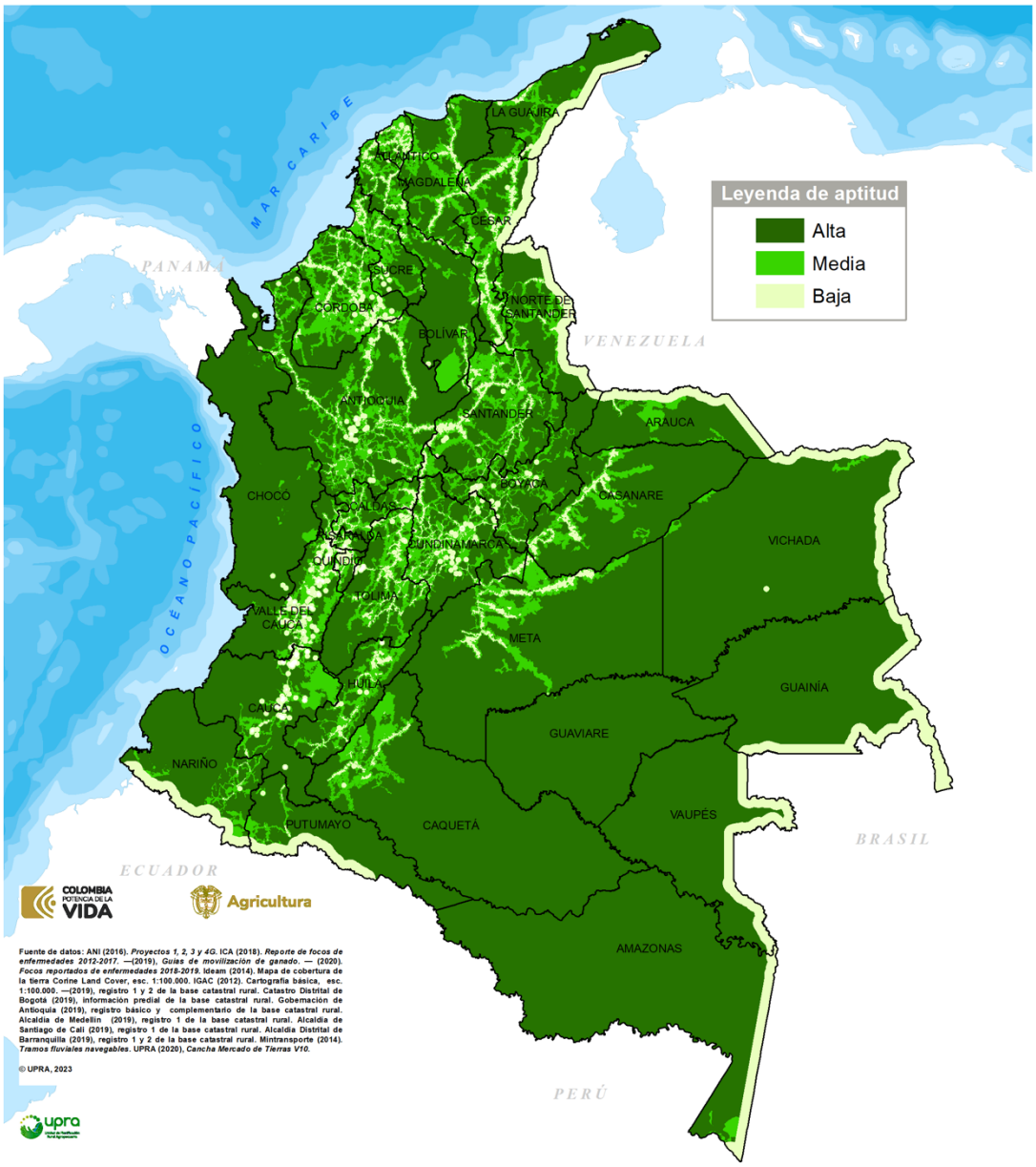
Aptitud para la producción de búfalos en pastoreo por la
variable susceptibilidad al contagio por enfermedades no vectoriales de control oficial

Descripción	Aptitud
Susceptibilidad baja	Alta (A1)
Susceptibilidad media	Media (A2)
Susceptibilidad alta	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Cualitativa

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO SANIDAD ANIMAL
Variable susceptibilidad al contagio por enfermedades no vectoriales de control oficial

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía de Medellín. (2019). Registro 1 de la base catastral rural.
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2019). Registro 1 de la base catastral rural.
- Alcaldía Distrital de Barranquilla. (2019). Registro 1 y 2 de la base catastral rural. ANI. (2016). Proyectos 1, 2, 3 y 4G. ANI.
- Catastro Distrital de Bogotá. (2019). Información predial de la base catastral rural.
- Gobernación de Antioquia. (2019). Registro básico y complementario de la base catastral rural.
- ICA. (2018). Focos reportados de enfermedades 2012-2017. ICA.
- _. (2020). Focos reportados de enfermedades 2018-2019. ICA.
- _. (2019). Guías de movilización. ICA.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2012). Registro 1 y 2 de la base catastral rural.
- Mintransporte. (2014). Tramos fluviales navegables. Mintransporte.
- UPRA. (2020). Cancha Mercado de Tierras V10. UPRA.

2.7. Criterio cambio de cobertura

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO		
CRITERIO: CAMBIO DE COBERTURA		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
Cambio de coberturas de la tierra, expresada como categoría de favorabilidad del cambio de cobertura para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo.		

DEFINICIÓN

La cobertura de la tierra puede definirse como el recubrimiento biofísico que se observa sobre la superficie de la tierra (Di Gregorio, 2005) y describe la vegetación y elementos antrópicos existentes sobre esta.

La cobertura de la tierra y los cambios que ocurren dentro de ella son fundamentales para un gran número de procesos físicos del cambio global. Este criterio es relevante para determinar la aptitud del territorio, debido a que es el resultado de la interacción de una serie de factores físicos, económicos, tecnológicos, institucionales y culturales que operan en diferentes escalas espaciales y temporales y que se correlacionan con procesos que ocurren a nivel de los ecosistemas y las poblaciones biológicas; cualquier tipo de cambio de cobertura que ocurra por diversas actividades humanas, incide en cambios en la productividad primaria, la diversidad biótica, la sedimentación, los flujos de materia y energía en los ecosistemas, incluyendo las emisiones de gases de efecto de invernadero y el ciclo hidrológico (Lambin & Geist, 2006; Di Gregorio, 2005); es decir, las coberturas son el resultado de la asociación espacio-temporal de elementos naturales y sociales característicos.

Este criterio determina la aptitud del territorio al cambio de cobertura existente asociado a la producción de búfalos (*B. bubalis*) en pastoreo, determinando la favorabilidad o no del cambio de la cobertura, en el marco de la sostenibilidad del territorio, bajo los principios que se mencionan a continuación:

- 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 una producción de búfalos (*B. bubalis*) en pastoreo, 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.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Los limitantes identificados están relacionados con la información básica a través de la cual se construyó esta variable, en primera instancia, la *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia* permite determinar la ocupación del suelo con información clave para el análisis espacial y territorial, sin embargo, esta 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 son parte de la frontera agrícola nacional:** se tomó 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, las cuales se enlistan a continuación:

Coberturas
5.1.1. Ríos (50 m)
5.1.3. Canales
5.1.4. Cuerpos de agua artificiales
5.1.4.1. Embalses
5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental

Relación biomas - cobertura incompatibles con el TUT

Bioma-Coberturas
3.2.1.1. Herbazal denso **Biomas** Halobiomas del Pacífico, Litobiomas de la Amazonia y Orinoquia, Zonobioma alternohígrico y/o subxerofítico tropical del Valle del Cauca

Fuente: UPRA (2018)

b. **Bosques naturales 2010:** la capa de bosques naturales al año 2010 se obtiene del mapa bosque/no bosque para Colombia, área continental (imágenes escala fina Landsat escala 1:100.000) 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 EVALUACIÓN

El criterio se construyó a partir de la reclasificación de la *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia*, la cual proporciona las características temáticas de cobertura y uso de la tierra del país. Está requiere el conocimiento de sus recursos naturales, la evaluación de las formas de ocupación y apropiación del espacio geográfico, así como la actualización permanente de la información, facilitando así los procesos de seguimiento de los cambios y la evaluación de la dinámica de las coberturas terrestres (Ideam, 2010).

Para la construcción de este criterio también se hace uso de la información referente a biomas desarrollada en el Mapa Nacional de Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia (Ideam *et al*., 2015), a través de este análisis se califica la aptitud de cada una de las coberturas de acuerdo con el bioma en donde se localizan, como se observa en el esquema metodológico.

El procesamiento incluye una unión de los insumos cartográficos nombrados con anteroridad, lo cual permite obtener polígonos de cobertura-bioma, que posteriormente son categorizados de acuerdo con su aptitud.

Se tomaron las agrupaciones de pasturas y se conformaron tres grupos, así:

a. Agrupaciones I y II (pastos de clima frío y templado)
b. Agrupaciones III, IV y VI (pastos de clima cálido)
c. Agrupaciones V, VII y VIII (pastos de clima cálido y adaptados a las áreas inundables).

Posteriormente, se tomaron las unidades de cobertura-bioma y se calificaron. La evaluación tomó en cuenta el tipo de bioma, en donde se localiza cada unidad de cobertura. Este procedimiento implicó analizar las características de cada bioma y su importancia ambiental, así como las cualidades de cada tipo de cobertura, con el fin de determinar el grado de aptitud o establecer si sus características ambientales (sensibilidad, singularidad, rareza y distribución geográfica) hacen favorable o no el establecimiento de ganadería.

Este ejercicio se desarrolló para cada una de las agrupaciones de pastos que fueron consideradas, tal como se describe a continuación.

a. Agrupaciones I y II

Para estas agrupaciones se determinó que solo serían calificadas (A1, A2, A3 o N1) aquellas coberturas que se localizaran en el Orobioma alto de Santa Marta, Orobioma medio de Santa Marta, Orobiomas altos de los Andes y Orobiomas medios de los Andes. Las coberturas localizadas fuera de estos biomas no fueron calificadas.

La calificación de las unidades de cobertura-bioma se muestra en las siguientes tablas.

Aptitud alta (A1)									
Bioma	**Caña de azúcar**	**Oleaginosas y leguminosas**	**Pastos arbolados**	**Pastos enmalezados**	**Pastos limpios**	**Zonas quemadas**	**Algodón**	**Caña**	**Arroz**
Orobioma alto de Santa Marta	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1
Orobioma medio de Santa Marta	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1
Orobiomas altos de los Andes	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1
Orobiomas medios de los Andes	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1

Aptitud media (A2)			
Bioma	**Mosaico de pastos con espacios naturales**	**Mosaico de pastos y cultivos**	**Café**
Orobioma alto de Santa Marta	A2	A2	A2
Orobioma medio de Santa Marta	A2	A2	A2
Orobiomas altos de los Andes	A2	A2	A2
Orobiomas medios de los Andes	A2	A2	A2

Aptitud baja (A3)														
Bioma	**Caña panelera**	**Cebolla**	**Cultivos agroforestales**	**Cultivos permanentes arbóreos/arbustivos**	**Herbazal denso de tierra firme no arbolado**	**Herbazal denso inundable no arbolado**	**Hortalizas**	**Mosaico de cultivos**	**Mosaico de cultivos y espacios naturales**	**Mosaico de cultivos, pastos y**	**Otros cultivos permanentes arbóreos/arbustivos**	**Cultivos transitorios**	**Plantación forestal**	**Herbazal denso de tierra firme**
Orobioma alto de Santa Marta	A3		A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3
Orobioma medio de Santa Marta	A3		A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3
Orobiomas altos de los Andes	A3		A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3
Orobiomas medios de los Andes	A3		A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3	A3

Adicionalmente, los herbazales asociados a los Helobiomas de la Amazonía y Orinoquía se califican con aptitud media (A2). Los herbazales asociados a otros biomas se califican con aptitud baja (A3).

b. Agrupaciones III, IV y VI

Para estas agrupaciones se determinó que solo serían calificadas (A1, A2, A3 o N1) aquellas coberturas que se localizaran en los siguientes biomas:

• Halobioma del Caribe • Halobiomas del Pacífico • Helobioma de La Guajira	• Orobiomas azonales del río Dagua • Orobiomas bajos de Los Andes • Orobiomas medios de Los Andes

• Helobiomas andinos • Helobiomas de la Amazonia y Orinoquia • Helobiomas del Magdalena y Caribe • Helobiomas del Pacífico y Atrato • Helobiomas del río Zulia • Helobiomas del Valle del Cauca • Litobiomas de la Amazonia y Orinoquia • Orobioma bajo de Santa Marta y Macuira • Orobioma de La Macarena • Orobioma de San Lucas • Orobioma del Baudó y Darién • Orobioma medio de Santa Marta • Orobiomas altos de Los Andes • Orobiomas azonales de Cúcuta • Orobiomas azonales del río Sogamoso • Orobiomas azonales del Valle del Patía	• Peinobiomas de la Amazonia y Orinoquia • Zonobioma alternohígrico y/o subxerofítico tropical del alto Magdalena • Zonobioma alternohígrico y/o subxerofítico tropical del Valle del Cauca • Zonobioma del desierto tropical de La Guajira y Santa Marta • Zonobioma húmedo tropical de la Amazonia y Orinoquia • Zonobioma húmedo tropical del Catatumbo • Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe • Zonobioma húmedo tropical del Pacífico y Atrato • Zonobioma seco tropical del Caribe

Para esta agrupación no fueron calificadas aquellas coberturas localizadas en el Orobioma alto de Santa Marta, Orobioma medio de Santa Marta, en los orobiomas altos y medios de los Andes.

La calificación de las unidades de cobertura-bioma se muestra en la siguiente tabla.

Aptitud alta (A1)	Aptitud baja (A3)
Caña	Cacao
Caña de azúcar	Caña panelera
Oleaginosas y leguminosas	Cereales
Palma de aceite	Cultivos agroforestales
Pastos arbolados	Cultivos permanentes arbóreos/arbustivos/herbáceos
Pastos enmalezados	Mosaico de pastos con espacios naturales
Pastos limpios	Herbazal denso inundable
Zonas quemadas	Herbazal denso inundable arbolado
Algodón	Herbazal denso inundable no arbolado
Arroz	Mango
	Mosaico de cultivos
Aptitud media (A2)	Mosaico de cultivos y espacios naturales
Café	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
Mosaico de pastos y cultivos	Otros cultivos permanentes arbóreos/arbustivos/herbáceos
Plátano y banano	Otros cultivos transitorios
	Papa
	Plantación forestal
	Herbazal denso de tierra firme no arbolado
	Herbazal denso de tierra firme

Adicionalmente, se incluyeron con aptitud media (A2) los herbazales asociados a los Helobiomas de la Amazonia y Orinoquia

c. Agrupaciones V, VII y VIII

Para estas agrupaciones se determinó que solo serían calificadas (A1, A2, A3 o N1) aquellas coberturas que se localizaran los siguientes biomas:

• Halobioma del Caribe • Halobiomas del Pacífico • Helobioma de La Guajira • Helobiomas andinos • Helobiomas de la Amazonia y Orinoquia • Helobiomas del Magdalena y Caribe • Helobiomas del Pacífico y Atrato • Helobiomas del río Zulia • Helobiomas del Valle del Cauca • Litobiomas de la Amazonia y Orinoquia • Orobioma bajo de Santa Marta y Macuira • Orobioma de La Macarena • Orobioma de San Lucas • Orobioma del Baudó y Darién • Orobioma medio de Santa Marta • Orobiomas altos de Los Andes • Orobiomas azonales de Cúcuta • Orobiomas azonales del río Sogamoso • Orobiomas azonales del Valle del Patía	• Orobiomas azonales del río Dagua • Orobiomas bajos de Los Andes • Orobiomas medios de Los Andes • Peinobiomas de la Amazonia y Orinoquia • Zonobioma alternohígrico y/o subxerofítico tropical del alto Magdalena • Zonobioma alternohígrico y/o subxerofítico tropical del Valle del Cauca • Zonobioma del desierto tropical de La Guajira y Santa Marta • Zonobioma húmedo tropical de la Amazonia y Orinoquia • Zonobioma húmedo tropical del Catatumbo • Zonobioma húmedo tropical del Magdalena y Caribe • Zonobioma húmedo tropical del Pacífico y Atrato • Zonobioma seco tropical del Caribe

Para esta agrupación no fueron calificadas aquellas coberturas localizadas en el orobioma alto de Santa Marta, orobioma medio de Santa Marta, en los orobiomas altos y medios de los Andes.

La calificación de las unidades de cobertura-bioma se muestra en la siguiente tabla.

Aptitud alta (A1)	Aptitud baja (A3)
Caña de azúcar	Cacao
Palma de aceite	Caña
Pastos arbolados	Mosaico de pastos con espacios naturales
Pastos enmalezados	Caña panelera
Pastos limpios	Cereales
Zonas quemadas	Cultivos agroforestales
Algodón	Cultivos permanentes arbóreos/arbustivos/herbáceos
Pastos arbolados	Herbazal denso de tierra firme
Pastos enmalezados	Herbazal denso de tierra firme no arbolado
Pastos limpios	Herbazal denso inundable

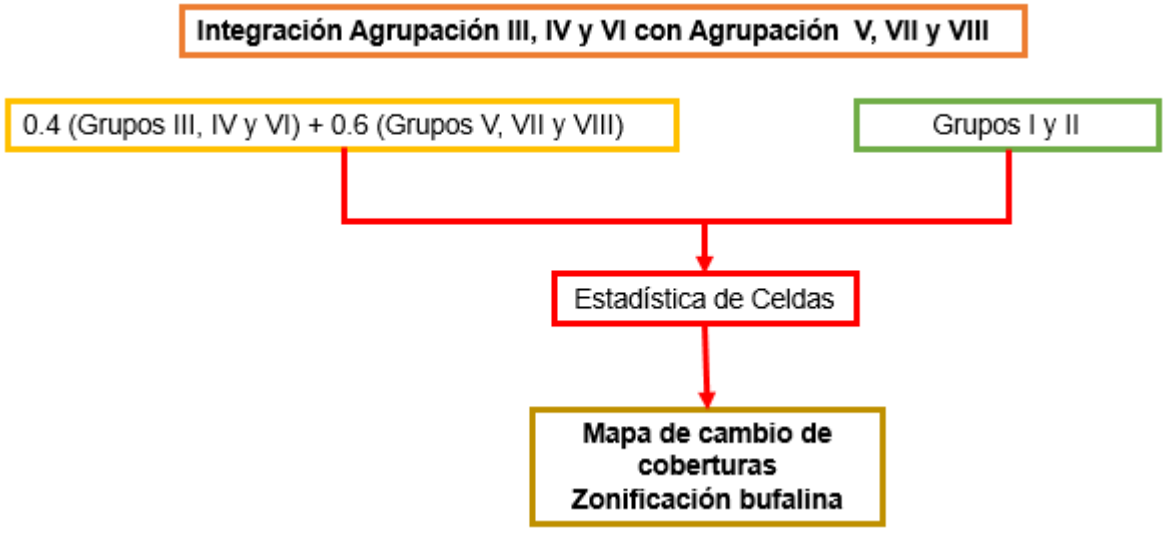
Oleaginosas y leguminosas Arroz	Herbazal denso inundable arbolado Herbazal denso inundable no arbolado Mango
Aptitud media (A2)	Mosaico de cultivos
Café Mosaico de pastos y cultivos Plátano y banano	Mosaico de cultivos y espacios naturales Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales Otros cultivos permanentes arbóreos Otros cultivos permanentes arbustivos/herbáceos/transitorios Papa Plantación forestal

Adicionalmente, se incluyeron con aptitud media los herbazales de Helobiomas de la Amazonía y Orinoquía.

Una vez realizada la reclasificación cualitativa para cada una de las agrupaciones de pasturas se generaron los respectivos mapas y dos de los grupos fueron integrados mediante algebra de mapas, teniendo en cuenta:

0,4 (Grupos III, IV y VI) + 0,6 (Grupos V, VII y VIII)

Posteriormente se integró el grupo I y II con el anterior resultado de acuerdo con el proceso denominado “estadísticas de celdas”, el cual se generó a partir de la sobreposición de los tres mapas obtenidos y la selección del píxel con menor calificación. El proceso de construcción del mapa de cambio de cobertura se muestra en el siguiente diagrama.



Se incluyeron adicionalmente, en aptitud baja (A3), las coberturas asociadas a lagos y ciénagas naturales localizados por debajo de los 1000 m s. n. m., que pueden ser usadas en épocas secas, donde dichas unidades presentan bajos contenidos de agua.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

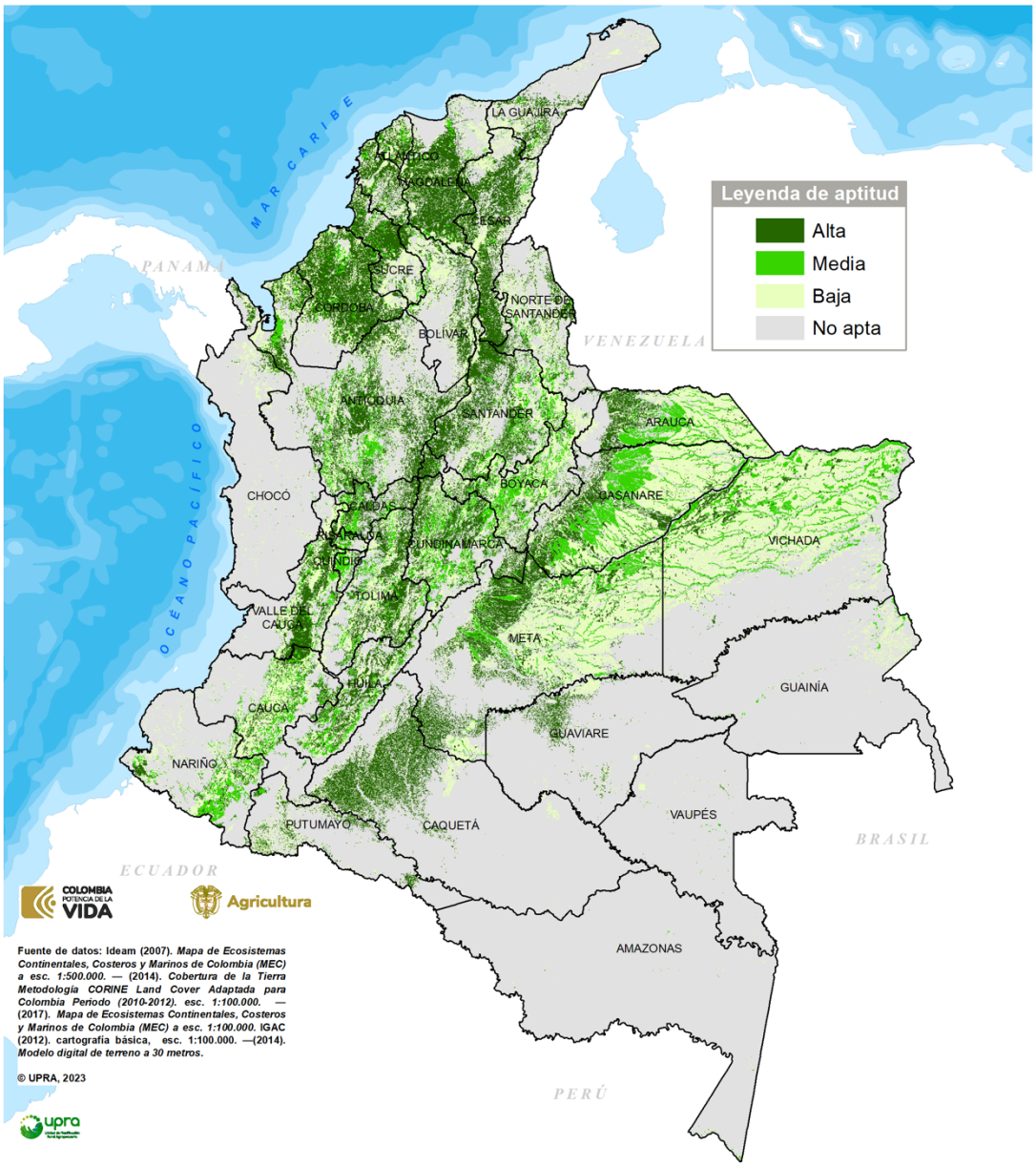
Se realizó una calificación para cada uno de los grupos de pastos, los criterios de calificación empleados son descritos a continuación.

Descripción de los tipos de aptitud para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo

Descripción	Aptitud
Zonas de alta favorabilidad para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo, donde predominan las áreas de pastos (limpios, enmalezados y arbolados), cultivos dedicados a la producción industrial como caña, algodón palma y zonas quemadas (adaptado de Ideam *et al*., 2010). Las zonas con aptitud A1, corresponden a aquellas áreas que por su productividad y cobertura actual cumplen con las condiciones idóneas, para el establecimiento de actividades agropecuarias, sin que el cambio de cobertura la resienta ambientalmente.	Alta (A1)
Zonas de moderada favorabilidad para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo, donde predominan mosaicos de pastos y cultivos, café, plátano y banano. Una zona con aptitud A2, cumple con las condiciones necesarias para el desarrollo de la actividad ganadera; no obstante, sus condiciones de favorabilidad son menores a las de una zona de aptitud A1, ya que un cambio de cobertura puede afectar la producción de alimentos básicos y generar un impacto moderado sobres las condiciones naturales de la misma.	Media (A2)
Zonas con favorabilidad baja para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo, donde predominan los cultivos de ciclo corto o permanentes arbóreos, arbustivos o herbáceos, dedicados a la producción de alimentos humanos; también agrupa algunas unidades de coberturas naturales y seminaturales que pueden ser marginalmente aptas para la actividad ganadera (herbazales densos de tierra firme), adicionalmente se incluyen las zonas pantanosas, vegetacion acuatica sobre cuerpos de agua, lagunas, lagos y cienagas naturales localizados por debajo de los 1000 m. snm. Aunque cumplen con algunas condiciones para el desarrollo de esta actividad productiva, es necesario considerar que son zonas importantes para la producción de alimentos o poseen características ambientales relevantes; por lo tanto, un cambio de cobertura puede llegar tener un impacto considerable sobre las condiciones naturales y productivas de la zona.	Baja (A3)
Zonas no favorables para la producción de búfalos (*Bubalus bubalis*) en pastoreo. Están referidas principalmente a las coberturas naturales y seminaturales, áreas húmedas, las superficies de agua y los territorios artificializados. La categoría de aptitud N1 identifica principalmente aquellas áreas que, por sus características naturales deben ser protegidas, por lo que deben mantener su cobertura actual;	No apta (N1)

por lo tanto, no puede desarrollarse la actividad ganadera. Se incluyen también las coberturas de bosques naturales identificados en el mapa de Bosque/no bosque 2010 del Ideam.	

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO CAMBIO DE COBERTURA

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Di Gregorio, A. (2005). *Sistema de Clasificación de la Cobertura de la Tierra – Conceptos de Clasificación y manual para el usuario.* Food and Agriculture Organizations of the United Nations, 2005.
- Ideam. (2010). *Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000.* Ideam.
- Ideam, IGAC, IAvH, Invemar, I. Sinchi e IIAP. (2015). *Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia*. 313 pp. Ideam, IGAC, IAvH, Invemar, I. Sinchi e IIAP.
- Lambin, E. & Gesit, H. (2006). *Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts.* Springer-Verlag.

2.8. Criterio variación del contenido estimado de carbono

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO		
CRITERIO: VARIACIÓN DEL CONTENIDO ESTIMADO DE CARBONO		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
Balance de carbono estimado, expresado en toneladas de CO_2 equivalente (t de CO_2 eq).		

DEFINICIÓN

Este criterio se asocia a los efectos ambientales de las actividades agropecuarias sobre la dinámica de captura y emisión de carbono, por tanto, el balance entre el contenido de carbono estimado en la biomasa (aérea y subterránea) de la cobertura vegetal actual, frente al carbono estimado proveniente de las emisiones generadas por la ganadería bufalina, permite determinar la sostenibilidad ambiental asociada a este servicio ecosistémico (UPRA, 2016).

En general, este criterio identifica las áreas con mayores niveles de CO_2 equivalente, provenientes de la actividad de ganadería bufalina.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Permite discriminar las áreas de mayor concentración de carbono generado por la ganadería bufalina y proporciona elementos de juicio para definir las áreas en donde el desarrollo de esta actividad pecuaria no intensifique, de manera considerable las emisiones de carbono. De esta forma se busca que la actividad de ganadería bufalina se desarrolle en aquellas áreas en donde el balance de carbono sea positivo o esté en equilibrio.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Los datos de emisiones para Colombia, generados por la tercera comunicación de cambio climático, se encuentran por municipio, así que la información es muy general, lo cual repercute en el nivel de análisis alcanzado.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

El modelo utilizado de estimación del contenido de carbono se fundamenta en el cálculo de carbono contenido en la biomasa vegetal aérea y subterránea y del 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 realizó a partir del producto MOD17 (producción primaria bruta y neta MOD17) de MODIS, basado en la producción primaria neta, evaluando la biomasa solo para las coberturas asociadas a pastos, descritas en la siguiente tabla:

Código	Leyenda cobertura
231	Pastos limpios
232	Pastos arbolados
233	Pastos enmalezados
242	Mosaico de pastos y cultivos
243	Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
244	Mosaico de pastos con espacios naturales
245	Mosaico de cultivos y espacios naturales
3211	Herbazal denso
3212	Herbazal abierto
32111	Herbazal denso de tierra firme
32112	Herbazal denso inundable
32121	Herbazal abierto arenoso
32122	Herbazal abierto rocoso
321111	Herbazal denso de tierra firme no arbolado
321112	Herbazal denso de tierra firme arbolado
321113	Herbazal denso de tierra firme con arbustos
321121	Herbazal denso inundable no arbolado
321122	Herbazal denso inundable arbolado

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 y Lugo (1992), según la siguiente ecuación:

$$\text{Biomasa vegetal subterránea} = e^{(-1{,}085 + 0{,}925 \times \ln(BA))}$$

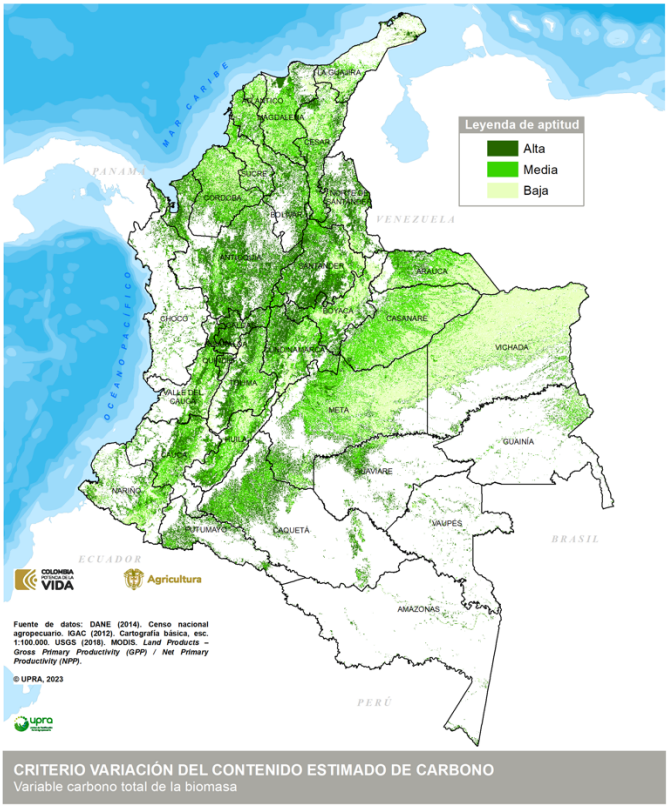
Igualmente, para el mapa de biomasa subterránea, se calculó el mapa de carbono en biomasa subterránea de acuerdo con IPCC (2006), mediante la ecuación:

$$C\ (\text{biomasa subterránea}) = \text{Biomasa subterránea}/2$$

c. Contenido de carbono en la biomasa

Posteriormente, mediante la suma de los mapas de carbono en biomasa aérea y de carbono en biomasa subterránea, se calcula el mapa de carbono total contenido en la biomasa.Una vez definido el valor del contenido de carbono en la biomasa vegetal aérea y subterránea se debe transformar las unidades empleadas a toneladas de CO_2 equivalente (tCO_2eq), teniendo en cuenta:

$$1\ t\ de\ CO \times (44/12) = 1\ t\ CO_2\ equivalente$$



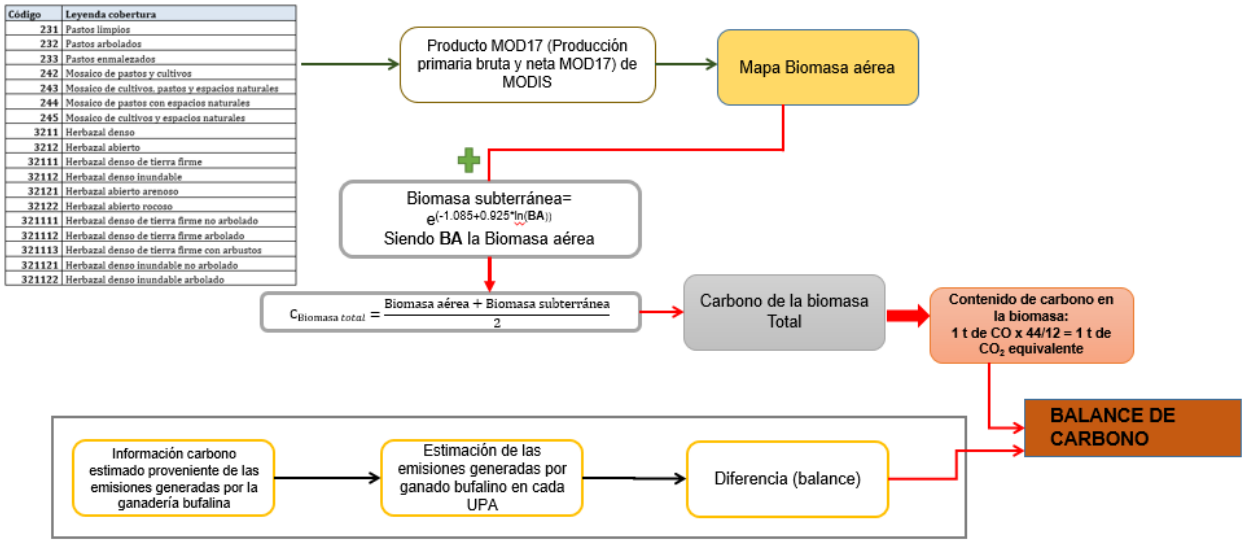
d. Estimación de las emisiones generadas por ganado bufalino a nivel municipal

Las emisiones de búfalos, de acuerdo con FAO (2017) asociados a la producción de carne, corresponden a 218,16 Kg de CO_2 equivalente por Kg de proteína para dos años, relacionado con la fermentación entérica (44 %) y la gestión de estiércol (10 %). La estimación de la emisión total se basa en el censo bufalino, multiplicando por cada individuo la emisión reportada con anterioridad. Estos datos se llevan a toneladas por hectárea año y las emisiones descritas se asocian a periodos de dos años, teniendo en cuenta las UPAS sobre las cuales se encuentren individuos, para llevar el dato a hectáreas.

El balance de carbono se determina mediante la expresión:

Balance de carbono= Carbono total (t/ha/año) - Emisión bufalina de CO_2 t/ha/año

A continuación, se presenta un diagrama de flujo que resume la metodología:



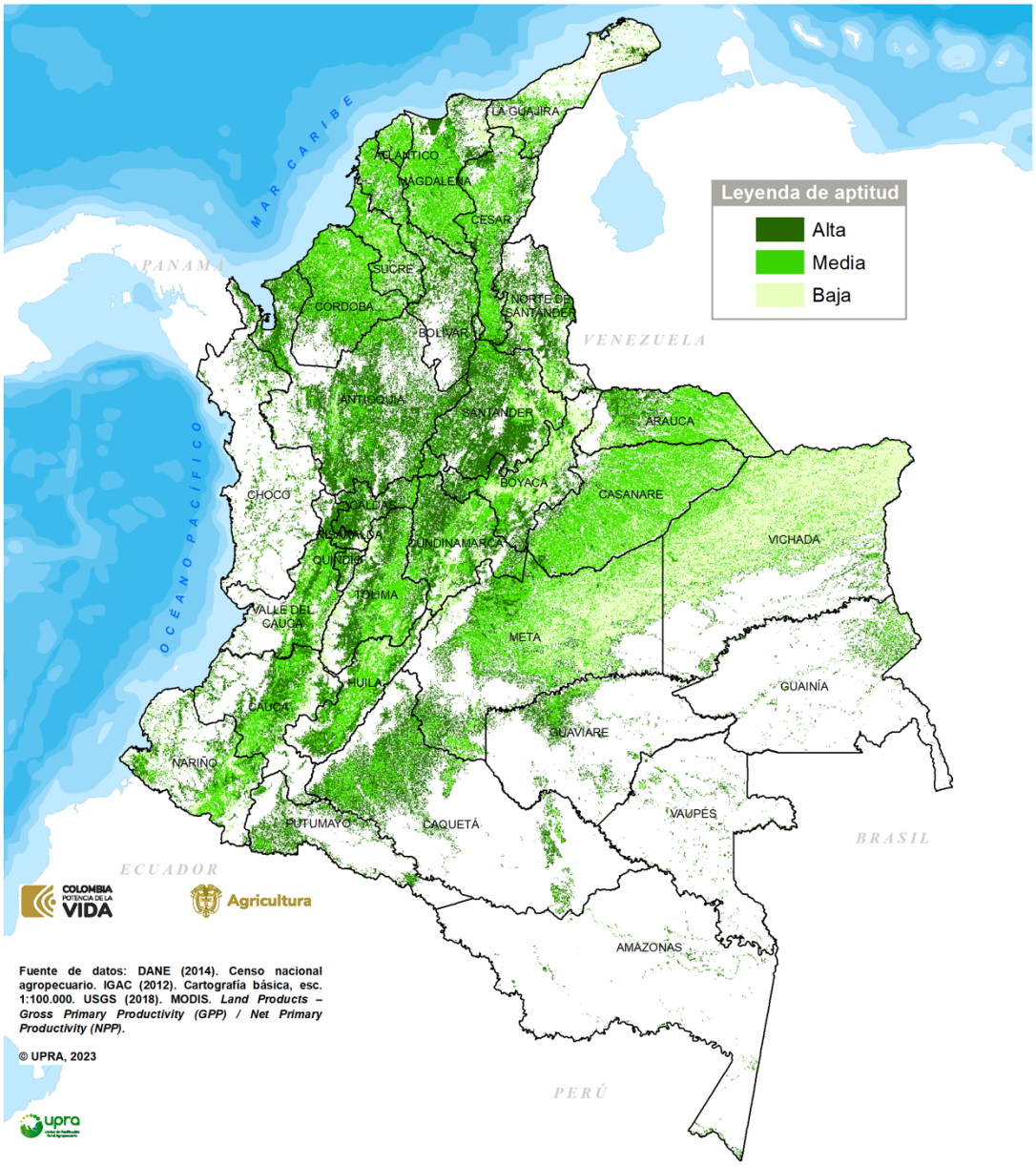
Los valores obtenidos en este mapa se reclasificaron según los rangos de aptitud propuestos en la presente metodología de zonificación.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

La calificación de la aptitud para la producción de búfalos en pastoreo, desde el punto de vista de este criterio, se establece siguiendo los siguientes preceptos:

Descripción	Balance de carbono (t/CO_2 eq)	Aptitud
El balance neto es mayor al almacenamiento de CO_2eq	>11.600	Alta (A1)
El balance neto no representa diferencia significativa en el almacenamiento de CO_2eq	6250 -11.600	Media (A2)
El balance neto es bastante menor al almacenamiento de CO_2eq	<6250	Baja (A3)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO VARIACIÓN DEL CONTENIDO ESTIMADO DE CARBONO

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arias, J., Riaño, N. & M. Aristizábal. (2013). Balance de energía basado en la contabilidad del carbono en tres sistemas productivos cafeteros. *Cenicafé 64*(2), 7-16. 2013.
- Banco Interamericano de Desarrollo (BID) – Consorcio CUE. (2012). Ministerio de Minas y Energía, proyecto «*Estrategias de energía sostenible y biocombustibles para Colombia ATN/JC-10826-CO y ATN/JF-10827-CO*». «*Evaluación del ciclo de vida de la cadena de producción de biocombustibles en Colombia*».
- Brown, S. y 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. *Oecologia 111*:1-11.
- Canadell, J. y Raupach, M. (2008). Managing Forests for Climate Change Mitigation. *Science 320*:1456-1457.
- Capoor, K. y Ambrosi, P. (2008). State and trends of the carbon market 200*8*. World Bank Institute.
- Ideam. (2011). *Mapa de cambios en los contenidos de biomasa, escala 1:500.000*. Ideam.
- _. (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000*. Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- Intergovernmental panel on climate change (IPCC). (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. En: Eggleston, H.; Buendía, L.; Miwa, K.; Ngara T. y Tanabe K. (EdsAgricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Vol. 4. Japón: IGES. <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>.
- ISRIC - World Soil Information. (2013). SoilGrids: An Automated System for Global Soil Mapping. <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. y Vargas, D. (2011). *Estimación de las reservas potenciales de carbono almacenadas en la biomasa aérea en bosques naturales de Colombia*. Ideam. 32 p.
- Stern, N. (2007). Stern Review: *The Economics of Climate Change*. Inglaterra. Cambridge University Press.
- Universidad Industrial de Santander (UIS) e Ideam. (2014). *Atlas del potencial energético de la biomasa residual en Colombia*. Biblioteca digital UPME. <http://bdigital.upme.gov.co/handle/001/1058>.

3. Fichas metodológicas del componente socioeconómico

3.1. Criterio infraestructura y logística

<table>
<tr><th colspan="3">FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO</th></tr>
<tr><td colspan="2">TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td>PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (Bubalus bubalis) EN PASTOREO</td></tr>
<tr><td colspan="3">COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: ECONÓMICO</td></tr>
<tr><td colspan="3">CRITERIO: INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA</td></tr>
<tr><td rowspan="4">TIPO DE CRITERIO</td><td>Exclusión técnica</td><td></td></tr>
<tr><td>Análisis jerárquico</td><td>✓</td></tr>
<tr><td>Exclusión legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO</td></tr>
<tr><td colspan="3">• Cercanía a centros de concentración, expresada en tiempo de desplazamiento
• Inventario bufalino, expresada en predios/número de cabezas.
• Cercanía a plantas de acopio y/o procesadoras de leche, expresada en tiempo de desplazamiento.
• Cercanía a plantas de beneficio, expresada en número de animales sacrificados/tiempo de desplazamiento.
• Cercanía a centros de servicio, expresada en tiempo de desplazamiento.
• Energía eléctrica, expresada en índice de favorabilidad.
• Conectividad terrestre y fluvial, expresada en predios.
• Cercanía a puertos marítimos, expresada en tiempo de desplazamiento.</td></tr>
</table>

DEFINICIÓN

Conjunto de medios técnicos, bienes, servicios e instalaciones necesarios para el desarrollo de las actividades de producción, comercialización y distribución.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Indica a los agentes económicos, las condiciones de movilidad frente a la cadena de suministros, en especial el inventario de búfalos, los centros de servicios, las plantas de acopio y/o procesadoras, plantas de beneficio, los centros de concentración, la conectividad terrestre y fluvial, puertos marítimos y el servicio de energía eléctrica, que pueden limitar o promover la competitividad de la actividad pecuaria en la interacción con los mercados nacionales e internacionales.

Existe una relación directa entre la infraestructura y logística y la aptitud de una zona. Regiones con mayores facilidades para la movilidad del aparato productivo ofrecen mejores condiciones para que la producción de búfalos se desarrolle en forma eficiente.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

La selección de los centros de servicios se realizó con base en las proyecciones de la población realizadas por el DANE para el año 2019, estimada a partir del censo general de población y vivienda realizado en el año 2018 y se tuvieron en cuenta los municipios con población mayor a 30.000 mil habitantes.

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 aptas (N1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (*Analytic Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de 8 variables, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	**Variables**	Cercanía a centros de concentración	Inventario bufalino	Cercanía a plantas de acopio	Cercanía a plantas de beneficio	Cercanía a centros de servicio	Energía eléctrica	Conectividad terrestre y fluvial	Cercanía a puertos marítimos
INFRAESTRUCTURA Y LOGISTICA	Cercanía a centros de concentración	**1**							
	Inventario bufalino	**1**	**1**						
	Cercanía a plantas de acopio	**1**	**1**	**1**					
	Cercanía a plantas de beneficio	**1/3**	**1/3**	**1**	**1**				
	Cercaíia a centros de servicio	**1/3**	**1/3**	**1/3**	**1/3**	**1**			
	Energía eléctrica	**1/3**	**1/3**	**1/3**	**1/3**	**1/3**	**1**		

	Conectividad terrestre y fluvial	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	
	Cercanía a puertos marítimos	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1

La escala de importancia dentro del proceso *AHP* tiene en 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 en importancia		Más importante			

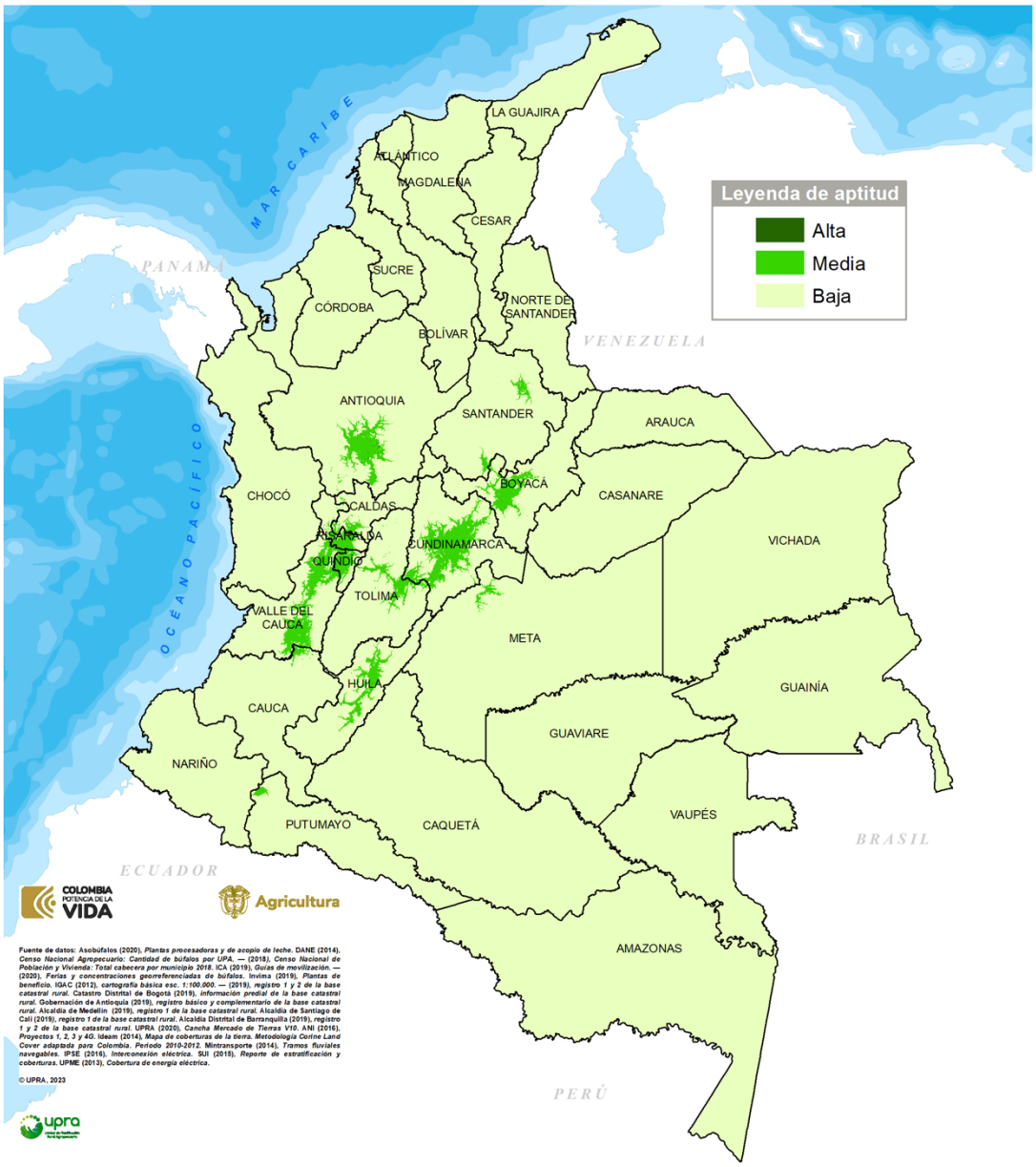
Teniendo en cuenta el software PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se calcularon las ponderaciones de cada variable dentro del criterio, de acuerdo con la calificación de los municipios, según las categorías de aptitud y para cada una se asignó un valor así: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Criterio	Variable	Ponderación (%)
Infraestructura y logística	Cercanía a centros de concentración	23,4
	Inventario bufalino	20,6
	Cercanía a plantas de acopio	17,9
	Cercanía a plantas de beneficio	13,6
	Cercanía a centros de servicio	9,0
	Energía eléctrica	6,9
	Conectividad terrestre y fluvial	4,9
	Cercanía a puertos marítimos	3,7
	Total ponderación	**100**

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Cercanía a centros de concentración	Tiempo de desplazamiento	< 1 hora	1 - 3 horas	> 3 horas
Inventario bufalino	Predios/número de cabezas	El predio y el colindante de los municipios con inventario de más de 1127 cabezas de animales.	El predio y el colindante de los municipios con inventario entre 10 y 1127 cabezas de animales.	Resto del país
Cercanía a plantas de acopio y/o procesadoras de leche	Tiempo de desplazamiento	< 1/2 hora	1/2 - 1 hora	> 1 hora
Cercanía a plantas de beneficio	Número de animales sacrificado/tiempo de desplazamiento	> 1000 a 2 horas	< 1000 a 2 horas	Sin sacrificio
Cercanía a centros de servicio	Tiempo de desplazamiento	< 1/2 hora	1/2 - 2 horas	> 2 horas
Energía eléctrica	Indice de favorabilidad	> 2,5	1,9-2,5	< 1,9
Conectividad terrestre y fluvial	Predios	Predio y colindante a rutas que transportan mas de 300 búfalos (incluye línea de la vía) y puertos fluviales	Predio y colindante a rutas que transportan menos de 300 búfalos (incluye línea de la vía) y puertos fluviales	Resto del país
Cercanía a puertos marítimos	Tiempo de desplazamiento	< 2 horas	2 - 4 horas	>4 horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía de Medellín. (2019). *Base de datos catastral*.
- ANI. (2016). Proyectos 1, 2, 3 y 4G.
- Asobufalos. (2020). *Plantas acopio y/o procesadoras de leche*.
- Catastro Distrital Bogotá. (2019). *Información predial jurídica, física y económica*.
- DANE. (2018). Censo nacional de población y vivienda. *Total cabecera por municipio 2019*. DANE.
- _. (2014). *Censo nacional agropecuario: Cantidad de búfalos por Upas*. DANE.
- FEDEGAN. (2020). I*nventario bufalino*.
- Gobernación de Antioquia. (2019). *Predial rural Antioquía*.
- ICA. (2019). *Guías de movilización*.
- _. (2020). *Ferias y concentraciones de búfalos*.
- Ideam. (2014). *Mapa nacional de cobertura de la tierra*. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, periodo 2010-2012. Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Método digital de elevación a 30 m*. IGAC.
- Invima. (2019). *Plantas de beneficio*.
- IPSE. (2016). *Interconexión eléctrica*.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. *Mapa de vías 4G*. Mintransporte
- SUI. (2015). *Reporte de estratificación y cobertura*.
- UPRA. (2019). *Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias-V9*. UPRA.
- UPME. (2013) *Cobertura de energía eléctrica*. UPME.

3.1.1 Variable cercanía a centros de concentración

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: ECONÓMICO		
CRITERIO ASOCIADO: INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA		
VARIABLE: cercanía a centros de concentración	**UNIDAD DE MEDIDA:** tiempo de desplazamiento	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Facilidad con la que se puede llegar a un sitio en el cual se realizan los procesos de comercialización del ganado bufalino en pie, ya sea a través de las ferias comerciales, mercado ganadero, subasta, remate o paradero.

De acuerdo con la Resolución 1634 de 2010 “Por la cual se establecen los requisitos para la expedición de licencias zoosanitarias de funcionamiento que autorizan las concentraciones de animales y se señalan los requisitos sanitarios para los animales que participen en ellas” se extraen las siguientes definiciones:

Feria comercial: lugar de concentración donde se realiza la comercialización de todo tipo de especies animales, cuyo destino final puede ser la cría, ceba o el sacrificio para consumo.

Mercado ganadero: concentración de animales donde se realiza la comercialización de bovinos, bufalinos, porcinos, ovinos, caprinos y otras especies provenientes de la misma localidad, cuyo destino final puede ser la cría, el engorde o el sacrificio para el consumo humano. Debe contar con condiciones de infraestructura básicas que permitan el control sanitario y el manejo de los animales.

Subasta: concentración de bovinos y bufalinos de tipo comercial, cuya finalidad es la comercialización de lotes para cría, levante y/o engorde con destino a predios o sacrificio para consumo. Se clasifican en fijas o móviles.

Remate: concentración ganadera cuya finalidad es la comercialización de razas para reproducción y mejoramiento genético.

Paradero: predio cuya actividad es el acopio de animales de tipo comercial, para posterior reventa a través de una feria comercial, mercado ganadero o subasta, o venta de forma directa a otras fincas o plantas de sacrificio.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Los centros de concentración ganaderos son una fuente fiable de información acerca de la oferta y demanda de de búfalos en pie y la variación de los precios, beneficios que han hecho que se recurra aún más a estos sitios para la compra y venta de ganado.

La competitividad está determinada por la presencia del centro de concentración bufalina y su cercanía.

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

En el análisis de la variable, no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Dificultad de conseguir información actualizada.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

ICA. 2020. *Ferias y concentraciones de búfalos*.

2. Precisiones de la información.

La metodología de isocronas empleadas por la UPRA es una herramienta técnica, a través de la cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales (Vías pavimentadas, carreteras con dos o más carriles, carretera angosta, vía sin pavimentar, carreteras o senderos), la pendiente de estas, medidas por el método de elevación digital de 30 m. su influencia en la velocidad y los tramos navegables fluviales que existían para 2014.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isocronas:

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 isocronas, se tuvo en cuenta como punto de referencia la cabecera municipal, donde se encuentra el centro de concentración.

4. Clasificación por aptitud.

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta los tiempos de desplazamiento de los centros de concentración. Aptitud A1: menor a una hora. Aptitud A2: entre una hora y tres horas. Aptitud A3: centros a más de tres horas.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

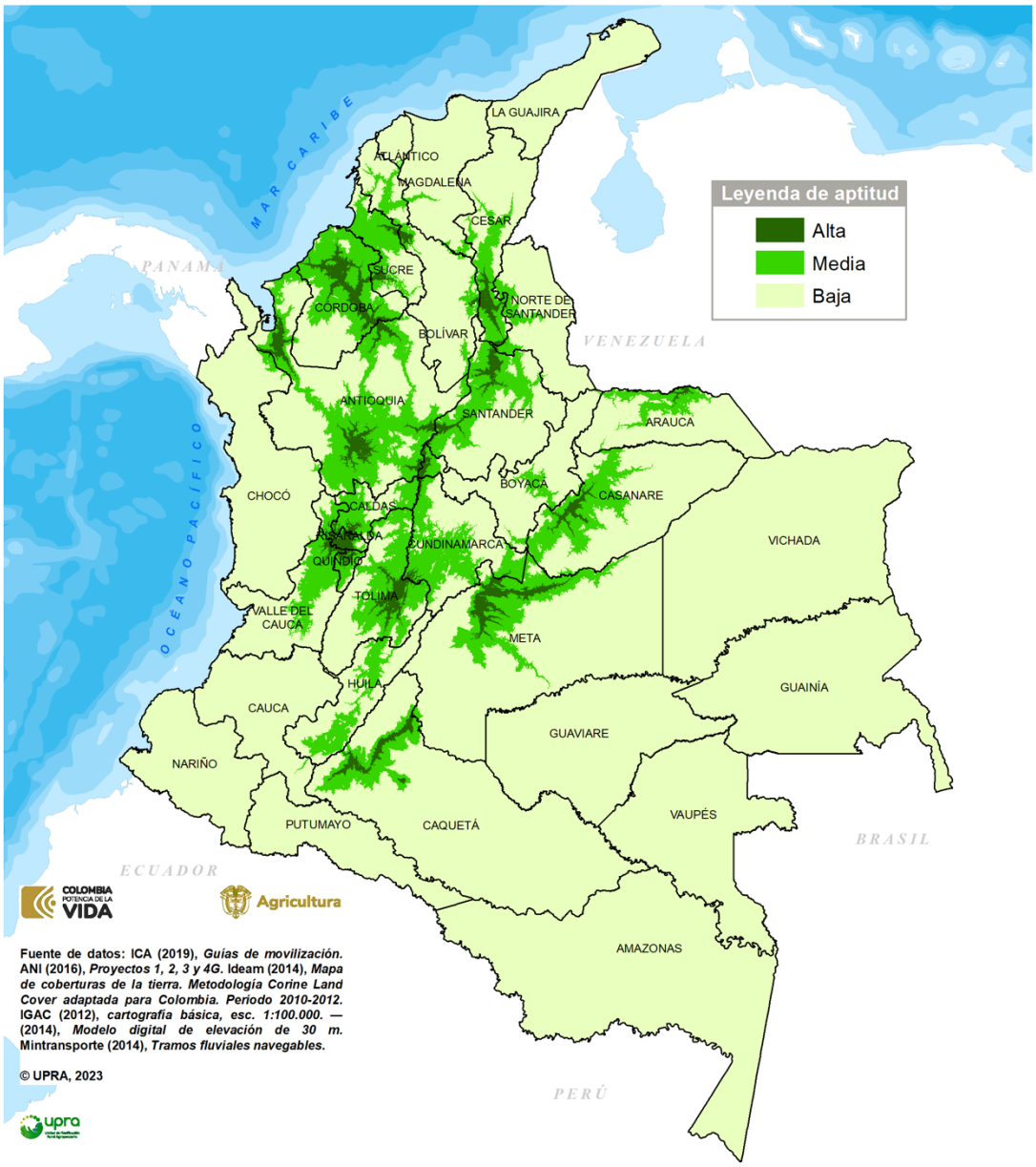
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento	Aptitud
< 1 hora	Alta (A1)
1 - 3 horas	Media (A2)
> 3 horas	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Tiempo de desplazamiento (horas)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA
Variable cercanía a centros de concentración

FUENTES DE INFORMACIÓN

- ICA. (2020). *Ferias y concentraciones de búfalos*. ICA.
- Ideam. (2014). *Mapa de coberturas de la tierra. Metodologia Corine Land Cover adaptada para Colombia. Periodo 2010-2012*. Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Método digital de elevación a 30 m*. IGAC.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Mintransporte.
- _. (2014). *Mapa de vías 4G*. Mintransporte.

3.1.2 Variable inventario bufalino

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: ECONÓMICO		
CRITERIO ASOCIADO: INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA		
VARIABLE: inventario bufalino	**UNIDAD DE MEDIDA:** predios/número de cabezas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Corresponde a predios georreferenciados con explotaciones de búfalos y el colindante, siendo estos últimos únicamente predios de propiedad privada y con destino económico agropecuario.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto al desarrollo de la producción como un indicador de la oferta de materia prima para los productores. Los predios y su colindante, donde se registran los búfalos, se consideran más competitivos porque ofrecen condiciones más propicias para el desarrollo de la actividad

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

En el análisis de la variable, no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

En la actualidad no existe un registro georeferenciado nacional de productores, lo que impide poder tener una identificación predial de la totalidad de predios dedicados a esta actividad.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información

Fedegan. 2020. Inventario bufalino.

2. Precisiones de la información

Predios georreferenciados y su colindante excluyendo de estos últimos los que cumplan con las siguientes características:

a. Predios cuyo tipo de propietario sea "propiedad colectiva"

b. Predios cuyo tipo de propietario sea "sin Información y que estén excluidos de la cancha de MT"

c. Predios cuyo tipo de propietario sea "estado y que estén excluidos de la cancha de MT".

d. Predios cuyo tipo de propietario sea "estado"

e. Predios cuyo tipo de propietario sea "null y que estén excluidos de la cancha de MT".

f. Predios sin información y que estén excluidos de la cancha de MT.

g. Predios de más de 4000 hectáreas cuyo destino económico, sea diferente a "D".

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información

Se tomó como base la información del inventario de búfalos de Fedegan a nivel municipal, para la espacialización se tomaron las coordenadas de los centroides de las UPAS que reportaron existencia de búfalos en los municipios del inventario; los centroides se asociaron al predio de las bases catastrales correspondientes a dichas coordenadas. Una vez identificados los predios donde se ubican los inventarios, se marcó también el colindante al mismo y se procedió a ubicarlos en aptitud en la cual se categorizo el municipio.

Los municipios se categorizaron a través de la aplicación de la Ley o Principio de Pareto, también conocida como la Regla del 80/20 (o 20/80), establece que, de forma general y para un amplio número de fenómenos, aproximadamente el 80 % de las consecuencias proviene del 20 % de las causas. En este caso, el 80 % del total de búfalos en los municipios es explicado aproximadamente por el 20 % de los municipios sin inventario de búfalos. El procedimiento, consiste en ordenar de mayor a menor los municipios que tienen mayor número de búfalos, seguidamente se estima las participaciones de cada municipio dentro del total del inventario. Finalmente se estima una columna en la que se calcula el porcentaje acumulado de la

distribución dentro de los municipios hasta que llegue al 80 % de participación; se verifica que el número de municipios que aportaron dicha cifra del inventario represente aproximadamente el 20 % del total de municipios.

Partiendo de esto se clasificaron en aptitud alta (A1) los municipios cuyo porcentaje de inventario no superara el 80 % del total del inventario nacional, en aptitud media (A2) los municipios del restante porcentaje que reportaran un número superior a 35 animales por municipio y en aptitud baja (A3) todos aquellos municipios que reportaran menos de 35 animales en su inventario.

4. Clasificación por aptitud

Al realizar el procedimiento para la variable el resultado fue de tres agrupamientos, a los que se les asignó la calificación de aptitud, de modo que los rangos quedan definidos de la siguiente manera: aptitud alta (A1): el predio y el colindante de los municipios con inventarios de más de 1127 cabezas de animales; aptitud media (A2): el predio y el colindante de los municipios con inventarios entre 10 y 1127 cabezas de animales y aptitud baja (A3):el predio y el colindante con inventario menor de 10 cabezas de animales.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

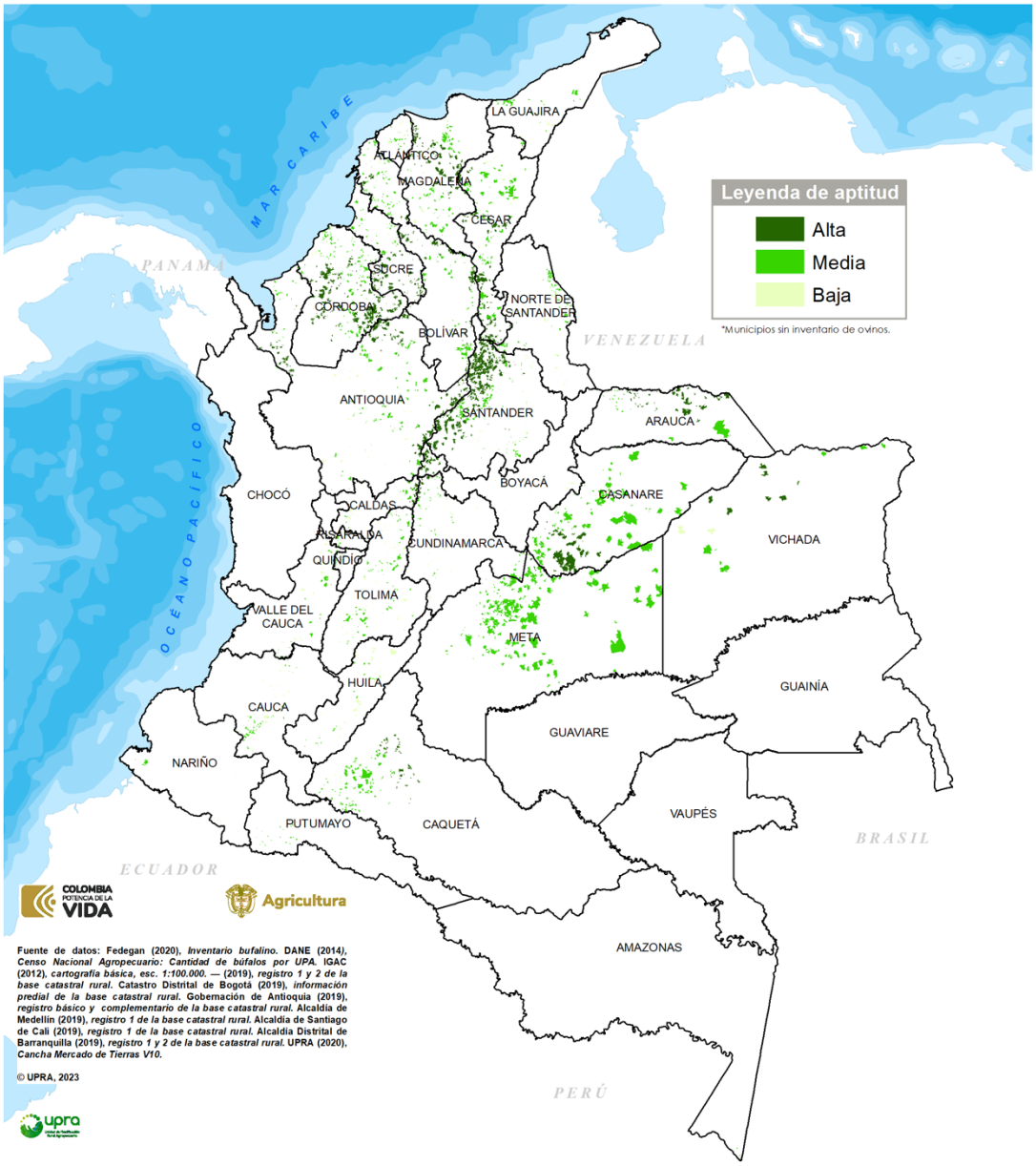
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Predios/No de cabezas	Aptitud
El predio y el colindante de los municipios con inventarios de más de 1127 animales.	Alta (A1)
El predio y el colindante de los municipios con inventarios entre 10 y 1127 animales.	Media (A2)
Resto	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Predios/número de cabezas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA
Variable inventario bufalino

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía de Medellín. (2019). *Base de datos catastral*.
- Catastro Distrital Bogotá. (2019). *Información predial jurídica, física y económica*.
- DANE. (2014). *Censo nacional agropecuario: Upas con búfalos*. DANE.
- FEDEGAN. (2020). *Inventario bufalino municipal*. Gobernación de Antioquia. (2019). *Predial rural Antioquía*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2019). *Base Catastral, Registros 1 y 2*. IGAC.
- UPRA. (2019). *Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias-V10*. UPRA.

3.1.3 Variable cercanía a plantas de acopio y/o procesadoras de leche

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: ECONÓMICO		
CRITERIO ASOCIADO: INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA		
VARIABLE: cercanía a plantas de acopio y/o procesadoras de leche	**UNIDAD DE MEDIDA:** tiempo de desplazamiento	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Facilidad de acceder a establecimientos destinados a la recolección de leche de búfala procedente de los hatos y a la transformación de esta, con el fin de hacerla apta para el consumo humano, o como materia prima para la elaboración de derivados lácteos (Decreto 616 de 2006, Ministerio Protección Social).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

La cercanía al centro de acopio garantiza una óptima calidad de la leche en cuanto a las propiedades químicas, biológicas, organolépticas y de pureza, incrementando el valor del litro disminuyendo los costos de transporte, asegurando la compra del producto; adicionalmente facilita el enfriamiento de la leche y evita que sea perecedera. Su función principal es certificar la trazabilidad del producto y generar los volúmenes que requiere las empresas de procesamiento. Los tiempos están relacionados con la tolerancia del producto a la generación de bacterias bajo condiciones ambientales.

Los productores lecheros se benefician de la proximidad a las plantas de transformación, debido a la facilidad para la comercialización y acceso al mercado. Para este análisis se incluyeron plantas pasteurizadoras y queserías.

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

En el análisis de la variable, no se presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

No se cuenta con la información del volumen y/o capacidad instalada de las plantas de acopios ni de las procesadoras de leche.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Asobúfalos. 2020. Panorama de la actividad bufalina en Colombia. Plantas acopio y/o procesadoras de leche.

2. Precisiones de la información.

La metodología de isocronas empleadas por la UPRA es una herramienta técnica, a través de la cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales (vías pavimentadas, carreteras con dos o más carriles, carretera angosta, vía sin pavimentar, carreteras o senderos), la pendiente de estas, medidas por el método de elevación digital de 30 m. su influencia en la velocidad y los tramos navegables fluviales que existían para 2014.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isocronas:

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 isocronas, se tuvo en cuenta como punto de referencia la ubicación georreferenciada de las plantas de acopio y procesadoras de leche a partir de los cuales se estima el área de influencia para un tiempo de desplazamiento determinado.

Los tiempos están relacionados con la tolerancia del producto (leche) a la generación de bacterias bajo condiciones ambientales.

4. Clasificación de los municipios por aptitud

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta los tiempos de desplazamiento hasta las plantas de acopio y de las procesadoras. Aptitud alta (A1): a menos de media hora para acceder a las plantas. Aptitud media (A2): entre media y una hora para acceder a las plantas. Aptitud baja (A3): a más de una hora para acceder a las plantas

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

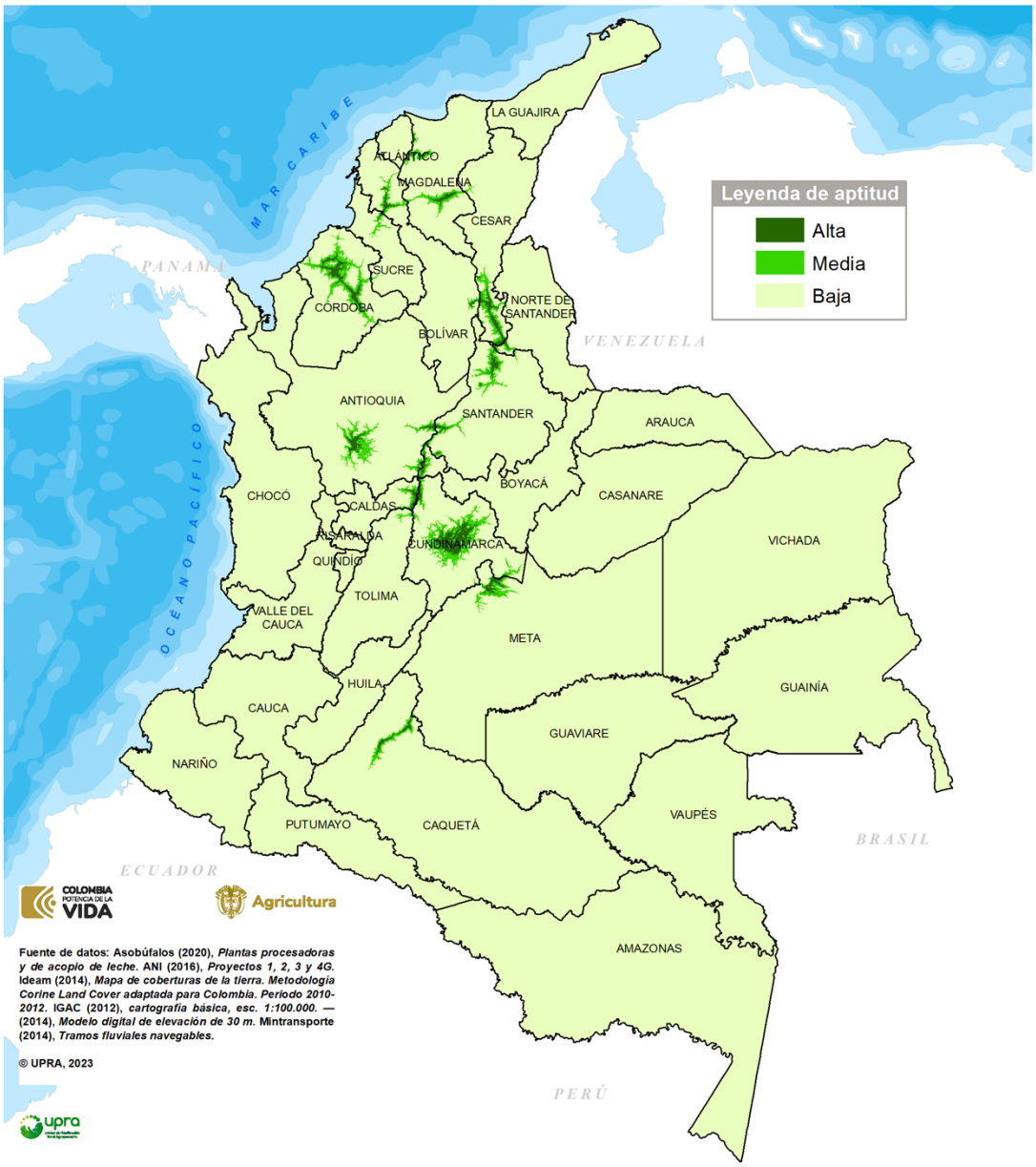
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento	Aptitud
< 1/2 hora	Alta (A1)
1/2 - 1 hora	Media (A2)
> 1 hora	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Tiempo de desplazamiento (horas)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA
Variable cercanía a planta de acopio y/o procesadoras de leche

FUENTES DE INFORMACIÓN

- ANI. (2016). Proyectos 1, 2, 3 y 4G.
- Asobúfalos. (2020). *Panorama de la actividad bufalina en Colombia. Plantas acopio y/o procesadoras de leche*. [Diapositivas en PPT; documento de archivo].
- Ideam. (2014). *Mapa nacional de cobertura de la tierra*. Metodología Corin Land Cover adaptada para Colombia periodo 2010-2012. Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Método digital de elevación a 30 m*. IGAC.
- Mintransporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables. Mapa de vías 4G*. Mintransporte.

3.1.4 Variable cercanía a plantas de beneficio

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**		
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: ECONÓMICO			
CRITERIO ASOCIADO: INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA			
VARIABLE: cercanía a plantas de beneficio	**UNIDAD DE MEDIDA:** número de animales sacrificados/tiempo de desplazamiento		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO		**Exclusión técnica**	
		Análisis jerárquico	✓
		Exclusión legal	
		Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Facilidad con la que se puede alcanzar un sitio (plantas de beneficio) desde otros puntos en el territorio.

Plantas de beneficio: sitio en el cual se realiza el proceso de sacrificio del ganado bufalino destinado al consumo humano.

Para efectos de la zonificación, esta variable tiene en cuenta el número de búfalos sacrificados al año en las plantas de beneficio a nivel municipal, con el fin de diferenciar la capacidad de las plantas, de tal forma que se amplía el rango de influencia a mayor tamaño.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en los costos de producción referentes a la comercialización y distribución de la carne de búfalos para consumo humano. La cercanía a las plantas de beneficio en los municipios reduce los costos de transporte y facilita el proceso de comercialización y distribución de la carne. La competitividad de un municipio está determinada por el volumen de sacrificio y por la cercanía, dado que influye tanto en los costos de producción como en la comercialización y distribución de la carne.

Las principales plantas de beneficio están ubicadas en Bogotá, Caucasia (Antioquia), Montería y Ciénaga de Oro (Córdoba), Galapa y Malambo (Atlántico), Floridablanca (Santander) y Buga (Valle del Cauca).

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

En el análisis de la variable, no se presentan límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Aunque mide la disponibilidad de sacrificio, no logra diferenciar las condiciones del mercado actual de carne en pie, porque hay plantas de beneficio ubicadas en un municipio que reciben ganado de otros municipios sean cercanos o no.

Hay un limitante que está relacionado con el Decreto 1500 de 2007, que promulga las especificidades técnicas que debe cumplir la planta de beneficio, siendo en la actualidad muy pocas las plantas que logran cumplir todos los requisitos y eso puede a futuro eliminar plantas que en este cálculo se han tenido en cuenta

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Invima. 2019. Plantas de beneficio

ICA. 2019. Guías de movilización

2. Precisiones de la información.

Se utilizó la información suministrada por el ICA, a través de las guías de movilización, partiendo del predio o del centro de concentración a la planta de beneficio, en el año.

También se utilizó la metodología de isocronas empleadas por la UPRA es una herramienta técnica, a través de la cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales (vías pavimentadas, carreteras con dos o más carriles, carretera angosta, vía sin pavimentar, carreteras o senderos), la pendiente de las mismas, medidas por el método de elevación digital de 30 m su influencia en la velocidad y los tramos navegables fluviales que existían para 2014.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isocronas:

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 isocronas, se tuvo en cuenta como punto de referencia la ubicación de las plantas de beneficio en la cabecera municipal.

4. Clasificación por aptitud.

Para la estimación de los rangos de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3), se utiliza el criterio asociado a la regla de Pareto (80/20) que indica que aproximadamente el 80 % de las consecuencias es explicada por el 20 % de las causas. En este caso, el 80 % del total de los animales sacrificados es explicado aproximadamente por el 20 % de los municipios con sacrificio. El procedimiento entonces consiste en ordenar de mayor a menor los municipios que tienen un mayor número de sacrificios al año, seguidamente se estima las participaciones de cada municipio dentro del total de los sacrificios. Finalmente se estima una columna en la que se calcula el porcentaje acumulado de la distribución dentro de los municipios hasta que dicha acumulación llegue al 80 % de participación. Se verifica que el número de municipios que aportaron al 80 % del sacrificio represente aproximadamente el 20 % del total de municipios.

De esta forma, se definen tres agrupamientos, el primero formado por los municipios que aportaron al 80 % del total de los sacrificios, el segundo los municipios que aportan al 20 % restante y finalmente los municipios donde no hubo sacrificios en el periodo analizado. De los anteriores agrupamientos se infieren los puntos de corte de la siguiente manera: Aptitud alta (A1): municipios con plantas de beneficio con más de 1000 búfalos sacrificados/año, con un tiempo de desplazamiento de dos horas. Aptitud media (A2): municipios con plantas de beneficio con menos de 1000 búfalos sacrificados/año, con un tiempo de desplazamiento de dos horas. Aptitud baja (A3): municipios sin sacrificio

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

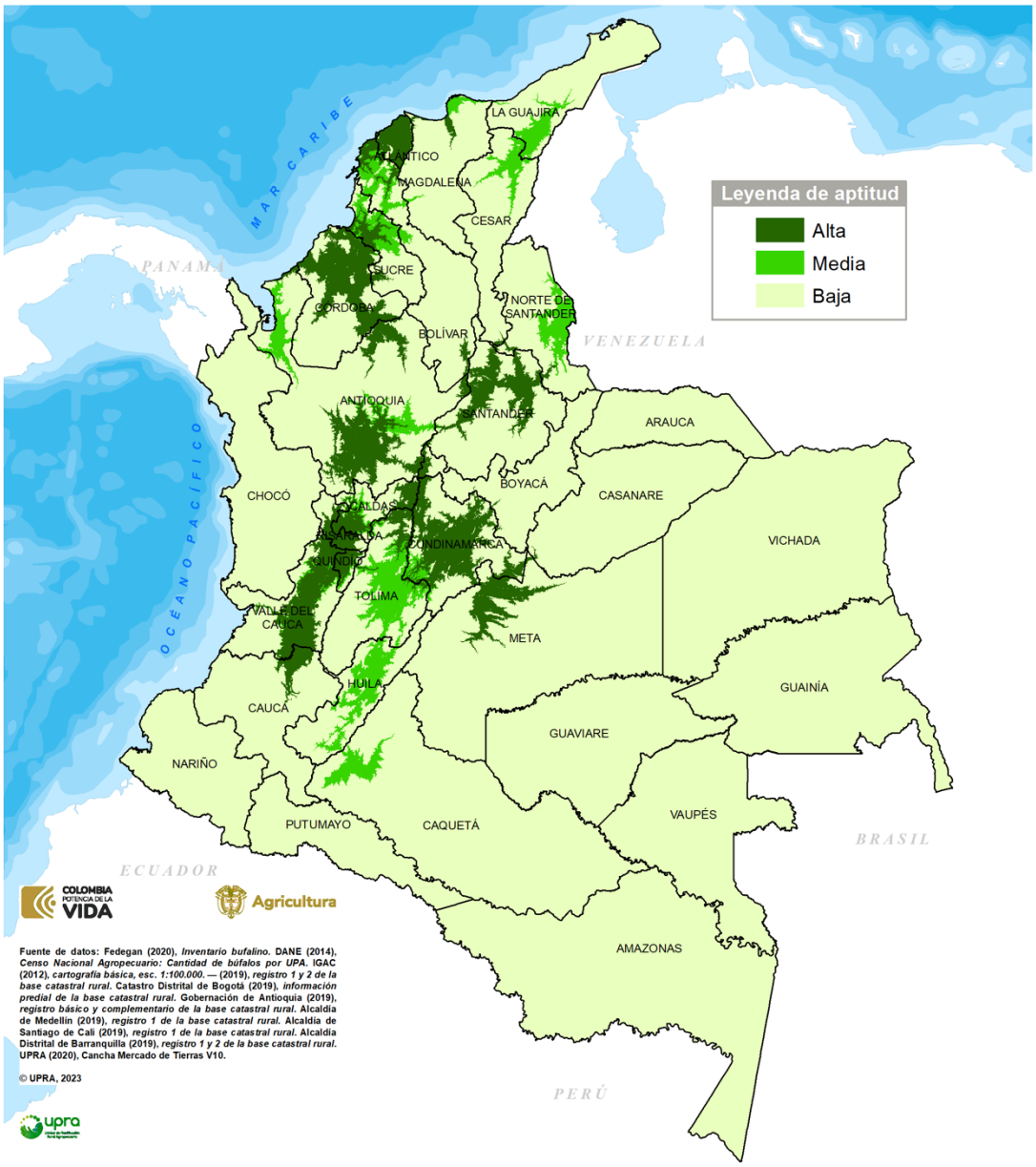
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Número de animales sacrificados/tiempo de desplazamiento	Aptitud
>1000/2 horas	Alta (A1)
<1000/ 2 horas	Media (A2)
Sin sacrificio	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Número de animales sacrificados/tiempo de desplazamiento (horas)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA
Variable cercanía a plantas de beneficio

FUENTES DE INFORMACIÓN

- ANI. (2016). Proyectos 1, 2, 3 y 4G.
- ICA. (2019). *Guías de movilización.* ICA.
- Ideam. (2014). *Mapa nacional de cobertura de la tierra*. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, periodo 2010-2012. Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* IGAC.
- _. (2014). *Método digital de elevación a 30 m.* IGAC.
- Invima. (2019). Plantas de beneficio. Invima.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables. Mapa de vías 4G*. Mintransporte.

3.1.5 Variable cercanía a centros de servicios

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: ECONÓMICO		
CRITERIO ASOCIADO: INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA		
VARIABLE: cercanía a centros de servicios	**UNIDAD DE MEDIDA**: tiempo de desplazamiento	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Facilidad con la que se puede alcanzar áreas donde existe oferta de bienes y servicios para abastecer las necesidades de la producción de búfalos.

Centro de servicios: municipios que cuentan con una población mayor a 30.000 habitantes para el año 2018. Esta cifra corresponde a los municipios con primera, segunda y tercera categoría definidos por la Ley 1551 del 2012, según lo establecido en el artículo 320 de la Constitución política colombiana que dispone que la "ley podrá establecer categorías de municipios de acuerdo con su población, recursos fiscales, importancia económica y situación geográfica y señalar distinto régimen para su organización, gobierno y administración.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en la competitividad para el desarrollo de la producción de búfalos, al facilitar el acceso a insumos y servicios necesarios para el productor.

La accesibilidad hace referencia al tiempo de desplazamiento, el cual viene determinado por la oferta y el estado de las redes de transporte vial, fluvial y de la distancia entre dos puntos, uno de ellos el centro de servicios (tomando como referencia la cabecera municipal). Zonas más cercanas a los centros de servicios, son más competitivas que aquellas más distantes o con vías en mal estado o sin vías de acceso.

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

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

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 2019, estimada a partir del censo de población y vivienda del año 2018. Hay centros de servicios importantes que podrán omitirse por no contar con más de 30.000 habitantes.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

DANE. 2018. Total cabecera por municipio 2019.

2. Precisión de la información.

La metodología de isocronas empleadas por la UPRA es una herramienta técnica, a través de la cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales (vías pavimentadas, carreteras con dos o más carriles, carretera angosta, vía sin pavimentar, carreteras o senderos), la pendiente de las mismas, medidas por el método de elevación digital de 30 m su influencia en la velocidad y los tramos navegables fluviales que existían para 2014.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isocronas:

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 isocronas, se tuvo en cuenta como punto de referencia la cabecera municipal, donde los centros de servicios se definen como los municipios que cuentan con una población mayor a 30.000 habitantes para el año 2019.

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 servicios. Con aptitud alta (A1): centros de servicios a menos de media hora para acceder a los servicios. Con aptitud media (A2): centros de servicios entre media y dos horas para acceder a los servicios. Con aptitud baja (A3): centros de servicios a más de dos horas para acceder a los servicios.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

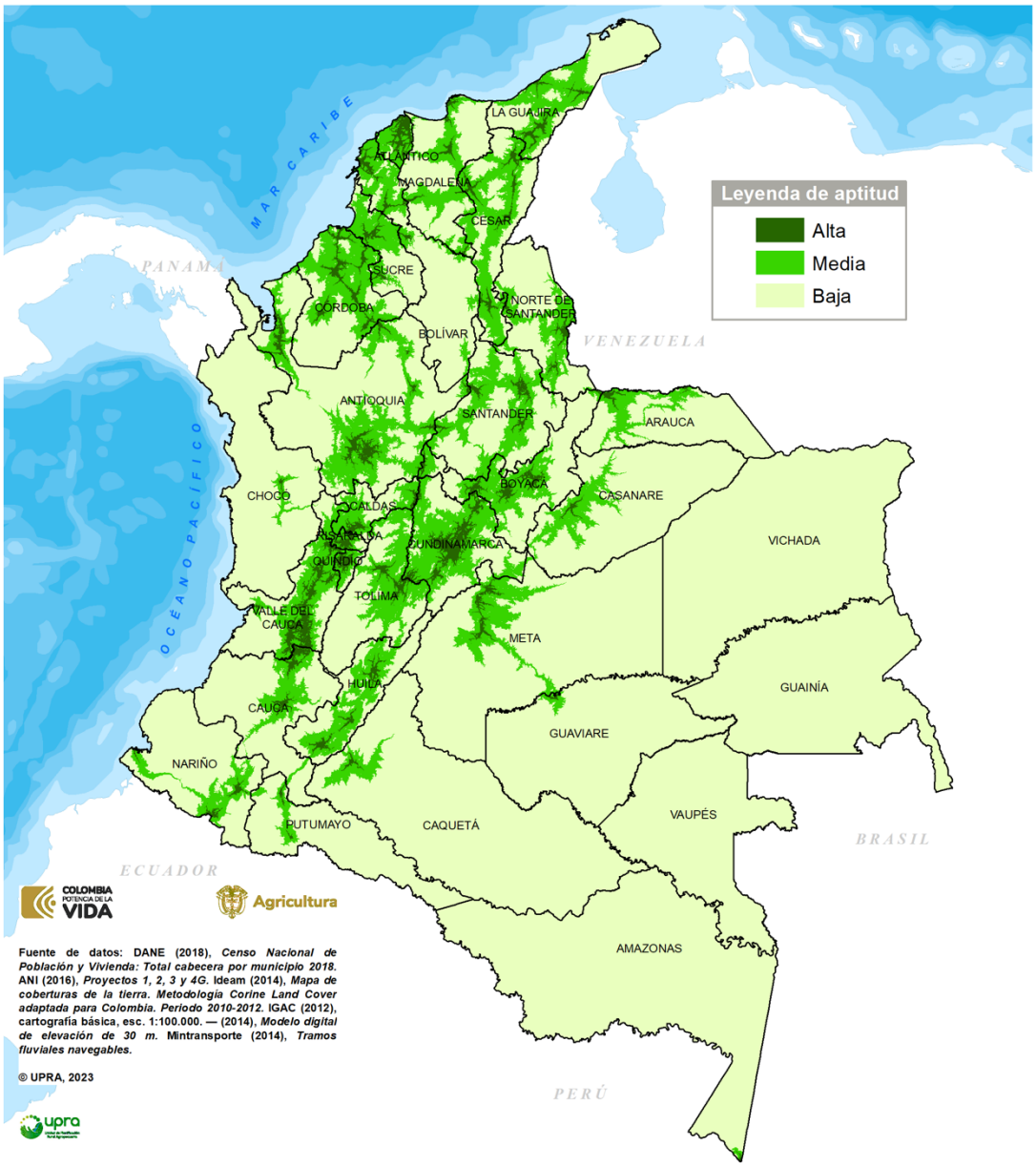
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento	Aptitud
< 1/2 hora	Alta (A1)
1/2 - 2 horas	Media (A2)
> 2 horas	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Tiempo de desplazamiento (horas)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA
Variable cercanía a centros de servicios

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2018). *Censo Nacional de población y Vivienda. Total cabecera por municipio 2019*. DANE.
- Ideam. (2014). *Mapa de coberturas de la tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, periodo 2010-2012*. Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Método digital de elevación a 30 m*. IGAC.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Mintransporte.
- _. (2014). *Mapa de vías 4G*. Mintransporte.

3.1.6. Variable energía eléctrica

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: SOCIAL		
CRITERIO ASOCIADO: INFRAESTRUCTURa Y LOGÍSTICA		
VARIABLE: energía eléctrica	**UNIDAD DE MEDIDA:** índice de favorabilidad	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Analiza a nivel municipal las condiciones en las que es prestado el servicio público de energía eléctrica, considerando la calidad, tipo de conexión, cobertura y tarifa. El servicio público de energía eléctrica consiste en la generación, comercialización, interconexión, transmisión y transporte desde redes regionales de transmisión hasta el domicilio del usuario final, incluida su conexión y medición. Este tipo de medición es importante porque establece la formalidad del negocio al mantener la cadena de frío para la conservación del producto, ya que la leche es altamente perecedera al igual que los derivados lácteos, a su vez incide en los procesos productivos de la cadena de leche en especial para los tanques fríos y las plantas de transformación.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en la competitividad para el desarrollo de la producción tecnificada de leche de búfala. El índice de cobertura, el tipo de conexión, índice de vulnerabilidad (cobertura) y la tarifa son determinantes para la cadena de frío e influyen en la trazabilidad del producto, en los eslabones

de la cadena comercial, así como en las actividades asociadas de administración y comercialización al permitir la utilización de tecnologías que requieren de este servicio,;es importante porque establece la formalidad del negocio.

La disponibilidad de energía eléctrica en las áreas con aptitud para el establecimiento de la producción bufalina de leche permite mejorar el proceso productivo mediante la implementación de sistemas de enfriamiento, transformación, almacenamiento y conservación de los productos lácteos; adicionalmente garantiza la inocuidad del producto.

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

En el análisis de la variable no se presentan límites que se califiquen como no apta (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La información disponible para evaluar las condiciones de prestación del servicio público de energía está enfocada en la evaluación de las empresas prestadoras del servicio; no obstante, la información disponible sobre tarifa, cobertura, sistema de interconexión y calidad del servicio permite caracterizar de manera indirecta el potencial del territorio rural para el establecimiento de la producción de lecherías de búfala, con base en el análisis de las condiciones del servicio de energía que predominan a nivel municipal.

Se distinguen dos tipos de indicadores: los de calidad de la potencia suministrada y los de calidad del servicio prestado. Los primeros hacen referencia a aspectos relacionados con el producto (regulación de voltaje, forma de onda y factor de potencia), mientras que la calidad del servicio se relaciona con la continuidad en la prestación del servicio.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Energía por Empresa Departamento y Municipio RURl. 2020. CoberturadelSistemaIntercontecadoNacional/ConsultasEstadisticas/Energía/Comercial/Consolidado
Sistema único de información de servicios Públicos. 2020. Energía/Administrativo/Reporte Formulario9.

2. Precisiones de la información.

El análisis y la estructuración de la variable prestación del servicio público de energía eléctrica está conformada por cuatro parámetros: índice de cobertura, sistema de interconexión, vulnerabilidad del servicio y tarifa, como se presenta en la siguiente ilustración, los parámetros se describen a continuación:

Modelo cartográfico variable prestación del servicio público del servicio de energía.

1. Indice de cobertura

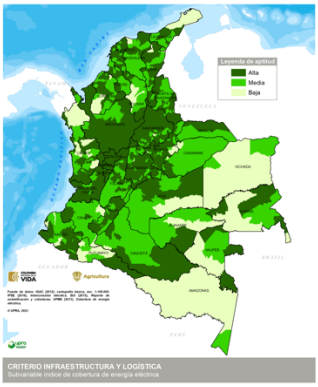
Corresponde al número de usuarios con servicio de energía eléctrica dividido por la cantidad total de viviendas del municipio.

El índice se estimó con base en el Informe de Cobertura de Energía Eléctrica a 2015 y se aplicó la metodología UPME, 2016 utilizando los datos reportados por los Operadores de red, proyecciones DANE a partir del censo 2005, Estimaciones a diciembre de 2015; la información se clasificó y calificó teniendo en cuenta los rangos y valores presentados en la siguiente tabla.

Calificación del índice de cobertura eléctrica.

Rango (%)	Calificación	Descripción
95 – 100	3	Alta cobertura
65 – 95	2	Medía cobertura
0 – 65	1	Baja cobertura

Representación cartográfica parámetro Índice de cobertura de energía eléctrica



De acuerdo con el análisis de la cobertura de la prestación del servicio de energía, se observa que el 38,25 % del territorio nacional tiene una alta cobertura del servicio de energía, el 33,63 % tiene una cobertura media y el 28,13 % tiene una cobertura baja, es decir, que menos del 65,0 % de las viviendas tienen servicio de energía.

Resultados índices de cobertura de energía eléctrica.

% de cobertura de viviendas/municipio	Interpretación	Área (ha)	Porcentaje (%)
95 – 100	Alta cobertura	43.632.901	38,25
65 – 95	Cobertura media	38.357.882	33,63
0 – 65	Baja cobertura	32.084.188	28,13
Total		114.074.970	100

2. Sistema de interconexión.

Sistema Interconectado Nacional: según lo previsto por el Artículo 11 de la Ley 143 de 1994 (R. CREG-042-1999; Art. 1), el sistema de interconexión nacional es el que está conformado por los siguientes elementos conectados entre sí: las plantas y equipos de generación, la red de interconexión, las redes regionales e interregionales de transmisión, las redes de distribución y las cargas eléctricas de los usuarios. Las zonas no interconectadas (ZNI) son los municipios, corregimientos, localidades y caseríos no conectados al Sistema Interconectado Nacional (Artículo 1 de la Ley 855 de 2003).

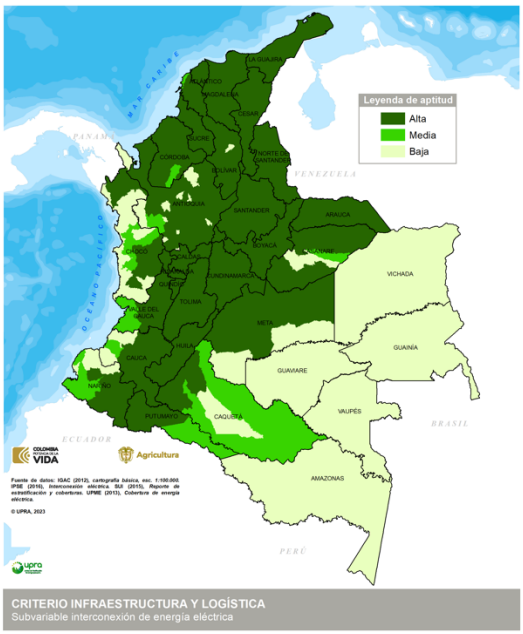
El Instituto de planificación y promoción de soluciones energéticas para las zonas no interconectadas - IPSE señala que las ZNI son aquellas que no reciben el servicio público de energía eléctrica a través del Sistema Interconectado Nacional –SIN.

Este parámetro se espacializó calificando los municipios de acuerdo con el sistema de interconexión existente.

Calificación según el sistema de interconexión municipal

Tipo de conexión	Calificación	Descripción
Municipios interconectados al SIN	3	Alta favorabilidad
Municipios mixtos	2	Favorabilidad media
Municipios no interconectados	1	Bajo favorabilidad

Representación cartográfica parámetro sistema de interconexión



Los resultados del análisis del parámetro tipo de conexión se presentan en la tabla anexa, donde se observa que el 49,35 % del territorio nacional se encuentra conectado al sistema de interconexión nacional, el 9,12 % cuenta con los dos sistemas de interconexión y el 41,52 % no está conectado al sistema nacional de interconexión eléctrica

Resultados sistema de interconexión

Tipo de interconexión	Interpretación	Área (ha)	Porcentaje
Interconectado SIN	Alta favorabilidad	56.300.808	49,35
Mixto	Favorabilidad media	10.406.918	9,12
No interconectado	Baja favorabilidad	47.367.245	41,52
Total		114.074.970	100

3. Vulnerabilidad del servicio

Este parámetro evalúa la calidad de la prestación del servicio de energía, en términos de continuidad del servicio, ya sea proveniente del Sistema nacional de interconexión o de las zonas no interconectadas. En tal sentido, es un parámetro compuesto en el cual se incluyen los indicadores establecidos por la Comisión de regulación de energía y gas – CREG para evaluar la calidad del servicio prestado por los diferentes operadores de red, los cuales son diferentes de acuerdo con el sistema de interconexión. En tal sentido se utilizaron los índices DES, FES y el IAAD establecidos por la CREG para evaluar la calidad del servicio de las empresas que se encuentran prestado el servicio de energía en las zonas que se encuentran conectadas al sistema de interconexión nacional, mientras que las zonas no interconectadas al SIN se evaluaron teniendo en cuenta el reporte de las horas de prestación del servicio sobre las horas planificadas.

A través de la Resolución No. 025 del 9 de junio de 1999, Artículo 1, la CREG establece la forma de estimar los indicadores de calidad del servicio prestado.

- Indicador de duración equivalente de las interrupciones del servicio (DES).

Es el tiempo total, medido sobre los últimos 12 meses, en que el servicio es interrumpido en un circuito. Los Operadores de Red deben calcular el indicador DESc mensualmente para cada circuito, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$DES_c = \sum_{i=1}^{NTI} t(i)$$

donde:

DESc: sumatoria del tiempo en horas de las interrupciones del servicio en un circuito, durante los últimos 12 meses.

i: interrupción i–ésima.
t(i): tiempo en horas de la interrupción i–ésima.
NTI: número total de interrupciones que ocurrieron en el circuito durante los últimos 12 meses.

- Indicador de frecuencia equivalente de las interrupciones del servicio (FES)

Mide la confiabilidad de un Sistema de Transmisión Regional (STR) y/o Sistema de Distribución Local SDL, como el número de interrupciones que presenta un Circuito durante los últimos 12 meses. Los OR's deben calcular el Indicador FESc mensualmente para cada circuito, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$FES_c = NTI$$

donde:

FESc: sumatoria del número de veces que el servicio es interrumpido en un circuito, durante los últimos doce meses.

Para el cálculo del DES y el FES se utilizó el reporte del sistema único de información de servicios domiciliarios - SUI para el año 2015, clasificando y calificando los datos como se presentan en las tablas adjuntas.

Rango de evaluación de la duración(horas) de las interrupciones del servicio de energía DES

Duración de las interrupciones en horas por año	Descripción	Interpretación	Calificación
< 25	Baja duración de las interrupciones del servicio de energía	Alta favorabilidad	3
25 - 50	Duración media de las interrupciones del servicio de energía	Favorabilidad media	2
> 50	Alta duración de las interrupciones del servicio de energía	Baja favorabilidad	1

Rango de evaluación de la frecuencia de las interrupciones del servicio de energía FES

Frecuencia interrupciones / año	Descripción	Interpretación	Calificación
< 45	Bajo número de interrupciones del servicio de energía al año	Alta favorabilidad	3

46 - 146	Moderado número de interrupciones del servicio de energía al año	Favorabilidad media	2
>147	Alto número de interrupciones del servicio de energía al año	Baja favorabilidad	1

- Índice anual agrupado de discontinuidad IAAD

En el año 2008, la CREG, mediante la Resolución No. 097 del 26 de septiembre, Artículo 1, estableció que la evaluación de la calidad del servicio de energía se realizará mediante el cálculo del Índice anual agrupado de discontinuidad, IAAD, el cual relaciona la cantidad promedio de Energía No Suministrada (ENS) por cada unidad de Energía Suministrada (ES) por un operador de red - OR durante el año de evaluación. La información utilizada para el análisis de este parámetro corresponde a los reportes que presentan los operadores de red en el SUI.

Valores de referencia y calificación del IAAD Nivel tensión 1.

Valores de referencia IAAD	Descripción	Interpretación	Calificación
Menor 0,003	Buenas condiciones de calidad del servicio de energía	Alta favorabilidad	3
0.003 – 0.006	Condiciones moderadas de calidad del servicio de energía	Favorabilidad media	2
Mayor a 0,006	Bajas condiciones de calidad del servicio de energía	Baja favorabilidad	1

Valores de referencia y calificación del IAAD Nivel tensión 2-3

Rango	Descripción	Interpretación	Calificación
0,0003 - 0,0019	Buenas condiciones de calidad del servicio de energía	Alta favorabilidad	3
0,0019 - 0,0035	Condiciones moderadas de calidad del servicio de energía	Favorabilidad media	2
0.0035 – 0.0090	Bajas condiciones de calidad del servicio de energía	Baja favorabilidad	1

- Calidad del servicio en las zonas no interconectadas

La evaluación de la calidad del servicio de las zonas no interconectadas se realiza a través del reporte que realiza cada empresa al SUI, en el cual se registra el número de horas de prestación del servicio y se compara con el reporte del IPSE de las horas de servicio programadas por cada empresa.

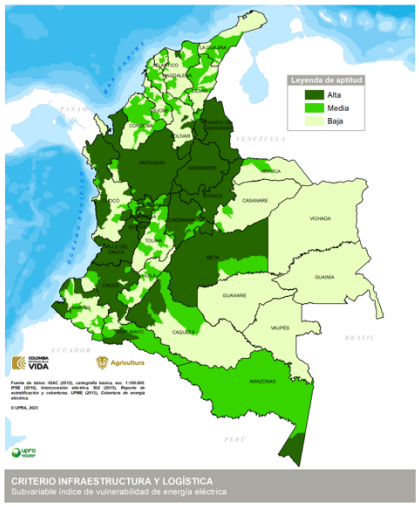
Condiciones de referencia y calificación de la calidad del servicio de energía de las zonas no interconectadas.

Condición	Descripción	Interpretación	Calificación
Las horas de servicio prestadas son mayores a las planificadas	Buenas condiciones de calidad del servicio de energía	Alta favorabilidad	3
Las horas de servicio son iguales a las planificadas	Condiciones moderadas de calidad del servicio de energía	Favorabilidad media	2
Las horas de servicio prestadas son menores a las planificadas	Bajas condiciones de calidad del servicio de energía	Bajo favorabilidad	1

- Índice de vulnerabilidad

Una vez calificados los parámetros de calidad para el SIN y ZNI, se promedió la calificación de los tres parámetros y se multiplicó por el porcentaje de usuarios municipales. El resultado del análisis de la vulnerabilidad de la prestación del servicio público de energía eléctrica se presenta en las siguientes figura y tabla.

Representación cartográfica parámetro vulnerabilidad del servicio de energía eléctrica



Resultados análisis vulnerabilidad del servicio de energía

Vulnerabilidad de la prestación del servicio de energía	Interpretación	Área (ha)	Porcentaje (%)
Baja vulnerabilidad	Alta favorabilidad	35.069.764	30,74
Vulnerabilidad moderada	Favorabilidad media	25.102.390	22,01
Alta vulnerabilidad	Baja favorabilidad	53.902.817	47,25
Total		**114.074.970**	**100**

De acuerdo con la información presentada, se observa que el 30,74 % del territorio nacional tiene una baja vulnerabilidad en la prestación del servicio público de energía, el 22,01 % tiene una vulnerabilidad moderada y el 47,25 % del territorio tiene una vulnerabilidad alta, es decir, que la calidad del servicio es baja.

4. Tarifas.

De acuerdo con lo establecido por la Comisión Reguladora de Energía y Gas, CREG, en el Artículo 3 de la Resolución N° 119 del 21 diciembre de 2007:

…"Costo unitario de prestación del servicio de energía eléctrica: Es el costo económico eficiente de prestación del servicio al usuario final regulado, expresado en pesos por kilovatio hora ($/kWh) y en pesos por factura que resulta de aplicar la fórmula tarifaria general establecida en

la presente resolución, y que corresponde a la suma de los costos eficientes de cada una de las actividades de la cadena eléctrica"... (Generación, transmisión, distribución, comercialización y otros costos relacionados con la operación y administración del sistema interconectado nacional).

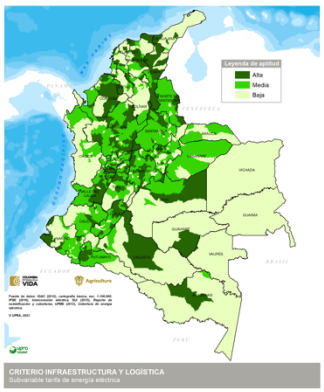
Para el análisis de este parámetro se tomó la información de la tarifa rural industrial y comercial rural, estableciéndose los siguientes puntos de corte.

Puntos de corte para el análisis de las tarifas del servicio de energía eléctrica.

Rango ($) del kWh	Descripción	Interpretación	Calificación
Menor o igual a 322	Tarifa baja	Alta favorabilidad	3
322 - 483	Tarifa moderada	Favorabilidad media	2
Mayor a 483	Tarifa alta	Baja favorabilidad	1

El resultado del análisis de la tarífa de la prestación del servicio público de energía se presenta en las siguientes figura y tabla.

Representación cartográfica parámetro tarifa del servicio de energía eléctrica



Resultados análisis de la tarifa del kWh ($)

Tarifa del kWh ($)	Descripción	Interpretación	Área (ha)	Porcentaje
≤ 322	Tarifa baja	Alta favorabilidad	20.351.449	17,84
322 - 483	Tarifa media	Favorabilidad media	28.043.147	24,58
>483	Tarifa alta	Baja favorabilidad	65.680.374	57,58
Total			**114.074.970**	**100**

De acuerdo con la información presentada en la tabla, se observa que el 17,84 % del territorio tiene una tarifa baja de energía, el 24,58 % tiene una tarifa media y en el 57,58 % del territorio la tarifa del kwh es alta.

Una vez analizados y espacializados los parámetros vulnerabilidad del servicio de energía, cobertura, sistema de interconexión y tarifa, se unieron los mapas resultantes mediante una suma ponderada, a través de la asignación de pesos como se presenta a continuación:

Pesos asignados a los parámetros de la variable prestación del servicio público de energía eléctrica

Parámetro	Peso
Vulnerabilidad	0,50
Cobertura	0,15
Interconexión	0,20
Tarifa	0,15

Los resultados muestran el área disponible en km^2 según la prestación de servicio público de energía.

Resultados de área para prestación del servicio público de energía.

Índice de prestación del servicio público de energía eléctrica	Interpretación	Área (ha)	Porcentaje
> 2,5	Alta favorabilidad	28.841.288	25,28
1,9 - 2,5	Favorabilidad media	19.977.443	17,51
< 1,9	Bajo favorabilidad	65.256.239	57,20
Total		114.074.970	100

Se observa que el 25,28 % del territorio recibe un buen servicio de energía eléctrica, en el 17,51 % del territorio las condiciones de prestación del servicio de energía son moderadas y en el 57,20 % del territorio las condiciones del servicio de energía son bajas.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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:

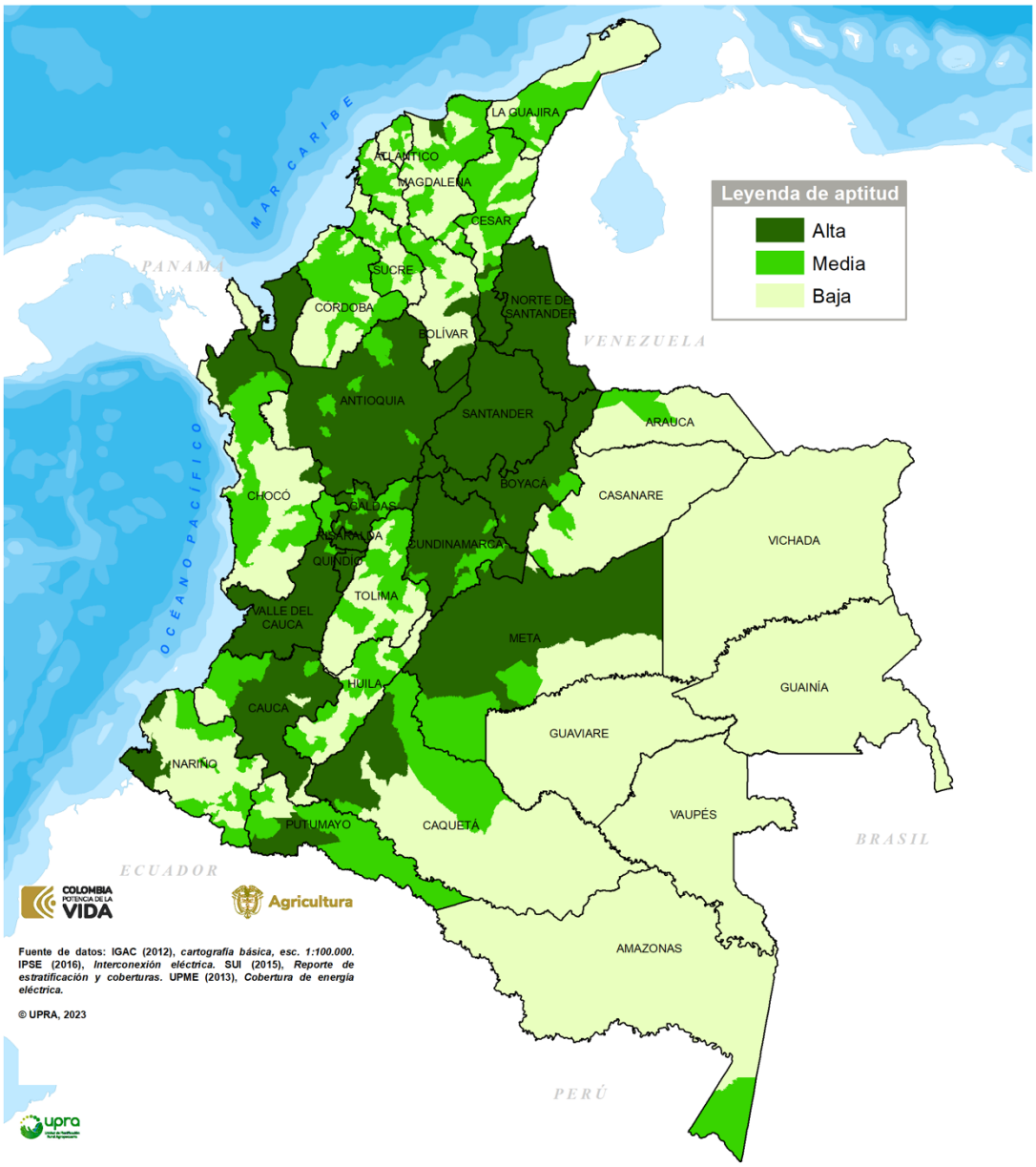
Calificación del índice de prestación del servicio de energía eléctrica.

Índice de favorabilidad	Aptitud
Municipios > 2,5	Alta (A1)
Municipios 1,9 - 2,5	Media (A2)
Municipios < 1,9	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Índice de favorabilidad

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA
Variable energía eléctrica rural

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Instituto de Planificación y Promoción de Soluciones Energéticas para las Zonas no Interconectadas (IPSE). (2016). *Zonas no itnerconectadas*. 2016.
- Sistema único de información de servicios públicos. (2016). Energía/Administrativo/Reporte Formulario 9. http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele_adm_016.
- Sistema único de información de servicios públicos. (2015). Energia/Comercial/Consolidado Energía por Empresa Departamento y Municipio para el 2015. http://www.sui.gov.co/SUIAuth/portada.jsp?servicioPortada=4.
- Sistema único de información de servicios públicos. (2015). *Reporte de Estratificación y Coberturas* . 2015. <http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele_adm_016 Consultado el 15-09-2016>.
- Unidad de planeación Minero Energética (UPME). (2013). *Cobertura de Energía Eléctrica*. 2013.

3.1.7. Variable conectividad terrestre y fluvial

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: SOCIAL		
CRITERIO ASOCIADO: INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA		
VARIABLE: conectividad terrestre y fluvial	**UNIDAD DE MEDIDA:** predios	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Cercanía del predio y del colindante a las vías primarias, secundarias y terciarias que hay en el país y la accesibilidad a las rutas terrestres y fluviales para el movimiento de búfalos en pie e insumos de un lugar a otro.

Sintetiza la facilidad de desplazamiento del aparato productivo para el transporte de búfalos en pie principalmente.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Muestra las rutas donde hubo movimiento de búfalos en pie en el año 2019. Impacta la facilidad con que los agentes económicos pueden desplazarse en el territorio nacional, en especial aquellos que trasladan animales en pie de un sitio a otro, particularmente para búfalos de cría y de levante, a los sitios donde son cebados.

El transporte fluvial es un sistema que posee un gran potencial, comparado con otros medios de transporte que usualmente tienen problemas de congestión y capacidad. Tiene un bajo impacto medio ambiental y se constituye en una ventaja para Colombia por la presencia de grandes ríos. Un país que puede brindar soluciones rápidas a la hora de transportar determinada carga es atractivo para los grandes mercados. Además, el transporte fluvial, integrado con otras formas de transporte, facilita estas soluciones permitiendo que la economía crezca y se mantenga a la vanguardia en competitividad.

En algunas zonas de los Llanos Orientales es la mejor manera de transportar grandes volúmenes a un bajo costo; en épocas de invierno ofrecen la capacidad de sacar para su comercialización, mercancías como productos agrícolas y pecuarios (entre los que se cuenta el bovino de carne), de los municipios que no cuentan con buenas vías de acceso,

Asimismo, los predios más cercanos a las vías y los puertos fluviales tendrán mayor aptitud para interactuar en los procesos, con socios comerciales (actuales y potenciales) en la movilización del ganado bovino y de insumos.

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

En el análisis de la variable no se presentan límites que se califiquen como no apta (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Como la espacialización depende de la información de predios, y hay muchos municipios (en especial los del suroriente colombiano que no tienen información catastral), en esos sitios solo se muestran las rutas y las líneas del movimiento por lo que no tienen información predial (catastro).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

ICA. 2019. Guías de movilización

2. Precisiones de la información.

Se tuvo en cuenta la información de las guías de movilización del ICA; el punto de origen tiene en cuenta el municipio de origen según el tipo: si es predio o una concentración ganadera; el punto de destino tiene en cuenta si el ganado movilizado llega a otro predio, a una planta de beneficio, o a una concentración ganadera, con el objeto de identificar el número de animales y flujos de movilización. A su vez tiene en cuenta la movilización en carro y en arreo de búfalos en pie.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se organizó la base de datos de las guías de movilización ICA 2019, teniendo en cuenta el punto de origen y el punto de destino Se trazaron las vías de acuerdo con la cercanía de los predios colindantes a las vías que transportan mayor número de búfalo al año, incluyeron los puertos fluviales. La información de la localización de dichos puertos corresponde a 2014.

Los municipios se categorizaron a través de la aplicación de la Ley o Principio de Pareto, también conocida como la Regla del 80/20 (20/80), establece que, de forma general y para un amplio número de fenómenos, aproximadamente el 80 % de las consecuencias proviene del 20 % de las causas. En este caso, el 80 % del total de búfalos transportados en los municipios es explicado aproximadamente por el 20 % de los municipios sin reporte de búfalos transportados.

El procedimiento, consiste en ordenar de mayor a menor los municipios que tienen mayor número de búfalos movilizados, seguidamente se estima las participaciones de cada municipio dentro del total del registro de movilidad de los búfalos. Finalmente se estima una columna en la que se calcula el porcentaje acumulado de la distribución dentro de los municipios hasta que llegue al 80 % de participación. Se verifica que el número de municipios que aportaron dicha cifra, represente aproximadamente el 20 % del total de municipios.

Partiendo de esto se clasificaron en aptitud alta (A1) los municipios cuyo porcentaje de número de búfalos transportados no superara el 80 % del total de búfalos movilizados, en aptitud media (A2) los municipios del restante porcentaje que reportaran un número menor a 300 animales y en aptitud baja (A3) el resto del país.

4. Clasificación por aptitud.

Al realizar el procedimiento para la variable el resultado fue de tres agrupamientos, a los que se les asignó la calificación de aptitud, de modo que los rangos quedan definidos de la siguiente manera: aptitud alta (A1): predio y colindante a rutas que transportan más de 300 búfalos (incluye línea de la vía) y puertos fluviales; aptitud media (A2): predio y colindante a rutas que transportan menos de 300 búfalos (incluye línea de la vía) y puertos fluviales, aptitud baja (A3): al resto del país.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

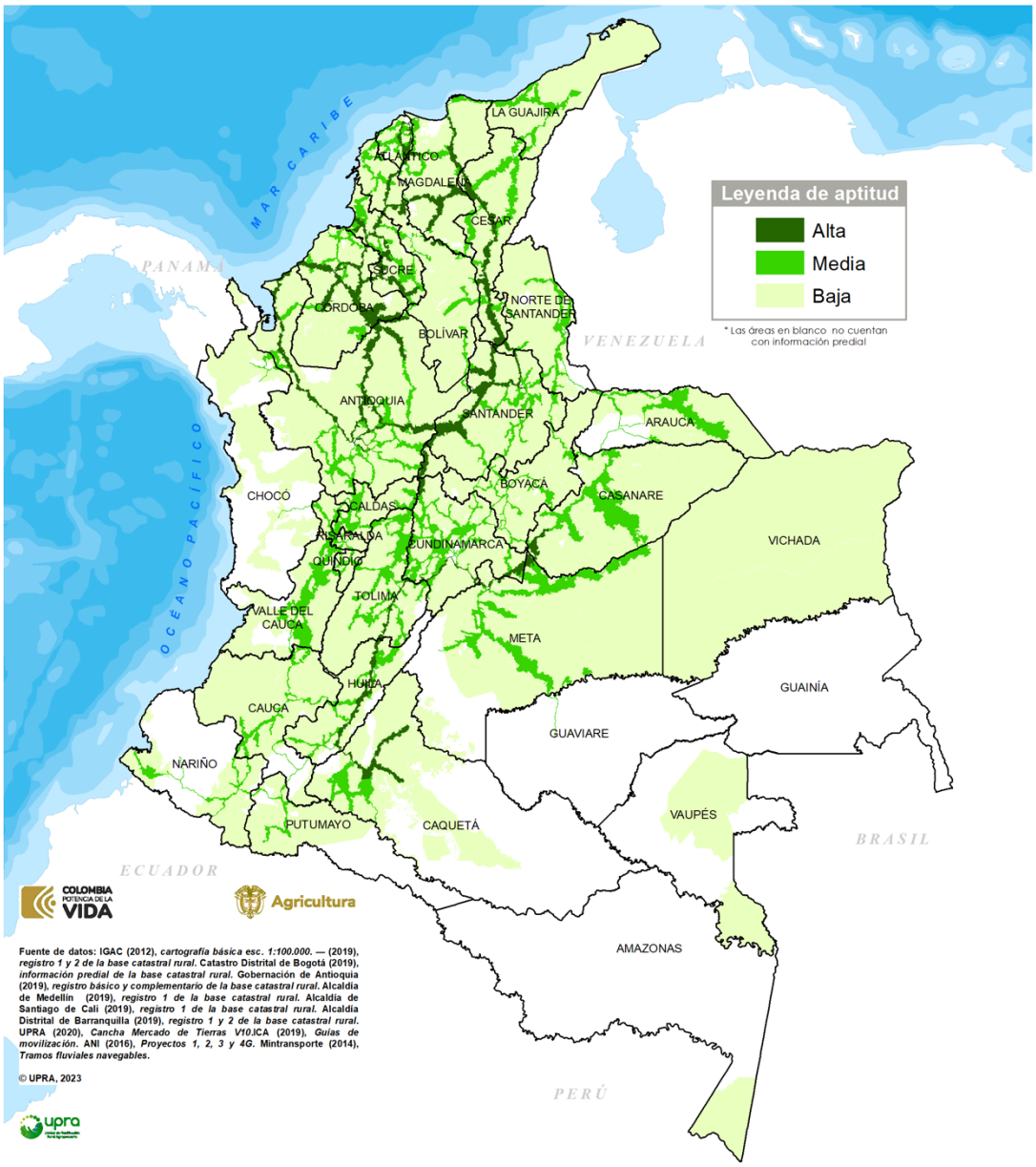
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con tres categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3), así:

Predios	Aptitud
Predio y colindante a rutas que transportan más de 300 búfalos (incluye línea de la vía) y puertos fluviales	Alta (A1)
Predio y colindante a rutas que transportan menos de 300 búfalos (incluye línea de la vía) y puertos fluviales	Media (A2)
Resto del país	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Predios

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA
Variable conectividad terrestre y fluvial

FUENTES DE INFORMACIÓN

- ICA. (2019). *Guías de movilización*. ICA.
- ANI. (2016). Proyectos 1, 2, 3 y 4G. ANI.
- Ideam. (2014). *Mapa nacional de cobertura de la tierra*. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, periodo 2010-2012. Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Método digital de elevación a 30 m*. IGAC.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. *Mapa de vías 4G*. Mintransporte.

3.1.8 Variable cercanía a puertos marítimos

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: SOCIAL		
CRITERIO ASOCIADO: INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA		
VARIABLE: cercanía a puertos marítimos	**UNIDAD DE MEDIDA:** tiempo de desplazamiento	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Facilidad con la que se puede alcanzar un sitio (puerto marítimo) desde otros puntos en el territorio. En este sentido, sintetiza las posibilidades de desplazamiento del aparato productivo hacia puertos marítimos para realizar operaciones de comercio internacional (exportaciones e importaciones).

Para efectos de la zonificación, esta variable se incorpora como el área de influencia para un tiempo de desplazamiento (isocronas) desde 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.

En este sentido, los municipios más cercanos a los puertos marítimos tendrán mayor aptitud competitiva para interactuar en los procesos de integración con socios comerciales (actuales y potenciales), en lo referente a la exportación del producto.

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

En el análisis de la variable no se presentan límites que se califiquen como no apta (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

El algoritmo utilizado para la estimación de los tiempos de desplazamiento desde los puertos marítimos no incluye los costos de transporte a través de la red vial.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

IGAC. 2012. Cartografía básica.
Mintransporte. 2014. Tramos red vial nacional y departamental.
Mintransporte. 2014. Información portuaria.

2. Precisión de la información.

La metodología de isócrona empleada por la UPRA involucra todos los tipos de vías terrestres, las pendientes, dada su influencia en la velocidad y los tramos fluviales navegables. Es una herramienta técnica, a través de la cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales (vías pavimentadas, carreteras con dos o más carriles, carretera angosta, vía sin pavimentar, carreteras o senderos), la pendiente de las mismas, medidas por el método de elevación digital de 30 m. su influencia en la velocidad y los tramos navegables fluviales que existían para 2014.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isocronas:

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles pavimentados, transitable todo el año.
Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles sin pavimentar, 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.

Se tuvieron en cuenta los puertos marítimos donde se concentran los flujos de comercio internacional.

4. Clasificación por aptitud.

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta los tiempos de desplazamiento desde los puertos marítimos, así: aptitud alta (A1): puertos marítimos a menos de dos horas para acceder a los servicios portuarios de comercio internacional. Aptitud media (A2): puertos marítimos ubicados a entre dos y cuatro horas para acceder a los servicios portuarios de comercio internacional. Aptitud baja (A3): puertos marítimos a más de cuatro horas para acceder a los servicios portuarios de comercio internacional.

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), así:

Tiempo de desplazamiento	Aptitud
< 2 hora	Alta (A1)
2 - 4 horas	Media (A2)
> 4 horas	Baja (A3)

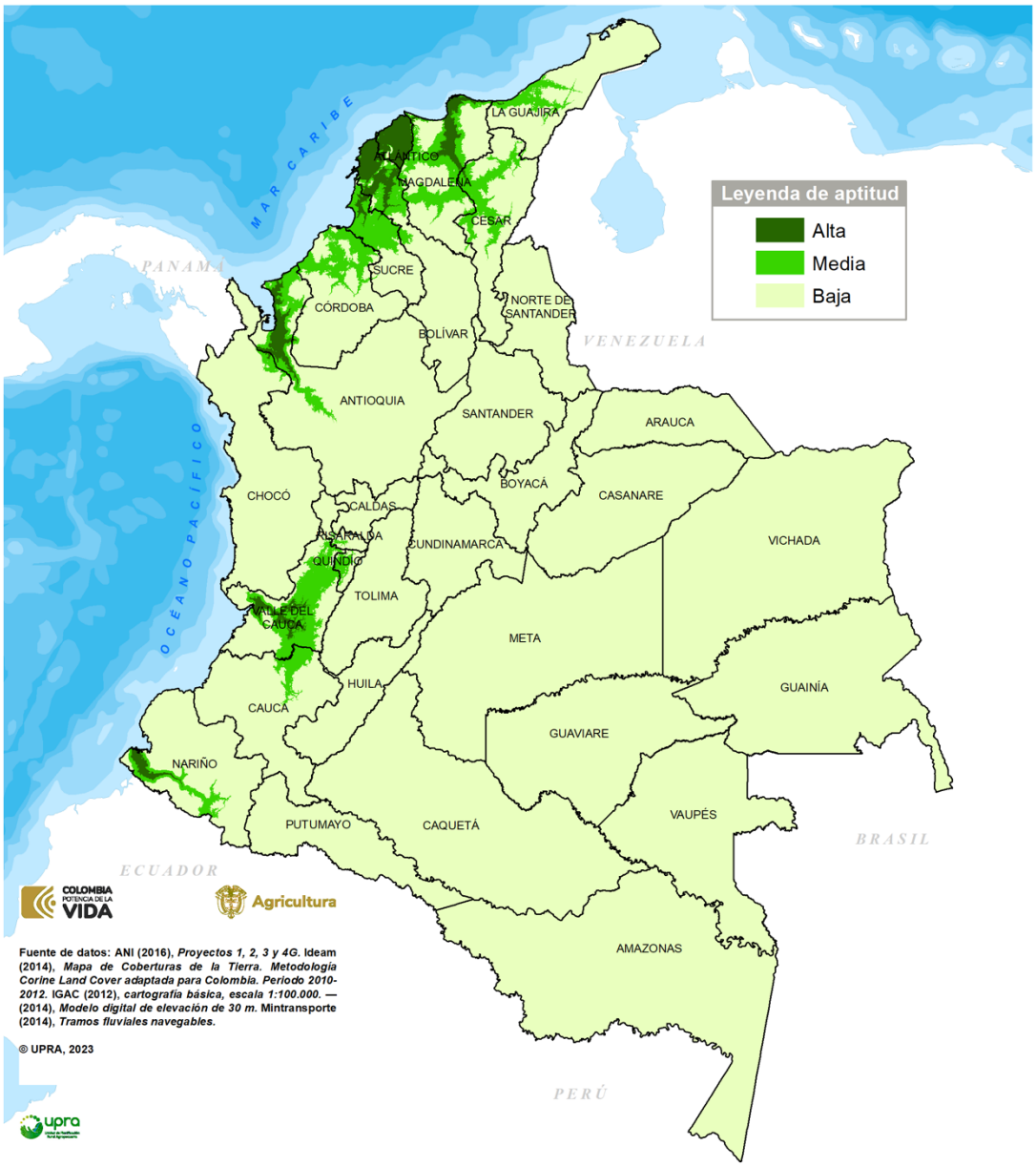
La región Caribe muestra la mayor aptitud competitiva por su cercanía a los puertos marítimos ubicados en Bolívar, Atlántico, Magdalena y La Guajira. El puerto de Buenaventura y el de Tumaco reflejan una gran incidencia para la región andina. Regiones como la Orinoquia y la Amazonia tienen el menor grado de aptitud competitiva por su lejanía a los puertos marítimos.

Se tuvieron en cuenta, los puertos de Buenaventura (Valle del Cauca), Barranquilla (Atlántico), Cartagena (Bolívar), Santa Marta (Magdalena), Nariño (Tumaco) y los embarcaderos Nueva Colonia y Zungo ubicados en Carepa (Antioquia), porque allí se concentran la mayoría de las operaciones de comercio internacional.

UNIDAD DE ANÁLISIS

Tiempo de desplazamiento (horas)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA
Variable cercanía a puertos marítimos

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2014). *Mapa nacional de cobertura de la tierra.*
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* IGAC.
- _. (2014). *Método digital de elevación a 30 m.* IGAC.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables.* Mintransporte.
- _. (2014). *Mapa de vías 4G.*

3.2. Criterio institucionalidad y asociatividad

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: SOCIAL		
CRITERIO ASOCIADO: INTITUCIONALIDAD Y ASOCIATIVIDAD		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• Cercanía al gremio, expresada en tiempo de desplazamiento. • Cercanía a asociaciones y/o cooperativas, expresada en tiempo de desplazamiento. • Cercanía a puntos de servicio al ganadero ICA, expresada en tiempo de desplazamiento. • Cercanía a Agrosavia, expresada en tiempo de desplazamiento.		

DEFINICIÓN

Facilidad con la que se puede acceder desde otros puntos en el territorio a una asociación de productores de búfalos, a la institucionalidad gremial y a entidades que soportan la sanidad y la investigación y transferencia de tecnología agropecuaria.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Refleja la existencia de oferta institucional pública y privada a nivel municipal, así como la articulación del gremio, ICA, Agrosavia, cooperativas y la represenctación de los productores en instancias que facilitan el desarrollo y soporte del sector bufalino.

Además, la cercanía a la institucionalidad permite generar oportunidades para el mejoramiento de la productividad y abrir espacios para la adaptación de las unidades productivas a las condiciones que demanda el mercado. En este mismo sentido, la cercanía a la institucionalidad también puede ayudar a fortalecer procesos de innovación y cambio técnológico, necesarios para responder a las necesidades del consumidor final

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

El ICA y Agrosavia son entidades que tienen ofertas institucionales, el ICA en vigilancia sanitaria, normatividad, certificaciones de predios, en BPA, entre otros, y Agrosavia asociadas a la

innovación y transferencia de conocimiento y tecnologías encaminadas a generar cambios tecnológicos y a mejorar la competitividad de la explotación pecuaria.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (*Analytics Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cuatro variables, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	**Variables**	Cercanía al gremio	Cercanía a las asociaciones y/o cooperativas	Cercanía a puntos de servicio al ganadero ICA	Cercanía a Agrosavia
Institucionalidad y asociatividad	Cercanía al gremio	**1**			
	Cercanía a las asociaciones y/o cooperativas	**1/3**	**1**		
	Cercanía a puntos de servicio al ganadero ICA	**1/3**	**1/3**	**1**	
	Cercanía a Agrosavia	**1/5**	**1/5**	**1/3**	**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 en importancia		Más importante			

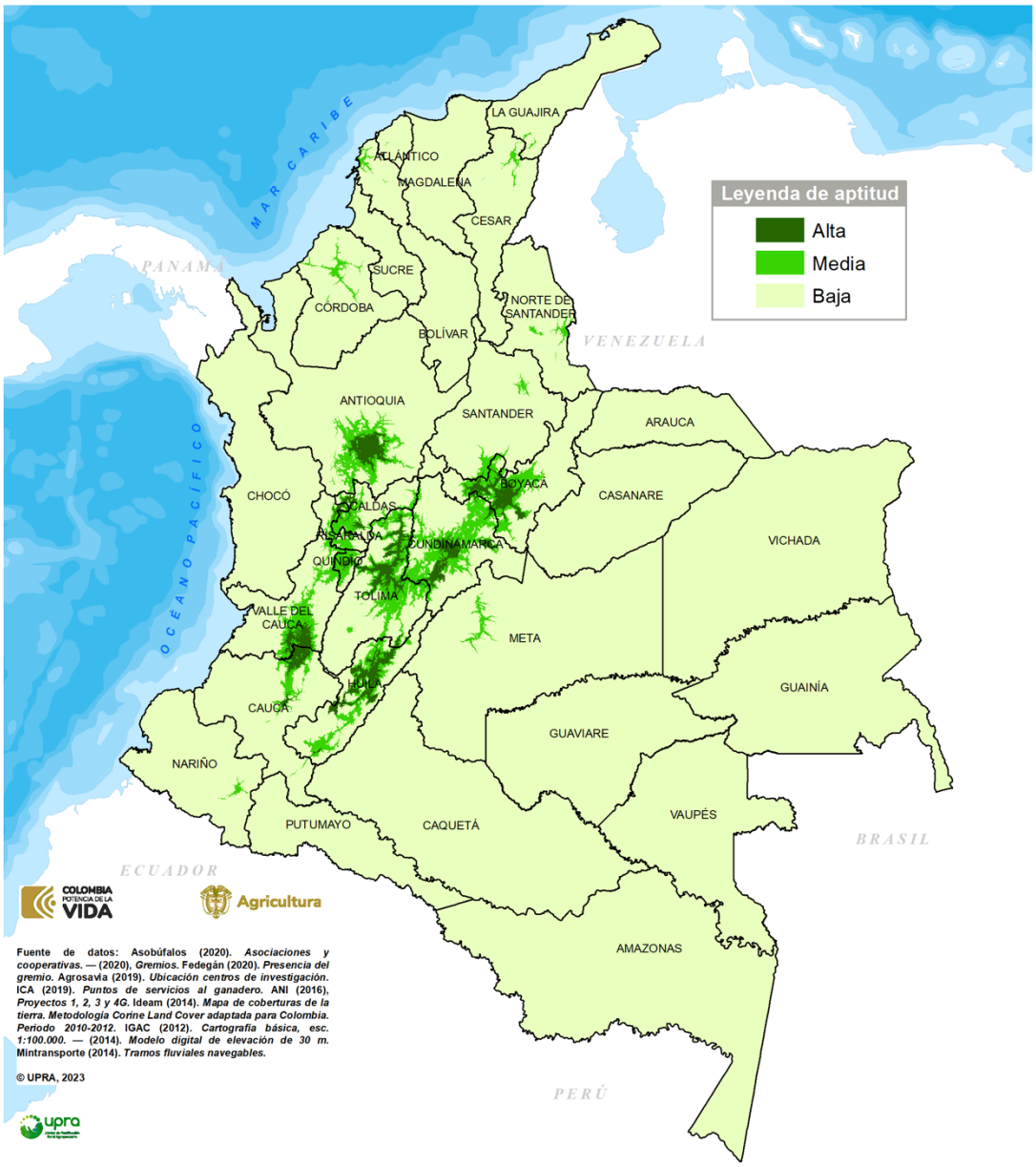
Teniendo en cuenta el software PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se calcularon las ponderaciones de cada variable dentro del criterio, de acuerdo con la calificación de los municipios, según categorías de aptitud y para cada categoría de aptitud se asignó un valor así: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Criterio	Variable	Ponderación (%)
Asociatividad e institucionalidad	Cercanía al gremio	49,9
	Cercanía a las asociaciones y/o cooperativas	28,8
	Cercanía a puntos de servicio al ganadero ICA	14,7
	Cercanía a Agrosavia	6,6
Total ponderación		100

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Variable	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Cercanía al gremio	Tiempo de desplazamiento	< 1/2 hora	1/2 - 1 hora	> 1 hora
Cercanía a las asociaciones y/o cooperativas	Tiempo de desplazamiento	< 1/2 hora	1/2 - 1 hora	> 1 hora
Cercanía a puntos de servicio al ganadero ICA	Tiempo de desplazamiento	< 1/2 hora	1/2 - 1 hora	> 1 hora
Cercanía a Agrosavia	Tiempo de desplazamiento	< 1/2 hora	1/2 - 2 horas	> 2 horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO ASOCIATIVIDAD E INSTITUCIONALIDAD

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agrosavia. (2019). *Centros Agrosavia*.
- Asobufalos. (2020). *Asociaciones y cooperativas*.
- _. (2020). Sede de la Federación.
- Fedegán. (2020). *Sedes*.
- ICA. (2020). *Ubicación puntos de servicio al ganadero del ICA*. ICA.
- Ideam. (2014). *Mapa de coberturas de la tierra*. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, período 2010-2012. Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Método digital de elevación a 30 m*. IGAC.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Mintransporte.
- _. (2014). *Mapa de vías 4 G*. Mintransporte.

3.2.1. Variable cercanía al gremio

METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: SOCIAL		
CRITERIO ASOCIADO: INSTITUCIONALIDAD Y ASOCIATIVIDAD		
VARIABLE: cercanía al gremio	**UNIDAD DE MEDIDA:** tiempo de desplazamiento	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Facilidad con la que se puede alcanzar, desde otros puntos en el territorio, una sede de Asobúfalos y de Fedegán en los municipios productores del país, siendo estas entidades sin ánimo de lucro y con una gestión democrática formadas de manera libre y permanente por un conjunto de socios para la persecución de un fin común y estable.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en la percepción de los agentes económicos respecto a la institucionalidad sectorial presente en el municipio.

La organización gremial Asobúfalos representa a los productores de búfalos del país y está dedicada al fortalecimiento de la especie a través de su divulgación, promoción, investigación, mejoramiento y posicionamiento en el sector pecuario nacional con la participación de todos sus afiliados, entidades y personas interesadas en la especie y con capacidad de representar ante las diferentes instancias los intereses de sus asociados en beneficio del búfalo.

Fedegán es la entidad encargada de recaudar la cuota de fomento ganadero del país.

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

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La temporalidad de la información impide conocer la ubicación de las sedes de las organizaciones gremiales, ya sea por apertura o cierre de las mismas.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Fedegán. 2020. Sedes de la federación.
Asobúfalos. 2020. Sedes de la asociación

2. Precisiones de la Información.

La metodología de isocronas empleadas por la UPRA es una herramienta técnica a través de la cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales (vías pavimentadas, carreteras con dos o más carriles, carretera angosta, vía sin pavimentar, carreteras o senderos), la pendiente de estas, medidas por el método de elevación digital de 30 m, su influencia en la velocidad y los tramos navegables fluviales que existían para 2014.

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.
Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.
Tipo 3: pavimentada, carretera angosta, transitable todo el año.
Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta, transitable todo el año.
Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.
Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Para el cálculo de dichas isocronas, se tuvo en cuenta como punto de referencia la ubicación de la sede de Asobúfalos y de Fedegán.

4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron con base en los tiempos de desplazamiento a las sedes, considerando que a mayor distancia se reduce la posibilidad de acceder a cada una, así: aptitud alta (A1): menos de media hora, aptitud media (A2): entre media y una hora y aptitud baja (A3): más de una hora.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

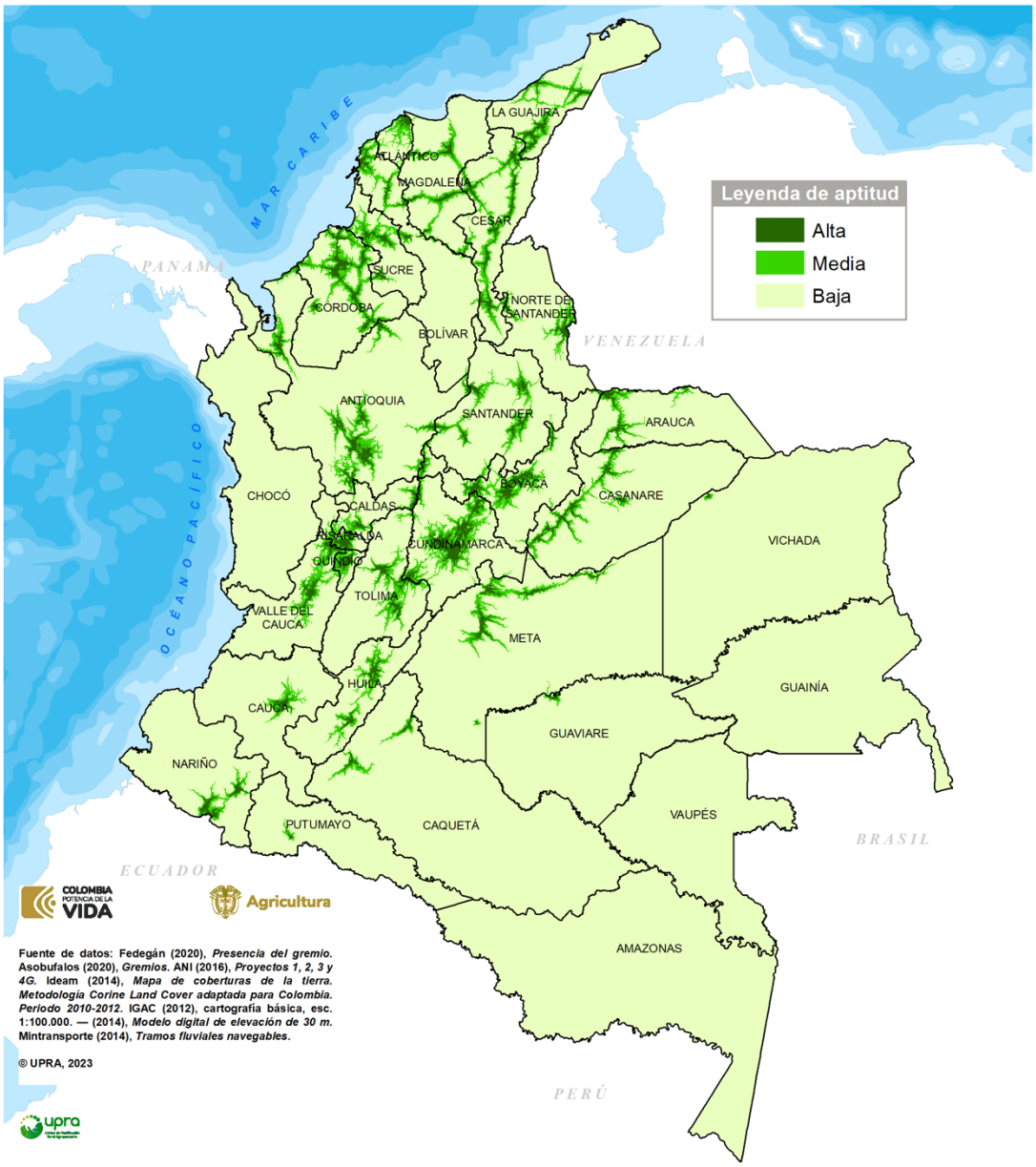
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento	Aptitud
< 1/2 hora	Alta (A1)
1/2 - 1 hora	Media (A2)
> 1 hora	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Tiempo de desplazamiento (horas)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO ASOCIATIVIDAD E INSTITUCIONALIDAD
Variable cercanía al gremio

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Asobúfalos. (2020). Sedes de la asociación. https://asobufalos.com/index.php/acerca-de-nosotros/
- Fedegán. (2020). Sedes de la federación. https://www.fedegan.org.co/directorio-urdg
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Método digital de elevación a 30 m*. IGAC.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de los tramos fluviales navegables*. Mintransporte.
- _. (2014). *Vías 4G*. Mintransporte.

3.2.2. Variable cercanía a asociaciones y/o cooperativas

<table>
<tr><td colspan="4">FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="2">TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="2">PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (Bubalus bubalis) EN PASTOREO</td></tr>
<tr><td colspan="4">COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: SOCIAL</td></tr>
<tr><td colspan="4">CRITERIO ASOCIADO: INSTITUCIONALIDAD Y ASOCIATIVDAD</td></tr>
<tr><td colspan="2">VARIABLE: cercanía a asociaciones y cooperativas</td><td colspan="2">UNIDAD DE MEDIDA: tiempo de desplazamiento</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="4">TIPO DE CRITERIO ASOCIADO</td><td>Exclusión técnica</td><td></td></tr>
<tr><td>Análisis jerárquico</td><td>✓</td></tr>
<tr><td>Exclusión legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
</table>

DEFINICIÓN

Facilidad con la que se puede alcanzar, desde otros puntos en el territorio, una asociación o cooperativa de productores de búfalos.

Grupo autónomo y voluntario de mujeres y hombres que aúnan sus esfuerzos para constituir una empresa de la que tienen la propiedad común, que se rige por reglas y gestión democráticas y que persigue además de la rentabilidad, satisfacer sus necesidades y aspiraciones, sociales, y culturales (Finagro, 2012).

Ofrecen a los productores oportunidades de mercado, junto a servicios como una mejor formación en gestión y acceso a la información, tecnologías, innovaciones y servicios de extensión de calidad sobre prácticas ganaderas más productivas y sostenibles, al igual que ofrecen perspectivas y oportunidades que los productores no pueden alcanzar de forma individual en los mercados.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

La asociatividad garantiza a los productores reunir sus activos y competencias para superar las barreras de los mercados y otras limitaciones, tales como precios más reducidos en la compra de insumos y equipos, ofrecen a los productores oportunidades de mercado, junto a servicios como una mejor formación en gestión y acceso a la información, tecnologías, innovaciones y servicios de extensión de calidad sobre prácticas ganaderas más productivas y sostenibles (Finagro, 2021)

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

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

No se cuenta con una amplia información.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Asobúfalos. 2020. Asociaciones de búfalos.

2. Precisiones de la información.

Según la información suministrada por Asobúfalos, las siguientes son las asociaciones y/o cooperativas, registradas:

Cooperativa de Bufaleros de Colombia – Cobúfalos: empresa de economía solidaria, cuenta con 32 afiliados. La sede está ubicada en Girón, Santander; a continuación, los municipios donde tienen influencia:

Cooperativa de Bufaleros de Colombia	
Departamento	**Municipio**
Santander	Puerto Wilches
	Sabana de Torres
	Rionegro
	Barrancabermeja
Sur de Bolívar	Río Viejo
	San Pablo
	Morales
	Regidor
	Cantagallo
Sur del Cesar	Pelayo
	Aguachica
	San Alberto

ACVC: Asociación Campesina del Valle del Río Cimitarra. Organización de carácter social, conformada por 140 Juntas de Acción Comunal, donde participan 70 familias en el proyecto bufalino, su sede principal está ubicada en Barrancabermeja, Santander.

Asociación Campesina del Valle del Río Cimitarra	
Departamento	**Municipio**
Antioquia	Yondó
Sur de Bolívar	San Pablo
	Cantagallo

ASCAMCAT: Asociación Campesina del Catatumbo: Organización de carácter social, conformada por 400 Comités Veredales, donde participan 40 familias en el proyecto bufalino. Juntas de Acción Comunal, donde participan 70 familias en el proyecto bufalino, la sede está ubicada en Cúcuta, Norte de Santander.

Asociación Campesina del Catatumbo	
Departamento	**Municipio**
Norte de Santander	San Calixto
	Hacarí
	Tibú
	El Carmen
	La Playa
	Ábrego
	El Tarra
	Convención
	Sardinata
	Ocaña
	Zulia
	Teorama

La metodología de isocronas empleadas por la UPRA es una herramienta técnica a través de la cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales (vías pavimentadas, carreteras con dos o más carriles, carretera angosta, vía sin pavimentar, carreteras o senderos), la pendiente de las mismas, medidas por el método de elevación digital de 30 m. su influencia en la velocidad y los tramos navegables fluviales que existían para 2014.

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.
Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.
Tipo 3: pavimentada, carretera angosta, transitable todo el año.
Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta, transitable todo el año.

Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.
Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Para el cálculo de dichas isocronas, se tuvo en cuenta como punto de referencia la ubicación en la cabecera municipal donde se encuentra la asociación.

4. Clasificación por aptitud.

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen con base en los tiempos de desplazamiento a las asociaciones, considerando que a mayor distancia se reduce la posibilidad de acceder a ellas, así: aptitud alta (A1): menos de media hora; aptitud media (A2): entre media y una hora y aptitud baja (A3): más de una hora.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

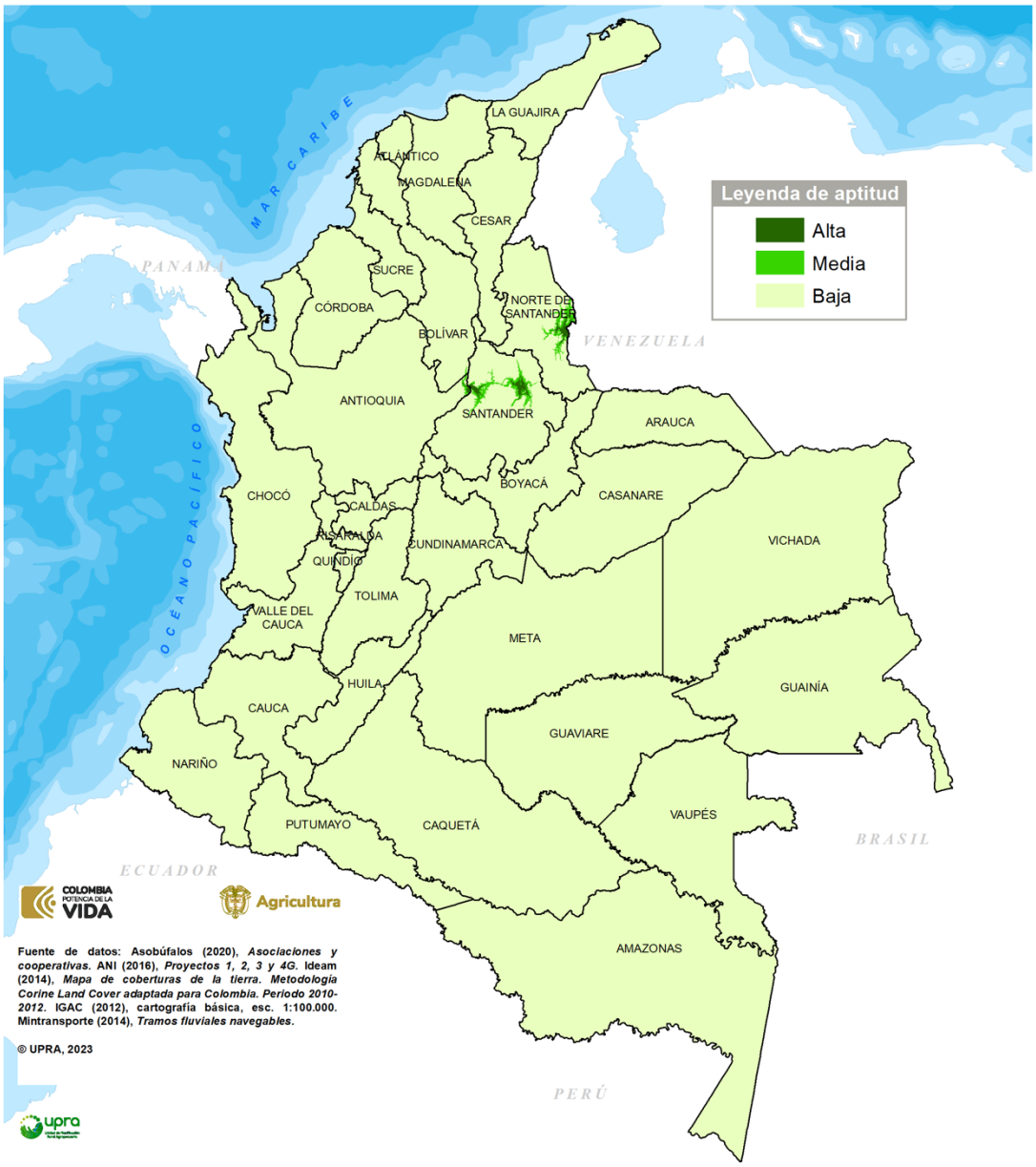
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento	Aptitud
< 1/2 hora	Alta (A1)
1/2 - 1 hora	Media (A2)
> 1 hora	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Tiempo de desplazamiento (horas)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO ASOCIATIVIDAD E INSTITUCIONALIDAD
Variable cercanía a asociaciones

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Asobúfalos. (2020). *Panorama de la actividad bufalina en Colombia.* Asociaciones y/o cooperativas. [Diapositivas en PPT; documento de archivo].
- Finagro. (Agosto, 2020). *La asociatividad, estrategia de competitividad para los pequeños productores.* https://www.finagro.com.co/noticias/la-asociatividad-estrategia-de-competitividad-para-los-pequeños-productores
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* IGAC.
- _. (2014). *Método digital de elevación a 30 m.* IGAC.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de los tramos fluviales navegables,* Mintransporte
- _. (2014). *Vías 4G.* Mintransporte.

3.2.3. Variable cercanía a puntos de servicio al ganadero ICA

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**		
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: SOCIAL			
CRITERIO ASOCIADO: INSTITUCIONALIDAD Y ASOCIATIVIDAD			
VARIABLE: cercanía a puntos de servicio al ganadero ICA	**UNIDAD DE MEDIDA:** tiempo de desplazamiento		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO		**Exclusión técnica**	
		Análisis jerárquico	✓
		Exclusión legal	
		Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Facilidad con la que se puede alcanzar desde otros puntos en el territorio una oficina del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA), la cual hace presencia y ejerce una cobertura de prestación de servicios donde los usuarios pueden realizar trámites como solicitar la guía sanitaria de movilización interna de animales (GSMI), guía de trasporte, registro de hierros, inscripción de fincas ganaderas, programa “Identifica”, así como información sobre ciclos de vacunación, trámites y requisitos que se deben cumplir para asegurar la sanidad animal y evitar la propagación de enfermedades.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

El ICA contribuye al desarrollo sostenido del sector agropecuario, la prevención, vigilancia y control de los riesgos sanitarios, biológicos y químicos para las especies animales, la investigación aplicada y la administración, investigación y ordenamiento de los recursos, con el fin de proteger la salud de las personas, los animales y las plantas.

Los puntos de servicio al ganadero ofrecen a los productores la facilidad en el trámite relacionado con la dinámica de manejo de la producción de búfalos.

En consecuencia, entre menor tiempo de desplazamiento haya desde un punto de la geografía nacional para llegar a un punto de servicio al ganadero - PSG del ICA, es más competitivo, dado que brindan mayores facilidades de acceso para el diagnóstico de enfermedades de control oficial y de declaración obligatoria, lo cual reduce los riesgos sanitarios y mejora la competitividad de las actividades productivas bufalinas.

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

En el análisis de la variable no se presentan límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La cobertura del ICA es nacional, por lo cual los puntos de referencia de las sedes limitan el análisis de la variable.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. **Información.**

ICA. 2020. Puntos de servicio al ganadero.

2. **Precisión de la información.**

La metodología de isocronas empleadas por la UPRA es una herramienta técnica, a través de la cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales (vías pavimentadas, carreteras con dos o más carriles, carretera angosta, vía sin pavimentar, carreteras o senderos), la pendiente de estas, medidas por el método de elevación digital de 30 m, su influencia en la velocidad y los tramos navegables fluviales que existían para 2014.

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.
Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.
Tipo 3: pavimentada, carretera angosta, transitable todo el año.
Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta, transitable todo el año.
Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.
Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

3. **Análisis de la consistencia y preparación de la información.**

Para el cálculo de dichas isocronas, se tuvo en cuenta la ubicación de las sedes de los PSG del ICA.

4. **Clasificación de los municipios por aptitud.**

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definen con base en los tiempos de desplazamiento a la sede del PSG, considerando que a mayor distancia se reduce la posibilidad de acceder a una sede de la entidad oficial, así: aptitud alta (A1): menos de media hora; aptitud media (A2): entre media y una hora, y aptitud baja (A3): más de una hora.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

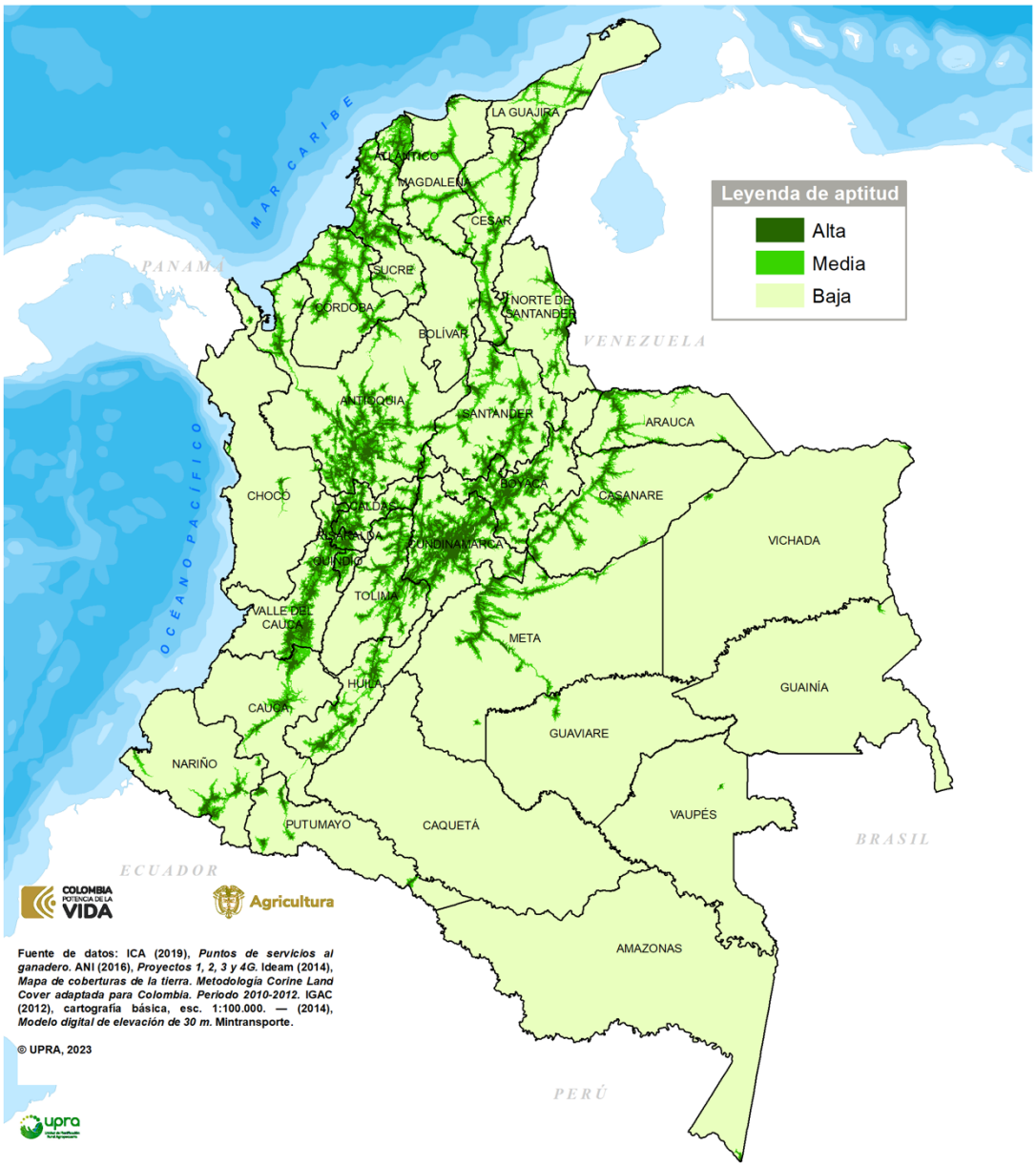
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento	Aptitud
< 1/2 hora	Alta (A1)
1/2 - 1 hora	Media (A2)
> 1 hora	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Tiempo de desplazamiento (horas)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO ASOCIATIVIDAD E INSTITUCIONALIDAD
Variable cercanía a puntos de servicio al ganadero del ICA

FUENTES DE INFORMACIÓN

- ICA. (2020). *Ubicación sedes puntos de servicio al ganadero ICA*. ICA.
- Ideam. (2014). *Mapa de coberturas de la tierra*. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, período 2010-2012. Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Método digital de elevación a 30 m*. IGAC.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Mintransporte.
- _. (2014). *Mapa de vías 4 G*. Mintransporte.

3.2.4. Variable cercanía a Agrosavia

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: SOCIAL		
CRITERIO ASOCIADO: INSTITUCIONALIDAD Y ASOCIATIVIDAD		
VARIABLE: cercanía a Agrosavia	**UNIDAD DE MEDIDA:** tiempo de desplazamiento	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

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.

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 de la producción bufalina.

A mayor cercanía de una sede de Agrosavia, se tiene mayor probabilidad de brindar a los agentes económicos más y mejores alternativas tecnológicas para mejorar los procesos productivos de los búfalos. Representa para los productores la posibilidad de acceso a conocimientos y desarrollos tecnológicos para el manejo de los búfalos y, en general, a los servicios de la Corporación.

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

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La cobertura de Agrosavia es nacional, por lo cual los puntos de referencia de las sedes limitan el análisis de la variable.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Agrosavia. 2019. Centros de investigación Agrosavia.

2. Precisiones de la información.

La metodología de isocronas empleadas por la UPRA es una herramienta técnica, a través de la cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales (vías pavimentadas, carreteras con dos o más carriles, carretera angosta, vía sin pavimentar, carreteras o senderos), la pendiente de estas, medidas por el método de elevación digital de 30 m, su influencia en la velocidad y los tramos navegables fluviales que existían para 2014.

Tipo 1: pavimentada, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.
Tipo 2: sin pavimentar, carretera de dos o más carriles, transitable todo el año.
Tipo 3: pavimentada, carretera angosta, transitable todo el año.
Tipo 4: sin pavimentar, carretera angosta, transitable todo el año.
Tipo 5: sin pavimentar, transitable en tiempo seco.
Tipo 6: sin afirmado, transitable en tiempo seco.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Para el cálculo de dichas isocronas, se tuvo en cuenta la ubicación de las sedes de Agrosavia.

4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron con base en los tiempos de desplazamiento a las sedes de Agrosavia, considerando que a mayor distancia se reduce la posibilidad de acceder a una de ellas, así; aptitud alta (A1) menos de media hora; aptitud media (A2) entre media y dos horas y aptitud baja (A3) a más de dos horas.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

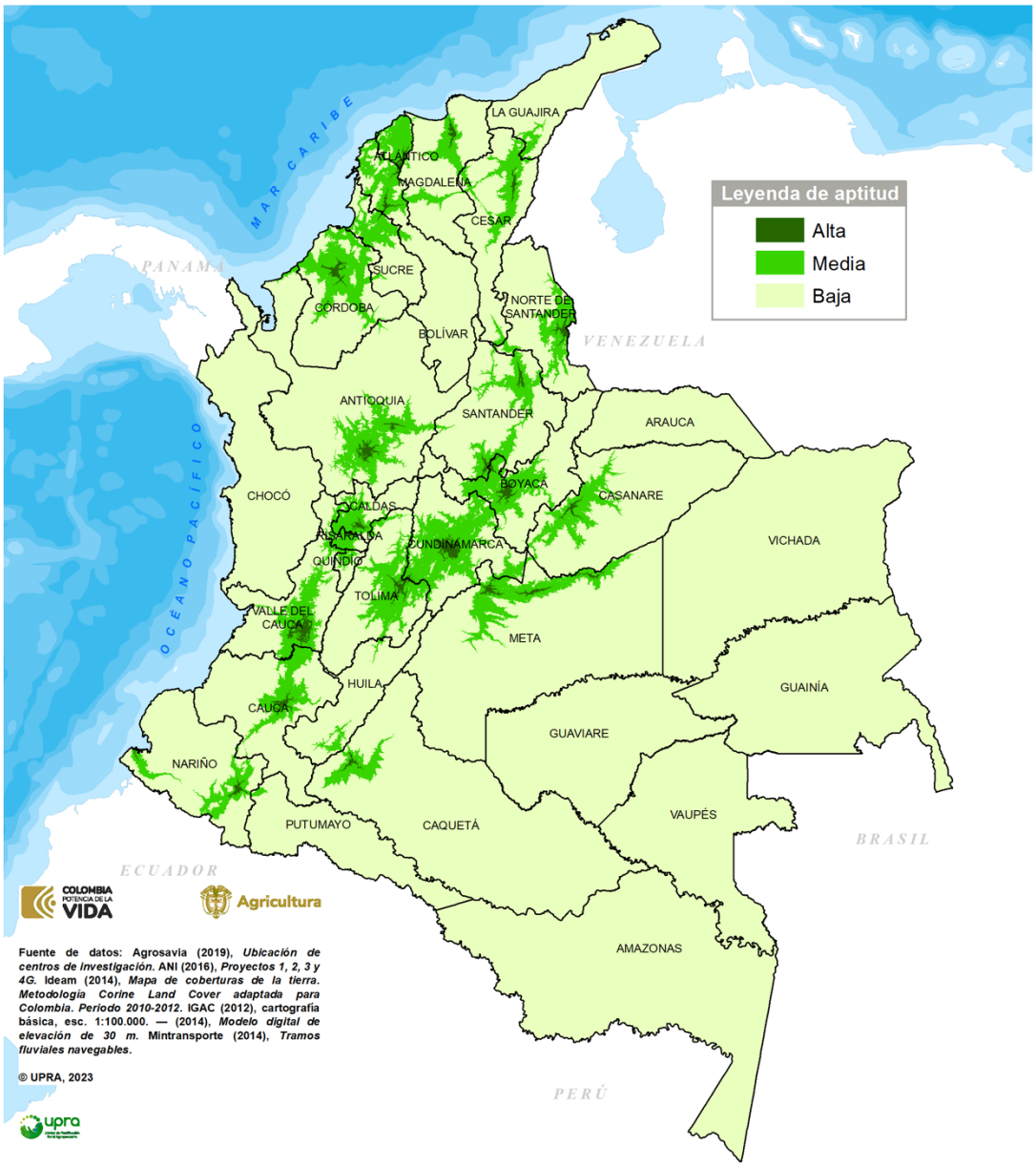
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento (horas)	Aptitud
< 1/2 hora	Alta (A1)
1/2 - 2 horas	Media (A2)
> 2 horas	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Tiempo de desplazamiento (horas)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO ASOCIATIVIDAD E INSTITUCIONALIDAD
Variable cercanía a Agrosavia

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agrosavia. (2019). *Centros Agrosavia*.
- Ideam. (2014). *Mapa de coberturas de la tierra*. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, período 2010-2012. Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Método digital de elevación a 30 m*. IGAC.
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Mintransporte.
- _. (2014). *Mapa de vías 4G*. Mintransporte.

3.3. Criterio disponibilidad de mano de obra

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: SOCIAL		
CRITERIO ASOCIADO: DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• Densidad de la población rural en edad de trabajar, expresada como número de habitantes rurales en edad de trabajar/km^2. • Oferta educativa técnica y tecnológica, expresada en tiempo de desplazamiento. • Oferta educativa universitaria, expresada en tiempo de desplazamiento.		

DEFINICIÓN

Identifica las condiciones que afectan la disponibilidad de mano de obra rural para la producción pecuaria en un municipio, teniendo en cuenta su nivel de cualificación y las posibilidades de acceso a programas de formación académica, acorde a las necesidades de los productores de búfalos.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Brinda información sobre la potencial disponibilidad de mano de obra rural de un municipio, en función del número de habitantes en edad productiva y de la capacidad para dotarlos de habilidades y transferirles conocimientos que les permitan desempeñarse en actividades propias del sector pecuario; lo anterior a través de la posibilidad de acceder a programas de formación académica. Estos elementos hacen posible que las unidades productivas de búfalos incrementen su productividad y la competitividad al implementar de mejor manera procesos técnicos sin estar limitados por la insuficiencia de personal idóneo.

Adicionalmente, permite a los agentes económicos prever y dimensionar la cantidad de capital humano en un municipio y sus posibilidades de especialización, factores que determinan la competitividad de la producción en los territorios.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

La información disponible para determinar la población rural en edad de trabajar corresponde al censo general de población y vivienda del DANE (2018), que, aunque reciente, limita la capacidad para ser actualizado sobre la dinámica demográfica más coyuntural, por su distribución etarea y por su ubicación en las áreas urbanas o rurales de los municipios.

Adicionalmente, la base del Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (SNIES) proporciona datos sobre la ubicación geográfica de los programas académicos (técnicos, tecnológicos y universitarios) y de las sedes donde tienen autorizado impartir dicha formación, pero con las nuevas metodologías de la información y la comunicación, la ubicación real de sus estudiantes puede distanciarse de las cabeceras municipales donde están autorizados a funcionar.

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 aptas (N1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (*Analytics Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de tres variables, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	**Variables**	Densidad de la población rural en edad de trabajar	Oferta educativa técnica y tecnológica	Oferta educativa universitaria
Disponibilidad mano de obra	Densidad de la población rural en edad de trabajar	**1**		
	Oferta educativa técnica y tecnológica	**1/3**	**1**	
	Oferta educativa universitaria	**1/5**	**1/3**	**1**

La escala de importancia dentro del proceso *AHP* tiene en 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 en 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 y para cada una se asignó un valor así: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

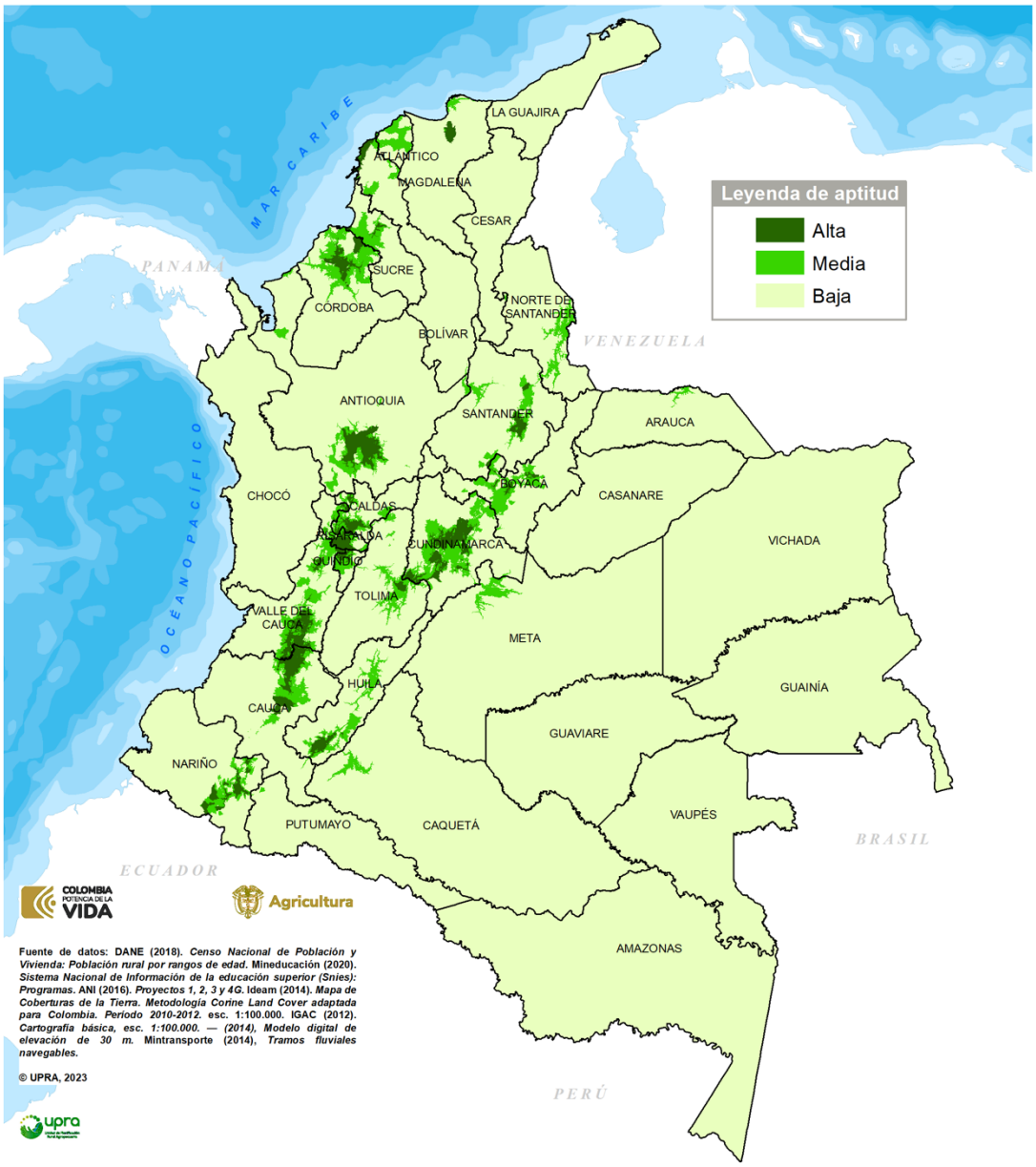
Criterio	Variable	Ponderación (%)
Disponibilidad mano de obra	Densidad de la población rural en edad de trabajar	63,7
	Oferta educativa técnica y tecnológica	25,8
	Oferta educativa universitaria	10,5
Total ponderación		**100**

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)
Densidad de población rural en edad de trabajar	Número de habitantes rurales en edad de trabajar/km^2	> 1,9	0,95-1,9	< 0,95
Oferta educativa tecnica-tecnológica	Tiempo de desplazamiento	< 1 hora	1 - 2 horas	> 2 horas
Oferta educativa universitaria	Tiempo de desplazamiento	< 1 hora	1 - 2 horas	> 2 horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO DISPONIBILIDAD MANO DE OBRA

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2018). *Censo Nacional de población y vivienda*.
- DNP. (2018). *Portal Terridata. Sistema de Estadísticas Territoriales*. <https://terridata.dnp.gov.co/#/.>
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC
- Mineducación - Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (Snies), marzo de 2020.
- Mintransporte. (2014). *Tramos red vial nacional y departamental*.

3.3.1. Variable densidad de la población rural en edad de trabajar

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: SOCIAL		
CRITERIO ASOCIADO: DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA		
VARIABLE: densidad de la población rural en edad de trabajar	**UNIDAD DE MEDIDA:** número de habitantes rurales en edad de trabajar/km^2	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Número de personas rurales en edad de trabajar/km^2 comparado con las necesidades técnicas de la producción bufalina. El rango etario de 20 a 64 años responde a la disponibilidad de información por lustros de edades, buscando medir los habitantes que se consideran en capacidad de trabajar según las series de población estimadas por el DANE (2018). Dicho valor es contrastado con las dimensiones físicas del municipio para aproximarse a la densidad poblacional rural en fase productiva de los municipios.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite a los productores y agentes económicos determinar las mejores opciones en la disponibilidad de mano de obra (ofertea laboral), que podría ser aprovechada para el desarrollo de la producción bufalina.

Municipios con una mayor población rural en edad de trabajar en un área relativamente pequeña tendrán altos valores de esta variable, lo que 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 pecuarias.

Por el contrario, aquellos municipios que tienen bajos niveles de población rural en edad de trabajar y que tienen áreas relativamente grandes tendrán bajos valores de esta variable, lo que reducirá la posibilidad de que los agentes económicos accedan a la mano de obra necesaria para sus iniciativas productivas. Lo anterior permite que los potenciales productores e inversionistas identifiquen las mejores opciones en la oferta laboral según el nivel de intensidad en el uso de este factor productivo por parte de la explotación pecuaria.

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

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La población rural en edad de trabajar calculada puede diferir de la real en el sentido de que dada la disponibilidad de información no existe forma técnica de considerar la población dedicada de tiempo completo a su educación o al trabajo del hogar, o que presentan condiciones especiales de discapacidad que limiten su capacidad productiva.

Adicionalmente, no se cuenta con la posibilidad de distinguir a aquellos individuos que no ofrecen su fuerza laboral por vivir de rentas o pertenecer a un régimen pensional que aún en su fase de vida productiva les permita recibir ingresos sin ofrecer su mano de obra. Más limitante resulta aún en el caso de la explotación de búfalos no poder establecer el nivel de interés real de los individuos en vincularse como opción y modo de vida.

Por otra parte, la distinción urbana y rural de la población por su residencia, no excluye la posibilidad de que las mismas ofrezcan su capacidad productiva en la zona rural cuando viven en el casco urbano, o que viviendo en la zona rural se desplacen al casco urbano para trabajar (conmutación), incluso existiendo la posibilidad de un desplazamiento a otro municipio cercano.

Para el análisis de la variable un limitante analítico 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 permite estimar el porcentaje de población rural en edad de trabajar en cada municipio.

Finalmente, las áreas territoriales utilizadas para la estimación de la densidad espacial son muy sensibles a la existencia de territorios excluidos tanto de la frontera agrícola nacional como de otras limitaciones y condicionantes físicas y legales, por lo que, aunque se supone una distribución homogénea de la población rural en edad de trabajar dentro del territorio municipal, en la mayoría de los casos dicho supuesto no se cumple.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

DANE. 2018. Censo Nacional de Población y vivienda.
DANE. 2018. Extensión territorial municipal.
DNP. 2020. Información obtenida del portal Territata.

2. Precisiones de la Información.

La fuente para la estimación de la Población en edad de trabajar - $PET_{20\text{-}64}$ rural es el Censo Nacional de población y vivienda del DANE (2018). 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, los que se suman para estimar la población municipal en edad de trabajar. Dicho resultado es dividido en el área territorial del municipio reportada por el DANE y consolidada por el DNP en el portal Terridata.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se realiza un análisis de consistencia en la que se observa la disponibilidad de información para todos los municipios del país y se ordena de mayor a menor para determinar el mejor método estadístico de agrupamiento.

Siguiendo la metodología de evaluación de tierras, se evalúa la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, que consiste en señalar como atípico aquel dato que se encuentra 1,5 veces el rango intercuartílico por encima del tercer cuartil o por debajo del primer cuartil. Es decir, un dato es atípico si se encuentra por fuera del intervalo:

$$[Q_1 - 1{,}5 * RI, Q_3 + 1{,}5 * RI]$$

Donde Q_1 y Q_3 son el primer y tercer cuartil de la distribución de los datos respectivamente y RI es el rango intercuartílico que corresponde a la diferencia $Q_3 - Q_1$. Dado que el resultado es que más del 5 % corresponde a datos atípicos, la decisión es utilizar el método de k-medias.

4. Clasificación de los municipios por aptitud competitiva.

Para definir los rangos de aptitud se estableció un punto de corte inicial definido por elrequerimiento de mano de obra por hectárea para la producción de búfalos, en los que se consideróa lo siguiente:

- Se partió de la información del estudio “Cálculo de costos de producción de un litro de leche y graficación de curvas de lactancia en un sistema bufalino en la zona de Planeta Rica (Córdoba)” (disponible en http://repository.lasallista.edu.co/dspace/bitstream/10567/394/1/CALCULO_COSTOS_PRODUCCION_LITRO_LECHE_%20GRAFICACI%C3%93N_CURVAS_LACTANCIA_SISTEMA_BUFALINO_ZONA_PLANETA%20RICA%20_CORDOBA_.pdf) que presenta, que con los recursos propios en la región, para una finca representativa de 300 hectáreas sembrada con pasto Ángleton, el mayor ingreso neto se obtiene con el sistema de doble propósito. Este sistema generaría 2090 jornales al año y albergaría 287 animales (un trabajador por cada 7 unidades animal).

- Se calculóa la relación jornales año por hectárea = (2090/300) = 6966
- También se calculó la relación de jornales hectárea día = 6966/365 = 0,019086

La información anterior se pasó a la escala de km^2 con lo que se estimó que la producción de búfalos demanda 1,9086 personas/km^2. Este punto de corte es el que define los municipios con aptitud alta (A1) sobre los cuales se espera las mejores condiciones de oferta de mano de obra rural. Para la estimación de los rangos con aptitud media (A2) y baja (A3) se utilizó la metodología de agrupamientos de las variables socioeconómicas que en este caso indican la necesidad de utilizar el método de K-Medias.

El algoritmo de K-Medias, como otros métodos de agrupamiento parten de una función de aprendizaje no supervisado donde no existen clases predefinidas y sus resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Se busca minimizar la distancia intra-clústeres y maximizar la distancia inter-clúster, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si *d(i,j) > d(i,k)* indica que el objeto *i* es más parecido a *k* que a *j*. El método de K-Medias desarrollado por MacQueen (1967) se basa un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en 2 para las aptitudes media (A2) y baja (A3) y por tratarse de un agrupamiento univariado no está sesgado por el orden de presentación inicial de los datos.

Los pasos para la estimación del clúster de K-Medias fueron los siguientes:

1. Se ordenan los datos de mayor a menor o de menor a mayor según incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio y su supuesta relación con los niveles de aptitud para la cadena productiva.

2. De manera inicial, el total de datos disponibles se divide en dos grupos, seguidamente se calcula el centroide (centro geométrico del clúster) que es la base para la construcción de la variable objetivo (distancia). El centroide que se propone es el promedio aritmético de cada agrupamiento.

3. Dado que el algoritmo de K-Medias busca minimizar la distancia interna (suma de las distancias de los datos de su centroide), se calcula para cada dato el cuadrado de las diferencias de este, con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (dos) y se suman dichos valores para todos los datos de este clúster.

4. Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los dos posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.

5. Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de k-medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

- Evaluar la existencia de clústeres que solo están integrados por datos extremos (*outliers*).
- Comparar dos conjuntos de clústeres alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.
- Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

La validación se puede desarrollar tanto por criterios internos como externos que aporten información adicional como los relacionados con la entropía y la pureza, como también por criterios internos generados a partir de los propios datos como la suma de los cuadrados de las distancias al interior y entre clúster (cohesión y separación).

Al realizar el procedimiento para la variable densidad de la población rural en edad de trabajar, el resultado fueron tres agrupamientos, a los que se le asignó la calificación de aptitud, de modo que los rangos quedan definidos de la siguiente manera: Aptitud alta (A1): municipios con más de 1,90 habitantes rurales en edad de trabajar/km^2 aptitud media (A2): municipios entre 0,95 y 1,90 habitantes rurales en edad de trabajar/km^2 .Aptitud baja (A3): municipios con menos de 0,95 habitantes rurales en edad de trabajar/km$^{2.}$

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), después de establecer un nivel considerado como optimo en la disponibilidad de trabajadores/km^2 y después de aplicar la metodología de agrupamientos de variables socioeconómicas por el método de K-medias, para los datos que no cumplieron con dicha condición.

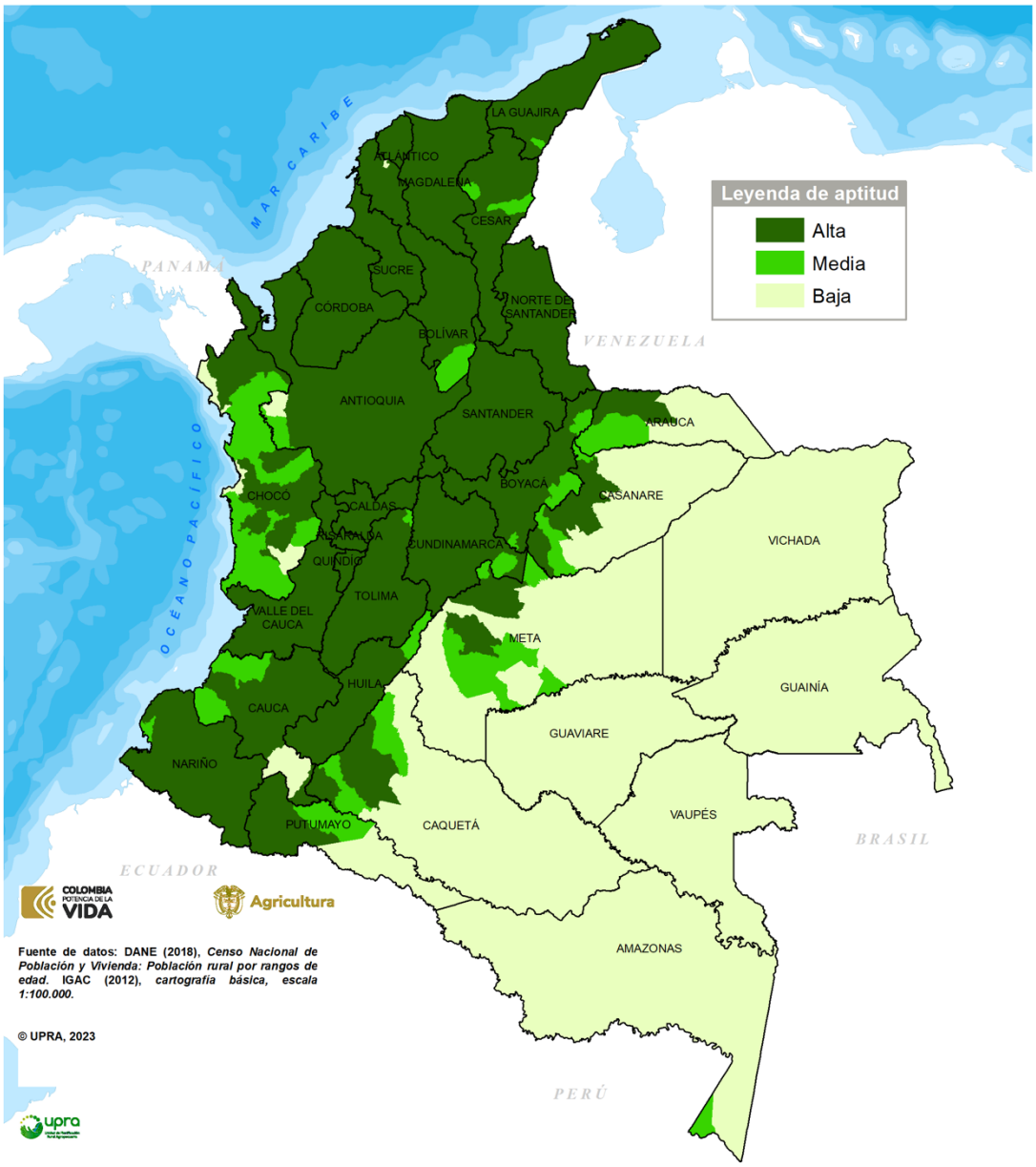
Los resultados de dichos agrupamientos fueron los siguientes:

Número de habitantes rurales en edad de trabajar/km^2	Aptitud
> 1,90	Alta (A1)
0,95 - 1,90	Media (A2)
< 0,95	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Número de habitantes rurales en edad de trabajar por km^2

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO DISPONIBILIDAD MANO DE OBRA
Variable densidad poblacional rural en edad de trabajar

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2018). *Censo nacional de población y vivienda*. DANE.
- DNP. (2018). *Portal Territdata. Sistema de Estadísticas Territoriales*. <https://territdata.dnp.gov.co/#/.> DNP.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.

3.3.2. Variable oferta educativa técnica y tecnológica

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: SOCIAL		
CRITERIO ASOCIADO: DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA		
VARIABLE: oferta educativa técnica y tecnología	**UNIDAD DE MEDIDA:** tiempo de desplazamiento	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Nivel de cobertura espacial y facilidad de acceso a los programas de educación superior a nivel técnico y/o tecnológico oficialmente aprobados, activos y relacionados con la producción pecuaria, que facilitan la capacitación de la población y mejoran la competitividad sectorial del territorio (SENA, 2020).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite identificar los lugares dondela población puede acceder a diferentes programas de formación técnica y tecnológica relacionados con el búfalo, cualificando la mano de obra como aporte profesional a la fuerza laboral. La educación es uno de los elementos más influyentes en el desarrollo de los individuos y sociedades y particularmente la capacitación y la formación para el trabajo a nivel técnico y tecnológico, como una de sus expresiones, brinda la posibilidad de actualizar competencias en el manejo de la información y en los procesos de innovación propios de las labores pecuarias.

Esta dimensión tiene especial importancia en la zonificación de aptitud, dado que eleva las condiciones y capacidades de la población rural trabajadora y brinda la posibilidad a los futuros inversionistas de disponer de talento humano, con destrezas y/o conocimientos técnicos y tecnológicos que pueden incrementar la productividad y mejorar la competitividad de la producción bufalina.

Por tanto, la competitividad de los territorios es proporcional a la cobertura y facilidad de acceso a la oferta educativa a nivel técnico y tecnológico en áreas relacionadas a la actividad pecuaria en general y con la actividad bufalina en particular. Los territorios donde existe mayor posibilidad de acceder presencialmente a programas de formación académica son más aptos por poseer

mayor potencial de cualificación de mano de obra en temas afines a la producción pecuaria, potenciando las condiciones de la oferta de mano de obra y la competitividad municipal.

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

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

El área de influencia de los programas académicos presenciales ofertados depende de la distancia y tiempo de desplazamiento que los estudiantes deben recorrer para asistir a las actividades académicas, pero también del número de programas, su tamaño, capacidad de atención de estudiantes, y por sobre todo de la calidad, prestigio y nivel de formación impartidos a sus estudiantes.

Lo anterior hace que no necesariamente los estudiantes acudan a los programas de educación superior que se encuentran más cerca, sino que responden a otras lógicas e intereses. Estas últimas dimensiones no están siendo medidas con esta variable dada la disponibilidad de información actual.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

SNIES. 2020. Lugar de oferta de programas técnicos y tecnológicos pecuarios activos.

2. Precisiones de la información.

Programas académicos ofertados relacionados con la producción pecuaria por municipio, reportados en el SNIES del Mineducación. Se tiene en cuenta la totalidad de programas relacionados a las áreas pecuarias con formación técnica, y tecnológica, filtrando los programas activos para el año 2020. Los programas identificados fueron los siguientes:

- Técnica profesional agropecuario
- Técnica profesional en produccion agropecuaria
- Técnica profesional en producción ganadera de carne y leche
- Técnico profesional en formulación e implementación de proyectos agropecuarios
- Técnico profesional en produccion agropecuaria
- Tecnología agropecuaria
- Tecnología de transformación de productos agropecuarios
- Tecnología en administración agropecuaria
- Tecnología en administración y mercadeo agropecuario
- Tecnologia en agropecuaria ambiental
- Tecnologia en gestion agropecuaria

- Tecnología en gestión de empresas agropecuarias
- Tecnología en gestión de insumos agropecuarios
- Tecnologia en produccion agropecuaria
- Tecnología en producción agropecuaria ecológica
- Tecnologia en produccion y gestion agropecuaria

Se construyó una base de datos en la que se identifican los municipios donde al menos existe un programa activo; partiendo de su casco urbano se estimaron isocronas según rangos de distancia para definir los niveles de aptitud.

La metodología de isócrona empleada por la UPRA involucra todos los tipos de vías terrestres, las pendientes de estas dado su influencia en la velocidad y los tramos fluviales navegables. La metodología de isocronas empleadas por la UPRA es una herramienta técnica, a través de la cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales (vías pavimentadas, carreteras con dos o más carriles, carretera angosta, vía sin pavimentar, carreteras o senderos), la pendiente de las mismas, medidas por el método de elevación digital de 30 m, su influencia en la velocidad y los tramos navegables fluviales que existían para 2014.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isocronas.

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.

El SNIES permite establecer información sobre la totalidad del territorio nacional y sus municipios en los que se determina la existencia o no de programas activos de formación técnica o tecnológica vinculados a la actividad productiva pecuaria, sobre los que se construyen las isocronas.

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, considerando que a mayor distancia se reduce la posibilidad de acceder con regularidad a las actividades académicas presenciales exigidas para la obtención de títulos formales. Los rangos de aptitud definidos son los siguientes: aptitud alta (A1): menos de 1 hora; aptitud media (A2): entre 1 y 2 horas y aptitud baja (A3): más de 2 horas.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

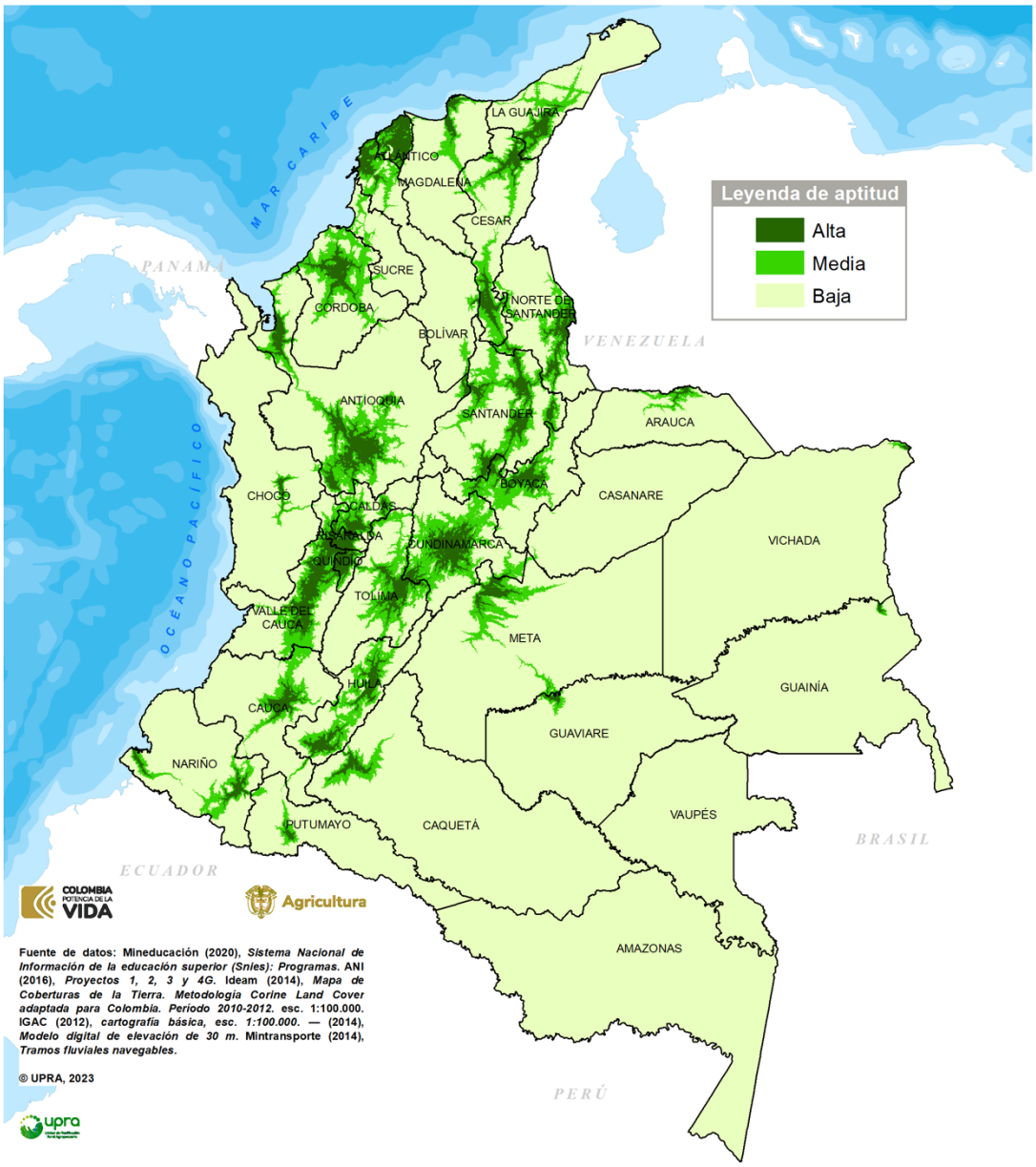
Los rangos para la especialización de la variable se clasifican de acuerdo con las categorías de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3), así:

Tiempo de desplazamiento	Aptitud
< 1 hora	Alta (A1)
1 - 2 horas	Media (A2)
> 2 horas	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Tiempo de desplazamiento (horas)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO DISPONIBILIDAD MANO DE OBRA
Variable oferta educativa técnica y tecnológica

FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- Mineducación. (2020). Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (Snies) a 2020. Mineducación.
- Mintransporte. (2014). *Tramos red vial nacional y departamental. Vías 4G*. Mintransporte.
- SENA. (2020, agosto). *Programas en educación superior técnica SENA y tecnológica*. https://www.senasofiapluseduco.com/programas-en-educacion-superior-tecnica-sena/

3.3.3. Variable oferta educativa universitaria

<table>
<tr><td colspan="4">FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="2">TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="2">PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (Bubalus bubalis) EN PASTOREO</td></tr>
<tr><td colspan="4">COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: SOCIAL</td></tr>
<tr><td colspan="4">CRITERIO ASOCIADO: DISPONIBILIDAD DE MANO DE OBRA</td></tr>
<tr><td colspan="2">VARIABLE: oferta educativa universitaria</td><td colspan="2">UNIDAD DE MEDIDA: tiempo de desplazamiento</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="4">TIPO DE CRITERIO ASOCIADO</td><td>Exclusión técnica</td><td></td></tr>
<tr><td>Análisis jerárquico</td><td>✓</td></tr>
<tr><td>Exclusión legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
</table>

DEFINICIÓN

Nivel de cobertura espacial y facilidad de acceso a los programas de educación superior a nivel universitario oficialmente aprobados, activos y relacionados con la producción pecuaria (Medicina Veterinaria, Zootecnia y Medicina Veterinaria y Zootecnia) que facilitan la formación de la población y mejoran la competitividad sectorial del territorio (Convezcol, 2020).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite a la población acceder a programas de formación universitaria para elevar sus competencias y la productividad del sector. El proceso general de educación es uno de los elementos más influyentes en el desarrollo de los individuos y sociedades, y particularmente la formación a nivel universitario como una de sus expresiones se enfoca no solo en la construcción de procesos sino en la sistematización de las experiencias, indagando y conceptualizando, haciendo énfasis en aspectos teóricos y de investigación.

Esta dimensión representa especial importancia en la zonificación de aptitud, dado que eleva las condiciones y capacidades de la población rural trabajadora y brinda la posibilidad a los futuros inversionistas de disponer del talento humano, con destrezas y/o conocimientos para la dirección de equipos de trabajo y resolución de problemas que pueden incrementar la productividad y mejorar la competitividad de la producción bufalina.

Por tanto, la competitividad de los territorios es proporcional a la cobertura y facilidad de acceso a la oferta educativa a nivel universitario de medicina veterinaria y zootecnia. Los territorios donde existe mayor posibilidad de acceder presencialmente a estos programas de formación académica son más aptos por poseer mayor potencial de cualificación de mano de obra a nivel

de dirección y planificación estratégica, potenciando las condiciones de la oferta de mano de obra y la competitividad territorial.

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

En el análisis de la variable no se presentan límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

El área de influencia de los programas académicos presenciales ofertados depende de la distancia y tiempo de desplazamiento que los estudiantes deben recorrer para asistir a las actividades académicas, pero también del número de programas, su tamaño, capacidad de atención de estudiantes y por sobre todo de la calidad, prestigio y nivel de formación impartidos a sus estudiantes.

Lo anterior hace que no necesariamente los estudiantes acudan a los programas de educación superior que se encuentran más cerca, sino que responden a otras lógicas e intereses. Estas últimas dimensiones no están siendo medidas con esta variable dada la disponibilidad de información actual.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. **Información.**

Mineducación. 2020. Base de datos SNIES.

2. **Precisión de la información.**

Programas académicos ofertados a nivel universitario y relacionados con la producción pecuaria por municipio, reportados en el SNIES del Mineducación. Se tienen en cuenta los programas universitarios de zootecnia, medicina veterinaria y medicina veterinaria y zootecnia, filtrando los programas activos para el año 2020.

Se construyó una base de datos en la que se identifican los municipios donde al menos existe un programa activo y partiendo de su casco urbano se estimaron isocronas según rangos de distancia para definir los niveles de aptitud.

La metodología de isócrona empleada por la UPRA involucra todos los tipos de vías terrestres, las pendientes de estas dado su influencia en la velocidad y los tramos fluviales navegables. La

metodología de isocronas empleadas por la UPRA es una herramienta técnica, a través de la cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales (vías pavimentadas, carreteras con dos o más carriles, carretera angosta, vía sin pavimentar, carreteras o senderos), la pendiente de las mismas, medidas por el método de elevación digital de 30 m, su influencia en la velocidad y los tramos navegables fluviales que existían para 2014.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isocronas.

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.

El SNIES permite establecer información sobre la totalidad del territorio nacional y sus municipios en los que se determina la existencia o no de programas activos de zootecnia, medicina veterinaria y medicina veterinaria y zootecnia, sobre los que se construyen las isocronas.

4. Clasificación de los municipios 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, considerando que a mayor distancia se reduce la posibilidad de acceder con regularidad a las actividades académicas presenciales exigidas para la obtención de títulos formales. Los rangos de aptitud definidos son los siguientes: aptitud alta (A1): menos de una hora, aptitud media (A2): entre una y dos horas y aptitud baja (A3): más de dos horas.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

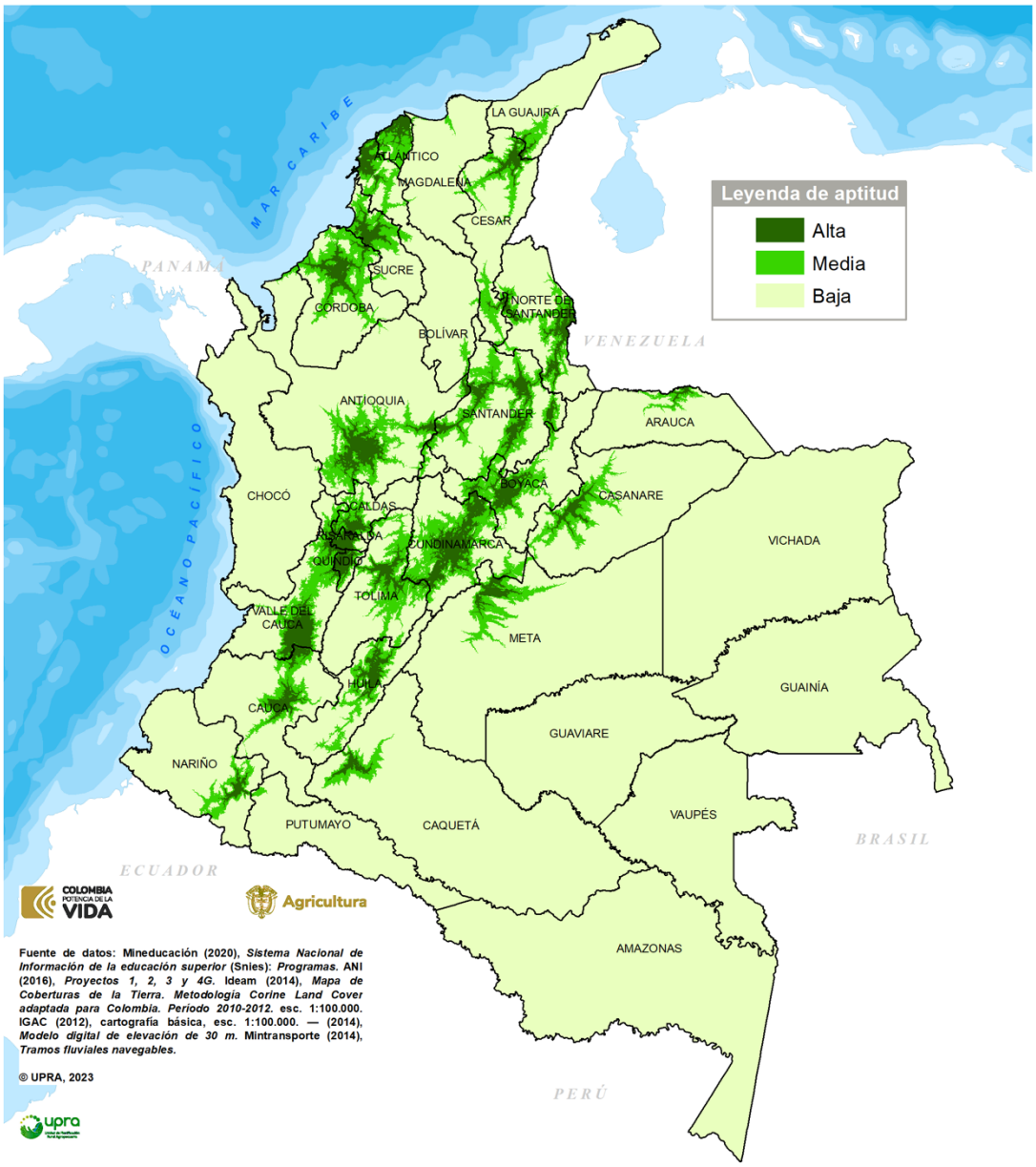
Los rangos para la espacialización de la variable se clasifican de acuerdo con las categorías de aptitud competitiva: alta (A1), media (A2) y baja (A3), así:

Tiempo de desplazamiento	Aptitud
< 1 hora	Alta (A1)
1 - 2 horas	Media (A2)
> 2 horas	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Tiempo de desplazamiento (horas)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO DISPONIBILIDAD MANO DE OBRA
Variable oferta educativa universitaria

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Convezcol. (2020). Concejo profesional de Medicna Veterinaria y de Zootecnia de Colombia. Obtenido de https://consejoprofesionalmvz.gov.co/
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- Mineducación. (2020). Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (Snies) a 2020. Mineducación.
- Mintransporte. (2014). *Tramos red vial nacional y departamental. Vías 4G*. Mintransporte.

3.4. Criterio dinámica del mercado de tierras

<table>
<tr><th colspan="3">FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO</th></tr>
<tr><td>TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="2">PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (Bubalus bubalis) EN PASTOREO</td></tr>
<tr><td colspan="3">COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: ECONÓMICO</td></tr>
<tr><td colspan="3">CRITERIO ASOCIADO: DINÁMICA DEL MERCADO DE TIERRAS</td></tr>
<tr><td rowspan="4">TIPO DE CRITERIO ASOCIADO</td><td>Exclusión técnica</td><td></td></tr>
<tr><td>Análisis jerárquico</td><td>✓</td></tr>
<tr><td>Exclusión legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO</td></tr>
<tr><td colspan="3">• Tamaño predial, expresado en predios.
• Avalúo catastral rural, expresado en pesos/ha.
• Arriendo rural, expresado en pesos/ha.
• Tendencia a la formalidad, expresada en predios.</td></tr>
</table>

DEFINICIÓN

El mercado de tierras rurales se entiende cómo «el conjunto de transacciones o acuerdos libres de coerción, mediante las cuales se realiza el intercambio parcial o total sobre alguno o algunos de los componentes del derecho de propiedad (uso, goce y disposición) de predios que no han sido objeto de exclusiones legales» (Art. 5, Resolución 128 de 2017 Minagricultura).

El criterio expone la situación y comportamiento de los municipios en torno a la dinámica de la tierra, esto desde cuatro variables que permiten comprender la capacidad y limitantes de la tierra para la producción pecuaria por excelencia para el desarrollo de la producción bufalina, al mostrar el impacto del tamaño, la formalidad, el arriendo y el precio de los predios a través de la utilización del avalúo catastral como un *proxi* de la tendencia del mismo, con el fin de focalizar las posibles inversiones en acceso a tierra para en el sector de búfalos.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Permite orientar al productor o inversionista sobre las posibilidades de acceso a la tierra (a través de compra o arriendo) para el desarrollo rentable de la actividad productiva, además de entregar una presunción de predios que puedan brindar seguridad al acceso de derechos de propiedad, orientando a un nuevo actor, de sus posibilidades de acceso a tierra o a los ya propietarios, para que puedan ampliar sus áreas productivas y ser más competitivos.

Un productor busca predios económicos de un tamaño óptimo para la actividad, con formalidad jurídica y que no tenga la presión del cambio de uso a usos urbanos, evitando la posibilidad de incurrir en mayores costos de acceso a la tierra para desarrollar su actividad.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

En el país no se dispone de información sobre precios comerciales del suelo, por lo que se debe acudir al avalúo catastral como un *proxi* que, a pesar de haber sido indexado a 2019, parte de información desactualizada en la mayoría de los municipios.

Asimismo, la desactualización de la información catastral limita los análisis realizados de formalidad, ya que una de las fuentes de información son los registros 1 y 2 de los catastros nacionales, que deben ser interrelacionados con la información de la superintendencia de notariado y registro, la agencia nacional de tierras y la unidad administrativa especial de gestión de restitución de tierras despojadas.

También se limita por la existencia de zonas del país, donde aún no se cuenta con procesos de formación catastral; por consiguiente, no hay información física, económica, ni jurídica. Estas zonas corresponden a 12 corregimientos y 68 municipios, ubicados en 15 departamentos.

Actualmente, tampoco se cuenta con suficiente información de arriendos compilada, organizada y georreferenciada a nivel nacional.

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 aptas (N1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (*Analytics Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cuatro variables, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	**Variables**	Tamaño predial	Arriendo rural	Avalúo catastral rural	Tendencia a la formalidad
Dinámica del mercado de tierras	Tamaño predial	**1**			
	Arriendo rural	**1**	**1**		
	Avalúo catastral rural	**1/5**	**1/3**	**1**	
	Tendencia a la formalidad	**1/5**	**1/5**	**1/3**	**1**

La escala de importancia dentro del proceso *AHP* tiene en 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 en 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 y para cada categoría de aptitud se asignó un valor así: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

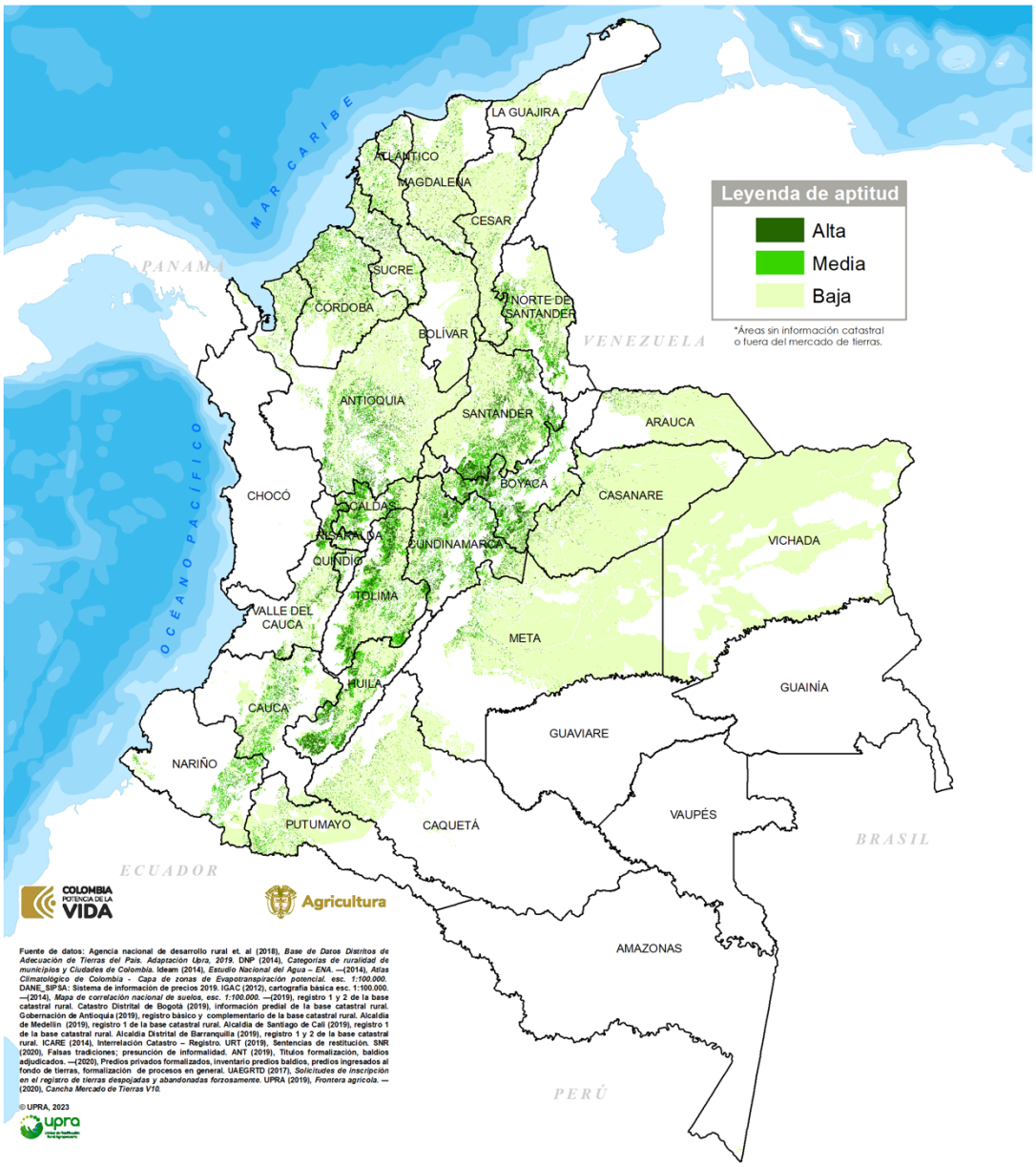
Criterio	Variable	Ponderación (%)
Dinamica del mercado de tierras	Tamaño predial	42,9
	Arriendo rural	37,8
	Avalúo catastral rural	12,8
	Tendencia a la formalidad	6,5
Total ponderación		100

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Tamaño predial	Predios	> 350 ha	35 - 350 ha	< 35 ha
Arriendo rural	Pesos/ha	< 500.000	500.000 - 1.000.000	> 1.000.000
Avalúo catastral rural	Pesos/ha	< 3 millones	3 - 8 millones	> 8 millones
Tendencia a la formalidad	Predios	Predios con matrícula inmobiliaria sin presunción de informalidad	-	Predios con mejoras, predios sin interrelación catastro registro, predios con falsa tradición, predios con presunción de baldíos, predios con

				presunción de informalidad y predios con resolución de inscripción en el registro 1 de la Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO DINÁMICA DEL MERCADO DE TIERRAS

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía de Medellín. (2019). *Base de datos catastral*.
- ANT. (2019). *Títulos formalización, baldíos adjudicados, predios privados formalizados, inventario predios baldíos, predios ingresados al fondo de tierras, formalización de procesos en general*. ANT.
- Catastro Distrital Bogotá. (2019). *Información predial jurídica, física y económica*.
- _. (2016). *Información predial jurídica, física y económica*.
- DANE. (2019). SIPSA. *Sistema de información de precios. Datos de arriendo para actividades pecuarias*. DANE.
- Gobernación de Antioquia. (2019). *Predial Rural Antioquía*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2016). *Base catastral, Registros 1 y 2*. IGAC.
- _. (2019). *Base catastral, Registros 1 y 2*. IGAC.
- Minagricultura. (2017). *Resolución 128 de 2017*. https://www.upra.gov.co/documents/10184/13821/POL%C3%8DTICA+DE+ORDENAMIENTO+PRODUCTIVO+Y+SOCIAL+DE+LA+PROPIEDAD+RURAL+%28RESOLUCI%C3%93N+128+DE+2017+DEL+MADR%29/af61b286-7e3e-447e-aebd-5c892b5bb407>
- SNR. (2020). *Falsas tradiciones, presunción de informalidad*. SNR
- UAEGRTD. (2017). *Solicitudes de inscripción en el registro de tierras despojadas y abandonadas forzosamente*. UAEGRTD.
- UPRA. (2020). *Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias -V10*. UPRA.

3.4.1. Variable tamaño predial

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: SOCIAL		
CRITERIO ASOCIADO: DINÁMICA DEL MERCADO DE TIERAS		
VARIABLE: tamaño predial	**UNIDAD DE MEDIDA:** predios	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Superficie de terreno en rangos de tamaños definidos de acuerdo con el rendimiento y las dimensiones consideradas óptimas para una productividad competitiva.

Para efectos de la presente zonificación de aptitud, 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.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite que un nuevo actor o uno con tierra insuficiente encuentre zonas con tamaños prediales apropiados para el desarrollo de la actividad productiva;,o de lo contrario tendría que buscar otras formas para acceder al tamaño predial requerido.

Dada la forma extensiva del desarrollo de la actividad, a mayor extensión del predio, se mejoran las condiciones de competitividad de esta actividad pecuaria.

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

En el análisis de cada una de las variables, ninguna presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La fuente de información para la medición de la variable es la base predial del IGAC y de catastros descentralizados que en muchos municipios del país están desactualizadas y en 84 de ellos no se cuenta con información catastral.

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.

Alcaldía de Barranquilla. 2019. Base de datos catastral, registros 1 y 2.
Alcaldía de Cali. 2019. Base de datos catastral.
Alcaldía de Medellín. 2019. Base de datos catastral.
_. 2019. Base de datos catastral.
Catastro Distrital de Bogotá. 2019. Información predial jurídica, física y económica.
_. 2019. Información predial jurídica, física y económica.
Gobernación de Antioquia. 2019. Predial rural Antioquía.
_. 2019. Predial Rural Antioquía.
IGAC. 2012. Cartografía básica.
_. (2019. Base catastral, registros 1 y 2.

2. Precisión 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, sin ningún condicionante legal que impida su explotación económica y de propiedad privada.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Los puntos de corte para las categorías de aptitud se definieron teniendo en cuenta las áreas mínimas productivas, representativas del actual desarrollo de la actividad, para lo cual se contó con el concepto de profesionales vinculados al proceso productivo y de expertos quienes realizaron un ejercicio de costos que permitió determinar un área mínima necesaria para producir dos SMMLV únicamente generados por la actividad bufalina, con el análisis de las bases prediales en donde se reportan los inventarios de búfalos se buscó evidenciar la representatividad de los tamaños y con una búsqueda bibliográfica de definición del tamaño de productores se pudo realizar la propuesta de integración de toda la información consultada para proponer las tres categorías de aptitud.

Adicionalmente, y con el fin de mostrar los predios que permitan una forma eficiente de acceso, se marcan los predios identificados como excluidos del mapa de clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias V10, clasificando estos predios como en aptitud baja (A3), pero mostrándolos gráficamente en color blanco, para facilitar la lectura del usuario.

Estos condicionamientos legales permiten establecer dónde es permitido, condicionado – restringido o prohibido efectuar transacciones sobre predios rurales de forma libre y autónoma de acuerdo con la Constitución colombiana y las leyes vigentes, definiendo las áreas excluidas o fuera del mercado de tierras agropecuarias, a todos aquellos espacios geográficos del país en los que por expresas prohibiciones de la ley, no se pueden desarrollar actividades agrícolas o pecuarias ya que los territorios están dedicados a la preservación, restauración, conocimiento y disfrute o presentan restricciones legales que impiden que se puedan comprar o vender libremente en el mercado por su carácter inalienable. Dentro de esta clasificación de áreas excluidas también se tienen en cuenta las zonas urbanas, que, si bien si permiten una compra o venta libre en el mercado, no son aptas para el desarrollo de actividades agrícolas o pecuarias.

Los condicionantes aquí mencionados se relacionan a continuación.

Territorios excluídos del mercado de tierras
Zonas urbanas
Resguardos indígenas declarados
Tierras comunidades negras
Sistema de Parques Nacionales Naturales
• Parques Nacionales Naturales
• Área única natural
• Santuario de Flora
• Santuario de Flora y Fauna
• Vía Parque
• Reserva Natural
Parque Natural Regional
Áreas Arqueológicas
AMEM Preservación (Áreas de manejo especial de la Macarena, Meta)
Reservas Forestales de la Ley 2 Categoría A
Páramos
Bienes uso público
Restricciones locales
Reservas Forestales Protectoras

4. Clasificación por aptitud.

El tamaño de los predios rurales se definió de acuerdo con los siguientes rangos de aptitud: aptitud alta (A1): mayor de 350 ha; aptitud media (A2): entre 35 y 350 ha y aptitud baja (A3): menor de 35 ha.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

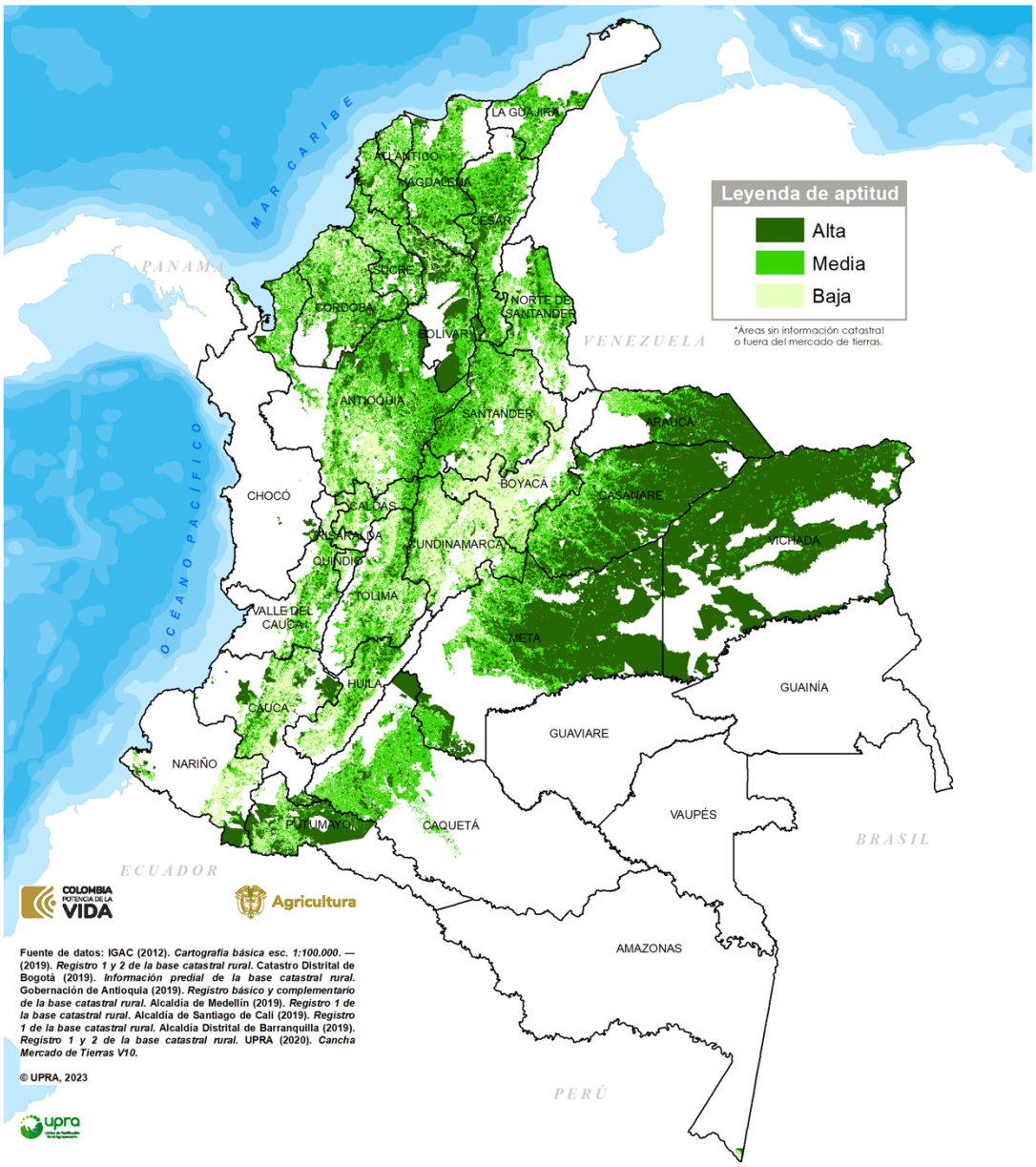
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con la categoría de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3), así:

Predios	Aptitud
> 350 ha	Alta (A1)
35 - 350 ha	Media (A2)
< 35 ha	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Predios

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO DINÁMICA DEL MERCADO DE TIERRAS
Variable tamaño predial rural

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía de Medellín. (2019). *Base de datos catastral*.
- Catastro Distrital de Bogotá. (2019). *Información predial jurídica, física y económica*.
- Gobernación de Antioquia. (2019). *Información Predial Rural Antioquía*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2019). *Base Catastral, Registros 1 y 2*. IGAC.
- UPRA. (2020). *Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias-V10*. UPRA.

3.4.2. Variable avalúo castastral rural

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: ECONOMICO		
CRITERIO ASOCIADO: DINÁMICA DEL MERCADO DE TIERRAS		
VARIABLE: avalúo catastral rural	**UNIDAD DE MEDIDA:** pesos/ha	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

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 comprendidas (IGAC, 2011).

Esta variable se utiliza como un *proxi* del precio comercial posible de intercambio de las tierras rurales por hectárea, en ausencia de información de precios comerciales a nivel nacional actualizados, recientes o tomados de fuente directa.

El intercambio se entiende como «El conjunto de transacciones o acuerdos, libres de coerción, mediante el cual se realiza el intercambio parcial o total de alguno(s) de los componentes del derecho de propiedad (uso, goce y disposición) de predios rurales que no han sido objeto de exclusiones legales.» (Minagricultura, 2017).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en la manera de acceder a la tierra, dado que a menores precios (representados por el avalúo catastral) se pueden disminuir los costos de producción (pago por rentas del suelo), lo que por ende permitirá a un productor ampliar su margen de competitividad.

Por el contrario, los altos precios de la tierra originan barreras a la actividad productiva por ser más exigente la inversión inicial, generando mayores costos de transacción y de oportunidad, así como mayores pagos por impuesto.

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

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

A la fecha, el país no cuenta con información compilada de precios comerciales del suelo a nivel nacional, por lo que se deben utilizar como un *proxi* de esta, los avalúos catastrales, que si bien es cierto no pueden dar una información directa de precios, si muestran una tendencia de estos. La UPRA, a 2020 cuenta con precios comerciales de referencia escala 1:100.000 para suelos rurales agropecuarios en 445 municipios del país, que cubren aproximadamente 12 millones de hectáreas; sin embargo, la variable requiere cobertura nacional.

La relación monetaria entre el valor catastral y el precio comercial es difícil de determinar ya que no hay información precisa del porcentaje de adopción entre el uno y el otro en los municipios del país. Adicionalmente, los avalúos catastrales rurales en su mayoría están muy desactualizados, lo que genera mayores brechas entre estos dos datos. Sin embargo, el valor catastral sí indica una tendencia del precio comercial, es decir muestra donde puede ser más costoso y donde puede ser más bajo el precio de la tierra.

En cuanto a la información catastral utilizada, está desactualizada en la mayoría de los municipios y existen zonas del país donde aún no se cuenta con procesos de formación catastral. Por consiguiente, no se cuenta con información económica, física y jurídica. Estas zonas corresponden a 12 corregimientos y 68 municipios, ubicados en 15 departamentos, como lo reporta el IGAC en su estado de gestión catastral rural.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Información

Alcaldía de Medellín. 2019.
Catastro Distrital Bogotá. 2019.
Gobernación de Antioquia. 2019. Información Predial Rural Antioquía.
IGAC. 2019. Base catastral, Registros 1 y 2.

La determinación del valor catastral por hectárea se calculó a partir del avalúo catastral total dividido por el área de terreno, obviando los valores de construcción, partiendo del supuesto que para los predios rurales agropecuarios tiene un peso muy bajo.

Teniendo en cuenta que cada uno de los municipios del país tiene una vigencia de actualización catastral diferente, se indexaron todos los avalúos catastrales a 2019, a través de un índice departamental calculado por la UPRA a partir de las tasas de crecimiento del avalúo catastral rural municipal entre vigencias.

Con el fin de identificar el precio más favorable y el máximo que un productor de búfalos está en condición de pagar por acceder a tierra a través de la compra, se procedió a agrupar la información de avalúos catastrales por hectárea y predios con inventario de búfalos, en los rangos establecidos para el mapa nacional de avalúos catastrales (realizado por la UPRA), identificando la mayor representación en cada uno de ellos, definiendo así unos cortes preliminares para esta variable.

Dichos cortes se validaron mediante una encuesta realizada a productores, con apoyo del gremio. Adicionalmente se consultó a expertos inmobiliarios y se realizaron pequeños sondeos del mercado actual. Ya que esta información fue expresada en precios comerciales, para poder comparar se asume un porcentaje de correspondencia nacional entre los mismos del 60 %, con apoyo en lo indicado en el Decreto 148 de febrero de 2020, Artículo 2, numeral 22211.

Rangos de avalúos del mapa nacional.

	Menor a 0,5
	Entre 0,5 hasta 1
	Entre 1 hasta 5
	Entre 5 hasta 10
	Entre 10 hasta 15
	Entre 15 hasta 20
	Entre 20 hasta 25
	Entre 25 hasta 30
	Entre 30 hasta 35
	Entre 35 hasta 40
	Entre 40 hasta 50
	Entre 50 hasta 60
	Entre 60 hasta 70
	Entre 70 hasta 80
	Entre 80 hasta 90
	Entre 90 hasta 100
	Mayor que 100

Basados en los análisis de la información anterior se establecen los rangos propuestos de aptitud. Adicionando a la clasificación de aptitud baja (A3) todos aquellos predios que en las bases catastrales tiene los atributos de destino y uso mencionados en la siguiente tabla, con el fin de evidenciar a partir de esta información la presión que ejercen en el precio de la tierra los usos distintos a los agropecuarios que se desarrollan en zonas rurales, así reglamentadas dentro de los planes de ordenamiento territorial de cada municipio.

a. Predios rurales en propiedad horizontal (ph) y condominios.
b. Predios rurales con destino económico industrial, comercial y recreacional.
c. Predios rurales cuyas construcciones tengan uso bodegas comerciales, hoteles en ph, comercio, hoteles, clubes-casinos, pensiones y residencias, centros comerciales y vivienda recreacional.

Adicionalmente, y con el fin de mostrar los predios que permitan una forma eficiente de acceso, se marcaron los predios identificados como excluidos del mapa de clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias V10, clasificándolos en aptitud baja (A3), pero mostrándolos gráficamente en color blanco, para facilitar la lectura del usuario.

Estos condicionantes legales permiten establecer dónde es permitido, condicionado, restringido o prohibido, efectuar transacciones sobre predios rurales de forma libre y autónoma de acuerdo con la constitución colombiana y las leyes vigentes, definiendo las áreas excluidas o fuera del mercado de tierras agropecuarias, a todos aquellos espacios geográficos del país en los que por expresas prohibiciones de la ley, no se pueden desarrollar actividades agrícolas o pecuarias ya que los territorios están dedicados a la preservación, restauración, conocimiento y disfrute o presentan restricciones legales que impiden que se puedan comprar o vender libremente en el mercado por su carácter inalienable. Dentro de esta clasificación de áreas excluidas también se tienen en cuenta las zonas urbanas que, si bien sí permiten una compra o venta libre en el mercado, no son aptas para el desarrollo de actividades agrícolas o pecuarias.

Los condicionantes aquí mencionados se relacionan a continuación.

Territorios excluídos del mercado de tierras
Zonas urbanas
Resguardos indígenas declarados
Tierras comunidades negras
Sistema de Parques Nacionales Naturales
• Parques Nacionales Naturales
• Área única Natural
• Santuario de Flora
• Santuario de Flora y Fauna
• Vía Parque
• Reserva Natural
Parque Natural Regional
Áreas Arqueológicas
AMEM Preservación (Áreas de manejo especial de la Macarena, Meta)
Reservas Forestales de la Ley 2 Categoría A
Páramos
Bienes uso público
Restricciones locales

Reservas Forestales Protectoras

Es importante recalcar que los valores catastrales por hectárea de los predios de las zonas rurales del país no corresponden al precio comercial y generalmente están distantes del mismo, es por ello por lo que a la información consultada con gremios, productores e inmobiliarios se le aplica un índice de adopción del 60 %, para poder analizarla con relación a la información de avalúos catastrales.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

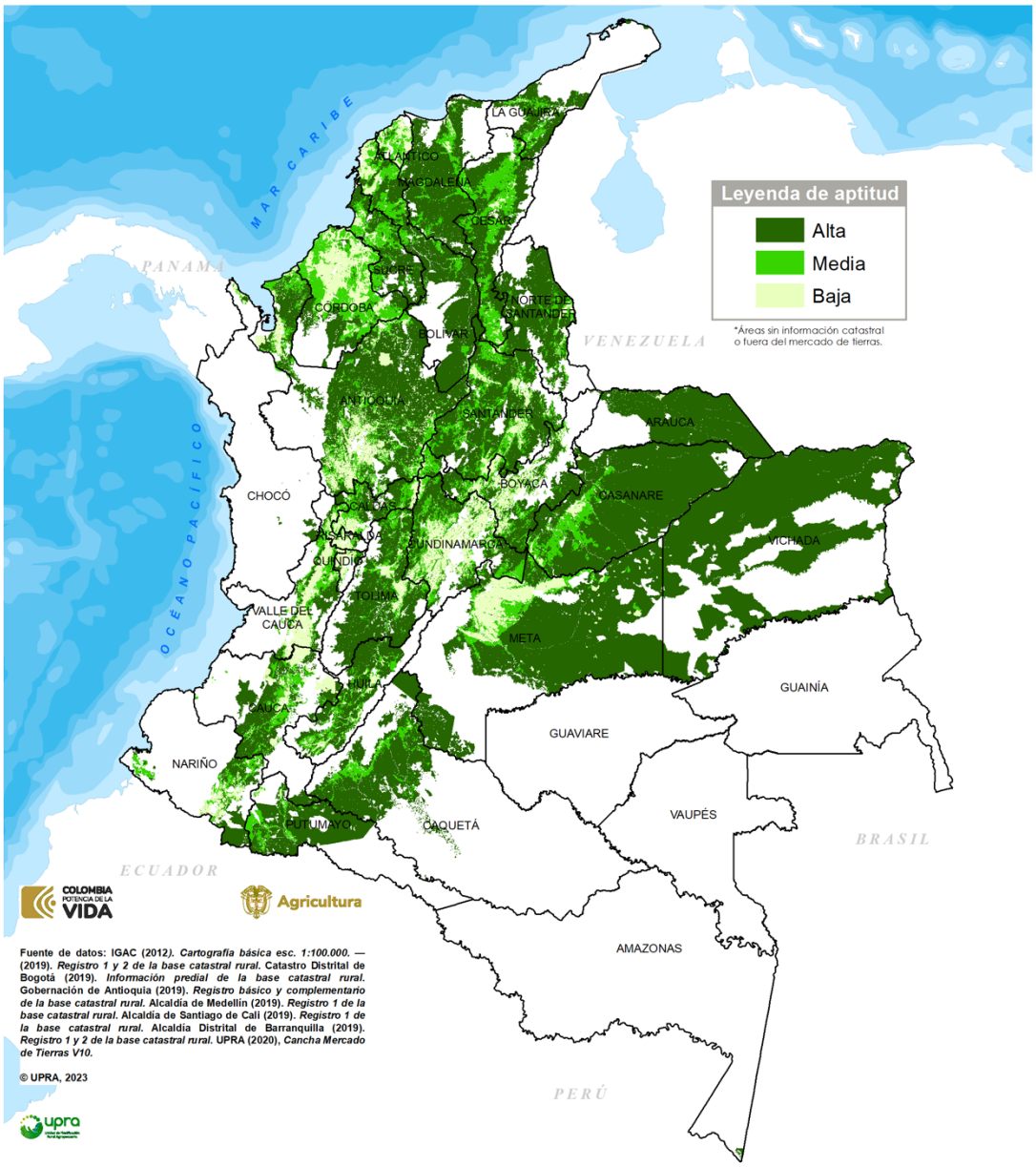
Los rangos para la especialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Pesos/ha	Aptitud
< 3 millones	Alta (A1)
3 - 8 millones	Media (A2)
> 8 millones	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Pesos/ha

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO DINÁMICA DEL MERCADO DE TIERRAS
Variable avalúo catastral rural

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía de Medellín. (2019). *Base de datos catastral*.
- Catastro distrital de Bogotá. (2019). *Información predial jurídica, física y económica*.
- Congreso de la República. (2011). *Ley 1450 de 2011. Artículo 24*.
- DANE. (2020). *Decreto 148 de febrero de 2020*. DANE.
- Gobernación de Antioquia. (2019). *Predial Rural Antioquía*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2019). *Base Catastral, Registros 1 y 2*. IGAC.
- _. (2019). *Zonificación de la gestión catastral, actualización rural 2017. Número de municipios actualizados con posterioridad a la expedición de la ley*. IGAC.
- Minagricultura. (2017). *Resolución 128 de 2017*. «Por medio de la cual se adoptan las Bases para la Gestión del Territorio para usos agropecuarios y los Lineamientos de su estrategia de planificación sectorial agropecuaria». Artículo 5, numeral 6. Minagricultura.
- UPRA. (2020). *Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias-V10*. UPRA.

3.4.3. Variable arriendo rural

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: ECONÓMICO		
CRITERIO ASOCIADO: DINÁMICA DEL MERCADO DE TIERRAS		
VARIABLE: arriendo rural	**UNIDAD DE MEDIDA:** pesos/ha	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Valor del pago en dinero, establecido de manera conjunta, por el propietario quien concede el goce de un predio por un tiempo determinado y el arrendatario quien paga por este goce un precio definido (DANE, 2018).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite estimar el valor del uso del suelo, como factor de costos para el desarrollo de la actividad de los búfalos. El arriendo tiene gran importancia como uno de los aspectos más relevantes del desarrollo de la actividad productiva ya que, al facilitar el acceso a la tierra, evita realizar grandes inversiones en compra de predios y permite a los productores utilizar de manera permanente suelos descansados, libres de enfermedades y con buenas condiciones físicas de acuerdo con sus necesidades.

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

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

En la actualidad el país no cuenta con información organizada, georreferenciada y publica de cobertura nacional, contando únicamente con la información de referencia de arriendos recogida por el DANE, a través del SIPSA. Dentro de la información de factores de producción, cuenta con 4656 datos, ubicados en 146 municipios que corresponden a 22 departamentos, levantados en

el periodo 2013-2019, siendo esta cobertura una de las mayores limitantes de la variable, en ausencia de más información relacionada con el tema.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

El DANE tiene como una de sus funciones, brindar información básica para la toma de decisiones en todos los sectores de la economía. El SIPSA es el encargado de informar los precios mayoristas de los productos agroalimentarios que se comercializan en el país, así como la información de insumos y factores asociados a la producción pecuaria y el nivel de abastecimiento de alimentos en las ciudades.

2. Precisiones de la información.

El método de recolección de la información del SIPSA se basa en el documento técnico «Metodología general sistema de información de precios y abastecimiento del sector agropecuario –SIPSA_P» (DANE, 2017)

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Dentro del proceso de supervisión y análisis de la información de SIPSA_P se cuenta con una serie de actividades y de acompañamientos aleatorios para detectar comportamientos especiales o atípicos que produzcan variaciones en la información de precios. Con esto se busca ejecutar y garantizar el control de calidad de la información.

El comportamiento de la dinámica en arriendos muestra que, a mejor calidad de la tierra y menor disponibilidad a su acceso para ser arrendada, el canon tiende a ser mayor; es decir, a menor oferta y mayor calidad de suelo, mayores precios de arriendo, comportamiento que no se relaciona directamente con el precio de la tierra sino con la rentabilidad del producto para la cual se requiere.

4. Clasificación por aptitud.

El proceso para la clasificación por aptitud se realizó de la siguiente manera. Se tomó como base de la información económica los arriendos del SIPSA para el año 2019, con el fin de determinar el comportamiento del pago del arrendamiento para actividades pecuarias, expresado en año/ha. Es necesario tener en cuenta que el arriendo para la producción de búfalos es por mensualidades.

A través de la depuración de los datos se construyeron rangos, que permitieran varias opciones de agrupación en los tres rangos de aptitud, con el fin de reflejar de la mejor manera el comportamiento específico para el arriendo de la producción de búfalos. Estos rangos se

clasificaron en aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3), teniendo como base los valores de arriendo reportados en una encuesta realizada a productores de búfalos.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Se tomaron de la base del SIPSA todos los datos de arriendos para actividades pecuarias y se unificaron a hectárea por año. Posteriormente, se realizó el proceso de definición de rangos para todos los municipios reportados en SIPSA, construyendo como resultado del análisis de estos, 18 rangos relacionados directamente con los datos reportados de pendiente y agua, los cuales se muestran a continuación:

N.°	Rangos de valor de arriendo anual en pesos/ha	
1.1.1	Hasta $200.000	
1.1.2	Mayor que $ 200.000	Hasta $300.000
1.2.1	Mayor que $300.000	Hasta $400.000
1.2.2	Mayor que $400.000	Hasta $500.000
2.1.1	Mayor que $500.000	Hasta $600.000
2.1.2	Mayor que $600.000	Hasta $700.000
2.1.3	Mayor que $ 700.000	Hasta $ 800.000
2.1.4	Mayor que $800.000	Hasta $900.000
2.1.5	Mayor que $900.000	Hasta $1.000.000
2.2.1	Mayor que $1.000.000	Hasta $1.200.000
2.2.2	Mayor que $1.200.000	Hasta $1.500.000
3.1.1	Mayor que $1.500.000	Hasta $2.000.000
3.1.2	Mayor que $2.000.000	Hasta $2.500.000
3.2.1	Mayor que $2.500.000	Hasta $3.000.000
3.2.2	Mayor que $3.000.000	Hasta $3.500.000
4.1.1	Mayor que $3.500.000	Hasta $ 4.000.000
4.1.2	Mayor que $4.000.000	Hasta $ 4.500.000
4.1.3	Mayor que $4.500.000	

Para realizar la georreferenciación de los datos y basados en los datos originales se realizaron las siguientes clasificaciones: Para los datos relacionados con la **pendiente**, se llevó a acabó una reclasificación[2] para buscar su equivalencia con las fases de pendiente del mapa correlacionado de suelos del IGAC de la siguiente manera (IGAC, 2014):

[2] La reclasificación de las pendientes de la información original de SIPSA se realizó con apoyo del experto de suelos del componente físico del grupo de Zonificación de la UPRA.

Dato SIPSA	Clasificación final
Plano	Pendiente del (0-7) fases (a-b)
Plano inclinado	Pendiente del (7-12) fase (c)
Inclinado ondulado	Pendiente del (12-25) fase (d)
Quebrado pendiente	Pendiente mayor del (25) fases (e-f-g)

Para los datos relacionados con el **agua**, se realizó una equivalencia con la clasificación de aptitud del mapa de apropiación de agua para búfalos realizado por el equipo del componente socioecosistémico del grupo de Evaluación de Tierras de la UPRA (UPRA, 2020), de la siguiente manera:

Dato SIPSA	Clasificación
Con agua	A1, A2
Sin agua	A3

Para realizar la proyección de los datos existentes a todos los municipios que actualmente son productores de búfalos, se realizó el vínculo a través de la información de región, subregión y categoría de ruralidad, del DNP (DNP, 2014). Buscando proyectar el dato económico del municipio conocido a otros de similares características semejantes y comparables con el que tiene la información económica de arriendo.

Regiones	Subregiones	Categorías de ruralidad
Eje Cafetero Caribe Bogotá Centro oriente Centro sur Pacífico Llanos orientales	Todas para cada región	Rural Rural disperso Intermedios Ciudades y aglomeraciones

Esta proyección se realizó dentro de la frontera agrícola y únicamente para los predios que no tiene ningún tipo de condicionante legal, esta última información fue tomada del mapa de Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias V10.

El mapa se presenta únicamente para los municipios que actualmente tienen producción de búfalos, esto es, considerando la información de la variable “inventario bufalino” del criterio infraestructura y logística.

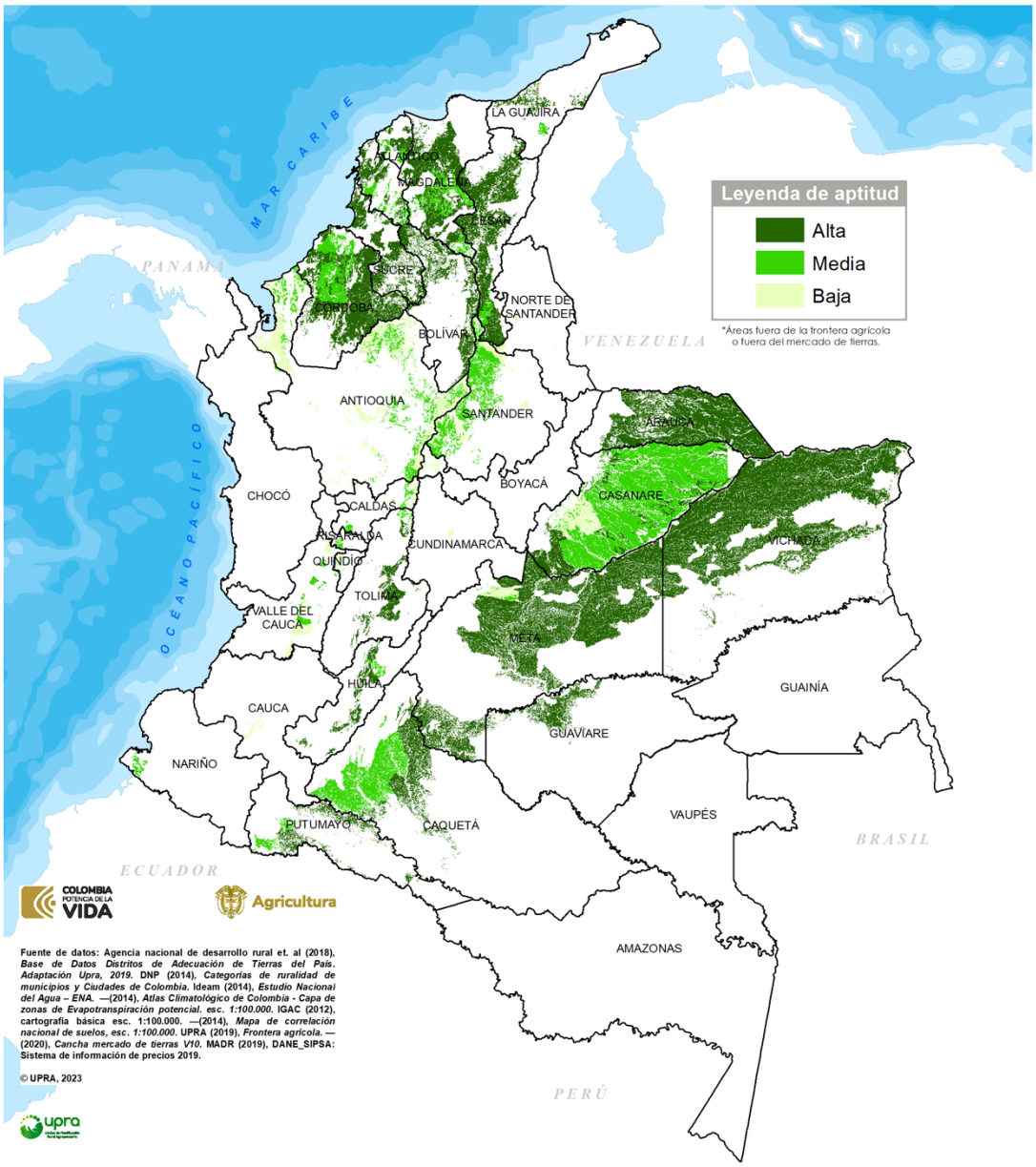
Para calificar la aptitud se utilizaron los siguientes rangos:

Pesos/ha	Aptitud
< 500.000	Alta (A1)
500.000 - 1000.000	Media (A3)
> 1.000.000	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Pesos/ha

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO DINÁMICA DEL MERCADO DE TIERRAS
Variable arriendo rural

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2019). *SIPSA, información de insumos y factores asociados a la producción pecuaria*. DANE.
- DANE. (2018). *Censo nacional de población y vivienda*. https://www.dane.gov.co/
- DNP. (2014). *El campo colombiano: un camino hacia el bienestar y la paz. Informe detallado de la Misión para la Transformación del Campo*. DNP.
- Ideam. (2014). *Estudio nacional del agua ENA*. Ideam.
- _. (2014). *Atlas climatológico de Colombia. Capa de zonas de Evotranspiración potencial. Esc.1:100.000*. Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Mapa de correlación de suelos. Fases por pendiente*. IGAC.
- UPRA. (2019). *Frontera agrícola*. UPRA.
- -. (2020). *Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias¬ -V10*. UPRA.
- _. (2020). *Mapa de la variable apropiación de agua anual para búfalos*. UPRA.

3.4.4. Variable tendencia a la formalidad

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: ECONÓMICO		
CRITERIO ASOCIADO: DINÁMICA DEL MERCADO DE TIERRAS		
VARIABLE: tendencia a la formalidad	**UNIDAD DE MEDIDA:** predios	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Conjunto de situaciones inmobiliarias, técnicas y jurídicas sobre la propiedad de los predios, tanto públicos como privados, que proporciona seguridad jurídica a la propiedad, acorde al principio constitucional del derecho a la propiedad privada.

Por el contrario, «la informalidad puede ser legal o ilegal, o estar en una frontera ambigua entre ambas. La inestabilidad e irregularidad de los ingresos en el sector informal de trabajo, activa una lógica particular de los circuitos monetarios y formas de intercambio en los mercados informales, basada precisamente en la confianza» (UPRA, 2015).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Brinda orientación para la inversión en compra, arriendo u otras formas de acceso a la tierra, pues indica cuales son los predios que podrían garantizar el derecho a la propiedad y cuales pueden presentar algunas o muchas dificultades, al suministrar información sobre la seguridad y accesibilidad a los derechos de propiedad, propiciando el acceso a los incentivos para invertir, al crédito y beneficios agropecuarios.

Los derechos de propiedad incentivan el uso eficiente de la tierra y las inversiones, porque reducen las asimetrías de la información y facilitan las transacciones en los mercados financieros (Cepal, 2003).

«La seguridad y accesibilidad a los derechos de propiedad sobre la tierra afectan el crecimiento económico de distintas maneras debido principalmente a que: (i) la seguridad aumenta los incentivos para invertir y facilita el acceso al crédito; y (ii) la dificultad en el acceso o inequidad en la distribución de la tierra reduce la productividad en agriculturas rudimentarias (Deininger, 2003)» (UPRA, 2015).

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Existen zonas del país donde aún no cuentan con procesos de formación catastral y no se cuenta con información, por lo cual los polígonos se representan cartográficamente en blanco. Estas zonas corresponden a 12 corregimientos y 68 municipios, ubicados en 15 departamentos, reportados en la página del IGAC en el estado de la gestión catastral rural y en el informe de gestión de cierre de 2019.

Municipios reportados en el SIGOT del IGAC como no formados

Departamento	Número de municipios o corregimientos
Amazonas	9 corregimientos
Antioquia	1 municipio
Arauca	1 municipio
Boyacá	2 municipios
Cauca	1 municipio
Chocó	21 municipios
Guainía	9 municipios
Guaviare	4 municipios
Huila	3 municipios
Meta	1 municipio
Nariño	19 municipios
Norte de Santander	2 municipios
Putumayo	2 municipios
Tolima	1 municipio
Vaupés	1 municipio y 3 corregimientos

La desactualización de los catastros, la existencia de un número considerable de títulos sin registrar (muchas veces por el desconocimiento de las personas de formalizar los derechos de propiedad) y la falta de interrelación entre el catastro y registro dificulta que los predios cuenten con la información jurídica actualizada en las bases de datos para realizar este tipo de ejercicios.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Alcaldía de Medellín. (2019). *Base de datos catastral.*
ANT. (2019). *Títulos formalizados, baldíos adjudicados*.

_. (2020). Predios privados formalizados, inventario de predios baldíos, predios ingresados al fondo de tierras, formalización de procesos en general.
Catastro distrital de Bogotá. (2019). *Información predial jurídica, física y económica.*
Gobernación de Antioquia. (2019). *Predial rural Antioquía*.
ICARE. (2014). *Predios sin interrelación catastro registro, predios con falsa tradición.*
IGAC. (2019). *Base predial registros 1 y 2, vigencia 2016.*
SNR. (2019). *Falsas tradiciones*.
UAEGRTD. (2017). *Puntos de los centroides*
URT. (2019). *Sentencias de restitución*.

2. Precisiones de la información.

«La informalidad en el país se presenta en ocupaciones sobre terrenos públicos, en posesiones sobre predios ajenos, títulos no registrados, sucesiones ilíquidas, en falsas tradiciones o en posesiones. Al observar los datos del Programa de formalización de la propiedad rural del Minagricultura, el 48 % de los 3.946.376 predios rurales que están inscritos en el catastro nacional no tiene títulos formales» (UPRA, 2015).

Del dato anterior se evidencia un alto porcentaje de predios rurales que no tienen título de propiedad válido registrado.

Las variables para determinar que los predios tienen una presunta formalidad fueron:

1. Predios que en las bases tiene matricula inmobiliaria y que no cumplen ninguna de las demás variables.
2. Predios que en la base catastral no poseen una matrícula inmobiliaria
3. Predios identificados en la base catastral 2014 que no tienen interrelación catastro registro.
4. Predios identificados con “mejoras en predio ajeno” dentro de la base catastral.
5. Predios identificados en la base 2014_IGAC y en la información entregada por SNR_2020 están en falsa tradición.
6. Predios identificados como presuntos baldíos.
7. Predios con resolución de inscripción en el registro 1 Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente.

El argumento considerado para identificar dentro de la base catastral los predios con tendencia a ser informales es que presentaran alguna de las variables descritas en los numerales 2 al 7, mientras por exclusión los primeros serían los que se pueden considerar como presuntos formales.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se tomó la información jurídica reportada en las bases catastrales nacionales predio a predio con el fin de determinar su tendencia a la formalidad.

4. Clasificación por aptitud.

Los cortes para los rangos de aptitud se definen teniendo en cuenta el criterio experto del grupo de formalización de la UPRA, adquirido del manejo de la información catastral dentro de los estudios realizados para la elaboración del mapa del índice municipal de informalidad y el mapa de áreas disponibles para la formalización de propiedad privada.

Los predios contenidos en aptitud alta (A1), evidencian una condición de formalidad registrada en las bases catastrales ya que tienen matricula inmobiliaria y son el resultado de excluir de las bases todas las condiciones que se citan para la siguiente aptitud. La aptitud baja (A3) corresponde a predios con mejoras, predios sin interrelación catastro registro, predios con falsa tradición, predios con presunción de baldíos, predios con presunción de Informalidad y predios con resolución de inscripción en el registro 1 de la Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente, que evidencian directamente, inconvenientes jurídicos con su titulación y, por ende, se considera que es más probable que tengan problemas en sus condiciones jurídicas y no garantizan seguridad jurídica.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para este proceso se hizo la selección de la base de datos empezando por los predios con mejoras, predios sin interrelación catastro registro, predios con falsa tradición, predios con presunción de baldíos, predios con presunción de informalidad y predios con resolución de inscripción en el registro 1(*), ya que tiene un inconveniente en su titulación y deben necesariamente pasar por un proceso judicial para poder volver a la formalidad; luego se seleccionaron los predios sin matricula inmobiliaria y finalmente quedaron los demás predios que se presumen formales.

(*) Estos predios corresponden a aquellos que se encuentran dentro marcados con estado D (definitivos), que hacen referencia a las solicitudes con resolución de inscripción en el registro 1 de la Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente.

La dinámica del proceso de restitución de tierras que consta de varias fases definidas en los siguientes estados: G (georreferenciados), son los polígonos que ya cuentan con trabajo de georreferenciación en campo, realizado con la participación del solicitante o de una persona que conozca el predio y sea autorizada por el solicitante; los polígonos en estado D (definitivos), hacen referencia a las solicitudes con resolución de Inscripción en el registro 1 Ley de tierras

despojadas y abandonadas forzosamente; y por último los que tienen estado F (final) corresponden a aquellos que se encuentran en etapa judicial y ya cuentan con sentencia.

Adicionalmente y con el fin de mostrar los predios que permitan una forma eficiente de acceso, se marcan los predios identificados como excluidos del mapa de clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias V10, clasificando estos predios como en aptitud baja (A3), pero mostrándolos gráficamente en color blanco, para facilitar la lectura del usuario.

Estos condicionamientos legales permiten establecer dónde es permitido, condicionado, restringido o prohibido efectuar transacciones sobre predios rurales de forma libre y autónoma de acuerdo con la constitución colombiana y las leyes vigentes, definiendo las áreas excluidas o fuera del mercado de tierras agropecuarias, a todos aquellos espacios geográficos del país en los que por expresas prohibiciones de la ley, no se pueden desarrollar actividades agrícolas o pecuarias ya que los territorios están dedicados a la preservación, restauración, conocimiento y disfrute o presentan restricciones legales que impiden que se puedan comprar o vender libremente en el mercado por su carácter inalienable. Dentro de esta clasificación de áreas excluidas también se tienen en cuenta las zonas urbanas, que, si bien sí permiten una compra o venta libre en el mercado, no son aptas para el desarrollo de actividades agrícolas o pecuarias.

Los condicionantes mencionados se relacionan a continuación:

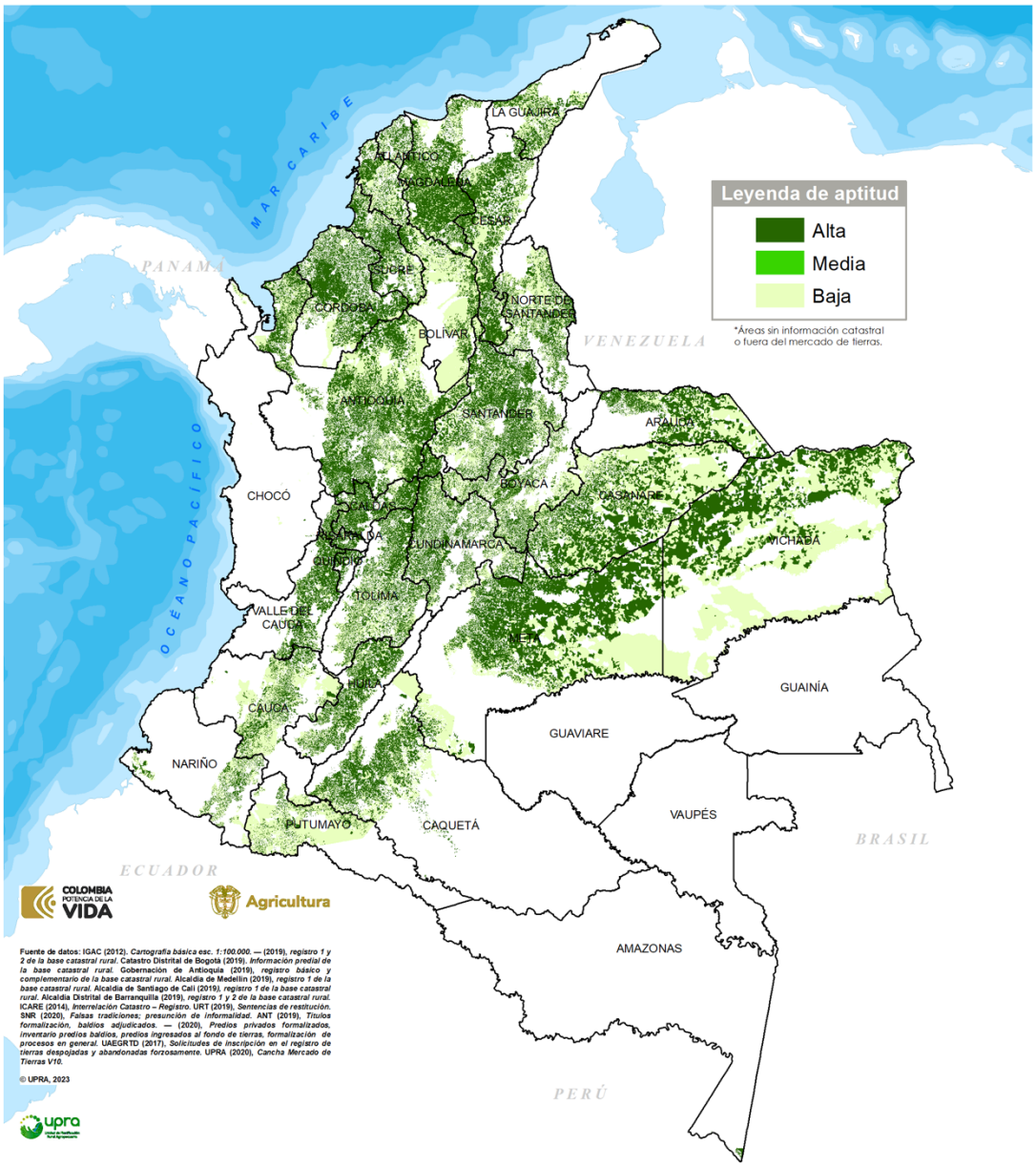
Territorios excluídos del mercado de tierras
Zonas urbanas
Resguardos indígenas declarados
Tierras comunidades negras
Sistema de Parques Nacionales Naturales
• Parques Nacionales Naturales
• Área única Natural
• Santuario de Flora
• Santuario de Flora y Fauna
• Vía Parque
• Reserva Natural
Parque Natural Regional
Áreas Arqueológicas
AMEM Preservación (Áreas de manejo especial de la Macarena, Meta)
Reservas Forestales de la Ley 2 Categoría A
Páramos
Bienes uso publico
Restricciones locales
Reservas Forestales Protectoras

Información jurídica de los predios	Aptitud
Predios con matrícula inmobiliaria sin presunción de informalidad	Alta (A1)
Predios con mejoras, predios sin interrelación catastro registro, predios con falsa tradición, predios con presunción de baldíos, predios con presunción de informalidad y predios con resolución de inscripción en el registro 1 de la Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente.	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Predios

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO DINÁMICA DEL MERCADO DE TIERRAS
Variable tendiencia a la formalidad

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía de Medellín. (2019). *Base de datos catastral*.
- ANT. (2019). Títulos formalizados, baldíos adjudicados 2020. Predios privados formalizados, inventario de predios baldíos, predios ingresados al fondo de tierras, formalización de procesos en general. ANT.
- Catastro Distrital de Bogotá. (2019). *Información predial jurídica, física y económica*.
- Gobernación de Antioquia. (2019). *Predial rural Antioquia*. Gobernación de Antioquia.
- IGAC. (2012*). Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- _. (2014). *Predios sin interrelación catastro registro y con falsa tradición*. IGAC.
- _. (2017). *Zonificación de la gestión catastral, actualización rural_2017*. IGAC.
- _. (2019). *Base predial Registros 1 y 2, vigencia 2016*. IGAC.
- Superintendencia de Notariado y Registro (SNT). (2019). *Falsas tradiciones*. SNR.
- URT. (2017). Puntos de los centroides, de los polígonos de las solicitudes que se encuentran espacializadas a octubre 17 de 2017 de los polígonos en estado D (definitivos).
- _. (2019). Sentencias de restitución.
- UPRA. (2015). *Mercado de tierras rurales productivas en Colombia. Caracterización, marco conceptual, jurídico e institucional*. UPRA.
- -. (2020). *Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias¬ -V10*. UPRA.

3.5. Criterio indicadores económicos

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: ECONÓMICO		
CRITERIO: INDICADORES ECONÓMICOS		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• Créditos otorgados, expresados en millones de pesos. • Desempeño municipal, expresado en indicador MDM. • Valor agregado pecuario municipal, expresado en miles de millones de pesos. • Zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC), expresadas como municipios.		

DEFINICIÓN

Muestra la focalización de incentivos tributarios y crediticios, dados a las zonas más afectadas por el conflicto y a las que cuentan con áreas productivas de bufalinos relativizados por importancia del sector pecuario y los resultados de la gestión y el desempeño público municipal.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Indica a los agentes económicos, la relevancia de la actividad productiva pecuaria en los territorios y los beneficios recibidos por parte del Estado, vía exenciones tributarias y de la gestión pública municipal, como por parte del sector financiero vía créditos para la producción de bufalinos, lo que condiciona la toma de decisiones de inversión al favorecer la viabilidad financiera de los proyectos productivos su flujo de caja y capacidad de apalancamiento.

Una aptitud alta en este criterio refleja condiciones creadas en el pasado para la actividad productiva tanto por el desempeño de lo público, como en respuesta a estímulos privados, que facilitan la proyección a futuro de la actividad bufalina en el municipio.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

En lo referente a los recursos de apalancamiento financiero del sector, se evidencian que los créditos otorgados son una aproximación a la totalidad de los montos que utiliza el sector; sin embargo, no se incluyen los recursos que destina la banca comercial con recursos propios.

De la misma manera, es posible que muchos de los recursos de financiamiento categorizados en el sector no se ejecuten en la región donde fueron solicitados y, también, que algunos de ellos hayan sido destinados a otras actividades productivas. No se incluyeron la totalidad de los

recursos desembolsados a agentes económicos con actividad productiva, sino los explícitamente destinados a bufalinos, así la actividad productiva principal del individuo fuese otra.

El nivel de discriminación de la información impide distinguir el aporte de la producción de bufalos dentro del total del valor agregado pecuario, aunque se infiere importante dentro del sector primario de la economía de las zonas productoras; sin embargo, estas no destacan en el contexto nacional.

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 aptas (N1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (*Analytics Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cuatro variables, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Créditos otorgados	Desempeño municipal	Valor agregado pecuario municipal	Zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC)
Indicadores económicos	Créditos otorgados	1			
	Desempeño municipal	1/3	1		
	Valor agregado pecuario municipal	1/5	1/3	1	
	Zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC)	1/5	1/5	1/3	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 en 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 y para cada una se asignó un valor así: aptitud alta (A1); media (A2) y baja (A3).

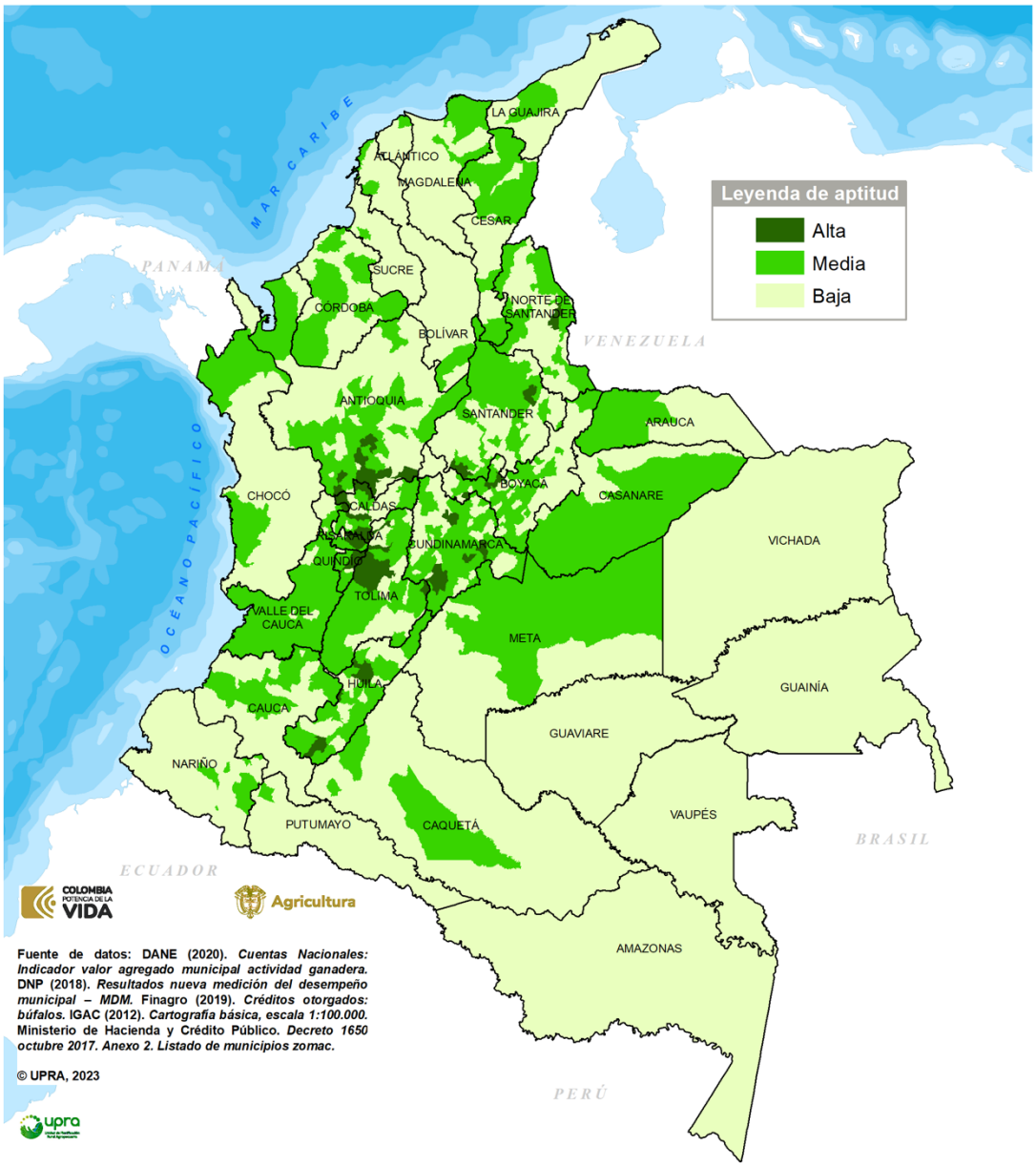
Criterio	Variable	Ponderación (%)
Indicadores ecnómicos	Créditos otorgados	42,9
	Desempeño municipal	37,8
	Valor agregado pecuario municipal	12,8
	Zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC)	6,5
Total ponderación		**100**

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)
Créditos otorgados	Millones de pesos	> 667	221 -667	< 221
Desempeño municipal	Indicador MDM	≥ 55 puntos	45-55 puntos	< 45 puntos
Valor agregado pecuario municipal	Miles de millones de pesos	> 13,58	6,18 – 13,58	< 6,18
Zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC)	Municipios	Declarados ZOMAC	Resto	-

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2020). Cuentas Nacionales, *indicador valor agregado municipal actividad pecuaria*. DANE.
- DNP. (2019). *Resultados nueva medición de desempeño municipal*. DNP.
- Finagro. (2020). *Creditos y seguros otorgados para Bufalos 2015-2019*. Finagro.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- Minhacienda. (2017). *Decreto 1650 de 2017. Anexo 2.* https://incp.org.co/Site/publicaciones/info/archivos/decreto-1650.pdf>

3.5.1. Variable créditos otorgados

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: ECONÓMICO		
CRITERIO ASOCIADO: INDICADORES ECONÓMICOS		
VARIABLE: créditos otorgados	**UNIDAD DE MEDIDA:** millones de pesos	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Valor a precios de 2019 de los créditos otorgados desde 2015, a nivel municipal para el desarrollo y mejora de la producción bufalina. Están direccionados a personas naturales o jurídicas para construir o mejorar los procesos de producción o de comercialización, colocados en condiciones preferenciales Finagro, a través de la banca comercial con presencia en los territorios; son utilizados para apalancar capital de trabajo y proyectos de inversión. Las líneas especiales Finagro están subsidiadas en tasa de interés y respaldadas por efectos colaterales por el Fondo Agropecuario de Garantías (FAG).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Orienta a los agentes económicos en sus decisiones de inversión sobre los lugares donde se están solicitando y aprobando un mayor monto de créditos preferenciales para la producción bufalina.

Busca darle mayor aptitud aquellas zonas del país que tienen un mayor nivel de financiamiento con recursos de fomento para la producción bufalina, lo que permite dimensionar el apalancamiento financiero de una aglomeración productiva municipal, como factor relevante para los agentes económicos en la toma de decisiones sobre la inversión.

Existe una relación directa entre los créditos otorgados y la aptitud del municipio. Municipios con mayor valor de créditos otorgados en un periodo de tiempo determinado, reflejan una mejor acreditación para el desarrollo de la actividad pecuaria bufalina, permitiendo que nuevos emprendimientos sean mejor entendidos y más ágilmente aceptados para recibir financiamiento.

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

En el análisis de la variable no se presentan límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La información de Finagro solo tiene en cuenta los créditos otorgados a la cadena productiva de los recursos destinados para tal fin y canalizados por la banca pública (Banco Agrario de Colombia) y por la banca privada (redescuento), pero no incluye los créditos otorgados con recursos de captación de la banca privada (créditos comerciales).

La información sobre el lugar de colocación de créditos puede diferir del municipio donde finalmente se inviertan los recursos, así como la actividad específica que va a financiar, puesto que puede apalancar actividades conexas a las actividades productivas pecuarias bufalinas, como también financiar actividades de agentes económicos no especializados en la actividad.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Finagro. 2020. Colocación de créditos otorgados para búfalos, 2015-2019.

2. Precisiones de la información.

Las cifras de créditos otorgados corresponden a la suma del valor colocado entre 2015 y 2019 traídos a valores 2019, para todos aquellos municipios que reportan información en el periodo de análisis. Para llevar los valores a precios 2019 se utilizaron los valores oficiales reportados por el DANE de inflación enero a diciembre de 2016 a 2018.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se calculó la suma anual de créditos otorgados por municipio para búfalos en millones de pesos de 2019, para los años 2016 a 2019.

4. Clasificación por categoría de aptitud.

Para la estimación de los rangos de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3), se utilizó el criterio asociado a la regla de Pareto (80/20) que indica que aproximadamente el 80 % de las

consecuencias es explicada por el 20 % de las causas. En este caso, el 80 % del total de crédito colocado es explicado aproximadamente por el 20 % de los municipios con colocaciones de crédito. El procedimiento entonces consiste en ordenar de mayor a menor los municipios, que, a precios constantes, suman mayor valor de crédito colocado; seguidamente se estiman las participaciones de cada municipio dentro del total del crédito evaluado. Finalmente se estima una columna en la que se calcula el porcentaje acumulado de la distribución del crédito dentro de los municipios hasta que dicha acumulación llegue al 80 % de participación. Se verifica que el número de municipios que aportaron al 80 % del crédito, representen aproximadamente el 20 % del total de municipios.

De esta forma se definen tres agrupamientos, el primero formado por los municipios que aportaron al 80 % del total del crédito y para el segundo grupo, se aplicó el método estadístico K-Medias, que permite realizar agrupamiento de datos con el objetivo que sean muy similares entre los individuos del grupo y lo más disímiles posibles entre otros grupos, para la clasificación por aptitud de este grupo de municipios se calcularon dos clústeres (k = 2).

El algoritmo de K-Medias, como otros métodos de agrupamiento parten de una función de aprendizaje no supervisado donde no existen clases predefinidas y sus resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Se busca minimizar la distancia intra-clústeres y maximizar la distancia inter-clústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si d(i,j) > d(i,k) indica que el objeto i es más parecido a k que a j. El método de K-Medias desarrollado por MacQueen (1967) se basa un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en 2 para las aptitudes A2 y A3, y por tratarse de un agrupamiento univariado no está sesgado por el orden de presentación inicial de los datos.

Los pasos para la estimación del clúster de K-Medias fueron los siguientes:

1. Se ordenan los datos de mayor a menor del fenómeno socioeconómico en estudio y su supuesta relación con los niveles de aptitud para la cadena productiva.

2. De manera inicial se divide en 2 grupos el total de datos disponibles se calcula el centroide (centro geométrico del clúster) que se calcula como base para la construcción de la variable objetivo (distancia). El centroide que se propone es el promedio aritmético de cada agrupamiento. Esto, para aquellos municipios que durante el período analizado tienen en promedio 1 o más delitos.

3. Dado que el algoritmo de K-Medias busca minimizar la distancia interna (suma de las distancias de los datos de su centroide), se calcula para cada dato el cuadrado de las diferencias de este con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (2) y se suman dichos valores para todos los datos de este clúster.

4. Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los 2 posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.

5. Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de K Medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

- Evaluar la existencia de clúster que solo están integrados por datos extremos (*outliers*).
- Comparar dos conjuntos de clúster alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.
- Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

De los anteriores agrupamientos se infieren los puntos de corte de la siguiente manera: aptitud alta (A1): municipios con más de 667 millones en créditos para búfalos, media (A2): municipios entre 221 y 667 millones en créditos para búfalos y aptitud baja (A3): municipios con menos de 221 millones en créditos para búfalos.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

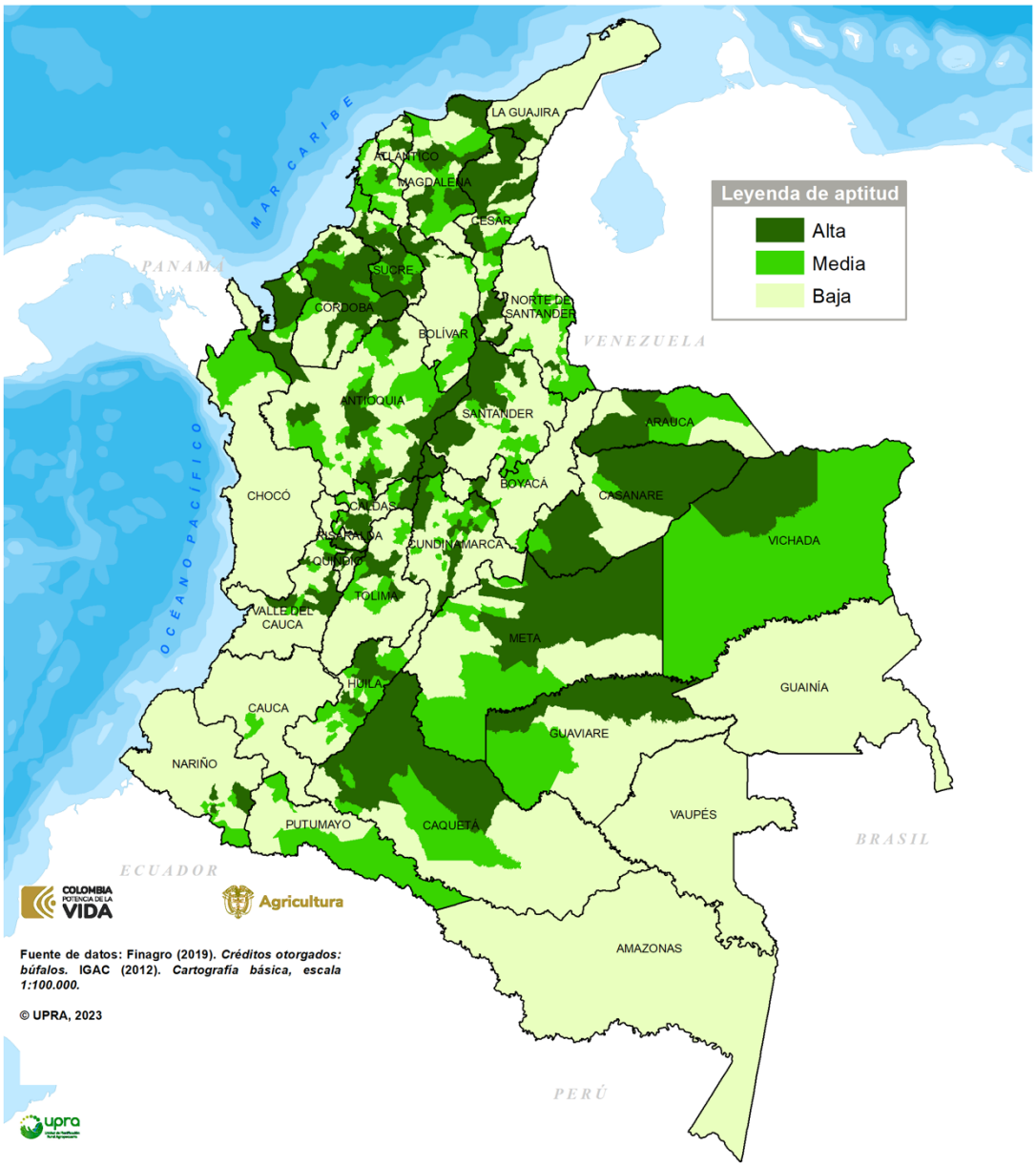
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Millones de pesos	Aptitud
> 667	Alta (A1)
221 - 667	Media (A2)
< 221	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Millones de pesos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS
Variable créditos otorgados

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Finagro. (2020). *Creditos y seguros otorgados para búfalos 2015-2019*. Finagro.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.

3.5.2. Variable desempeño municipal

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: ECONÓMICO		
CRITERIO ASOCIADO: INDICADORES ECONÓMICOS		
VARIABLE: desempeño municipal	**UNIDAD DE MEDIDA:** indicador MDM	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Mide y compara el desempeño municipal de las entidades territoriales entendido como capacidad de gestión y resultados de desarrollo (el aumento de la calidad de vida de la población) teniendo en cuenta sus capacidades iniciales, para incentivar una mejor gestión, calidad del gasto y la inversión orientada a resultados (DNP, 2017, pág. 3).

Así mismo, esta variable es una aproximación al diseño de políticas dirigidas al fortalecimiento de capacidades y al cierre de brechas territoriales, según la situación del indicador en cada municipio.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite una aproximación al "desempeño municipal" entendido como la gestión de las entidades territoriales y la consecución de resultados de desarrollo (aumento de la calidad de vida de la población), teniendo en cuenta las metas propuestas en el territorio.

Así mismo, «hay evidencia de la relación existente entre mayores capacidades institucionales de los gobiernos subnacionales, en especial aquellas relacionadas con la capacidad de recolectar impuestos y proveer servicios públicos, con mayor crecimiento económico y mejores resultados de desarrollo económico y social» (DNP, 2017, pág. 7), y esta premisa es esencial para dinamizar e incentivar las actividades productivas agropecuarias en las zonas rurales del país.

En Colombia, los estudios del DNP han demostrado que un mejor desempeño municipal se asocia con mejores resultados en otras dimensiones, como eficiencia en la provisión de servicios públicos, menores tasas de pobreza y mayor competitividad entre otros. Por ejemplo, el índice de ambiente regulatorio para creación de empresas — Doing Business —, promovido por el Banco Mundial, tiene una correlación positiva y significativa con la nueva medición del desempeño municipal (DNP, 2017).

VALOR DE EXCLUSIÓN SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Este indicador es global por municipio, lo que significa que no discrimina entre zonas urbanas y rurales dado que evalúa la información por ente territorial.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

DNP (2018). Resultados nueva medición de desempeño municipal.
IGAC. 2012. Cartografía básica.

2. Precisiones de la información.

La variable se basa en la información de la nueva medición del desempeño municipal (MDM) que elaboró el DNP, para evaluar la gestión y los resultados de los municipios a partir del estudio de un grupo de expertos en temas de desarrollo territorial, medición y descentralización, con el cual se actualizaron los estándares de evaluación, y se enfocó el desempeño municipal a la gestión pública orientada a resultados, que eran calculados mediante el índice de desempeño integral (IDI).

De acuerdo con el DNP (2018), este indicador MDM cuenta con algunas características y ventajas como:

- Esta medición permite la comparación entre grupos de municipios más homogéneos (definidos según un componente de capacidades iniciales) rankings al interior de grupos.
- El grupo de capacidades iniciales se calcula cada cuatro años con nuevos gobiernos locales.
- La posición del municipio se calcula dentro de su grupo de capacidades iniciales (el último puesto es máximo 218).
- Mide entre grupos de municipios con capacidades iniciales similares.
- Los indicadores de resultados alineados con los planes de Desarrollo Territorial para rendición de cuentas.
- Permite hacer comparaciones al interior de grupos más homogéneos que parten de una misma situación con condiciones.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Esta variable cuenta con la información para la totalidad de los municipios del país. La consistencia interna la ofrece el DNP a partir de la construcción metodológica que se describe a continuación:

La MDM está dividido en dos componentes y una categoría de agrupación como se muestra en la siguiente tabla:

Gestión	Resultados
Movilización de recursos propios (25 %)	Educación (25 %)
Tributario + no tributario - Recaudo por instrumentos de OT (per cápita).	Cobertura de educación media.
Recaudo por instrumentos de OT (per cápita).	Pruebas SABER 11 matemáticas y lenguaje
Participación de los recursos propios en la inversión.	Cobertura de transición
Ejecución de recursos (25 %)	Salud (25 %)
Ejecución Sistema General de Participantes.	Mortalidad infantil
Ejecución de recursos propios	Cobertura de vacunación pentavalente
Ejecución de otras fuentes.	Cobertura de salud
Cumplimiento en el plazo inicial de los proyectos (SGR).	Servicios públicos (25 %)
Gobierno abierto y transparente (25 %)	Cobertura de energía rural
Organización de la información	Penetración de internet
Rendición de cuentas	Cobertura de acueducto y alcantarillado
Atención al ciudadano	Seguridad y convivencia (25 %)
Gestión de instrumentos de Ordenamiento Territorial (25 %)	Hurtos por 10.000 habitantes
Recaudo predial efectivo.	Homicidios por 10.000 habitantes
Uso instrumentos de recaudo de Ordenamiento Territorial.	Casos de violencia intrafamiliar por 10.000 habitantes.

COMPONENTES

Fuente: DNP (2018).

El primero, está enfocado en la gestión, incluye las acciones y decisiones que adelanta la administración local que buscan transformar los recursos en un mayor bienestar de la población y desarrollo, en su interior se subdivide en cuatro subcomponentes y todos con igual peso (25 %), estos son: í) movilización de recursos propios, ii) ejecución de recursos, iii) gobierno abierto y transparencia, y iv) uso y recaudo por instrumentos de OT. Este componente a su vez reúne las siguientes 12 variables.

Movilización de recursos propios

Variable	Metodología	Fuente
Ingresos tributarios y no tributario sin recaudo por OT per cápita.	**(Ingresos tributarios y no tributario* - recaudo por OT**/ población.** *1.1 Ingresos tributarios (**Código A1000-OEC**) + 1.2 ingresos no tributarios (**Código A2000-OEC).** ** Predial (**TI.A.1.3.1-FUT Ingresos**), Delineación Urbana (**TI.A.1.8-FUT Ingresos**), Valorización (**TI.A.2.3.1.1-FUT Ingresos**) y plusvalía (**TI.A.2.3.2.-FUT Ingresos**), correspondiente a la vigencia.	Operaciones efectivas de caja - **OEC** (DNP), Formulario único territorial **FUT** y DANE
Recaudo por instrumentos de OT (per cápita).	**Recaudo total mediante cuatro instrumentos de ordenamiento territorial (predial, delineación urbana, valorización y plusvalía) */ población.** * Predial (**TI.A.1.3.1-FUT Ingresos**), Delineación Urbana (**TI.A.1.8-FUT Ingresos**), Valorización (**TI.A.2.3.1.1-FUT Ingresos**) y plusvalía (**TI.A.2.3.2.-FUT Ingresos**), correspondiente a la vigencia.	**FUT** y DANE
Participación de los recursos propios en la inversión.	**(Inversión financiada con recursos propios*/ Inversión total del municipio**)** *" Ingresos corrientes de libre destinación excepto el 42% de libre destinación de propósito general" (**Fuente 100-FUT Inversión)** + "Ingresos corrientes con destinación específica – Recursos propios" (**Fuente 100-FUT Inversión)**, el valor se toma de la columna "obligaciones" del formato gastos de inversión del FUT. **Se toma el rublo "5. Gastos de capital (Inversión)" de las OEC.	**FUT** y Operaciones efectivas de caja - **OEC**

Fuente: DNP (2018).

Ejecución de recursos

Variable	Metodología	Fuente
Ejecución Sistema General de Participaciones	**Recursos obligados en la vigencia de la fuente SGP*/ asignado total SGP para la vigencia **** *Suma de las obligaciones con las fuentes descritas en la tabla "Fuentes SGP", registradas en el formato de gastos de inversión del **FUT.** ** Asignaciones de la vigencia **SICODIS.**	**FUT** y SICODIS
Ejecución de recursos propios	**Recursos obligados fuente propios*/ recursos presupuestados con fuente propias**** *" Ingresos corrientes de libre destinación excepto 42% de libre destinación de propósito general" (**Fuente 100-FUT Inversión) +"** Ingresos corrientes de libre destinación con destinación específica – recursos propios" (**Fuente 100-FUT Inversión),** el valor se toma de la columna "obligaciones" del formato gastos de inversión del FUT. ** Presupuesto definitivo del formato gastos de inversión del FUT de las mismas fuentes (**100 y 110**).	**FUT**
Ejecución de otras fuentes.	**Recursos obligados otras fuentes/recurso presupuestado con otras fuentes*** *Se toman los valores de la columna "obligaciones" y de la columna "presupuesto definitivo", correspondiente a las fuentes con código referido en la tabla "Otras fuentes", registradas en el formato de gastos de inversión del FUT.	**FUT**
Cumplimiento en el plazo inicial de los proyectos de regalías (SGR)	**Cumplimiento de la programación inicial de los proyectos** Promedio de los cuatro trimestres del año de la vigencia del componente 10, del IGR (Índice de Gestión de Proyectos de Regalías).	**SGR**

Fuente: DNP (2018).

Gobierno abierto y transparencia

Variable	Metodología	Fuente
Organización de la información	¿Su municipio cuenta con Tablas de Retención Documental (TRD), elaboradas y aprobadas?	Pregunta 1 "Gestión Documental" Gestión WEB
	Para la gestión documental, ¿Su municipio aplica las Tablas de Retención Documental (TRD), aprobadas?	Pregunta 2 "Gestión Documental" Gestión WEB
	¿Su municipio actualiza las Tablas de Retención Documental (TRD)? ¿Cada cuántos meses?	Pregunta 3 "Gestión Documental" Gestión WEB

Rendición de cuentas	Promedio de calificación en los 4 trimestres del año en el componente de transparencia del Índice de Gestión de Proyectos de Regalías (IGPR) *Debe multiplicarse por 5 para que el indicador quede entre 0 y 100, pues la máxima puntuación que tiene es de 20. (Solo se mide en el caso de que el municipio tenga proyectos de regalías aprobadas).*	**SGR, IGPR**
	¿En el Plan de Acción Anual está incluida la estrategia de Rendición de Cuentas?	Pregunta 1 "Rendición de Cuentas" Gestión WEB
	¿La entidad pública los resultados de la consulta del proceso de rendición de cuentas, identificando las prioridades establecidas por los ciudadanos?	Pregunta 8 "Rendición de Cuentas" Gestión WEB
Atención al ciudadano	¿La entidad cuenta con procesos o procedimientos de servicio al ciudadano documentados e implementados (peticiones, quejas, reclamos y denuncias, trámites y servicios)?	Pregunta 11 "Servicio al Ciudadano" Gestión WEB
	¿Incluyó el componente del Servicio al Ciudadano en el Plan Anticorrupción y de Atención al Ciudadano?	Pregunta 1, opción 2 "Anticorrupción" Gestión WEB

Fuente: DNP (2018).

Uso y recaudo por instrumentos de Ordenamiento Territorial (OT)

Variable	Metodología	Fuente
Tasa efectiva de recaudo predial, por mil pesos de avalúo	**Recaudo predial*/avalúo de los predios en la vigencia**) X1000** *Se toma el concepto "Impuesto predial unificado vigencia actual" (**TI.A.1.3.1 columna "Total ingresos" – ingresos FUT)** ** Avalúo catastral reporte IGAC.	FUT e IGAC
Uso de instrumentos de OT	**Número de instrumentos de ordenamiento territorial que usa la Entidad Territorial*** *Predial (TI.A.1.3.1 **- FUT ingresos)**, Delineación Urbana (TI.A.1.8 **- FUT ingresos)**, Valorización (TI.A.2.3.1 **- FUT ingresos)** y Plusvalía (**TI.A.2.3.2 - FUT ingresos)** correspondientes a la vigencia. Si recaudo por dichas fuentes, se considera que utilizó el instrumento (su puntuación es 1 para el instrumento), en tal sentido el máximo valor será 4 y el menor 0.	FUT

Fuente: DNP (2018).

El segundo, el componente de resultados, permite saber si las acciones realizadas en el período evaluado tuvieron incidencia en el bienestar para la comunidad y desarrollo territorial; mide los cambios en las condiciones de vida con relación al acceso ciudadano a educación, salud, servicios públicos, seguridad y convivencia familiar. Este componente reúne las siguientes 14 variables.

Educación

Variable	Metodología	Fuente
Cobertura en educación media neta	Estudiantes matriculados en educación media en el rango de edad aceptable/ Población del municipio en dicho rango de edad de la vigencia.	Min. Educación, disponible en Terridata
Cobertura en transición media neta	Estudiantes matriculados en transición en el rango de edad aceptable/ Población del municipio en dicho rango de edad de la vigencia.	Min. Educación, disponible en Terridata
Pruebas Saber 11 matemáticas y lectura crítica	Puntaje promedio estudiantes residentes del municipio en las secciones de matemáticas y lectura crítica de las pruebas Saber 11 de la vigencia.	Min. Educación, disponible en Terridata

Fuente: DNP (2018).

Salud

Variable	Metodología	Fuente
Mortalidad infantil, menores de un año	Fallecidos menores de un año por mil nacidos vivos en la vigencia anterior. (Un año de rezago).	DANE, disponible en Terridata
Cobertura en vacunación pentavalente	Menores de un año en un municipio con la tercera dosis aplicada de vacuna pentavalente/Población total menor de un año a vacunarse de la vigencia.	Min. Salud, disponible en Terridata
Cobertura en salud	Número de afiliados registrados en la BDUA en los regímenes contributivo y subsidiado a diciembre/Proyección población DANE del municipio de la vigencia.	Min. Salud, disponible en Terridata

Servicios públicos

Variable	Metodología	Fuente
Cobertura energía, zona resto	Viviendas con acceso a red interconectada sobre total viviendas de la vigencia anterior. (Un año de rezago)	UPME, disponible en Terridata
Penetración de internet (Banda Ancha Residencial)	Número de suscriptores con acceso dedicado a internet sobre la población total de la vigencia.	MINTIC, disponible en Terridata
Cobertura de acueducto y alcantarillado*	Relación entre los predios residenciales que tienen servicio y el total de los predios residenciales de la vigencia. (Promedio de los dos indicadores).	REC-SSPD, disponible en Terridata

Fuente: DNP (2018).

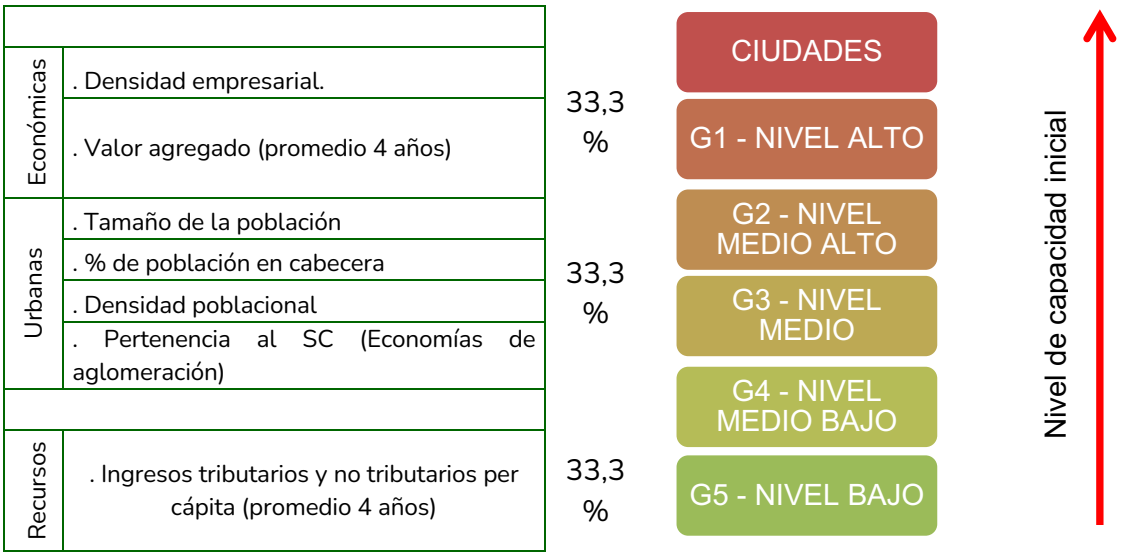
Seguridad y convivencia

Variable	Metodología	Fuente
Hurtos por cada 10.000 habitantes	Casos de hurtos reportados por cada 10.000 habitantes.	Ministerio de Defensa, Población DANE, disponible en Terridata
Homicidios por cada 10.000 habitantes	Casos de homicidios por cada 10.000 habitantes.	
Casos de violencia intrafamiliar por cada 10.000 habitantes	Casos de violencia intrafamiliar por cada 10.000 habitantes.	

Fuente: DNP (2018).

Un factor diferencial que tiene esta metodología es que categoriza los municipios en grupos comparables que comparten ciertas características definidas como capacidades (dotaciones) iniciales, lo que permite un análisis comparativo según las diferencias estructurales en las trayectorias de desarrollo territorial. Para ellos se definieron tres dimensiones: a) la actividad económica, b) las características demográficas y geográficas urbanas, y c) los recursos propios de los ingresos tributarios y no tributarios, lo que permite la conformación de seis grupos de municipios, así:

Grupos comparables por nivel de capacidad inicial



Fuente: DNP, (2018).

Para la estimación de las capacidades iniciales se utilizó el promedio de las variables de los cuatro años del gobierno (2011-2015) y se estandarizan los indicadores entre todos los municipios. Luego se definió un índice de 0 a 1, donde 1 representa a aquellos municipios con mayor dinamismo económico (mayor valor agregado y mayor densidad empresarial) altamente urbanos y con los mayores recursos corrientes y 0 para sus respectivas contrapartes.

4. Clasificación de los municipios por aptitud.

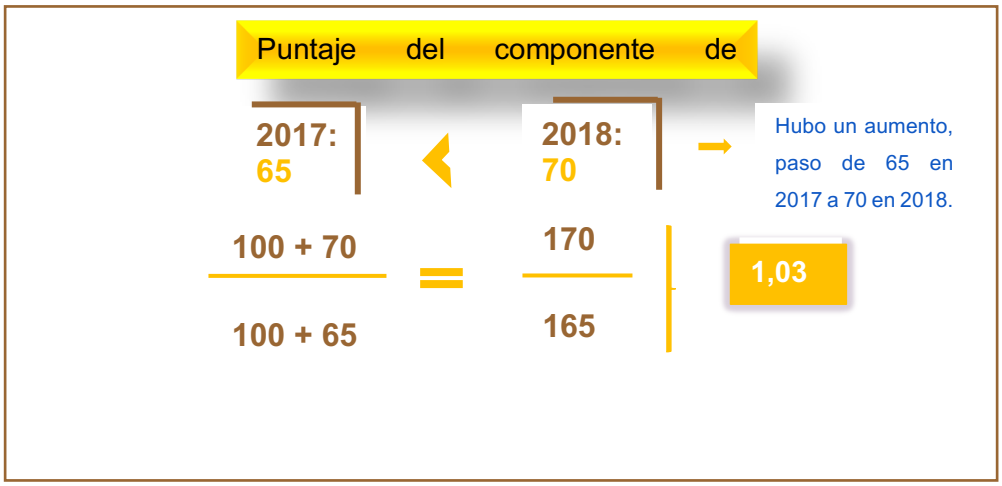
Para determinar los rangos de aptitud para el ejercicio de evaluación de tierras se asumió la calificación del Indicador de Desempeño Municipal (MDM) que elaboró el DNP a partir de la metodología de agregación del indicador, que consiste en:

A partir de los puntajes por municipio para cada uno de los componentes de Gestión y Resultados de dos años comparados:

Municipio Y

Componente	Año	Puntaje
Gestión	2018	50
Resultados	2017	65
	2018	70

Se calculó el cambio del año con respecto al anterior para el componente de resultados (que muestra el bienestar de la población).



Luego se multiplicó el resultado obtenido por el puntaje del componente de gestión del último año:

$$Puntaje\ comp.de\ gestión * Cambio\ comp.resultados = Indicador\ MDM$$
$$50 * 1{,}03 = 51{,}1$$

Finalmente, con el valor del indicador MDM (51,1) se clasificaron los rangos de aptitud según: aptitud alta (A1) municipios con un puntaje de más de 55 puntos; aptitud media (A2) municipios con un puntaje entre 45 y 55 puntos; y aptitud baja (A3) municipios con un puntaje menor a 45 puntos.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

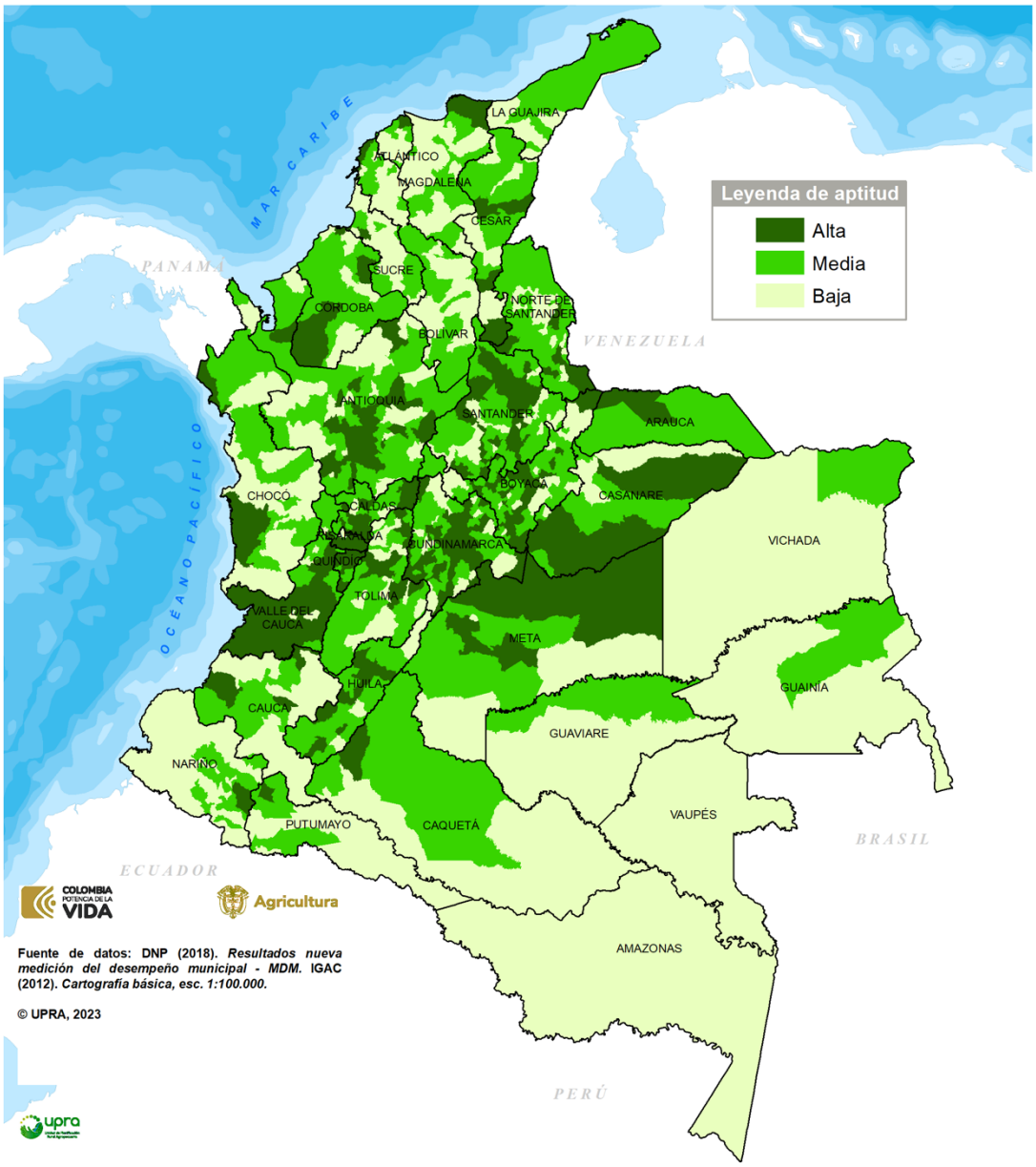
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3), según los resultados de la Medición de Desempeño Municipal (MDM) del DNP para el año 2018.

Indicador MDM	Aptitud
≥ 55 puntos	Alta (A1)
45 - 55 puntos	Media (A2)
< 45 puntos	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Indicador de la medición del desempeño municipal (MDM)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS
Variable desempeño municipal

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DNP. (2017). *Medición del desempeño municipal. Informe de resultados MDM 2017*. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Territorial/MDM/Resultados_MDM_2017.pdf>.
- DNP. (2018). *Nueva Medición del Desempeño Municipal (MDM)*. DNP.
- IGAC. 2012. *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.

3.5.3 Variable valor agregado pecuario municipal

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**		
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: ECONÓMICO			
CRITERIO ASOCIADO: INDICADORES ECONÓMICOS			
VARIABLE: valor agregado pecuario municipal	**UNIDAD DE MEDIDA:** miles de millones de pesos		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO		**Exclusión técnica**	
		Análisis jerárquico	✓
		Exclusión legal	
		Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Aproximación al valor generado por actividades pecuarias en un municipio con el fin de ser utilizado en la zonificación de aptitud, se parte de la información suministrada de manera privilegiada y confidencial por el DANE a la UPRA, que convencionalmente no es publicada en este nivel de desagregación, siguiendo el principio de razonabilidad en el detalle. Se busca medir indirectamente el nivel de actividad pecuaria del municipio de modo que pueda ser comparado con valores nominales de otros municipios para que su evaluación, clasificación y orden jerárquico, sea nacional.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Muestra a los agentes económicos los municipios que tienen un mayor valor agregado pecuario y, por lo tanto, es sujeto de economías de escala sectoriales, de beneficios y estímulos estatales privilegiados en lo pecuario, respecto del tratamiento económico que se le da al municipio como un todo.

Incide en la percepción de los agentes económicos respecto del desempeño económico del municipio como un todo, y en particular respecto al sector pecuario.

A mayor valor agregado pecuario municipal, el municipio presenta mayor nivel de aptitud, puesto que su circuito económico local tendrá un mayor dinamismo y posibilidad de encadenamiento sectorial. Aunque no es posible discriminar dentro de los valores agregados sectoriales los niveles de participación de producciones específicas (en este caso búfalos), la transversalidad sectorial refleja lo verdaderamente pecuario, es decir que es un municipio sin dependencia de la presencia o no de otras actividades productivas, como la minería extractiva y el petróleo que suelen distorsionar las mediciones en términos de participación porcentual.

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

El análisis de la variable, no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Dado que se parte de mediciones sectoriales y territoriales de escala nacional y departamental, es posible que algunos municipios con gran generación de valor pecuario se vean afectados por pertenecer a un contexto regional y departamental que no lo sea. Del mismo modo, existe la posibilidad de que un municipio sin mayor relevancia en la generación de valor pecuario se sobredimensione por su ubicación regional en la que otros municipios aportan y suman gran producción departamental.
En todo caso, son precisamente estos fenómenos regionales y secto-territoriales los que se pretenden capturar.

Como ya se mencionó, la incapacidad para discriminar el valor generado por un producto en particular, aunque resulta una limitante también incorpora la transversalidad del análisis sectorial que beneficia a todos los productos del sector pecuario.

Por otra parte, los métodos de estimación del valor agregado por ramas de actividad económica consideran cualquier transformación de materia prima como agregación de valor independientemente de su nivel de complejidad, por lo que algunas cadenas productivas donde la transformación es requisito para su consumo o disfrute pueden ser contabilizadas en una rama no pecuaria.

Finalmente, se debe mencionar que las mediciones para un año específico, en este caso 2018, pueden haber incluido eventos esporádicos como inundaciones o condiciones climáticas adversas que llevar a tener un menor valor agregado pecuario de manera transitoria en un municipio.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

DANE. 2020. Cuentas Nacionales:
IGAC. 2012. Cartografía básica.

2. Precisiones de la información.

Se tiene en cuenta la información del DANE.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se utiliza el criterio asociado a la regla de Pareto (80/20) que indica que aproximadamente el 80 % de las consecuencias es explicada por el 20 % de las causas. En este caso, el 80 % del total del valor agregado pecuario municipal es explicado aproximadamente por el 20 % de los municipios. El procedimiento consiste en ordenar de mayor a menor los municipios por el valor agregado pecuario que se le atribuye y seguidamente se estima las participaciones de cada municipio dentro del total nacional. Posteriormente se estima una columna en la que se calcula el porcentaje acumulado del valor agregado pecuario municipal y el porcentaje de municipios que aportan a dicha acumulación hasta el punto en que la suma de estos dos porcentajes sea igual a 100 %.

Sobre los restantes municipios se utiliza la metodología de agrupamientos de las variables socioeconómicas que en este caso indica la necesidad de utilizar el método de K-Medias.

El algoritmo de K-Medias, como otros métodos de agrupamiento parten de una función de aprendizaje no supervisado, donde no existen clases predefinidas y sus resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Se busca minimizar la distancia intra-clústeres y maximizar la distancia inter-clústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si d(i,j) > d(i,k) indica que el objeto i es más parecido a k que a j. El método de K-Medias desarrollado por MacQueen (1967) se basa un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en 2, y por tratarse de un agrupamiento univariado no está sesgado por el orden de presentación inicial de los datos.

Los pasos para la estimación del clúster de K-Medias fueron los siguientes:

1. Se ordenan los datos de mayor a menor o de menor a mayor según incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio y su supuesta relación con los niveles de aptitud para la cadena productiva.
2. De manera inicial el total de datos disponibles se divide en 2 grupos; se calcula el centroide (centro geométrico del clúster) como base para la construcción de la variable objetivo (distancia). El centroide que se propone es el promedio aritmético de cada agrupamiento.
3. Dado que el algoritmo de K-Medias busca minimizar la distancia interna (suma de las distancias de los datos de su centroide), se calcula para cada dato el cuadrado de las diferencias de este con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (2) y se suman dichos valores para todos los datos de este clúster.
4. Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los 2 posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.
5. Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de k-Medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

1. Evaluar la existencia de clúster que solo están integrados por datos extremos (*outliers*).
2. Comparar dos conjuntos de clúster alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.
3. Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

La validación se puede desarrollar tanto por criterios internos como externos que aporte información adicional como los relacionados con la entropía y la pureza, como también por criterios internos generados a partir de los propios datos como la suma de los cuadrados de las distancias al interior y entre clúster (cohesión y separación).

4. Clasificación de los municipios por aptitud.

Al realizar el procedimiento anteriormente descrito para la variable Valor Agregado Pecuario Municipal (VAPM) el resultado fueron 3 agrupamientos, a los que se le asignó la calificación de aptitud, de modo que los rangos quedan definidos de la siguiente manera:

Aptitud alta (A1): municipios con más de 13,58 mil millones de VAPM.
Aptitud media (A2): municipios entre 6,18 y 13,58 mil millones de VAPM
Aptitud baja (A3): municipios con menos de 6,18 mil millones de VAPM

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

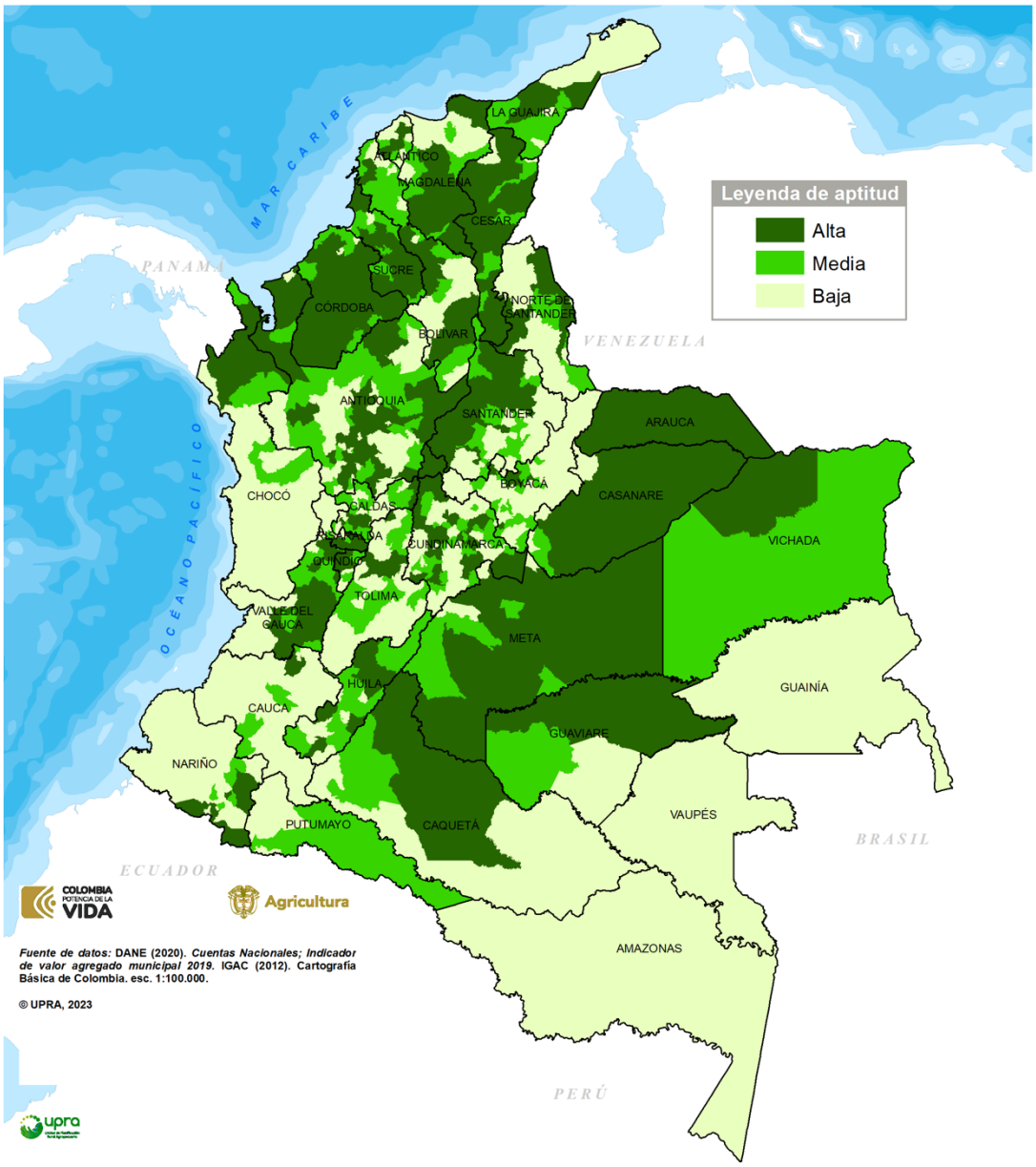
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Miles de millones de pesos	Aptitud
> 13,58	Alta (A1)
6,18 - 13,58	Media (A2)
< 6,18	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Miles de millones de pesos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS
Variable Valor Agregado Pecuario Municipal (VAPM)

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2020). *Cuentas Nacionales: Indicador Valor Agregado Municipal, Actividad ganadería*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.

3.5.4. Variable zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC)

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: ECONÓMICO		
CRITERIO ASOCIADO: INDICADORES ECONÓMICOS		
VARIABLE: zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC)	**UNIDAD DE MEDIDA:** municipios	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Estimulo tributario que se aplica a las zonas más afectadas por el conflicto armado, las cuales están constituidas por 344 municipios que son considerados como los más golpeados por la violencia (Ministerio de Hacienda y Crédito Público, 2017).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Busca el fortalecimiento de la productividad y la competitividad, acelerando el crecimiento y el desarrollo con la creación de empresa y la generación de empleo, a través de incentivos a los empresarios mediante una tarifa especial y progresiva del impuesto de renta para los próximos 10 años (a partir del año 2017).

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

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Depende de la legislación y las decisiones de gobierno, lo que implica que los beneficios y estímulos tributarios podrían ser ampliados o revocados partiendo de decisiones políticas. Adicionalmente, no existe forma en la que se pueda medir la manera en que están siendo aprovechados los incentivos y en qué actividades productivas se están concentrando.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Minhacienda. Decreto N.° 1650 de 2017.

2. Precisiones de la información.

Listado de municipios declarados ZOMAC.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se cuenta con la información para la totalidad de municipios del país respecto de si pertenecen o no a las ZOMAC lo que permite hacer un análisis nacional integral. Se constituye como una base de información dicotómica.

4. Clasificación de los municipios por aptitud.
Los puntos de corte para las categorías de aptitud se definieron así: aptitud alta (A1): municipios declarados ZOMAC y aptitud media (A2): resto de municipios.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

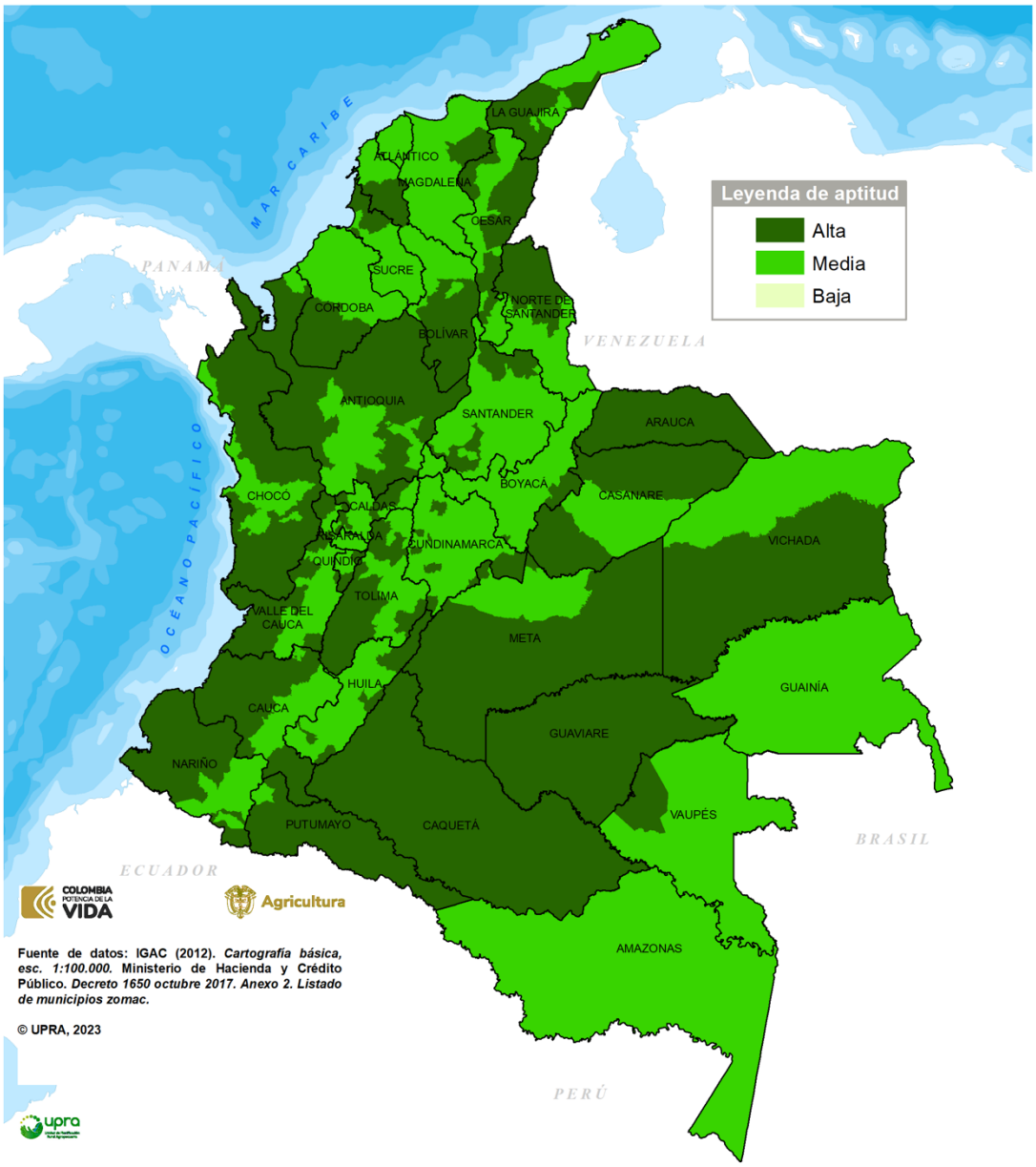
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1) y media (A2). Se excluye la posibilidad de que esta variable tome valores (A3) por considerar que sería un castigo demasiado grande en términos de aptitud para los municipios que no están en el listado.

Municipios	Aptitud
Municipios declarados ZOMAC	Alta (A1)
Resto	Media (A2)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Municipios

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS
Variable zonas ZOMAC

FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- Minhacienda. (2017). *Decreto 1650 de 2017*. https://incp.org.co/Site/publicaciones/info/archivos/decreto-1650.pdf>

3.6. Criterio seguridad ciudadana

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: SOCIAL		
CRITERIO: SEGURIDAD CIUDADANA		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• Abigeato, expresado en tasa de abigeato por cada 1000 cabezas de ganado. • Extorsiones rurales, expresado en tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes. • Secuestros rurales, expresado en tasa de secuestros rurales por cada 1000 habitantes. • Homicidios rurales, expresado en tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes.		

DEFINICIÓN

Ausencia de peligro o afectaciones a la integridad física, así como de riesgo de pérdida de la libertad y del patrimonio por situaciones adversas. Es una 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.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Refleja información de municipios en donde se presentan y repiten hechos delictivos que posiblemente están asociados a la presencia de grupos armados ilegales y delincuencia común, lo cual podría incidir negativamente en la dinámica de la producción.

Ya que condiciones de seguridad adversas en el área rural han sido limitantes para la inversión en proyectos productivos, una caracterización de la seguridad ciudadana municipal representa particular importancia para orientar a los inversionistas privados y las políticas públicas del sector agropecuario.

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, extorsiones, abigeato y

homicidios, entre otras. Estas acciones delictivas generan un ambiente de desconfianza y ausencia de inversión en proyectos productivos que mejorarían 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 bases de datos entregadas por la Policía Nacional, para los delitos de secuestro, extorsión, abigeato y homicidios se encontraron algunos municipios sin información.

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 aptas (N1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología *AHP* (*Analytics Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cuatro variables, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Abigeato	Extorsiones rurales	Secuestros rurales	Homicidios rurales
Seguridad ciudadana	Abigeato	1			
	Extorsiones rurales	1/3	1		
	Secuestros rurales	1/3	1/3	1	
	Homicidios rurales	1/5	1/3	1/3	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 en 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 y para cada categoría de aptitud se asignó un valor así: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Criterio	Variable	Ponderación (%)
Seguridad ciudadana	Abigeato	40,6
	Extorsiones rurales	35,7
	Secuestros rurales	15,7
	Homicidios rurales	8,0
Total, ponderación		**100**

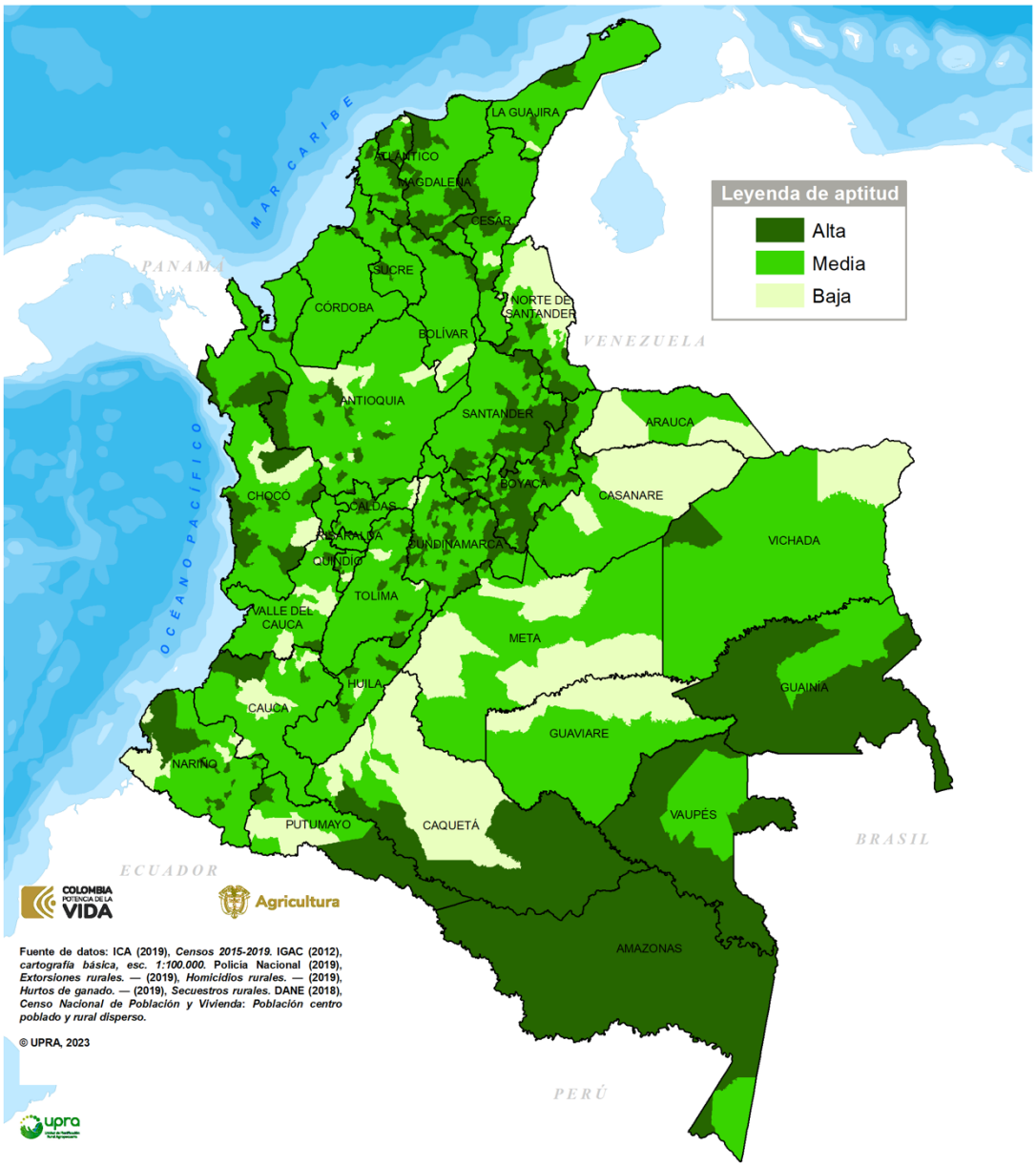
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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)
Abigeato	Tasa de abigeato por cada 1000 cabezas de ganado	Sin ocurrencia del delito	≤1,4458	>1,4458
Extorsiones rurales	Tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤0,2227	> 0,2227
Secuestros rurales	Tasa de secuestros rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤ 0,0719	> 0,0719

Homicidios rurales	Tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤0,5308	> 0,5308

REPRESENTACION CARTOGRAFICA DEL CRITERIO



CRITERIO SEGURIDAD CIUDADANA

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Comisión Interamericana de Derechos Humanos. (2009). *Informe sobre seguridad ciudadana y derechos humanos*. www.cidh.oas.org/.../SEGURIDAD%20CIUDADANA
- Congreso de la República. (2004). Ley 906 de 2004. Código de procedimiento penal.
- _. (2018). Ley 1944 de 2018. <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa>.
- _. (2020). Ley 599 de (2000). <http://www.secretariasenado.gov.co/senado>.
- DANE. (2018). *Censo nacional de población y vivienda, población centro poblado y rural disperso*. DANE.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- INMLCF (2018). *Homicidio_Colombia 2008*. INMLCF
- __ . (2014). *Comportamiento del homicidio en Colombia 2013*.
- MacQueen, J. (1967). *Some methods for classification and analysis of multivariate observations. L. M. Lucien, & J. Neyman, Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, 1(Statistics)*, 281–297.
- Policía Nacional. (2020). Grupo Información de Criminalidad (GICRI) DIJIN. 2015-2019. <www.policia.gov.co/grupo-información-criminalidad/estadistica-delictiva>. Bogotá´: Policía Nacional

3.6.1. Variable abigeato

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: SOCIAL		
CRITERIO ASOCIADO: SEGURIDAD CIUDADANA		
VARIABLE: abigeato	**UNIDAD DE MEDIDA:** tasa de abigetao por cada 1000 cabezas de ganado	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

El abigeato o cuatrerismo es el delito que consistente en el robo de animales de cría y es una conducta delictiva común del campo, por lo que después de grandes esfuerzos fue tipificado de manera específica en el código penal en los artículos 243 y 243 A, a través de una reforma a la Ley 599 de 2000, realizada en 2018, facilitando así herramientas de protección al patrimonio de los productores ganaderos.

Por definición tanto abigeo como abigeato proceden de la palabra latina *abigere*, que equivale a aguijar las bestias para que caminen. Es una especie de robo, pero se diferencia de este en que la cosa no se coge con la mano y se transporta a otro lugar, sino que la desvía y se la hace marchar a distinto destino con el objeto de aprovecharse de ella (Contexto Ganadero, 2017).

Se distinguen dentro de la tipificación del delito las especies bovinas mayores y menores, equinas o porcinas plenamente identificadas.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

La espacialización de esta variable muestra el comportamiento del abigeato a nivel municipal, ya que este delito constituye una de las pérdidas económicas más importantes de los productores de ganado. Tener un instrumento que oriente sobre el fenómeno es de gran utilidad al convertirse en un insumo para la formulación de políticas que mejoren y mitiguen el delito.

El abigeato, por las consecuencias que genera, pone en peligro la estabilidad de la producción, motivo por el cual la variable se considera importante, toda vez que muestra el comportamiento del delito y puede orientar sobre donde es probable llevar a cabo la actividad comercial y productiva con un menor riesgo.

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

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

En las fuentes de información consultadas para la variable abigeato se encuentran municipios sin registros. 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.

ICA. 2019. Inventario búfalos 2015-2019.
IGAC. 2012. Cartografía básica, escala 1:100.000.
Policía Nacional. 2020. Casos de abigeato en zona rural, período 2015 a 2019.

2. Precisiones de la información.

Se analizó el número de hurtos y carneo de reses 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 búfalos hurtados o muertos en sitio en zona rural, respecto al censo de cada municipio; para este objetivo se construyó el índice de abigeato por cada 1000 cabezas de ganado, de la siguiente forma:

a. A partir de las series históricas del número de abigeatos registrados en la zona rural para el período 2015-2019, se realizó la sumatoria de los cinco años.
b. Luego, con base en las series del inventario de animales del ICA, se tomó el dato de la población proyectada para el año 2019, por municipio.
c. Resultado de los dos cálculos anteriores, se efectuó la relación de la sumatoria del número de reses hurtadas sobre el número promedio de cabezas de la especie y se proyectó como índice por cada 1000 individuos.

4. Clasificación por aptitud.

Para clasificar la variable, luego de la construcción del índice de abigeato, se dividió la serie en dos grupos: el primero, con los municipios que no registraron el delito, el segundo, con los municipios que tenían uno o más casos de abigeato registrados. A continuación, al primer grupo

de municipios, se les asignó aptitud alta (A1) para la presente zonificación de aptitud y para el segundo grupo, se aplicó el método estadístico K-Medias, que permite realizar agrupamiento de datos con el objetivo que sean muy similares entre los individuos del grupo y lo más disímiles posibles entre otros grupos, para la clasificación por aptitud de este grupo de municipios se calcularon dos clústeres (k = 2).

El algoritmo de K-Medias, como otros métodos de agrupamiento parte de una función de aprendizaje no supervisado donde no existen clases predefinidas y sus resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Se busca minimizar la distancia intra-clústeres y maximizar la distancia inter-clusteres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si d(i,j) > d(i,k) indica que el objeto i es más parecido a k que a j. El método de K-Medias desarrollado por MacQueen (1967) se basa un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en 2 para las aptitudes A2 y A3 y por tratarse de un agrupamiento univariado no está sesgado por el orden de presentación inicial de los datos.

Los pasos para la estimación del clúster de K-Medias fueron los siguientes:

1. Se ordenan los datos de mayor a menor o de menor a mayor según incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio y su supuesta relación con los niveles de aptitud para la cadena productiva.
2. De manera inicial se divide en 2 grupos el total de datos disponibles se calcula el centroide (centro geométrico del clúster) como base para la construcción de la variable objetivo (distancia). El centroide que se propone es el promedio aritmético de cada agrupamiento. Esto, para aquellos municipios que durante el período analizado tienen en promedio 1 o más delitos.
3. Dado que el algoritmo de K-Medias busca minimizar la distancia interna (suma de las distancias de los datos de su centroide), se calcula para cada dato el cuadrado de las diferencias de este con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (2) y se suman dichos valores para todos los datos de este clúster.
4. Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los 2 posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.
5. Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de K Medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

- Evaluar la existencia de clústeres que solo están integrados por datos extremos (outliers).
- Comparar dos conjuntos de clústeres alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.

- Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

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 eventos de abigeatos por cada 1000 cabezas de ganado y al grupo restante con el mayor número de delitos por reses, se le asignó un rango de aptitud baja (A3).

Los rangos de aptitud identificados son los siguientes: aptitud alta (A1): municipios donde no se ha reportado el delito (0); aptitud media (A2): municipios del resultado del primer clúster, donde se han reportado hasta 1,4458 casos de abigeato por cada 1000 búfalos. Aptitud baja (A3): municipios del resultado del segundo clúster, donde se han reportado más de 1,4458 casos de abigeato rurales por cada 1000 búfalos. Estos resultados se obtienen de los clústeres de comparar todos los municipios del país donde se presentó el delito, durante el periodo 2015-2019.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

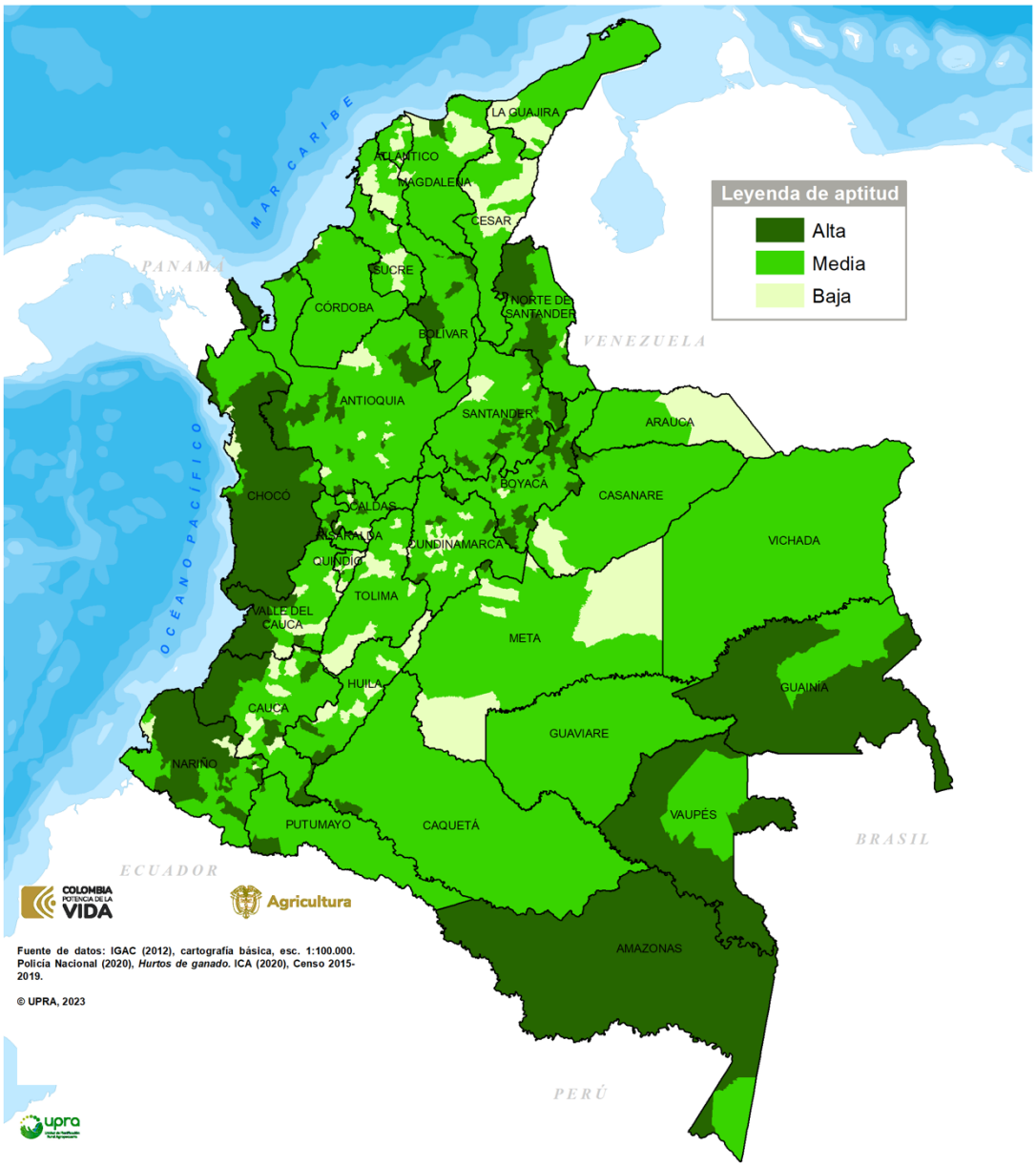
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Tasa de abigeato por cada 1000 cabezas de ganado	Aptitud
Sin ocurrencia del delito	Alta (A1)
≤ 1,4458	Media (A2)
> 1,4458	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Tasa de abigeato por cada 1000 cabezas de ganado

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO SEGURIDAD CIUDADANA
Variable abigeato

FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC
- Ley 599 de 2000. Código Penal Colombiano, Artículo 243. <http://www.secretariasenado.gov.co/senado>.
- MacQueen, J. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. L. M. Lucien, & J. Neyman, Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, 1(Statistics), 281–297.
- Policía Nacional. (2019). Grupo Información de Criminalidad (GICRI). Policía Nacional - DIJIN. Datos 2015-2019. Policía Nacional.

3.6.2 Variable extorsiones rurales

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: SOCIAL		
CRITERIO ASOCIADO: SEGURIDAD CIUDADANA		
VARIABLE: extorsiones rurales	**UNIDAD DE MEDIDA:** tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes	
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Consiste en obligar a una persona, a través de la utilización de violencia o intimidación, a realizar u omitir un acto o negocio jurídico con ánimo de lucro y con la intención de producir un perjuicio de carácter patrimonial; está definido en el código penal como «El que constriña a otro a hacer, tolerar u omitir alguna cosa, con el propósito de obtener provecho ilícito o cualquier utilidad ilícita o beneficio ilícito, para sí o para un tercero».

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Muestra la ocurrencia de la actividad extorsiva en un periodo de tiempo específico en los municipios del país; de ahí que su importancia ya constituye una herramienta para el sector, los productores y potenciales inversores para tratar de proyectar el comportamiento del delito a nivel municipal.

Contribuye a la formulación de lineamientos de políticas desde el sector productor o a tomar las medidas de mitigación respectivas por parte de los productores o posibles inversores.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Las fuentes de información consultadas para la variable extorsiones rurales no cuentan con registros para algunos municipios. Por lo que, bajo el principio de precaución, estos 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.

DANE. 2018. Censo Nacional de Población y Vivienda 2018
IGAC. 2012. Cartografía básica.
Policía Nacional. 2019. Dirección de Investigación Criminal e Interpol. 2015 a 2019.

2. Precisiones de la información.

Se analizó el número de extorsiones ocurridas en las zonas rurales de 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. Se realizó la sumatoria de cinco años, a partir de las series históricas del número de extorsiones registradas en la zona rural para el período 2015-2019.
b. Luego, con base en las series de proyección de población municipal del DANE (2018), de los Microdatos del Censo CNPV -2018, para el país, se tomó la población por municipio proyectada para el año 2019, la cual se encuentra discriminada entre "cabecera y resto"; se extrajo la información del ámbito geográfico denominado "resto", asociándola a la población rural para este año.
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 por aptitud.

Para clasificar la variable luego de la construcción del índice, se dividió la serie en dos grupos, el primero, con los municipios que no registraron extorsiones y el segundo, con los municipios que tenían uno o más casos de extorsiones registrados durante este período de análisis.

A continuación, al primer grupo de municipios, se les asignó aptitud alta (A1) y para el segundo grupo, se aplicó el método estadístico K-Medias, que permite realizar agrupamiento de datos con el objetivo que sean muy similares entre los individuos del grupo y lo más disímiles posibles entre otros grupos. Para la clasificación por aptitud de este grupo de municipios se calcularon dos clústeres (k = 2).

El algoritmo de K-Medias, como otros métodos de agrupamiento parten de una función de aprendizaje no supervisado donde no existen clases predefinidas y sus resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Se busca minimizar la distancia intra-clústeres y maximizar la distancia inter-clústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si d(i,j) > d(i,k) indica que el objeto i es más parecido a k que a j. El método de K-Medias desarrollado por MacQueen (1967) se basa un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en 2 para las aptitudes A2 y A3, y por tratarse de un agrupamiento univariado no está sesgado por el orden de presentación inicial de los datos.

Los pasos para la estimación del clúster de K-Medias fueron los siguientes:

1. Se ordenan los datos de mayor a menor o de menor a mayor según incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio y su supuesta relación con los niveles de aptitud para la cadena productiva.
2. De manera inicial el total de datos disponibles se dividió en dos grupos, se calculó el centroide (centro geométrico del clúster) base para la construcción de la variable objetivo (distancia). El centroide que se propone es el promedio aritmético de cada agrupamiento. Esto, para aquellos municipios que durante el período analizado tienen en promedio uno o más delitos.
3. Dado que el algoritmo de K-Medias busca minimizar la distancia interna (suma de las distancias de los datos de su centroide), se calcula para cada dato el cuadrado de las diferencias de este con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (dos) y se suman dichos valores para todos los datos de este clúster.
4. Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los dos posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.
5. Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de K Medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

- Evaluar la existencia de clúster que solo están integrados por datos extremos (*outliers*).
- Comparar dos conjuntos de clúster alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.
- Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

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 extorsiones 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 (0). Aptitud media (A2): municipios del resultado del primer clúster, donde se han reportado hasta 0,2227 casos de extorsiones rurales por cada mil habitantes rurales. Aptitud baja (A3): municipios del resultado del segundo clúster, donde se han reportado más de 0,2227 casos de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes rurales. Estos resultados se obtienen de los clústeres de comparar todos los municipios del país donde se presentó el delito, durante el periodo 2015-2019.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

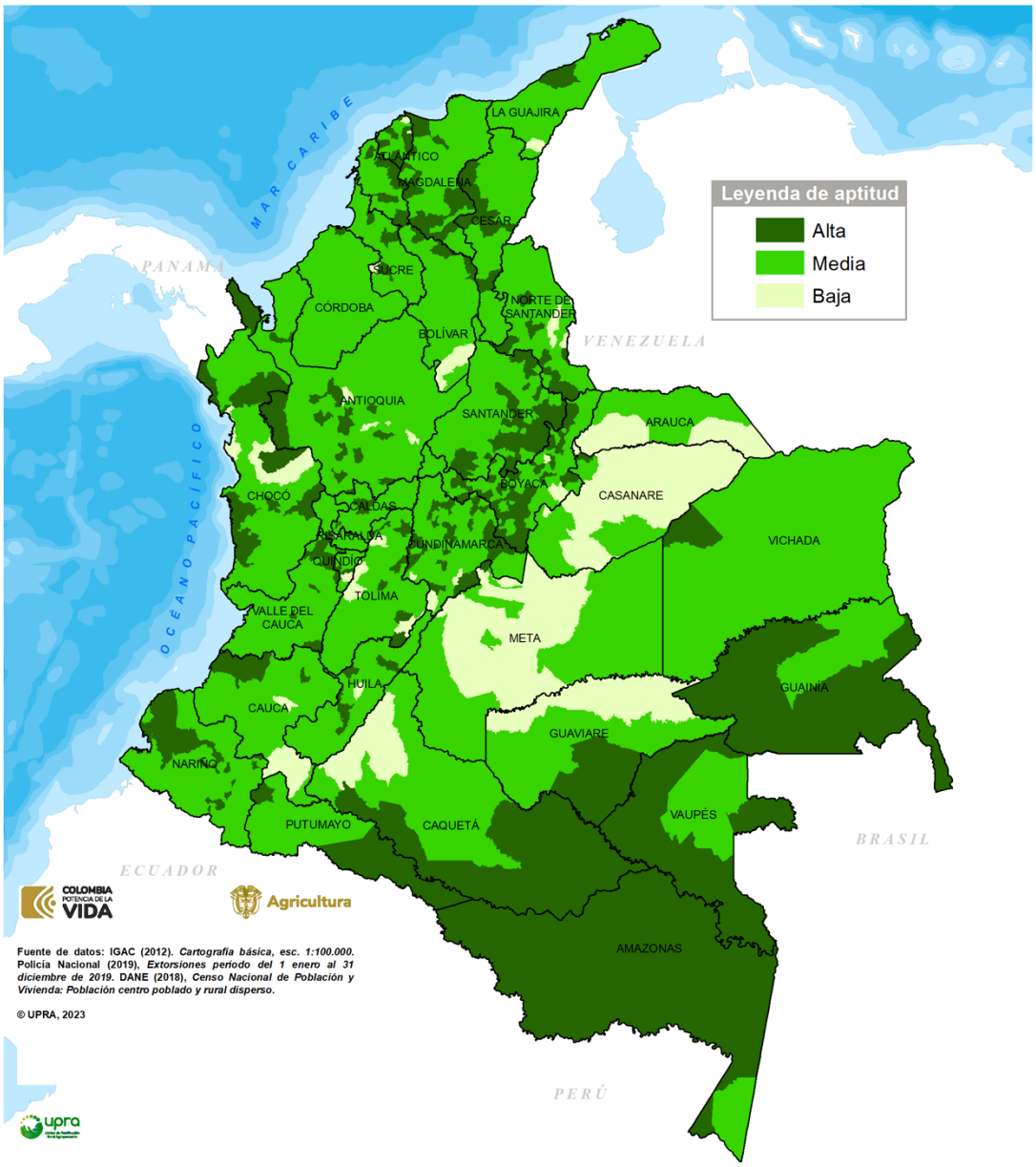
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes	Aptitud
Sin ocurrencia del delito	Alta (A1)
≤ 0,2227	Media (A2)
> 0,2227	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO SEGURIDAD CIUDADANA
Variable extorsiones rurales

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Código de procedimiento penal. Ley 906 de2004.
- DANE (2018). *Censo nacional de Población y Vivienda_ Población centro poblado y rural disperso*. DANE.
- Código Penal Colombiano. Ley 599 de 2000, Artículo 244. <http://www.secretariasenado.gov.co/senado>.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- MacQueen, J. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. L. M. Lucien, & J. Neyman, Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, 1(Statistics), 281–297.
- Policía Nacional. (2019). Grupo Información de Criminalidad (GICRI). Policía Nacional - DIJIN. Datos 2015-2019. Policía Nacional.

3.6.3. Variable secuestros rurales

<table>
<tr><th colspan="4">FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE</th></tr>
<tr><td colspan="2">TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="2">PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (Bubalus bubalis) EN PASTOREO</td></tr>
<tr><td colspan="4">COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: SOCIAL</td></tr>
<tr><td colspan="4">CRITERIO ASOCIADO: SEGURIDAD CIUDADANA</td></tr>
<tr><td colspan="2">VARIABLE: secuestros rurales</td><td colspan="2">UNIDAD DE MEDIDA: tasa de secuestros rurales por cada 1000 habitantes</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="4">TIPO DE CRITERIO ASOCIADO</td><td>Exclusión técnica</td><td></td></tr>
<tr><td>Análisis jerárquico</td><td>✓</td></tr>
<tr><td>Exclusión legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
</table>

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).

Esta práctica delictiva y recurrente tiene como finalidad no solo obtener un provecho económico sino a conducir a un grupo o una persona a ejecutar actos para beneficio del delincuente, por lo tanto, se considera secuestro cuando con fines lucrativos se retiene a una persona o simplemente se le impide su movilización.

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. Por tal razón, la variable merece especial importancia, toda vez que indica la vulnerabilidad y/o posible riesgo tanto de la población como de los potenciales inversionistas.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Las fuentes de información consultadas para la variable secuestros rurales no cuentan con registros para algunos municipios. 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.

DANE. 2018. Población proyecta para el año 2019.
IGAC. 2012. Cartografía básica. .
Policía Nacional. 2020. Información de secuestros: 2015 a 2019.

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. Se realizó la sumatoria de los cinco años a partir de las series históricas del número de secuestros registrados en la zona rural para el período 2015-2019.
b. Luego, con base en las series de proyección de población municipal del DANE (2018), de los Microdatos del Censo–CNPV -2018, para el país, se tomó la población por municipio proyectada para el año 2019, la cual se encuentra discriminada entre "cabecera y resto"; se extrajo la información del ámbito geográfico denominado resto, asociándola a la población rural para este año.
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 por aptitud.

Para clasificar la variable luego de la construcción del índice se dividió la serie en dos grupos, el primero, con los municipios que no registraron homicidio y el segundo, con los municipios que tenían uno o más casos de homicidios registrados.

A continuación, al primer grupo de municipios, se les asignó aptitud alta (A1) y para el segundo grupo, se aplicó el método estadístico K-Medias, que permite realizar agrupamiento de datos con el objetivo que sean muy similares entre los individuos del grupo y lo más disímiles posibles entre otros grupos; para la clasificación por aptitud de este grupo de municipios se calcularon dos clústeres (k = 2).

El algoritmo de K-Medias, como otros métodos de agrupamiento parten de una función de aprendizaje no supervisado donde no existen clases predefinidas y sus resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Se busca minimizar la distancia intra-closter y maximizar la distancia inter-closteres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si d(i,j) > d(i,k) indica que el objeto i es más parecido a k que a j. El método de K-Medias desarrollado por MacQueen (1967) se basa un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en 2 para las aptitudes A2 y A3, y por tratarse de un agrupamiento univariado no está sesgado por el orden de presentación inicial de los datos.

Los pasos para la estimación del clúster de K-Medias fueron los siguientes:

1. Se ordenan los datos de mayor a menor o de menor a mayor según incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio y su supuesta relación con los niveles de aptitud para la cadena productiva.
2. De manera inicial el total de datos disponibles se divide en 2 grupos, se calcula el centroide (centro geométrico del clúster) base para la construcción de la variable objetivo (distancia). El centroide que se propone es el promedio aritmético de cada agrupamiento. Esto, para aquellos municipios que durante el período analizado tienen en promedio uno o más delitos.
3. Dado que el algoritmo de K-Medias busca minimizar la distancia interna (suma de las distancias de los datos de su centroide), se calcula para cada dato el cuadrado de las diferencias de este con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (dos) y se suman dichos valores para todos los datos del mismo clúster.
4. Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los dos posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.
5. Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de K Medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

- Evaluar la existencia de clúster que solo están integrados por datos extremos (*outliers*).
- Comparar dos conjuntos de clústeres alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.
- Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

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 (0). Aptitud media (A2): municipios del resultado del primer clúster, donde se han reportado hasta 0,0719 casos de secuestros rurales por cada mil habitantes rurales. Aptitud baja (A3): municipios del resultado del segundo clúster, donde se han reportado más de 0,0719 casos de secuestros rurales por cada 1000 habitantes rurales. Estos resultados se obtienen de los clústeres de comparar todos los municipios del país donde se presentó el delito, durante el periodo 2015-2019.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

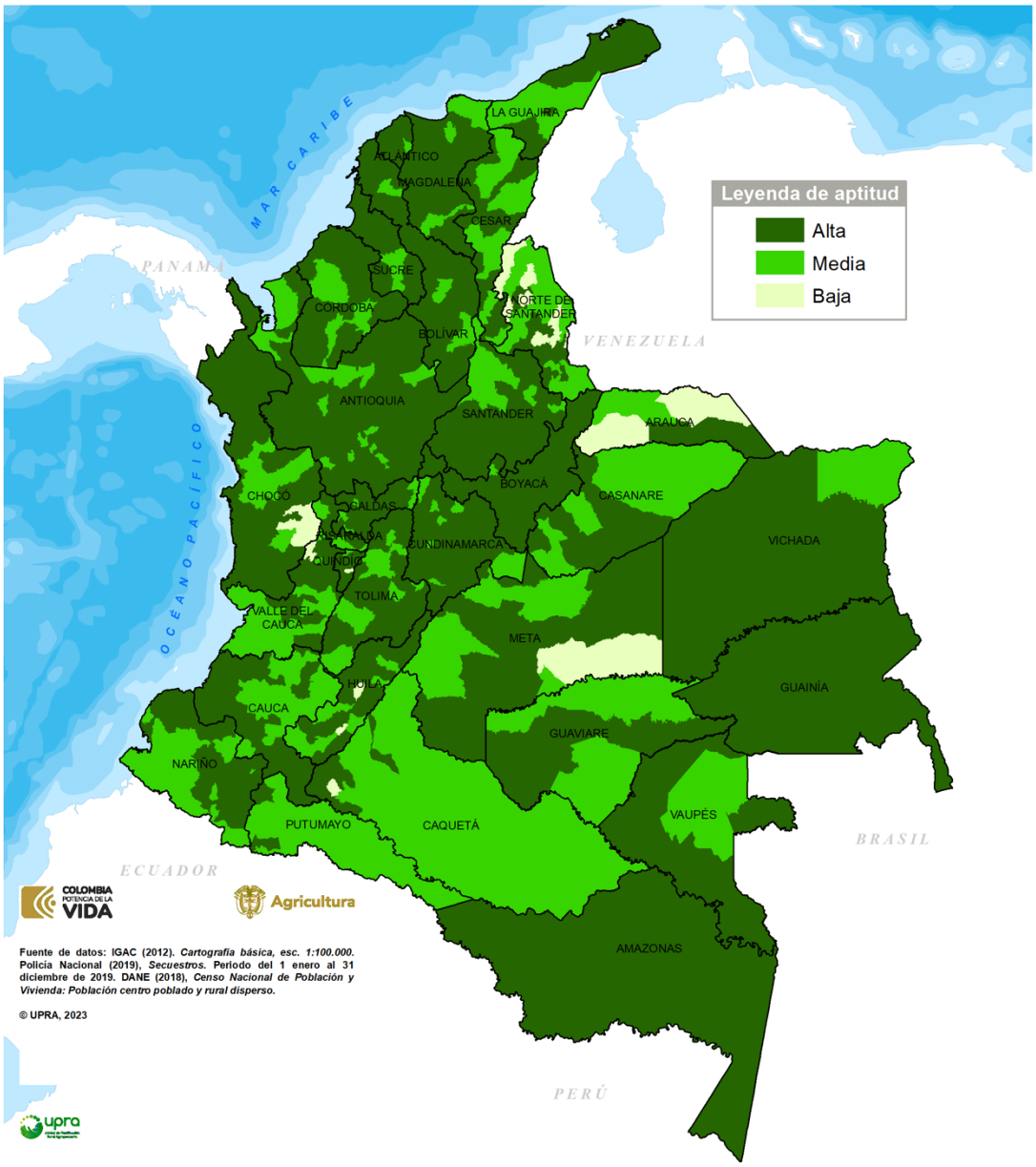
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Tasa de secuestros rurales por cada 1000 habitantes	Aptitud
Sin ocurrencia del delito	Alta (A1)
≤ 0,0719	Media (A2)
> 0,0719	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Tasa de secuestros rurales por cada 1000 habitantes

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO SEGURIDAD CIUDADANA
Variable secuestros rurales

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Congreso de la República. (2000). Ley 599 de 2000. Código Penal Colombiano. Artículo 168. <http://www.secretariasenado.gov.co/senado>.
- Congreso de la República. (2005). Ley 986 de 2005. Medidas de protección a víctimas del secuestro, toma de rehenes y desaparición forzada.
- DANE. (2018). *Censo nacional de Población y Vivienda_ Población centro poblado y rural disperso*. DANE.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC
- MacQueen, J. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. L. M. Lucien, & J. Neyman, Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, 1(Statistics), 281–297.
- Policía Nacional. (2019). Grupo Información de Criminalidad (GICRI). Policía Nacional - DIJIN. Datos 2015-2019. Policía Nacional.

3.6.4. Variable homicidios rurales

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: SOCIAL		
CRITERIO ASOCIADO: SEGURIDAD CIUDADANA		
VARIABLE: homicidios rurales	**UNIDAD DE MEDIDA:** tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

La palabra homicidio deriva del vocablo latino *homicidĭum* 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. El homicidio se puede definir como «Supresión por conducta del agente (agresor) de una vida humana (tipicidad), sin justificación jurídicamente atendible (antijuridicidad), en forma intencional o dolosa, o con culpa o preterintencional (culpabilidad)».

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 (INMLCF, 2013).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Muestra la ocurrencia de esta actividad violenta en un periodo de tiempo específico en los municipios del país; de ahí su importancia ya que constituye una herramienta para el sector, los productores y potenciales inversionistas, para tratar de proyectar el comportamiento del delito a nivel municipal.

Contribuye a la formulación de lineamientos de políticas desde el sector bufalino o a tomar las medidas de mitigación respectivas desde los productores o posibles inversionistas.

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

El análisis de la variable no presenta limites que se califiquen como zonas no aptas (N1)

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Las fuentes de información consultadas para la variable homicidios rurales no cuentan con registros para algunos municipios. 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.

DANE. 2020. Población proyecta para el año 2019.
IGAC. 2012. Cartografía básica.
Policía Nacional. 2019. Casos de homicidios en zona rural 2015 a 2019.

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. Se realizó la sumatoria de los cinco años a partir de las series históricas del número de homicidios registrados en la zona rural para el período 2015-2019.
B. Luego, con base en las series de proyección de población municipal del DANE (2018), de los Microdatos del Censo Nacional de Población y Vivienda –CNPV -2018, para el país se tomó la población por municipio proyectada para el año 2019, la cual se encuentra discriminada entre "cabecera y resto"; se extrajo la información del ámbito geográfico denominado "resto", asociándola a la población rural para este año.
C. 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 por aptitud.

Para clasificar la variable luego de la construcción del índice de homicidios por cada 1000 habitantes, se dividió la serie en dos grupos, el primero, con los municipios que no registraron homicidio y el segundo, con los municipios que tenían uno o más casos de homicidios registrados.

A continuación, al primer grupo de municipios, se les asignó aptitud alta (A1) para la presente zonificación de aptitud y para el segundo grupo, se aplicó el método estadístico K-Medias, que permite realizar agrupamiento de datos con el objetivo que sean muy similares entre los individuos del grupo y lo más disímiles posibles entre otros grupos, para la clasificación por aptitud de este grupo de municipios se calcularon dos clústeres (k = 2).

El algoritmo de K-Medias, como otros métodos de agrupamiento parte de una función de aprendizaje no supervisado donde no existen clases predefinidas y sus resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Se busca minimizar la distancia intra-clústeres y maximizar la distancia inter-clústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si d(i,j) > d(i,k) indica que el objeto i es más parecido a k que a j. El método de K-Medias desarrollado por MacQueen (1967) se basa un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en 2 para las aptitudes A2 y A3, y por tratarse de un agrupamiento univariado no está sesgado por el orden de presentación inicial de los datos.

Los pasos para la estimación del clúster de K-Medias fueron los siguientes:

1. Se ordenan los datos de mayor a menor o de menor a mayor según incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio y su supuesta relación con los niveles de aptitud para la cadena productiva.
2. De manera inicial el total de datos disponibles se divide en 2 grupos, se calcula el centroide (centro geométrico del clúster) como base para la construcción de la variable objetivo (distancia). El centroide que se propone es el promedio aritmético de cada agrupamiento. Esto, para aquellos municipios que durante el período analizado tienen en promedio uno o más delitos.
3. Dado que el algoritmo de K-Medias busca minimizar la distancia interna (suma de las distancias de los datos de su centroide), se calcula para cada dato el cuadrado de las diferencias de este con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (dos) y se suman dichos valores para todos los datos de este clúster.
4. Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los dos posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.
5. Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de K-Medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

- Evaluar la existencia de clúster que solo están integrados por datos extremos (outliers).
- Comparar dos conjuntos de clúster alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.
- Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

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 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 (0). Aptitud media (A2): municipios del resultado del primer clúster, donde se han reportado hasta 0,5308 casos de homicidios rurales por cada mil habitantes rurales. Aptitud baja (A3): municipios del resultado del segundo clúster, donde se han reportado más de 0,5308 casos de homicidios rurales por cada 1000 habitantes rurales. Estos resultados se obtienen de los clústeres de comparar todos los municipios del país donde se presentó el delito, durante el periodo 2015-2019.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

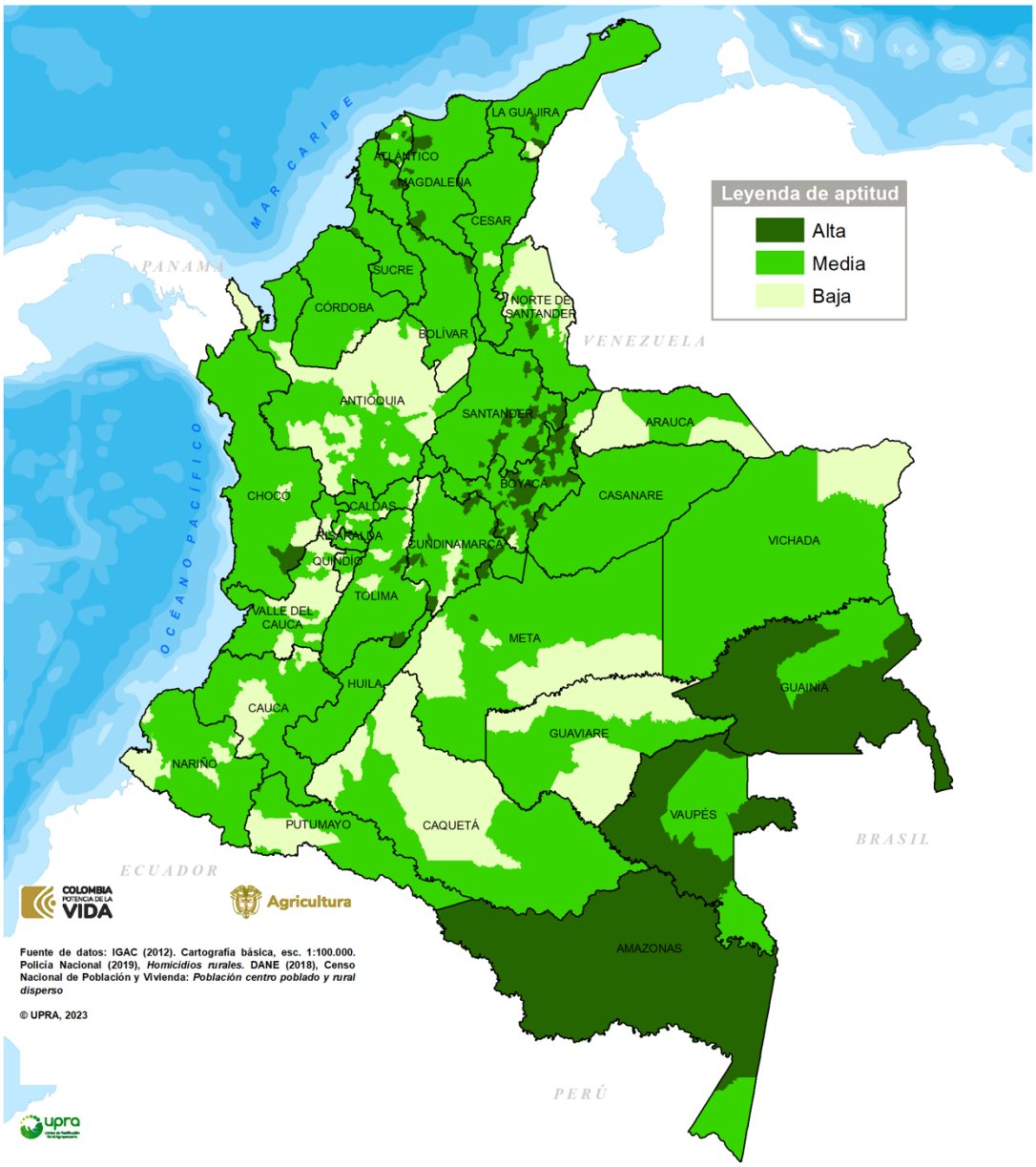
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes	Aptitud
Sin ocurrencia del delito	Alta (A1)
≤ 0,5308	Media (A2)
> 0,5308	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO SEGURIDAD CIUDADANA
Variable homicidios rurales

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Congreso de la República. (2000). Ley 599 de 2000. Artículo 103. <http://www.secretariasenado.gov.co/senado>.
- DANE. (2018). *Censo nacional de Población y Vivienda. Población centro poblado y rural disperso*. DANE.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- INMLCF. Homicidio_Colombia 2008. Instituto Nacional de Medicina Legal.
- _. Comportamiento del Homicidio en Colombia 2013.
- MacQueen, J. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. L. M. Lucien, & J. Neyman, Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability, 1(Statistics), 281–297.
- Policía Nacional. (2019). Grupo Información de Criminalidad (GICRI). Policía Nacional - DIJIN. Datos 2015 -2019. Policía Nacional.

3.7. Criterio condiciones de vida

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: SOCIAL		
CRITERIO: CONDICIONES DE VIDA		
TIPO DE CRITERIO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• Trabajo, expresado en porcentaje de hogares con privaciones (%). • Salud, expresado en porcentaje de hogares con privaciones (%). • Condiciones de la niñez y la juventud, expresado en porcentaje de hogares con privaciones (%). • Condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos, expresado en porcentaje de hogares con privaciones (%). • Condiciones educativas del hogar, expresado en porcentaje de hogares con privaciones (%).		

DEFINICIÓN

Mide el grado de privación de los hogares rurales en un conjunto de dimensiones medidas a partir de indicadores a nivel municipal que permiten determinar la naturaleza de la privación y la intensidad y profundidad de esta. Esta aproximación permite observar patrones distintos a los medidos por la pobreza monetaria, enfocándose en los hogares rurales.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Muestra las capacidades de la población para integrarse a un proceso productivo y la probabilidad de los productores de acceder a certificaciones de buenas prácticas. Aquellos municipios con menos hogares en situación de privación en cada dimensión cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas y, por lo tanto, requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades productivas y para acceder a certificaciones que le otorguen mayor competitividad.

La calidad de vida de la población rural influye poderosamente en el desarrollo de sus capacidades como seres humanos y en la posibilidad de integrarse a un proceso productivo. Aquellos municipios con menos hogares en situación de privación en cada una de las dimensiones analizadas cuentan con poblaciones más aptas para participar funcionalmente en las dinámicas productivas y por lo tanto requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades.

La cantidad de hogares en situación de privación multidimensional es inversa a la aptitud del municipio. Municipios con mayores niveles de hogares en situación de privación multidimensional (condiciones educativas del hogar, condiciones de la niñez y juventud, salud, trabajo, acceso a servicios públicos domiciliarios y condiciones de la vivienda) reflejan una menor competitividad socioeconómica para la ubicación de nuevos procesos productivos.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

No se evalúa la pobreza multidimensional rural sino las tasas de privación por cada dimensión con fuente censal 2018. Dicha estimación aproximada utiliza fuentes instrumentales para dos de los 15 indicadores utilizados. Concretamente en el indicador empleo informal se utiliza información del registro de la PILA dado que el Censo Nacional de Población y Vivienda no contó con información de afiliación a pensiones. Por otra parte, en el indicador "Sin aseguramiento en Salud" se utilizó la información de registros administrativos de la Base Unida de Afiliados y el DEX para entidades del régimen de excepción y especial.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

En el análisis de la variable asociada no se presenta ningún límite que permita calificar una zona como no apta (N1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Se utiliza la información de datos entregada por el DANE en los anexos de la "Medida de pobreza multidimensional municipal con información censal" que permite avanzar en la medición de la pobreza municipal mediante un índice evolucionado y complementario a las Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI). Este insumo se aproxima al estado de la pobreza municipal y sus múltiples dimensiones, por medio de comparaciones entre municipios. La principal virtud de esta información en el contexto de la zonificación es que se construyó usando la información del CNPV 2018, por lo que es posible hacer desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rural disperso.

2. Precisiones de la información.

Colombia tiene dos medidas oficiales de pobreza que son complementarias entre sí: la pobreza monetaria y la pobreza multidimensional. La metodología para la estimación de cada una se encuentra oficializada en el CONPES 150 del 28 de mayo de 2012, en donde se determinó que su publicación se realiza de manera anual según la disponibilidad de las encuestas utilizadas en su estimación (Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH) para la pobreza monetaria y Encuesta de Calidad de Vida (ECV) para la pobreza multidimensional. Sin embargo, estas encuestas solo permiten llegar a niveles de desagregación geográfica departamental (pobreza

multidimensional) y 23 ciudades capitales y 23 departamentos (pobreza monetaria). Con la información del CNPV 2018 es posibles desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rural disperso dentro de cada municipio.

La metodología usada por el DANE es una aproximación a la construcción del índice de pobreza multidimensional oficial para Colombia, que sigue la metodología de Alkire y Foster desarrollada por Oxford Poverty and Human Development Iniciative. En ese sentido la medida de pobreza multidimensional con fuente censal no es comparable ni sustituye el índice oficial de pobreza multidimensional oficial del DANE y puntualmente en los ejercicios de zonificación no se usa la información sobre pobreza, sino los indicadores de privación a nivel municipal.

Los 15 indicadores utilizados en la estimación de todas las variables del criterio 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 consistencia y preparación de la información.

Se separa la información de privaciones a nivel municipal y se selecciona lo referente al área de centros poblado y rural disperso. Se agrupan los indicadores por las cinco dimensiones a las que pertenecen. Se calculan los agrupamientos multivariados entre los indicadores de cada dimensión de análisis agrupadas en cada variable que pertenecen al criterio.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (*Analytics Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cinco variables, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Trabajo	Salud	Condiciones de niñez y juventud	Condiciones de vivienda y acceso a servicios públicos	Condiciones educativas del hogar
Condiciones de vida	Trabajo	1				
	Salud	1/3	1			
	Condiciones de la niñez y la juventud	1/3	1/3	1		

	Condiciones de vivienda y acceso a servicios públicos	1/5	1/3	1/3	1	
	Condiciones educativas del hogar	1/5	1/5	1/3	1/3	1

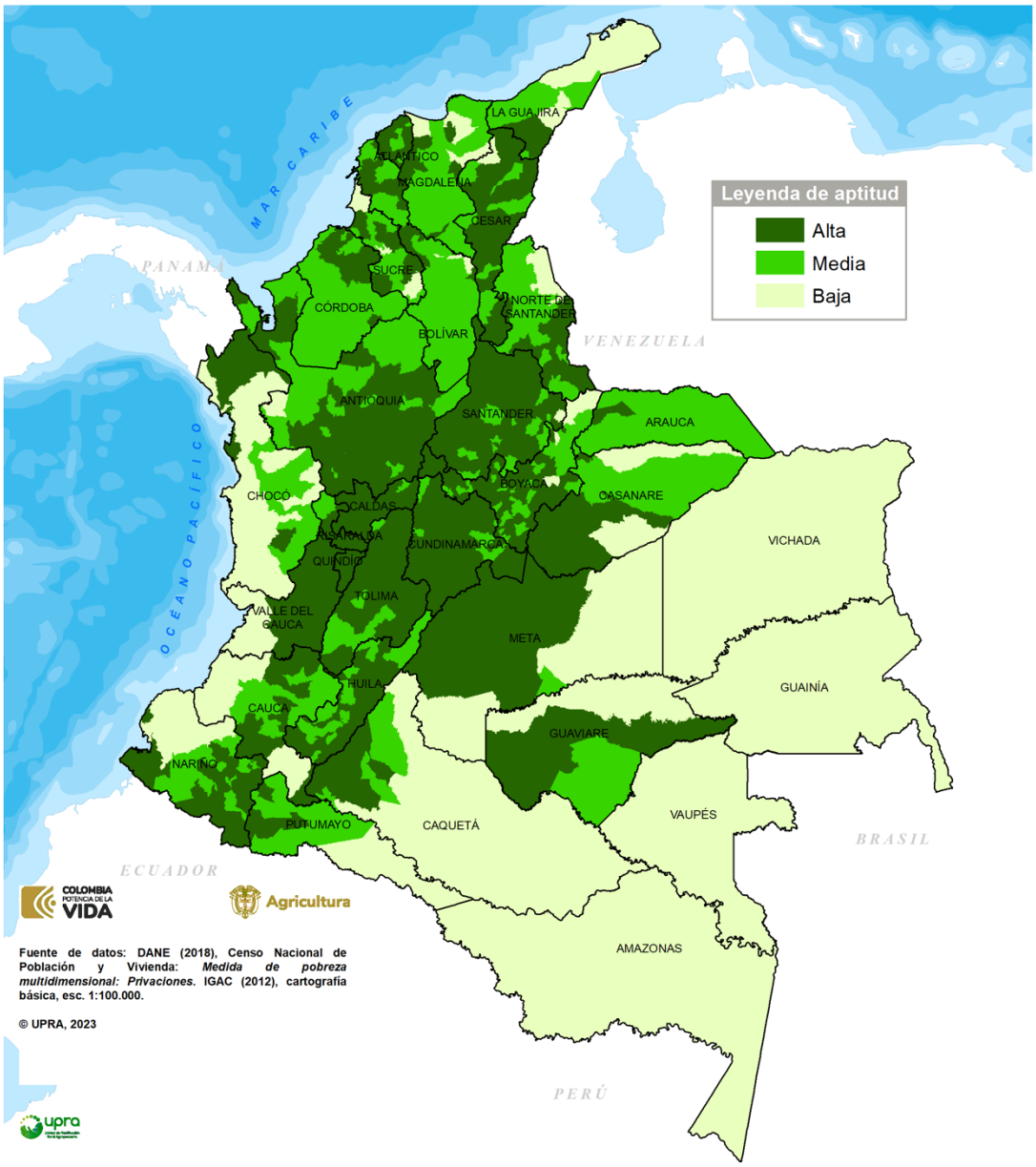
La escala de importancia dentro del proceso *AHP* tiene cuenta la valoración entre pares de variables:

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 en 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 y para cada una se asignó un valor así: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Variable	Ponderación (%)
Trabajo	44,8
Salud	26,1
Condiciones de la niñez y la juventud	15,2
Condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos	8,8
Condiciones educativas del hogar	5,1
Total ponderación	**100**

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CRITERIO CONDICIONES DE VIDA

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2020). *Boletín técnico Medida de Pobreza Multidimensional Municipal CNPV 2018. 31 de enero de 2020*.
- DANE. (2020). *Medida de pobreza multidimensional municipal de fuente censal 2018*. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad/medida-de-pobreza-multidimensional-de-fuente-censal
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.

3.7.1. Variable trabajo

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: SOCIAL		
CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONES DE VIDA		
VARIABLE: trabajo	**UNIDAD DE MEDIDA:** porcentaje de hogares con privaciones (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Corresponde al promedio de los porcentajes de hogares de los centros poblados y rurales dispersos de municipios, con privaciones combinadas en los indicadores trabajo informal y tasa de dependencia. El indicador de empleo informal considera “privado” un hogar cuando al menos una persona económicamente activa está ocupada y no cotiza a fondo de pensiones; mientras que el indicador de tasa de dependencia económica considera “privado” a un hogar cuando el número de personas por miembro ocupado es igual o mayor a 3.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite identificar aquellos territorios rurales donde la incidencia de privaciones en aspectos relacionados con el trabajo de los hogares es menos generalizada y se espera que la población tenga una mayor posibilidad de desarrollo de sus capacidades humanas, que le permitan aportar a un proceso productivo. Aquellos municipios con menor porcentaje de hogares en situación de privación en sus condiciones de trabajo (que reflejan mejores tasas de dependencia y empleo informal), cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas y, por lo tanto, requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades. Con eso se incrementa la probabilidad de acceder a certificaciones de buenas prácticas por parte de los productores, lo que incrementa su competitividad.

Municipios con mayores niveles de porcentaje de hogares en situación de privación relacionadas con el trabajo condicionan una menor competitividad de los procesos productivos desarrollados en sus territorios.

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

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Los indicadores de privación en el trabajo se expresan en porcentaje de hogares y no a nivel de personas, limitando el análisis en términos individuales y en número total de privaciones en el territorio.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información

Se utilizó la información de datos entregada por el DANE en los anexos de la "Medida de pobreza multidimensional municipal con información censal" que se construyó usando la información del CNPV 2018, por lo que es posible hacer desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rural disperso.

Se tomaron los indicadores de empleo informal y tasa de dependencia para los 1122 municipios y corregimientos no municipalizados, de los que se reporta información sin un orden específico, puesto que no necesariamente los municipios que tienen un alto nivel de privación por empleo informal corresponden a municipios con altos niveles de privación por tasa de dependencia.

2. Precisiones de la información

Colombia tiene dos medidas oficiales de pobreza que son complementarias entre sí: la pobreza monetaria y la pobreza multidimensional. La metodología para la estimación de cada una de estas medidas se encuentra oficializada en el CONPES 150 del 28 de mayo de 2012, en donde se determinó que su publicación se realiza de manera anual según la disponibilidad de las encuestas utilizadas en su estimación, la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH) para la pobreza monetaria y la Encuesta de Calidad de Vida (ECV) para la pobreza multidimensional. Sin embargo, estas encuestas solo permiten llegar a niveles de desagregación geográfica departamental (pobreza multidimensional), a 23 ciudades capitales y 23 departamentos (pobreza monetaria). Con la información del CNPV 2018 es posibles desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rural disperso dentro de cada municipio.

La metodología usada por el DANE es una aproximación a la construcción del índice de pobreza multidimensional oficial para Colombia, que sigue la metodología de Alkire y Foster desarrollada por *Oxford Poverty and Human Development Iniciative*. En ese sentido la medida de pobreza multidimensional con fuente censal no es comparable ni sustituye el índice oficial de pobreza

multidimensional oficial del DANE y puntualmente en los ejercicios de zonificación no se usa la información sobre pobreza, sino los indicadores de privación a nivel municipal.

3. Análisis de consistencia y preparación de la información.

La información se presenta consistente al estar expresada en valores que van de 61,4 a 100 % para el empleo informal y del 13,3 a 97,7 % para tasa de dependencia, con información disponible para todos los municipios y corregimientos no municipalizados del país. Se realiza un análisis de consistencia en la que se observa la disponibilidad de información para todos los municipios del país y se determina el mejor método estadístico de agrupamiento.

Siguiendo la metodología de evaluación de tierras, se evalúa la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, que consiste en señalar como atípico aquel dato que se encuentra 1,5 veces el rango intercuartílico por encima del tercer cuartil o por debajo del primer cuartil. Es decir, un dato es atípico si se encuentra por fuera del intervalo:

$$[Q_1 - 1.5 * RI, Q_3 + 1.5 * RI]$$

Donde Q_1 y Q_3 son el primer y tercer cuartil de la distribución de los datos respectivamente y RI es el rango intercuartílico que corresponde a la diferencia $Q_3 - Q_1$. Dado que se presentaron más del 5 % de datos atípicos se decidió utilizar el método de K-Medias. El resultado es el método multivariado de K-medias.

4. Clasificación por aptitud.

El algoritmo de K-Medias, como otros métodos de agrupamiento, parte de una función de aprendizaje no supervisado donde no existen clases predefinidas y sus resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Se busca minimizar la distancia intra-clústeres y maximizar la distancia inter-clústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si d(i,j) > d(i,k) indica que el objeto i es más parecido a k que a j. El método de K-Medias desarrollado por MacQueen (1967) se basa un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en 3 para las aptitudes A1, A2 y A3, y por tratarse de un agrupamiento multivariado esta sesgado por el orden de presentación inicial de los datos.

Los pasos para la estimación del clúster de K-Medias fueron los siguientes:

1. Se ordenan los datos de menor a mayor según incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio que en este caso está relacionada con privaciones que se relaciona inversamente con los niveles de aptitud para la cadena productiva.

2. El total de datos disponibles se dividió en tres grupos y se calculó el centroide (centro geométrico del clúster) como base para la construcción de la variable objetivo (distancia). El centroide que se propone es el promedio aritmético de cada agrupamiento.
3. Dado que el algoritmo de K-Medias busca minimizar la distancia interna (suma de las distancias de los datos de su centroide), se calcula para cada dato el cuadrado de las diferencias de este con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (tres) y se suman dichos valores para todos los datos de este clúster.
4. Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los tres posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.
5. Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de K-medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

- Evaluar la existencia de clúster que solo están integrados por datos extremos (*outliers*).
- Comparar dos conjuntos de clúster alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.
- Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

La validación se puede desarrollar tanto por criterios internos como externos que aporten información adicional como los relacionados con la entropía y la pureza, como también por criterios internos generados a partir de los propios datos como la suma de los cuadrados de las distancias al interior y entre clúster (cohesión y separación).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

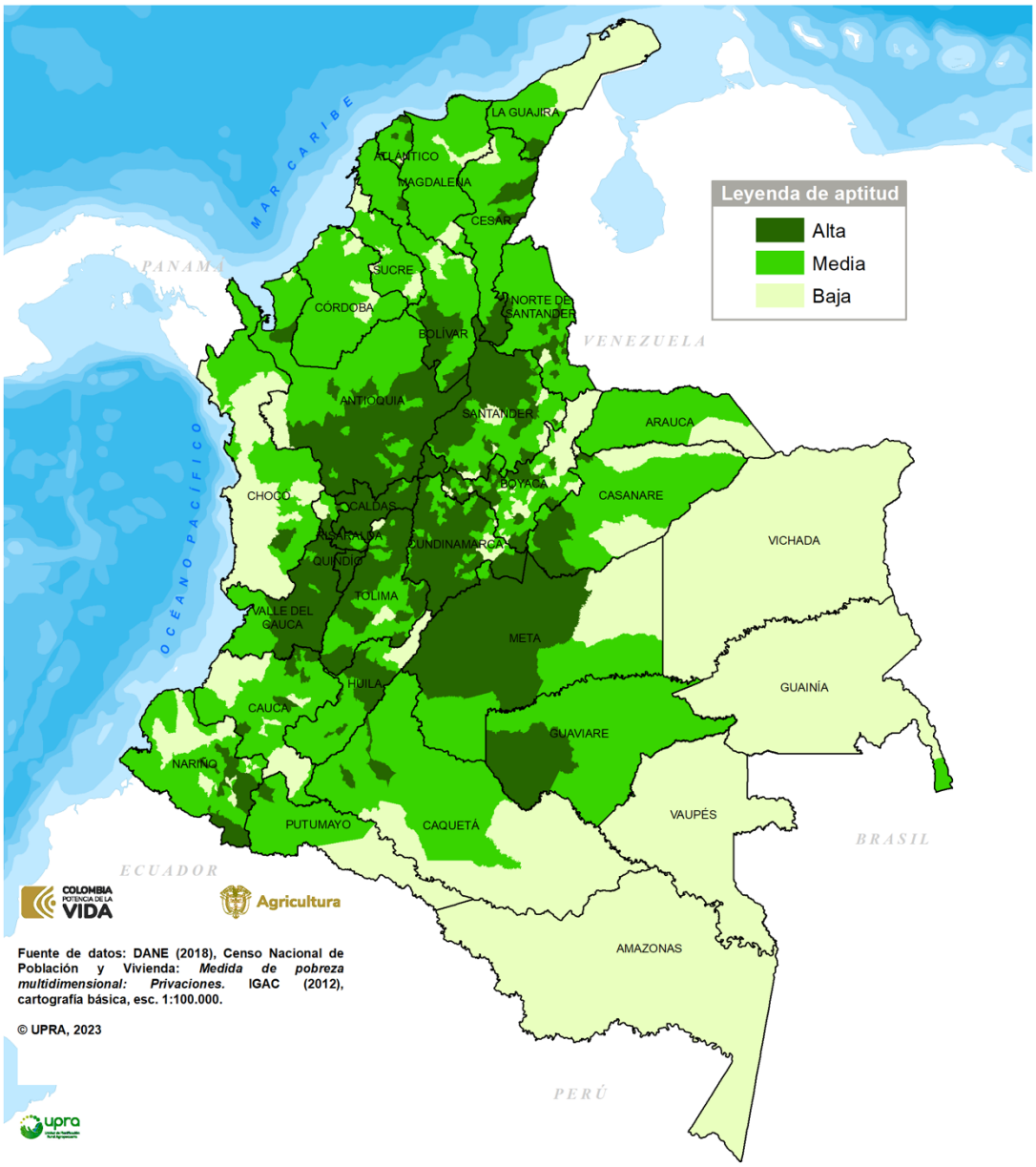
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3). Se describe cada agrupamiento a partir de los centroides dados por el valor promedio de cada indicador para los municipios en cada nivel de aptitud expresado en porcentaje (%) de hogares con privaciones.

Trabajo informal	Tasa de dependencia	Aptitud
Porcentaje de hogares con privaciones (%)		
85,3	30,3	Alta (A1)
92,6	45,3	Media (A2)
94,7	69,1	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Porcentaje de hogares con privaciones (%)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO CONDICIONES DE VIDA
Variable trabajo

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2020). *Boletín técnico Medida de Pobreza Multidimensional Municipal CNPV 2018*. 31 de enero de 2020.
- _. (2020). *Medida de pobreza multidimensional municipal de fuente censal 2018*. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad/medida-de-pobreza-multidimensional-de-fuente-censal
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.

3.7.2. Variable salud

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: SOCIAL		
CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONES DE VIDA		
VARIABLE: salud	**UNIDAD DE MEDIDA:** porcentaje de hogares con privaciones (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Corresponde al promedio de los porcentajes de hogares de los centros poblados y rurales dispersos de municipios con privaciones combinadas en los indicadores de sin aseguramiento en salud y barreras de acceso a servicios de salud. El indicador “sin aseguramiento en salud” considera privado un hogar cuando al menos uno de sus integrantes mayores de cinco años no cuenta con aseguramiento a seguridad social en salud, mientras que el indicador “barreras de acceso a servicios de salud” considera privado a un hogar cuando al menos una persona que tuvo un problema de salud que no requiere hospitalización no accedió al servicio institucional de salud en los últimos 30 días.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite identificar aquellos territorios rurales en donde la incidencia de privaciones en aspectos relacionados con la salud de los hogares es menos generalizada y en donde se espera que la población tenga una mayor posibilidad de desarrollo de sus capacidades humanas y aporte a un proceso productivo. Aquellos municipios con menor porcentaje de hogares en situación de privación en su salud (reflejan mejores tasas de aseguramiento en salud y barreras de acceso a servicios) cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas y, por lo tanto, requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades. Con eso se incrementa la probabilidad de acceder a certificaciones de buenas prácticas por parte de los productores, lo que incrementa su competitividad.

Municipios con mayores niveles de porcentaje de hogares en situación de privación en los servicios de salud condicionan una menor competitividad de los procesos productivos desarrollados en sus territorios.

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

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Los indicadores de privación en salud se expresan en porcentaje de hogares y no a nivel de personas, limitando el análisis en términos individuales y en número total de privaciones en el territorio.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Se utilizó la información de datos entregada por el DANE en los anexos de la "Medida de pobreza multidimensional municipal con información censal" que se construyó usando la información del CNPV 2018, por lo que es posible hacer desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rural disperso.

Se tomaron los indicadores de aseguramiento en salud y barreras de acceso a servicios de salud para los 1122 municipios y corregimientos no municipalizados, de los que se reporta información sin un orden especifico puesto que no necesariamente los municipios que tienen una alta privación en aseguramiento en salud corresponden a municipios con altos niveles de barreras de acceso a los servicios de salud

2. Precisiones de la información.

Colombia tiene dos medidas oficiales de pobreza que son complementarias entre sí: la pobreza monetaria y la pobreza multidimensional. La metodología para la estimación de cada una de estas medidas se encuentra oficializada en el CONPES 150 de 28 de mayo de 2012, en donde se determinó que su publicación se realiza de manera anual según la disponibilidad de las encuestas utilizadas en su estimación, la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH) para la pobreza monetaria y la Encuesta de Calidad de Vida (ECV) para la pobreza multidimensional. Sin embargo, estas encuestas solo permiten llegar a niveles de desagregación geográfica departamental (pobreza multidimensional), a 23 ciudades capitales y 23 departamentos (pobreza monetaria). Con la información del CNPV 2018, es posible desagregación geográfica de cabeceras y centros poblados y rural disperso dentro de cada municipio.

La metodología usada por el DANE es una aproximación a la construcción del índice de pobreza multidimensional oficial para Colombia, que sigue la metodología de Alkire y Foster desarrollada por *Oxford Poverty and Human Development Iniciative*. En ese sentido la medida de pobreza multidimensional con fuente censal no es comparable ni sustituye el índice oficial de pobreza multidimensional oficial del DANE y puntualmente en los ejercicios de zonificación no se usa la información sobre pobreza, sino los indicadores de privación a nivel municipal.

3. Análisis de consistencia y preparación de la información.

La información se presenta consistente al estar expresada en valores que van de 0,1 a 44,2 % para barreras de acceso a servicios de salud y 3,4 a 68,7 % para sin aseguramiento en salud, con información disponible para todos los municipios y corregimientos no municipalizados del país. Se realizó un análisis de consistencia en la que se observó la disponibilidad de información para todos los municipios del país y se determinó el mejor método estadístico de agrupamiento.

Siguiendo la metodología de evaluación de tierras, se evalúa la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, que consiste en señalar como atípico aquel dato que se encuentra 1,5 veces el rango intercuartílico por encima del tercer cuartil o por debajo del primer cuartil. Es decir, un dato es atípico si se encuentra por fuera del intervalo:

$$[Q_1 - 1.5 * RI, Q_3 + 1.5 * RI]$$

Donde Q_1 y Q_3 son el primer y tercer cuartil de la distribución de los datos espectivamente y RI es el rango intercuartílico que corresponde a la diferencia Q_1 y Q_3. Dado que se presentaron más del 5 % de datos atípicos se decidió utilizar el método de K-medias. El resultado es el método multivariado de K-medias.

4. Clasificación por aptitud.

El algoritmo de K-Medias, como otros métodos de agrupamiento parte de una función de aprendizaje no supervisado donde no existen clases predefinidas y sus resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Se busca minimizar la distancia intra-clústeres y maximizar la distancia inter-clústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si d(i,j) > d(i,k) indica que el objeto i es más parecido a k que a j. El método de K-Medias desarrollado por MacQueen (1967) se basa un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en 3 para las aptitudes A1, A2 y A3, y por tratarse de un agrupamiento multivariado esta sesgado por el orden de presentación inicial de los datos.

Los pasos para la estimación del clúster de K-Medias fueron los siguientes:

1. Se ordenan los datos de menor a mayor según incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio que en este caso está relacionada con privaciones que se relaciona inversamente con los niveles de aptitud para la cadena productiva.
2. El total de datos disponibles se divide en tres grupos y se calcula el centroide (centro geométrico del clúster) como base para la construcción de la variable objetivo (distancia). El centroide que se propone es el promedio aritmético de cada agrupamiento.
3. Dado que el algoritmo de K-Medias busca minimizar la distancia interna (suma de las distancias de los datos de su centroide), se calcula para cada dato el cuadrado de las diferencias de este con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (tres) y se suman dichos valores para todos los datos del mismo clúster.
4. Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los tres posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.
5. Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de K-Medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

- Evaluar la existencia de clúster que solo están integrados por datos extremos (*outliers*).
- Comparar dos conjuntos de clúster alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.
- Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

La validación se puede desarrollar tanto por criterios internos como externos que aporte información adicional como los relacionados con la entropía y la pureza, como también por criterios internos generados a partir de los propios datos como la suma de los cuadrados de las distancias al interior y entre clúster (cohesión y separación).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

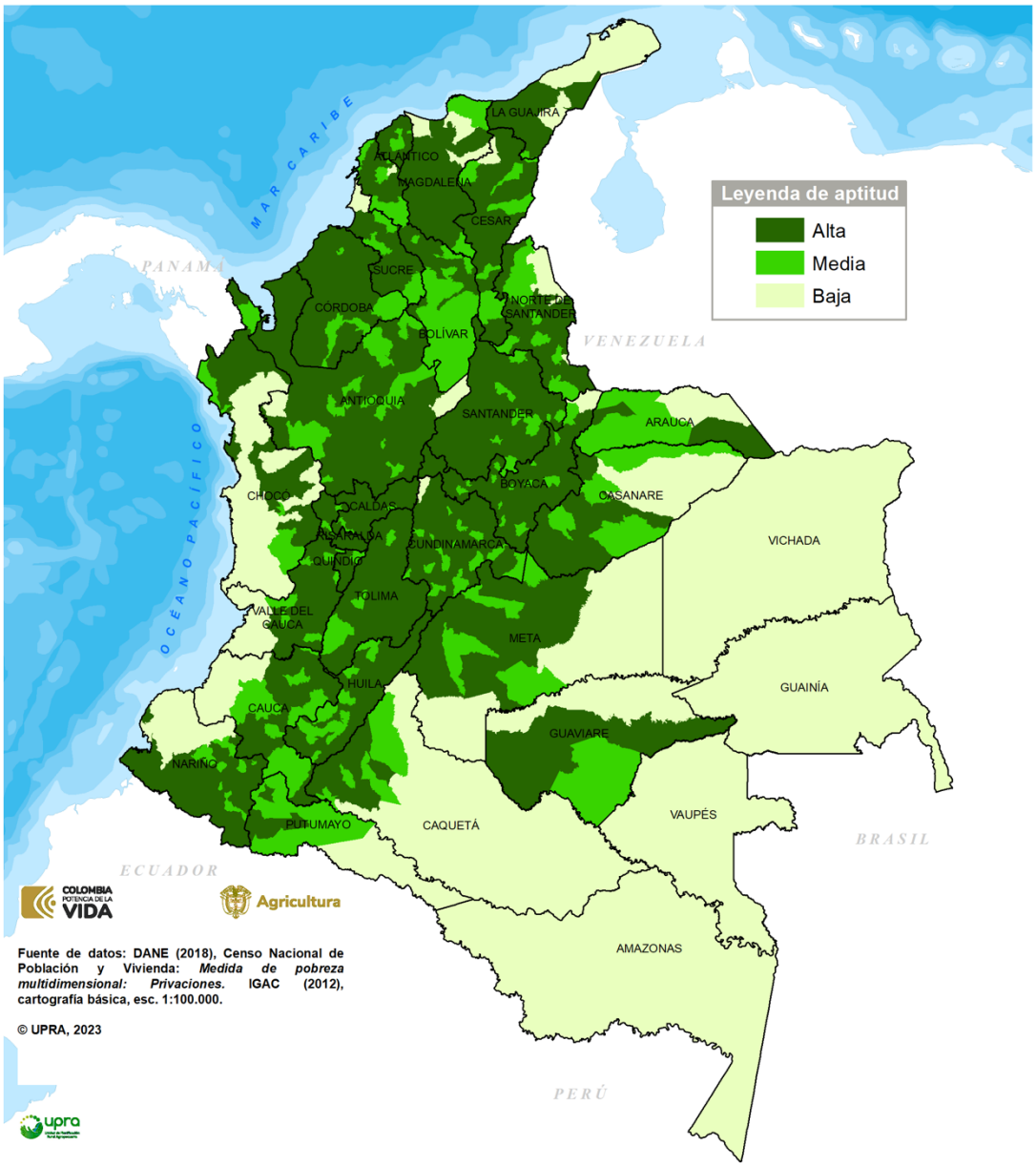
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3). Se describe cada agrupamiento a partir de los centroides dados por el valor promedio de cada indicador para los municipios en cada nivel de aptitud expresado en porcentaje (%) de hogares con privaciones.

Barreras de acceso a servicios	Sin aseguramiento en salud	Aptitud
Porcentaje de hogares con privaciones (%)		
3,3	12,7	Alta (A1)
13,5	13,4	Media (A2)
6,6	33,0	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Porcentaje de hogares con privaciones (%)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO CONDICIONES DE VIDA
Variable salud

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2020). *Boletín técnico Medida de Pobreza Multidimensional Municipal CNPV 2018*. 31 de enero de 2020.
- _. (2020). *Medida de pobreza multidimensional municipal de fuente censal 2018*. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad/medida-de-pobreza-multidimensional-de-fuente-censal
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.

3.7.3. Variable condiciones en niñez y la juventud

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: SOCIAL		
CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONES DE VIDA		
VARIABLE: condiciones de la niñez y la juventud	**UNIDAD DE MEDIDA:** porcentaje de hogares con privaciones (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Corresponde al promedio de los porcentajes de hogares de los centros poblados y rurales dispersos de municipios con privaciones combinadas en los indicadores de inasistencia escolar, rezago escolar, barreras de acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia y trabajo infantil. El indicador de inasistencia escolar considera privado un hogar cuando al menos un niño niña o adolescente entre 6 y 16 años no asiste al colegio. El indicador de rezago escolar considera privado un hogar cuando al menos un niño, niña o adolescente entre 7 y 17 años tiene dos o tres años más que el promedio de edad esperado para cursar un determinado grado.

El indicador de barreras de acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia considera privado un hogar cuando al menos un niño esta sin acceso a servicios de salud o pasa la mayor parte del tiempo con su padre o madre en el trabajo, en casa solo, o al cuidado de un pariente menor de 18 años. El indicador de trabajo infantil considera un hogar privado cuando al menos un niño, niña o adolescente entre 12 y 17 años se encuentra ocupado.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite identificar aquellos territorios rurales en donde la incidencia de privaciones en aspectos relacionados con las condiciones de la niñez y la juventud de los hogares es menos generalizada y en donde se espera que la población tenga una mayor posibilidad de desarrollo de sus capacidades humanas y aporte a un proceso productivo. Aquellos municipios con menor porcentaje de hogares en situación de privación en las condiciones de la niñez y la juventud (con menores privaciones en inasistencia y rezago escolar, barreras para el cuidado de la primera infancia y trabajo infantil), cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas y, por lo tanto, requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades. Con eso se incrementa la probabilidad de acceder a certificaciones de buenas prácticas por parte de los productores, lo que incrementa su competitividad.

Municipios con mayores niveles de porcentaje de hogares en situación de privación en las condiciones de la niñez y la juventud condicionan una menor competitividad de los procesos productivos desarrollados en sus territorios.

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

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Los indicadores de privación en las condiciones de la niñez y la juventud se expresan en porcentaje de hogares y no a nivel de personas, limitando el análisis en términos individuales y en numero total de privaciones en el territorio.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Se utilizó la información de datos entregada por el DANE en los anexos de la “Medida de pobreza multidimensional municipal con información censal” que se construyó usando la información del CNPV 2018, por lo que es posible hacer desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rural disperso.

Se tomaron los indicadores de inasistencia y rezago escolar, barreras para el cuidado de la primera infancia y trabajo infantil para los 1122 municipios y corregimientos no municipalizados, de los que se reporta información sin un orden especifico puesto que, por ejemplo, no necesariamente los municipios que tienen un alto nivel de privaciones por inasistencia escolar corresponden a municipios con altos niveles de rezago escolar.

2. Precisiones de la información.

Colombia tiene dos medidas oficiales de pobreza que son complementarias entre sí: la pobreza monetaria y la pobreza multidimensional. La metodología para la estimación de cada una de estas medidas se encuentra oficializada en el CONPES 150 de 28 de mayo de 2012, en donde se determinó que su publicación se realiza de manera anual según la disponibilidad de las encuestas utilizadas en su estimación, la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH) para la pobreza monetaria y la Encuesta de Calidad de Vida (ECV) para la pobreza multidimensional. Sin embargo, estas encuestas solo permiten llegar a niveles de desagregación geográfica departamental (pobreza multidimensional), a 23 ciudades capitales y 23 departamentos (pobreza monetaria). Con la información del CNPV 2018, es posibles desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rural disperso dentro de cada municipio.

La metodología usada por el DANE es una aproximación a la construcción del índice de pobreza multidimensional oficial para Colombia, que sigue la metodología de Alkire y Foster desarrollada por *Oxford Poverty and Human Development Iniciative*. En ese sentido la medida de pobreza multidimensional con fuente censal no es comparable ni sustituye el índice oficial de pobreza multidimensional oficial del DANE y puntualmente en los ejercicios de zonificación no se usa la información sobre pobreza, sino los indicadores de privación a nivel municipal.

3. Análisis de consistencia y preparación de la información.

La información se presenta consistente al estar expresada en valores que van de 0,3 a 34,6 % para las barreras de acceso a servicios de cuidado para la primera infancia, entre 0,1 y 12,7 % para el trabajo infantil, entre 0,7 y 42,8 % para inasistencia escolar y entre 4,9 y 62,1 % para rezago escolar, con información disponible para todos los municipios y corregimientos no municipalizados del país. Se realizó un análisis de consistencia en la que se observó la disponibilidad de información para todos los municipios del país y se determinó el mejor método estadístico de agrupamiento.

Siguiendo la metodología de evaluación de tierras, se evalúa la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, que consiste en señalar como atípico aquel dato que se encuentra 1,5 veces el rango intercuartílico por encima del tercer cuartil o por debajo del primer cuartil. Es decir, un dato es atípico si se encuentra por fuera del intervalo:

$$[Q_1 - 1.5 * RI, Q_3 + 1.5 * RI]$$

Donde Q_1 y Q_3 son el primer y tercer cuartil de la distribución de los datos respectivamente y RI es el rango intercuartílico que corresponde a la diferencia $Q_3 - Q_1$. Dado que se presentaron más del 5 % de datos atípicos se decidió utilizar el método de K-Medias. El resultado es el método multivariado de K-medias.

4. Clasificación por aptitud.

El algoritmo de K-Medias, como otros métodos de agrupamiento, parte de una función de aprendizaje no supervisado donde no existen clases predefinidas y sus resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Se busca minimizar la distancia intra-clústeres y maximizar la distancia inter-clústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si d(i,j) > d(i,k) indica que el objeto i es más parecido a k que a j. El método de K-Medias desarrollado por MacQueen (1967) se basa un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en 3 para las aptitudes A1, A2 y A3, y por tratarse de un agrupamiento multivariado esta sesgado por el orden de presentación inicial de los datos.

Los pasos para la estimación del clúster de K-Medias fueron los siguientes:

1. Se ordenan los datos de menor a mayor según incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio que en este caso está relacionada con privaciones que se relaciona inversamente con los niveles de aptitud para la cadena productiva.
2. El total de datos disponibles se divide en 3 grupos y se calcula el centroide (centro geométrico del clúster) como base para la construcción de la variable objetivo (distancia). El centroide que se propone es el promedio aritmético de cada agrupamiento.
3. Dado que el algoritmo de K-Medias busca minimizar la distancia interna (suma de las distancias de los datos de su centroide), se calcula para cada dato el cuadrado de las diferencias de este con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (tres) y se suman dichos valores para todos los datos del mismo clúster.
4. Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los tres posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.
5. Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de k medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

- Evaluar la existencia de clúster que solo está integrado por datos extremos (*outliers*).
- Comparar dos conjuntos de clúster alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.
- Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

La validación se puede desarrollar tanto por criterios internos como externos que aporte información adicional como los relacionados con la entropía y la pureza, como también por criterios internos generados a partir de los propios datos como la suma de los cuadrados de las distancias al interior y entre clúster (cohesión y separación).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

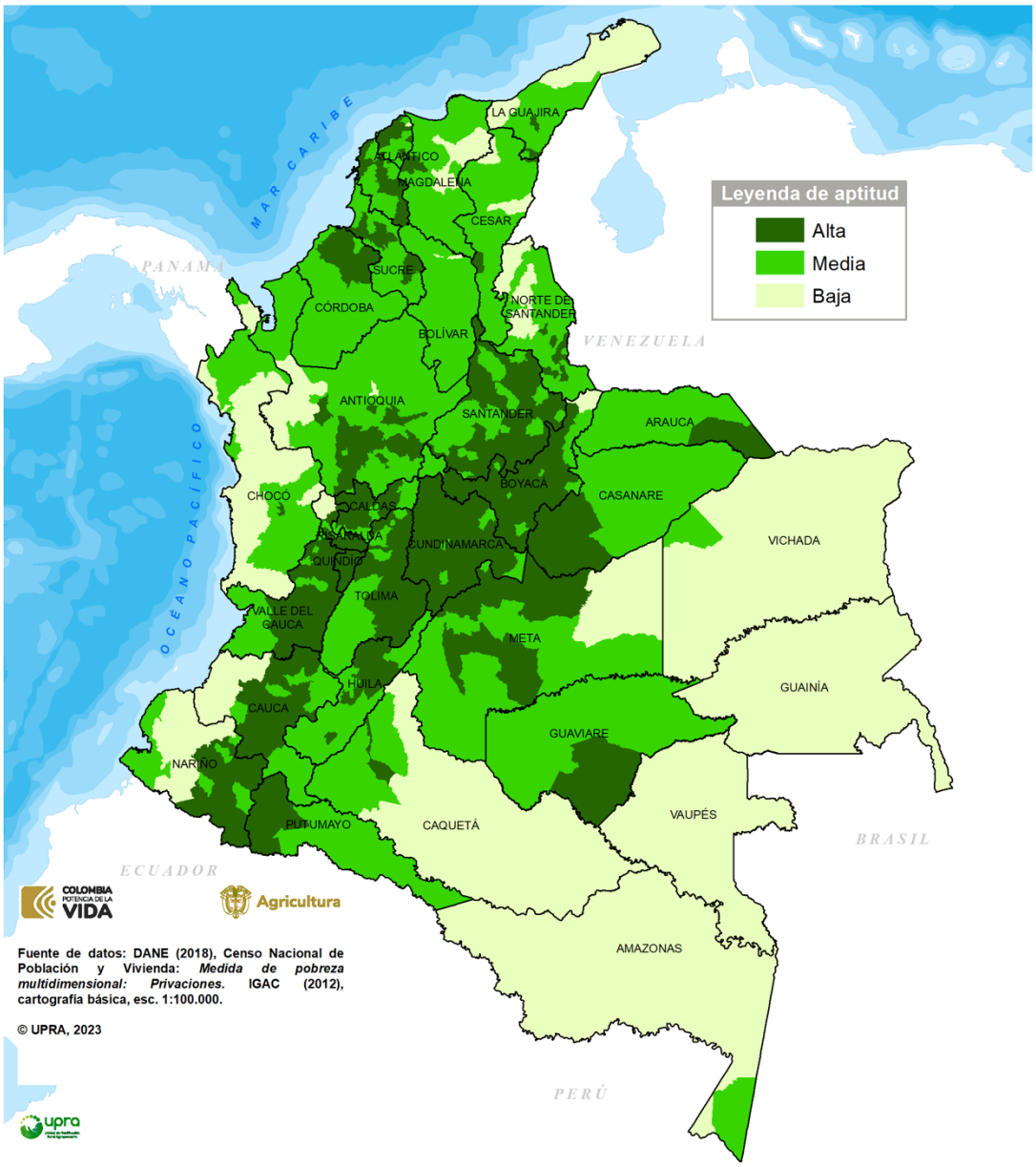
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3). Se describe cada agrupamiento a partir de los centroides dados por el valor promedio de cada indicador para los municipios en cada nivel de aptitud expresado en porcentaje (%) de hogares con privaciones.

Barreras de acceso al cuidado	Trabajo infantil	Inasistencia escolar	Rezago escolar	Aptitud
Porcentaje de hogares con privaciones (%)				
1,7	1,7	4,2	15,7	Alta (A1)
3,3	3,2	8,0	26,3	Media (A2)
13,0	3,5	16,4	42,5	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Porcentaje de hogares con privaciones (%)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO CONDICIONES DE VIDA
Variable condiciones en niñez y juventud

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2020). *Boletín técnico Medida de Pobreza Multidimensional Municipal CNPV 2018*. 31 de enero de 2020.
- _. (2020). *Medida de pobreza multidimensional municipal de fuente censal 2018*. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad/medida-de-pobreza-multidimensional-de-fuente-censal
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.

3.7.4. Variable condiciones en vivienda y acceso a servicios públicos

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: SOCIAL		
CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONES DE VIDA		
VARIABLE: condiciones en vivienda y acceso a servicios públicos	**UNIDAD DE MEDIDA:** porcentaje de hogares con privaciones (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Corresponde al promedio de los porcentajes de hogares de los centros poblados y rurales dispersos de municipios con privaciones combinadas en los indicadores de hacinamiento crítico, pisos y paredes exteriores inadecuadas, inadecuada eliminación de excretas y sin acceso a fuentes de agua mejorada.

El indicador de hacinamiento crítico considera privado un hogar cuando hay más de 3 personas por cuarto en la vivienda. El indicador de paredes exteriores inadecuadas considera privado a un hogar si el material es guadua, caña, otro vegetal, zinc, tela, cartón, desechos o no tiene paredes. El indicador de pisos inadecuados considera privados a los hogares que tienen pisos en tierra. El indicador de inadecuada eliminación de excretas considera privado a un hogar si tiene inodoro sin conexión, letrina, bajamar o no tiene servicio sanitario. El indicador de acceso a servicio de agua mejorada considera un hogar privado cuando obtiene el agua para preparar los alimentos de pozo sin bomba, agua lluvia, río, manantial, carro tanque, aguatero, agua embotellada o en bolsa.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite identificar aquellos territorios rurales en donde la incidencia de privaciones en aspectos relacionados con la vivienda y el acceso a servicios públicos domiciliarios de los hogares, es menos generalizada y en donde se espera que la población tenga una mayor posibilidad de desarrollo de sus capacidades humanas y aporte a un proceso productivo.

Aquellos municipios con menor porcentaje de hogares en situación de privación en sus condiciones de vivienda y acceso a servicios públicos domiciliarios (que reflejan mejores tasas de hacinamiento crítico, pisos y paredes exteriores inadecuadas, inadecuada eliminación de excretas y sin acceso a fuentes de agua mejorada) cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas y, por lo tanto, requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades. Con eso se incrementa la probabilidad de acceder a certificaciones de buenas prácticas por parte de los productores, lo que incrementa su competitividad.

Municipios con mayores niveles de porcentaje de hogares en situación de privación en la vivienda y el acceso a servicios públicos domiciliarios condicionan una menor competitividad de los procesos productivos desarrollados en sus territorios.

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

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Los indicadores de privación en la vivienda y el acceso a servicios públicos domiciliarios se expresan en porcentaje de hogares y no a nivel de personas, limitando el análisis en términos individuales y en número total de privaciones en el territorio.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Se utilizó la información de datos entregada por el DANE en los anexos de la “Medida de pobreza multidimensional municipal con información censal” que se construyó usando la información del CNPV 2018, por lo que es posible hacer desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rural disperso.

Se toman los indicadores de hacinamiento crítico, pisos y paredes exteriores inadecuadas, inadecuada eliminación de excretas y sin acceso a fuentes de agua mejorada para los 1122 municipios y corregimientos no municipalizados, de los que se reporta información sin un orden especifico puesto que no necesariamente los municipios que tienen un alto analfabetismo corresponden a municipios con altos niveles de bajo logro educativo.

2. Precisiones de la información.

Colombia tiene dos medidas oficiales de pobreza que son complementarias entre sí: la pobreza monetaria y la pobreza multidimensional. La metodología para la estimación de cada una de estas medidas se encuentra oficializada en el CONPES 150 del 28 de mayo de 2012, en donde

se determinó que su publicación se realiza de manera anual según la disponibilidad de las encuestas utilizadas en su estimación, la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH) para la pobreza monetaria y la Encuesta de Calidad de Vida (ECV) para la pobreza multidimensional. Sin embargo, estas encuestas solo permiten llegar a niveles de desagregación geográfica departamental (pobreza multidimensional), a 23 ciudades capitales y 23 departamentos (pobreza monetaria). Con la información del CNPV 2018, es posible desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rural disperso dentro de cada municipio.

La metodología usada por el DANE es una aproximación a la construcción del índice de pobreza multidimensional oficial para Colombia, que sigue la metodología de Alkire y Foster desarrollada por *Oxford Poverty and Human Development Iniciative*. En ese sentido la medida de pobreza multidimensional con fuente censal no es comparable ni sustituye el índice oficial de pobreza multidimensional oficial del DANE y puntualmente en los ejercicios de zonificación no se usa la información sobre pobreza, sino los indicadores de privación a nivel municipal.

3. Análisis de consistencia y preparación de la información.

La información se presenta consistente al estar expresada en valores que van de 0,4 a 58,1 % para el hacinamiento crítico, 0,5 a 97,6 % para inadecuada eliminación excretas, 0,1 a 75,7 % para material inadecuado en paredes exteriores, 0,1 a 92,1 % para material inadecuado de pisos y 0,4 a 97,1 % para sin acceso a fuentes de agua mejorada, con información disponible para todos los municipios y corregimientos no municipalizados del país. Se realizó un análisis de consistencia en la que se observa la disponibilidad de información para todos los municipios del país y se determinó el mejor método estadístico de agrupamiento.

Siguiendo la metodología de evaluación de tierras, se evalúa la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, que consiste en señalar como atípico aquel dato que se encuentra 1,5 veces el rango intercuartílico por encima del tercer cuartil o por debajo del primer cuartil. Es decir, un dato es atípico si se encuentra por fuera del intervalo:

$$[Q_1 - 1.5 * RI, Q_3 + 1.5 * RI]$$

Donde Q_1 y Q_3 son el primer y tercer cuartil de la distribución de los datos respectivamente y RI es el rango intercuartílico que corresponde a la diferencia $Q_3 - Q_1$. Dado que se presentaron más del 5 % de datos atípicos, se decidió utilizar el método de K-Medias. El resultado es el método multivariado de K-Medias.

4. Clasificación por aptitud.

El algoritmo de K-Medias, como otros métodos de agrupamiento, parte de una función de aprendizaje no supervisado donde no existen clases predefinidas y sus resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Se busca minimizar la distancia intra-clústeres y maximizar la distancia inter-clústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si d(i,j) > d(i,k) indica que el objeto i es más parecido a k que a j. El método de K-Medias desarrollado por MacQueen (1967) se basa un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en 3 para las aptitudes A1, A2 y A3, y por tratarse de un agrupamiento multivariado esta sesgado por el orden de presentación inicial de los datos.

Los pasos para la estimación del clúster de K-Medias fueron los siguientes:

1. Se ordenan los datos de menor a mayor según incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio que en este caso está relacionada con privaciones que se relaciona inversamente con los niveles de aptitud para la cadena productiva.
2. El total de datos disponibles se divide en 3 grupos y se calcula el centroide (centro geométrico del clúster) como base para la construcción de la variable objetivo (distancia). El centroide que se propone es el promedio aritmético de cada agrupamiento.
3. Dado que el algoritmo de K-Medias busca minimizar la distancia interna (suma de las distancias de los datos de su centroide), se calcula para cada dato el cuadrado de las diferencias de este con los centroides de los clústeres inicialmente calculados (tres) y se suman dichos valores para todos los datos del mismo clúster.
4. Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los tres posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.
5. Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de K-Medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

- Evaluar la existencia de clúster que solo están integrados por datos extremos (*outliers*).
- Comparar dos conjuntos de clúster alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.
- Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

La validación se puede desarrollar tanto por criterios internos como externos que aporte información adicional como los relacionados con la entropía y la pureza, como también por criterios internos generados a partir de los propios datos como la suma de los cuadrados de las distancias al interior y entre clúster (cohesión y separación).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

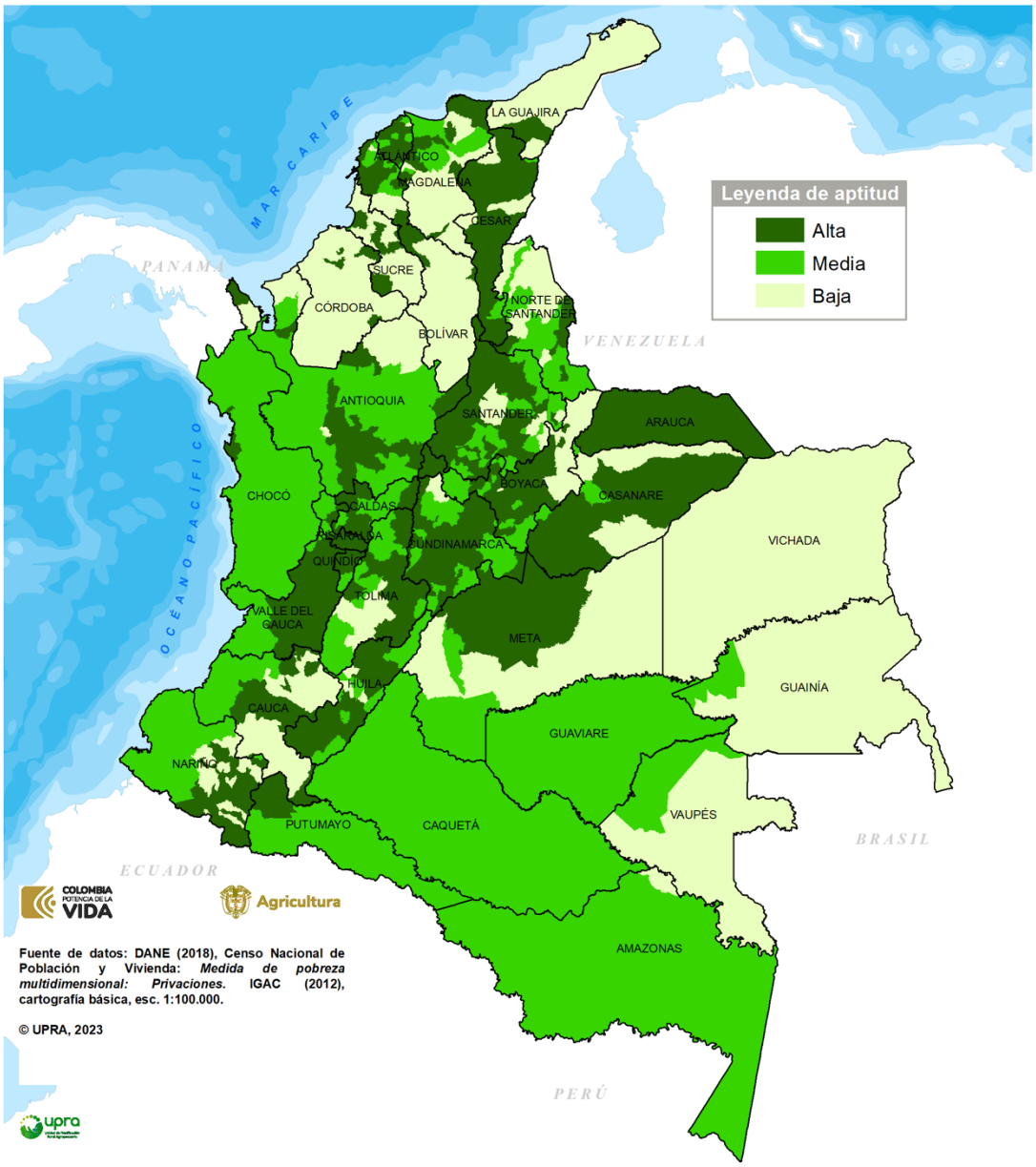
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3). Se describe cada agrupamiento a partir de los centroides dados por el valor promedio de cada indicador para los municipios en cada nivel de aptitud expresado en porcentaje (%) de hogares con privaciones.

Hacinamiento crítico	Inadecuada eliminación de excretas	Inadecuado material de paredes exteriores	Inadecuado material de pisos	Sin acceso a fuentes de agua mejorada	Aptitud
Porcentaje de hogares con privaciones (%)					
6,7	16,3	2,8	13,7	22,7	Alta (A1)
9,0	41,0	3,0	14,7	67,4	Media (A2)
16,7	46,3	8,8	58,3	51,2	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Porcentaje de hogares con privaciones (%)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO CONDICIONES DE VIDA
Variable condiciones en vivienda y servicios públicos

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2020). *Boletín técnico Medida de Pobreza Multidimensional Municipal CNPV 2018*. 31 de enero de 2020.
- _. (2020) *Medida de pobreza multidimensional municipal de fuente censal 2018*. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad/medida-de-pobreza-multidimensional-de-fuente-censal
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.

3.7.5. Variable condiciones educativas del hogar

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECONÓMICO. SUBCOMPONENTE: SOCIAL		
CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONES DE VIDA		
VARIABLE: condiciones educativas del hogar	**UNIDAD DE MEDIDA:** porcentaje de hogares con privaciones (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	✓
	Exclusión legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Corresponde al promedio de los porcentajes de hogares de los centros poblados y rurales dispersos de municipios con privaciones combinadas en los indicadores de analfabetismo y bajo logro educativo. El indicador de analfabetismo considera privado un hogar cuando al menos uno de sus integrantes de 15 años o más no sabe leer o escribir, mientras que el indicador de bajo logro educativo considera privado a un hogar cuando el promedio de escolaridad de los integrantes de 15 años o más es menor a nueve años.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite identificar aquellos territorios rurales en donde la incidencia de privaciones en aspectos relacionados con la educación de los hogares es menos generalizada y en donde se espera que la población tenga una mayor posibilidad de desarrollo de sus capacidades humanas y aporte a un proceso productivo. Aquellos municipios con menor porcentaje de hogares en situación de privación en sus condiciones educativas (que reflejan mejores tasas de alfabetismo y bajo logro educativo) cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas y, por lo tanto, requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades. Con eso se incrementa la probabilidad de acceder a certificaciones de buenas prácticas por parte de los productores, lo que incrementa su competitividad.

Municipios con mayores niveles de porcentaje de hogares en situación de privación en sus condiciones educativas condicionan una menor competitividad de los procesos productivos desarrollados en sus territorios.

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

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Los indicadores de privación en condiciones educativas se expresan en porcentaje de hogares y no a nivel de personas, limitando el análisis en términos individuales y en número total de privaciones en el territorio.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Se utilizó la información de datos entregada por el DANE en los anexos de la "Medida de pobreza multidimensional municipal con información censal" que se construyó usando la información del CNPV 2018, por lo que es posible hacer desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rural disperso.

Se tomaron los indicadores de analfabetismo y bajo logro educativo para los 1122 municipios y corregimientos no municipalizados, de los que se reporta información sin un orden especifico puesto que no necesariamente los municipios que tienen un alto analfabetismo corresponden a municipios con altos niveles de bajo logro educativo.

2. Precisiones de la información.

Colombia tiene dos medidas oficiales de pobreza que son complementarias entre sí: la pobreza monetaria y la pobreza multidimensional. La metodología para la estimación de cada una de estas medidas se encuentra oficializada en el CONPES 150 del 28 de mayo de 2012, en donde se determinó que su publicación se realiza de manera anual según la disponibilidad de las encuestas utilizadas en su estimación, la Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH) para la pobreza monetaria y la Encuesta de Calidad de Vida (ECV) para la pobreza multidimensional. Sin embargo, estas encuestas solo permiten llegar a niveles de desagregación geográfica departamental (pobreza multidimensional), a 23 ciudades capitales y 23 departamentos (pobreza monetaria). Con la información del CNPV 2018 es posible desagregación geográfica de cabeceras y centros poblados y rural disperso dentro de cada municipio.

La metodología usada por el DANE es una aproximación a la construcción del índice de pobreza multidimensional oficial para Colombia, que sigue la metodología de Alkire y Foster desarrollada por *Oxford Poverty and Human Development Iniciative*. En ese sentido la medida de pobreza multidimensional con fuente censal no es comparable ni sustituye el índice oficial de pobreza

multidimensional oficial del DANE y puntualmente en los ejercicios de zonificación no se usa la información sobre pobreza, sino los indicadores de privación a nivel municipal.

3. Análisis de consistencia y preparación de la información.

La información se presenta consistente al estar expresada en valores que van de 2,4 a 57,7 % para el analfabetismo y 27,4 a 96,7 % para bajo logro educativo, con información disponible para todos los municipios y corregimientos no municipalizados del país. Se realizó un análisis de consistencia en el que se observó la disponibilidad de información para todos los municipios del país y se determinó el mejor método estadístico de agrupamiento.

Siguiendo la metodología de evaluación de tierras, se evalúa la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, que consiste en señalar como atípico aquel dato que se encuentra 1,5 veces el rango intercuartílico por encima del tercer cuartil o por debajo del primer cuartil. Es decir, un dato es atípico si se encuentra por fuera del intervalo:

$$[Q_1 - 1.5 * RI, Q_3 + 1.5 * RI]$$

Donde Q_1 y Q_3 son el primer y tercer cuartil de la distribución de los datos respectivamente y RI es el rango intercuartílico que corresponde a la diferencia $Q_3 - Q_1$. Dado que se presentaron más del 5% de datos atípicos, se determinó utilizar el método de K-Medias. El resultado es el método multivariado de K-Medias.

4. Clasificación por aptitud.

El algoritmo de K-Medias, como otros métodos de agrupamiento, parte de una función de aprendizaje no supervisado donde no existen clases predefinidas y sus resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Se busca minimizar la distancia intra-clústeres y maximizar la distancia inter-clústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si d(i,j) > d(i,k) indica que el objeto i es más parecido a k que a j. El método de K-Medias desarrollado por MacQueen (1967) se basa un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en tres para las aptitudes A1, A2 y A3, y por tratarse de un agrupamiento multivariado esta sesgado por el orden de presentación inicial de los datos.

Los pasos para la estimación del clúster de K-Medias fueron los siguientes:

1. Se ordenan los datos de menor a mayor según incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio que en este caso está relacionada con privaciones que se relaciona inversamente con los niveles de aptitud para la cadena productiva.

2. El total de datos disponibles se divide en tres grupos y se calcula el centroide (centro geométrico del clúster) como base para la construcción de la variable objetivo (distancia). El centroide que se propone es el promedio aritmético de cada agrupamiento.
3. Dado que el algoritmo de K-Medias busca minimizar la distancia interna (suma de las distancias de los datos de su centroide), se calcula para cada dato el cuadrado de las diferencias de este con los centroides de los clústeres inicialmente calculados tres y se suman dichos valores para todos los datos del mismo clúster.
4. Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los tres posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.
5. Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de K-Medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

- Evaluar la existencia de clúster que solo están integrados por datos extremos (*outliers*).
- Comparar dos conjuntos de clúster alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.
- Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

La validación se puede desarrollar tanto por criterios internos como externos que aporte información adicional como los relacionados con la entropía y la pureza, como también por criterios internos generados a partir de los propios datos como la suma de los cuadrados de las distancias al interior y entre clúster (cohesión y separación).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

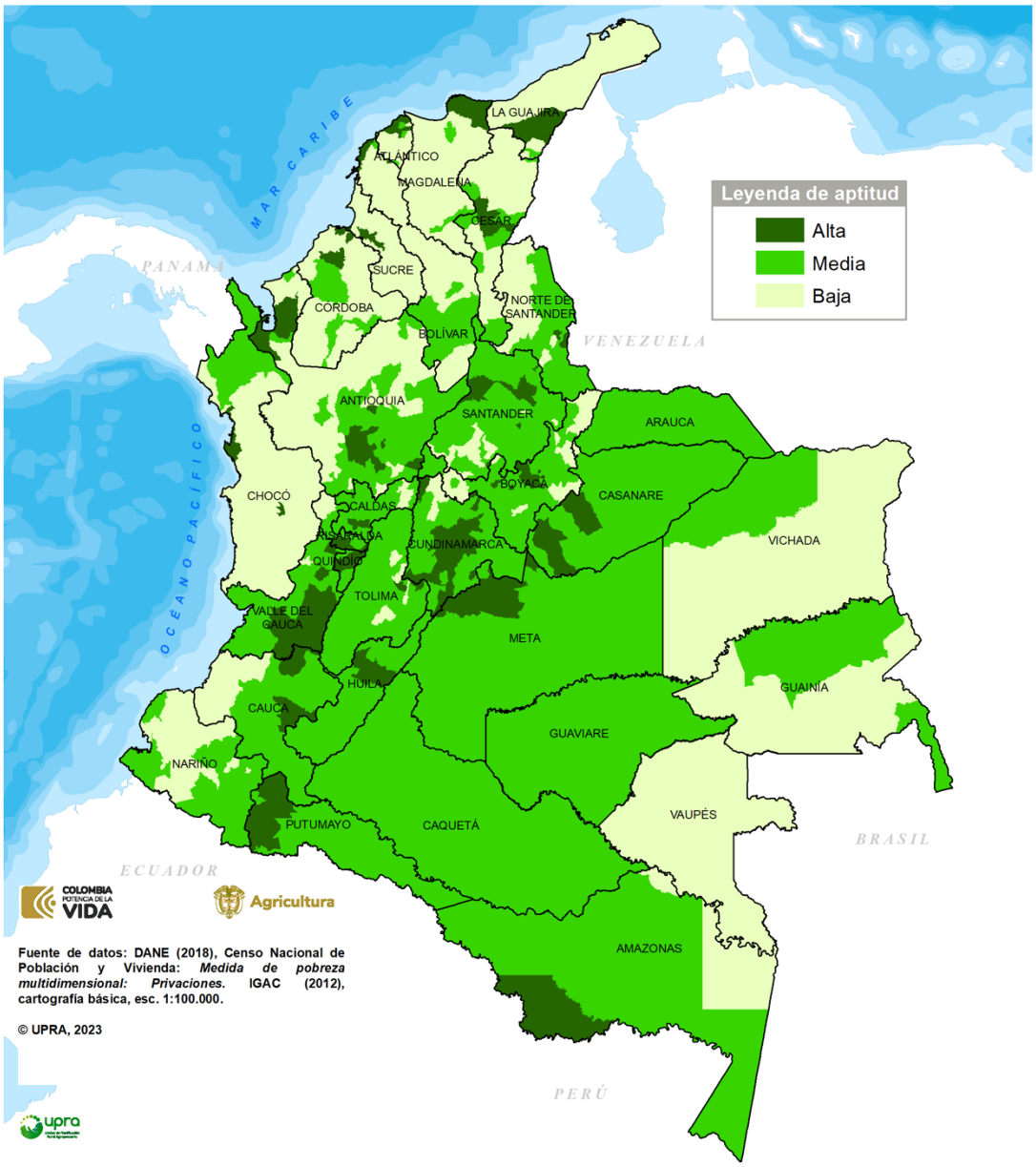
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3). Se describe cada agrupamiento a partir de los centroides dados por el valor promedio de cada indicador para los municipios en cada nivel de aptitud expresado en porcentaje (%) de hogares con privaciones.

Analfabetismo	Bajo logro educativo	Aptitud
Porcentaje de hogares con privaciones (%)		
12,20	59,89	Alta (A1)
18,50	81,61	Media (A2)
33,75	82,90	Baja (A3)

UNIDAD DE ANÁLISIS

Porcentaje de hogares con privaciones (%)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CRITERIO CONDICIONES DE VIDA
Variable condiciones educativas del hogar

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2020). *Boletín técnico Medida de Pobreza Multidimensional Municipal CNPV 2018*. 31 de enero de 2020.
- _. (2020). *Medida de pobreza multidimensional municipal de fuente censal 2018*. https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/pobreza-y-condiciones-de-vida/pobreza-y-desigualdad/medida-de-pobreza-multidimensional-de-fuente-censal
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.

4. Fichas metodológicas de exclusiones legales

4.1 Criterio exclusiones legales

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO		
CRITERIO: EXCLUSIONES LEGALES		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	
	Exclusión legal	✓
	Condicionante legal	

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).

- Otras áreas protegidas locales: de conformidad con el plan básico de ordenamiento territorial (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.

- 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 resolución, los cuales han sido adaptados para recibir visitantes y que se encuentran bajo tutela del Instituto Colombiano de Antropología e Historia (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 plan de manejo arqueológico (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 2 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 nacionales naturales, parques naturales regionales, reservas forestales protectoras, zonas de preservación y recuperación para la preservación del AMEM), otras áreas protegidas locales, áreas urbanas (ciudades capitales y centros poblados), 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:

Páramos: 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 agropecuaria 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 explicó que los ministerios de Ambiente, Agricultura y de Minas, están obligados a iniciar programas de sustitución y capacitación ambiental o de reconversión para las actividades agropecuarias que se desarrollaban en los páramos, antes de la entrada en 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 IAVH, hasta tanto se cuente con cartografía a escala más detallada (Ley 1450 de 2011, Artículo 202, parágrafo 1).

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 sólo 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 que en la actualidad es un ecosistema sometido a intervenciones negativas o disturbios que afectan su supervivencia.

De acuerdo con la Resolución del 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 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.

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 del Decreto 622 de 1977, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, esta categoría es totalmente incompatible con las actividades agropecuarias e industriales.

Parques naturales regionales: de conformidad con el Decreto 2372 de 2010, se considera un espacio geográfico en el que paisajes y ecosistemas estratégicos, en la escala regional, mantienen su estructura, composición y función, así como los procesos ecológicos y evolutivos que los sustentan y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su preservación, restauración, conocimiento y disfrute.

Reservas forestales protectoras: según 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 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 conformidad con el Plan básico de ordenamiento territorial del (PBOT) municipio de Puerto López de 2017 y el Acuerdo 12 de 2012 de Cormacarena, se establecen como exclusiones las siguientes áreas: bosques de galería, rondas de caño y ríos secundarios *buffer* de 30 metros, rondas principales *buffer* de 100 metros, Parque Municipal Yucao, Reserva Natural del Alto de Menegua, y microcuencas que surten acueductos.

Zonas de preservación y recuperación para la preservación del AMEM: según 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 sur, 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.

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).

- **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 20 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.

Parques arqueológicos: los 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 plan de manejo arqueológico cuenta con el apoyo de entidades estatales para asegurar la conservación de estos espacios patrimoniales (ICANH, 2018).

Zonas de Reserva Forestal Nacional de Ley 2 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 2 de 1959. Se compone de siete reservas forestales nacionales: ZRFN del Pacífico, ZRFN Central, ZRFN del Río Magdalena, ZRFN de la Sierra Nevada de Santa Marta, ZRFN de la Serranía de los Motilones, ZRFN del Cocuy y ZRFN de la Amazonía.

La zonificación adelantada por el Minambiente en las ZRFN 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”.

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 Minambiente con el IAVH.

Respecto a las áreas protegidas la principal limitante 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 los 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 ZRFN 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.

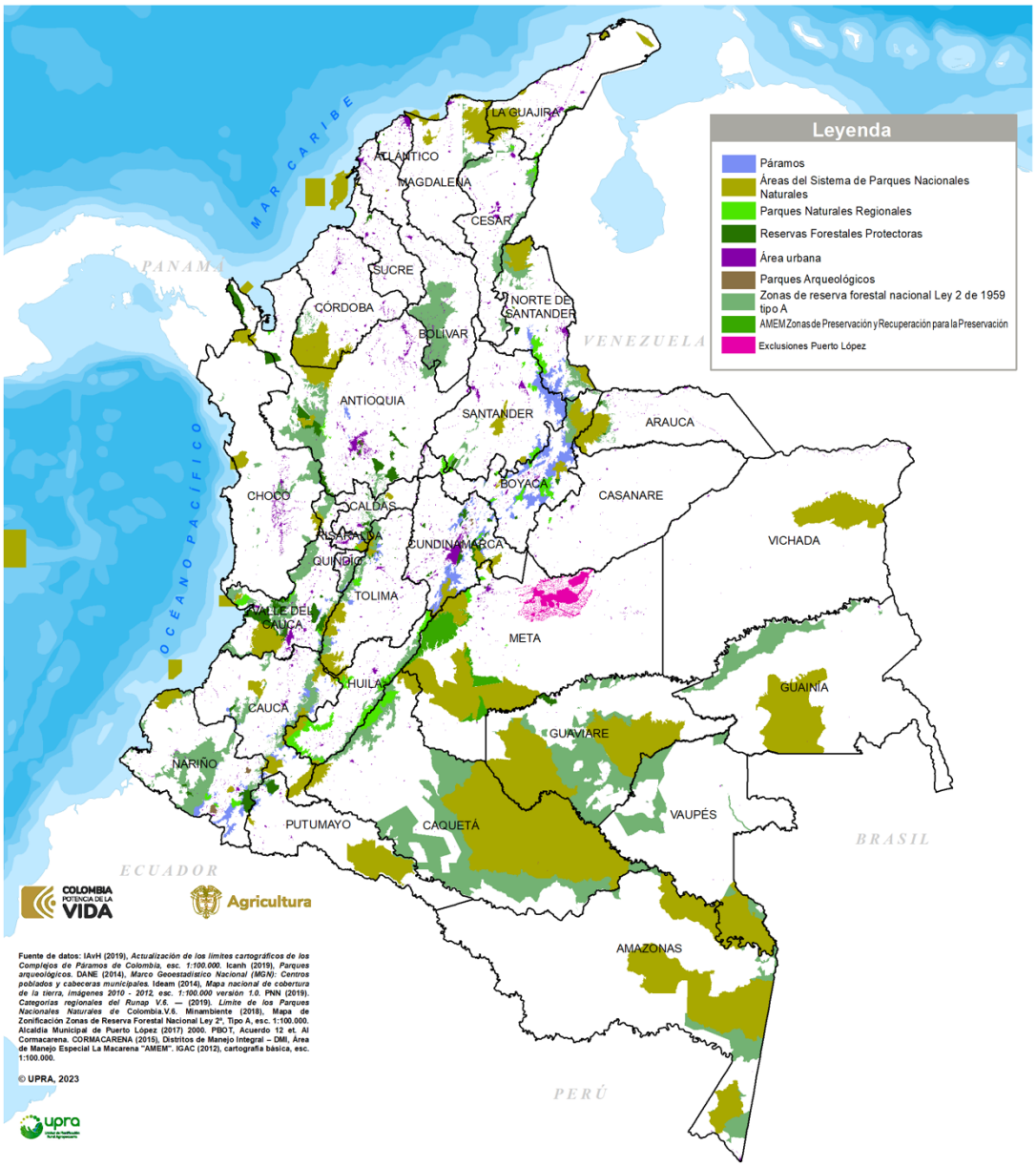
METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

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 actualizada de las áreas de páramo, las áreas protegidas, otras 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



EXCLUSIONES LEGALES

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*. DANE.
- IAVH. (2019). *Actualización de los límites cartográficos de los complejos de páramos, escala 1:100.000*
- ICANH. (2019). *Parques arqueológicos*. ICANH.
- Ideam (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2010-2012, escala 1:100.000 versión 1.0*. Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- Minambiente. (2018). *Mapa de zonificación de Zonas de Reserva Forestal Nacional Ley 2ª, Tipo A, escala 1:100.000*. Minambiente.
- 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 VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
CRITERIO ASOCIADO: EXCLUSIONES LEGALES		
VARIABLE: ecosistemas estratégicos (páramos)		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Análisis jerárquico**	
	Condicionante legal	
	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 agropecuaria 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 explicó que los ministerios de Ambiente, Agricultura y de Minas, están obligados a iniciar programas de sustitución y capacitación ambiental o de reconversión para las actividades agropecuarias que se desarrollaban en los páramos, antes de la entrada en 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 IAVH, hasta tanto se cuente con cartografía a escala más detallada (Ley 1450 de 2011, artículo 202, parágrafo 1).

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 sólo 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 que en la actualidad es un ecosistema sometido a intervenciones negativas o disturbios que afectan su pervivencia.

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 conlas actividades agropecuarias que se venían desarrollando con anterioridad al 16 de junio de 2011 en 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.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Para los propósitos de la zonificación de aptitud para la producción de búfalos en pastoreo, 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).

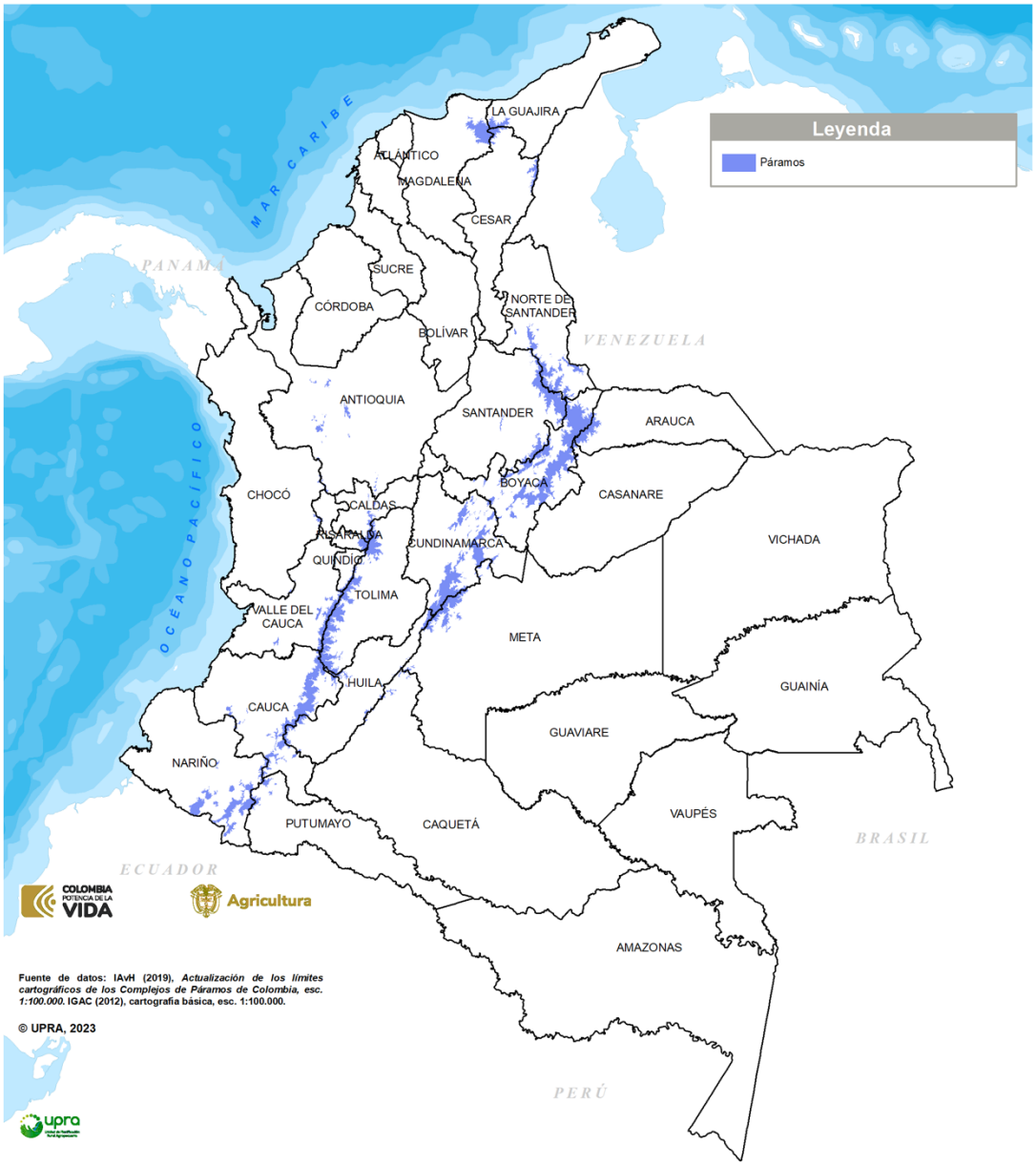
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN

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 Minambiente con el IAVH.

UNIDAD DE ANÁLISIS

Polígonos de páramos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



EXCLUSIONES LEGALES
Variable ecosistemas estrátegicos

FUENTES DE INFORMACIÓN

- IAVH. (2019). *Actualización de los límites cartográficos de los complejos de páramos, escala 1:100.000*. IAVH.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.

4.1.2. Variable áreas protegidas

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
CRITERIO ASOCIADO: EXCLUSIONES LEGALES		
VARIABLE: áreas protegidas		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Análisis jerárquico**	
	Condicionante legal	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	✓

DEFINICIÓN

Las áreas protegidas consideradas dentro de esta exclusión legal corresponden a:

Áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales: forman parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sinap) y están integradas por los tipos de áreas consagrados en el artículo 329 del Decreto Ley 2811 de 1974 y el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, que reglamenta el Sinap. El Sinap incluye las figuras de: 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.

Parques Naturales Regionales: de conformidad con el Decreto 2372 de 2010, se considera como espacio geográfico en el que paisajes y ecosistemas estratégicos, en la escala regional, mantienen la estructura, composición y función, así como los procesos ecológicos y evolutivos que los sustentan y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su preservación, restauración, conocimiento y disfrute.

Reservas Forestales Protectoras: según el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, se considera como espacios geográficos 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. Estas zonas de propiedad pública o privada se reservan para destinarlas al establecimiento o mantenimiento y utilización sostenible de los bosques y demás coberturas vegetales naturales.

Zonas de preservación y restauración para la preservación de Área de MANEJO Especial de la Macarena (AMEM): según 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 sur, b) Recuperación para la preservación norte, c) Vertiente oriental y d) Recuperación para la preservación sur. Se detallan los siguientes polígonos de zonificaciones:

Distrito de manejo integrado (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 para la producción de búfalos en pastoreo, 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).

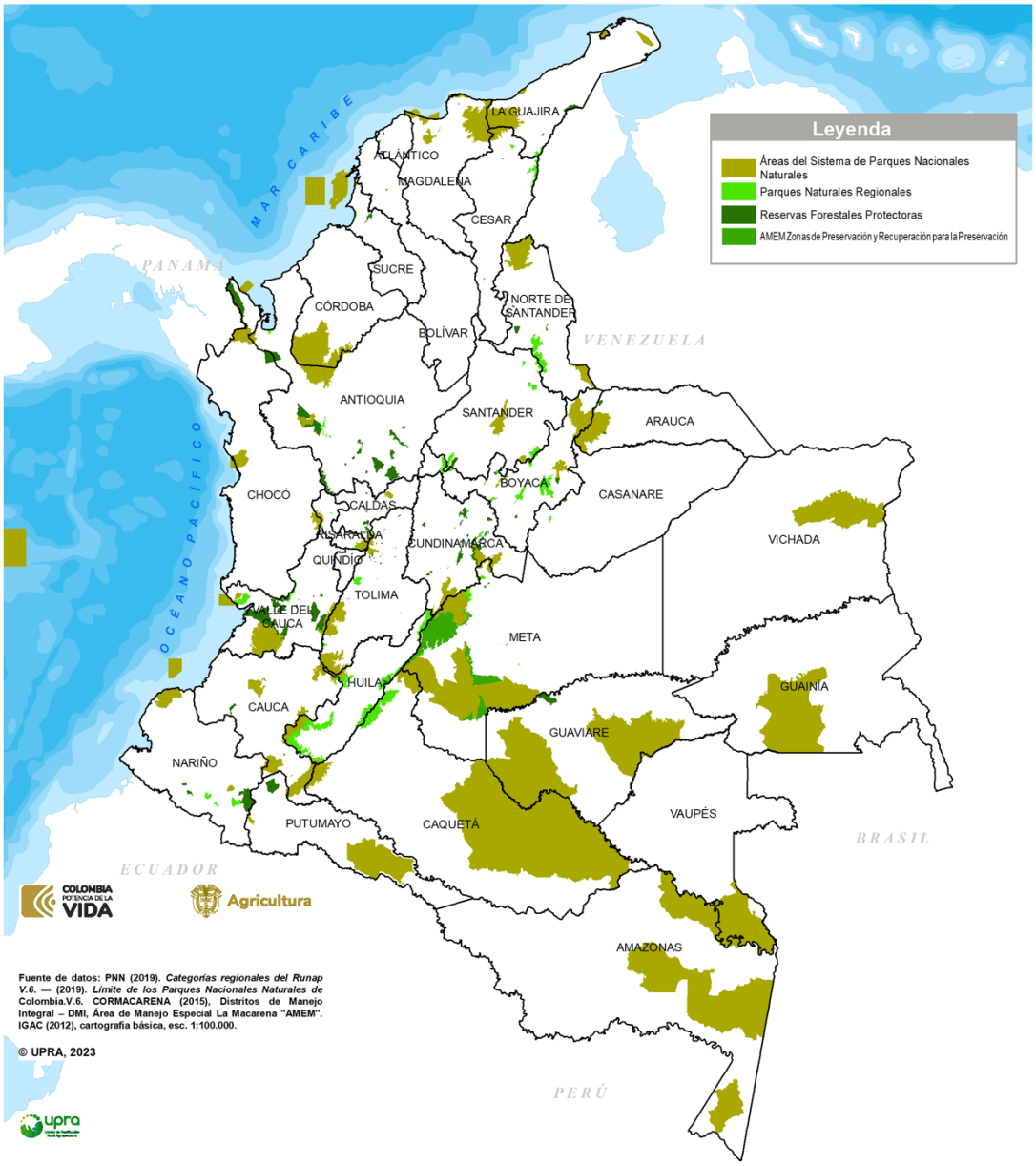
LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La 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.

UNIDAD DE ANÁLISIS

Áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales, polígonos de Parques Naturales Regionales y polígonos de las Reservas Forestales Protectoras.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



EXCLUSIONES LEGALES
Variable áreas protegidas

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Cormacarena. (2015). Distritos de manejo integrado –DMI. Área de manejo especial La Macarena -AMEM.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* IGAC.
- PNN. (2019). *Categorías regionales del Runap V.6.* PNN.
- _. (2019). *Límite de los Parques Nacionales Naturales de Colombia V.6.*

4.1.3. Variable otras áreas protegidas locales

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
CRITERIO ASOCIADO: EXCLUSIONES LEGALES		
VARIABLE: otras áreas protegidas locales		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Análisis jerárquico**	
	Condicionante legal	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	✓

DEFINICIÓN

Las áreas protegidas consideradas dentro de esta exclusión legal corresponden a:

Otras áreas protegidas locales: de confrormidad con el PBOT del municipio de Puerto López de 2017 y el Acuerdo 12 de 2012 de Cormacarena, se establecen como exclusiones las siguientes áreas: bosques de galería, rondas de caño y ríos secundarios *buffer* de 30 metros, rondas principales *buffer* de 100 metros, 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 de la producción de búfalos en pastoreo, 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).

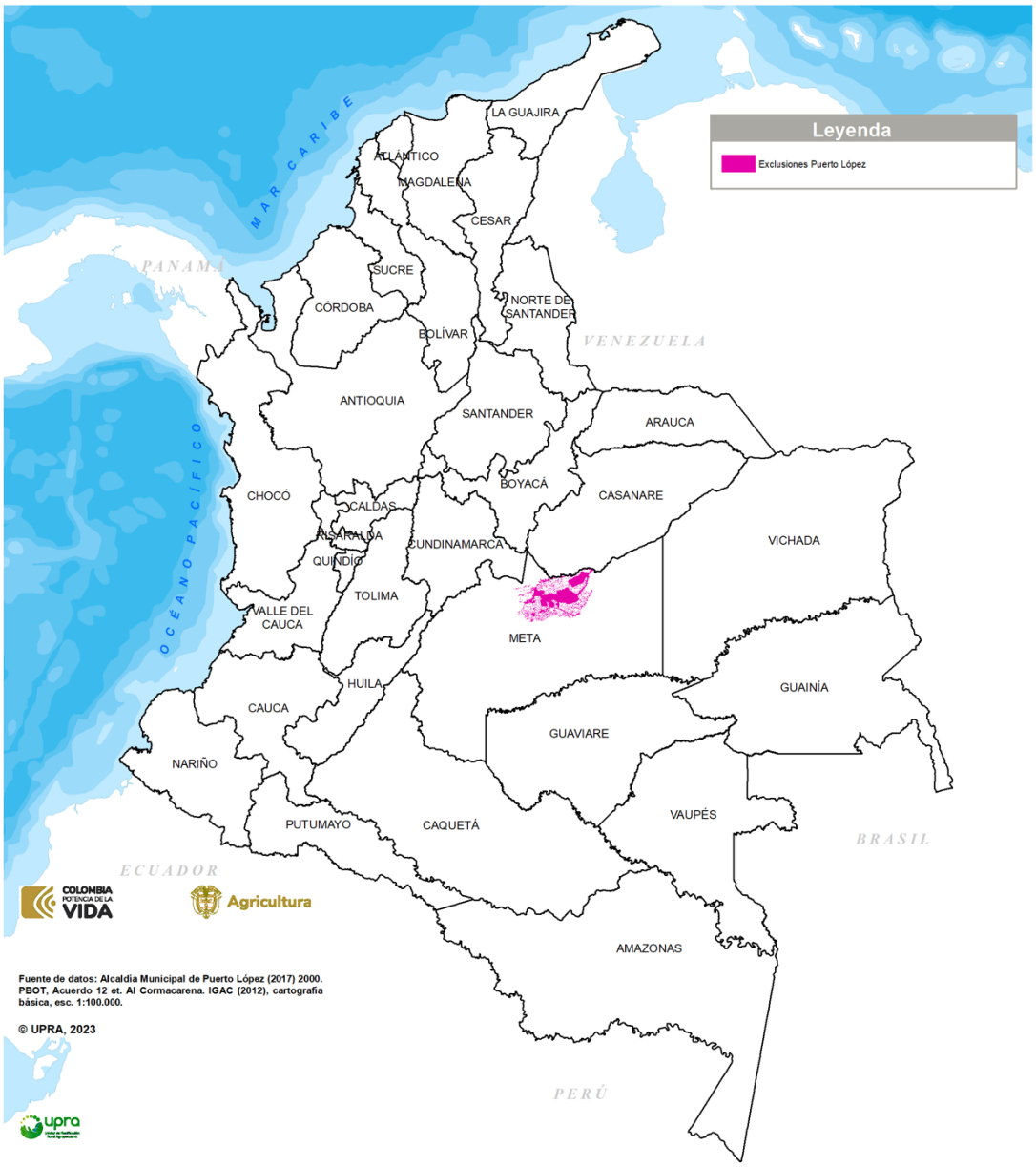
LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La principal limitante para analizar las áreas protegidas está referida a su dinámica, ya que constantemente se están creando y definiendo nuevas áreas de conservación y protección.

UNIDAD DE ANÁLISIS

Zonas de protección declaradas en el PBOT de Puerto López

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



EXCLUSIONES LEGALES
Variable exclusiones Puerto López

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía Municipal de Puerto López. (2017). *PBOT*, *Acuerdo 12*, *Cormacarena*.
- Cormacarena. (2015). *Distritos de Manejo Integrado – DMI. Área de Manejo Especial La Macarena (AMEM)*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.

4.1.4. Variable áreas urbanas

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
CRITERIO ASOCIADO: EXCLUSIONES LEGALES		
VARIABLE: áreas urbanas		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Análisis jerárquico**	
	Condicionante legal	
	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), por lo cual no pueden ser objeto de actividades agrícolas.

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 20 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.
IGAC. 2012. Cartografía básica.

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)

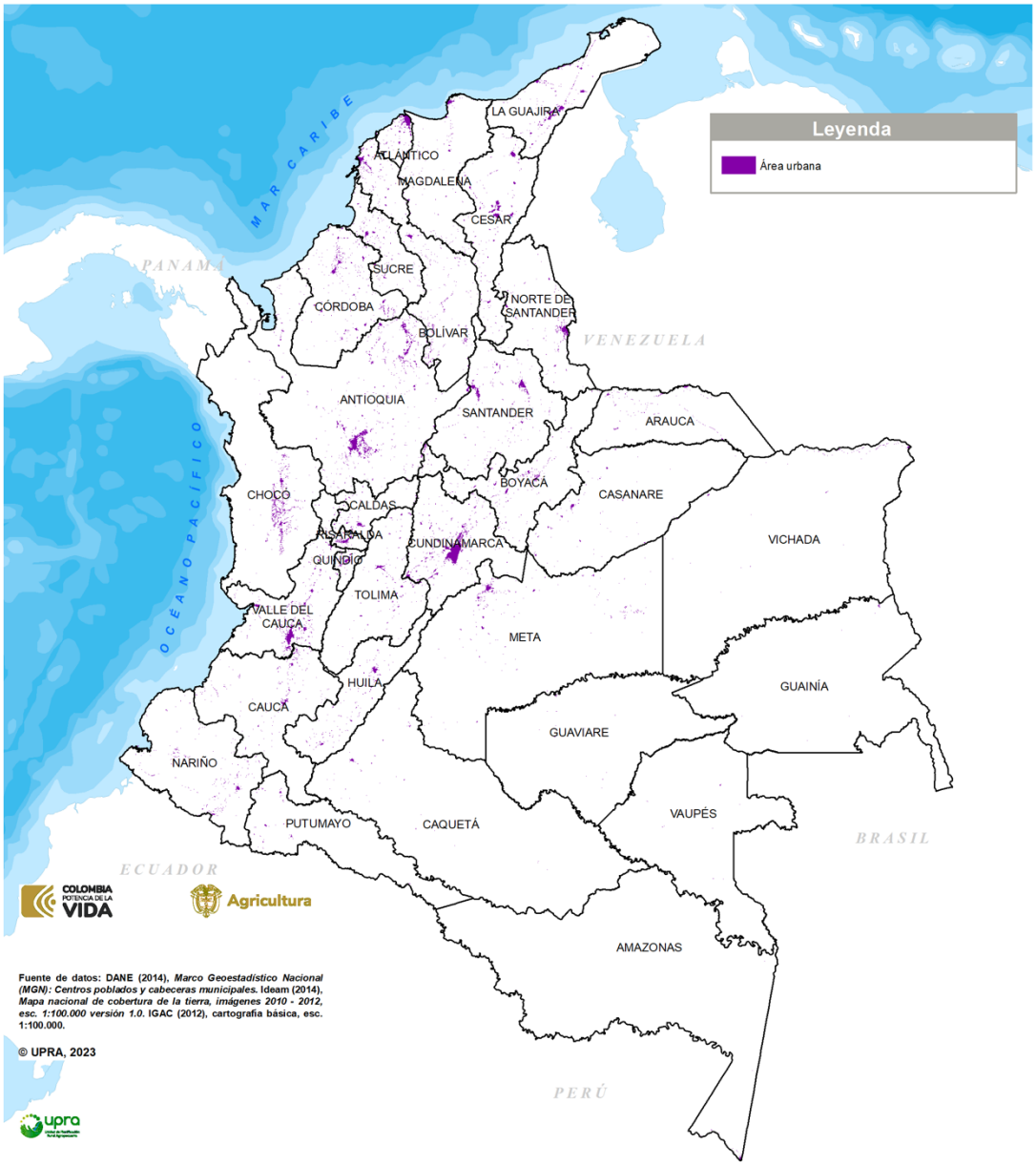
Los datos tomados del mapa de coberturas del Ideam corresponden a los polígonos clasificados como territorios artificializados.

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.

UNIDAD DE ANÁLISIS

Polígonos correspondientes a cabeceras municipales y centros poblados

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



EXCLUSIONES LEGALES
Variable áreas urbanas y suburbanas

FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2018). *Manual de uso del Marco Geoestadístico Nacional. Glosario.* <https://www.sen.gov.co/files/RegulacionEstadistica/Manual_MGN.pdf>
- _. (2014). *Marco Geoestadístico Nacional (MGN). Centros poblados y cabeceras municipales.* DANE.
- Ideam (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2010-2012, escala 1:100.000 versión 1.0.* Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* IGAC.

4.1.5. Variable parques arqueológicos

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
CRITERIO ASOCIADO: EXCLUSIONES LEGALES		
VARIABLE: parques arqueológicos		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Análisis jerárquico**	
	Condicionante legal	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	✓

DEFINICIÓN

Los 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 Instituto Colombiano de Antropología e Historia (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 plan de manejo arqueológico cuenta con el apoyo de entidades estatales para asegurar la conservación de estos espacios patrimoniales (ICANH, 2018).

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, Artículo 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 (N2).

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 arqueológicos 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

EXCLUSIONES LEGALES
Variable parques arqueológicos

FUENTES DE INFORMACIÓN

- ICANH. (2019). *Parques arqueológicos*. ICANH.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.

4.1.6. Variable zonas de reserva forestal nacional de Ley 2 de 1959, zonas tipo A

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
CRITERIO ASOCIADO: EXCLUSIONES LEGALES		
VARIABLE: zonas de reserva forestal nacional de Ley 2 de 1959, zonas tipo A		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Análisis jerárquico**	
	Condicionante legal	
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	✓

DEFINICIÓN

Las Zonas de Reserva Forestal Nacional (ZRFN) fueron creadas para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre, mediante la Ley 2 de 1959. Se compone de siete reservas forestales nacionales: ZRFN del Pacífico, ZRFN Central, ZRFN del Río Magdalena, ZRFN de la Sierra Nevada de Santa Marta, ZRFN de la Serranía de los Motilones, ZRFN del Cocuy y ZRFN de la Amazonía.

La zonificación adelantada por el MADS en las ZRFN 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:

a. 1922 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal Central, establecida en la Ley 2 de 1959.
b. 1923 de 2013, adopta la zonificación y ordenamiento de la Reserva Forestal de la Serranía de los Motilones, establecida en la Ley 2 de 1959.
c. 1924 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Río Magdalena, establecida en la Ley 2 de 1959.
d. 1925 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Amazonía, establecida en la Ley 2 de 1959, para los departamentos de Caquetá, Guaviare y Huila.
e. 1926 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Pacífico, establecida en la Ley 2 de 1959.

f. 1275 de 2014, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Cocuy, establecida en la Ley 2 de 1959.
g. 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 de 1959.
h. 1277 de 2014, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Amazonía, establecida en la Ley 2 de 1959, en 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 ZRFN 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.

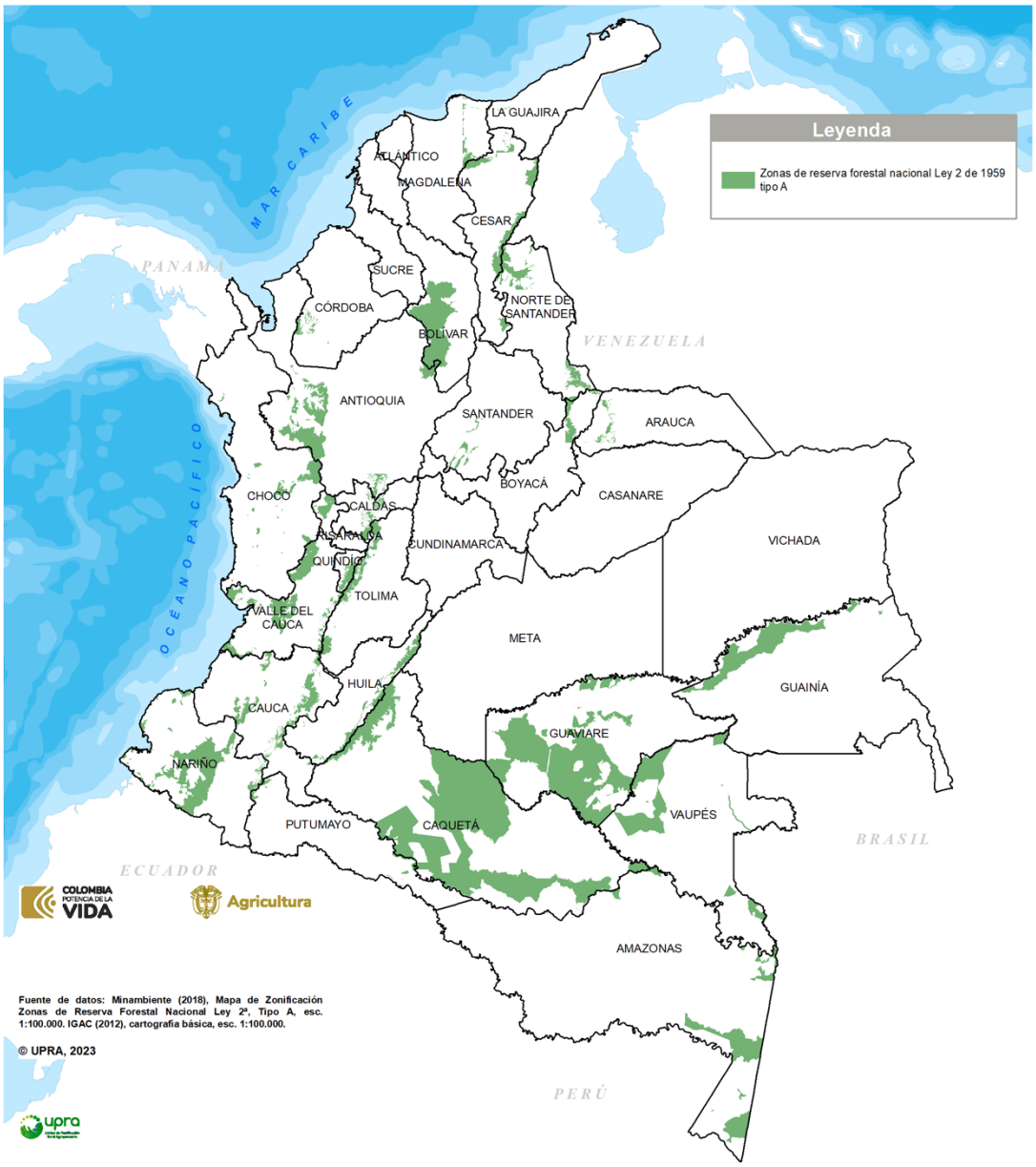
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para la generación de la información cartográfica se parte de las zonificaciones de cada una de las Reservas Forestales Nacionales de Ley 2 de 1959 adelantadas por el Minambiente donde se identifican las zonas tipo A.

UNIDAD DE ANÁLISIS

Polígonos que comprenden las áreas de reserva forestal nacional zonas tipo A

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



EXCLUSIONES LEGALES
Variable zonas de reserva forestal nacional

FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). *Cartografía básica escala 1:100.000*. IGAC.
- Minambiente. (2018). *Mapa de zonificación de Zonas de Reserva Forestal Nacional Ley 2.ª, Tipo A, escala 1:100.000*. Minambiente.

5. Fichas metodológicas de condicionantes legales

5.1 Criterio condicionantes legales

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO		
CRITERIO: CONDICIONANTES LEGALES		
TIPO DE CRITERIO	**Análisis jerárquico**	
	Condicionante legal	✓
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		

- Ecosistemas estratégicos: polígonos de bosque seco tropical, polígonos de manglares, polígonos de humedales y ronda hídrica.

- Áreas protegidas: polígonos de distritos de manejo integrado (DMI), polígonos de 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.

- 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.

- Zonas de reserva forestal nacional, Ley 2 de 1959, tipo B y C: 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 de reserva Ley 70 de 1993, polígonos de resguardos indígenas, polígonos de zonas de reserva campesina, polígonos de paisaje cultural cafetero y polígonos de áreas arqueológicas protegidas.

- Zonas de importancia para fiebre aftosa: agrupa las Zonas de Alta Vigilancia – ZAV que comprenden las franjas de territorio a a nivel de las fronteras de aproximadamente 15 km de ancho medidos desde el límite fronterizo hacia el interior del país (ICA, 2009).

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 de búfalos en pastoreo.

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

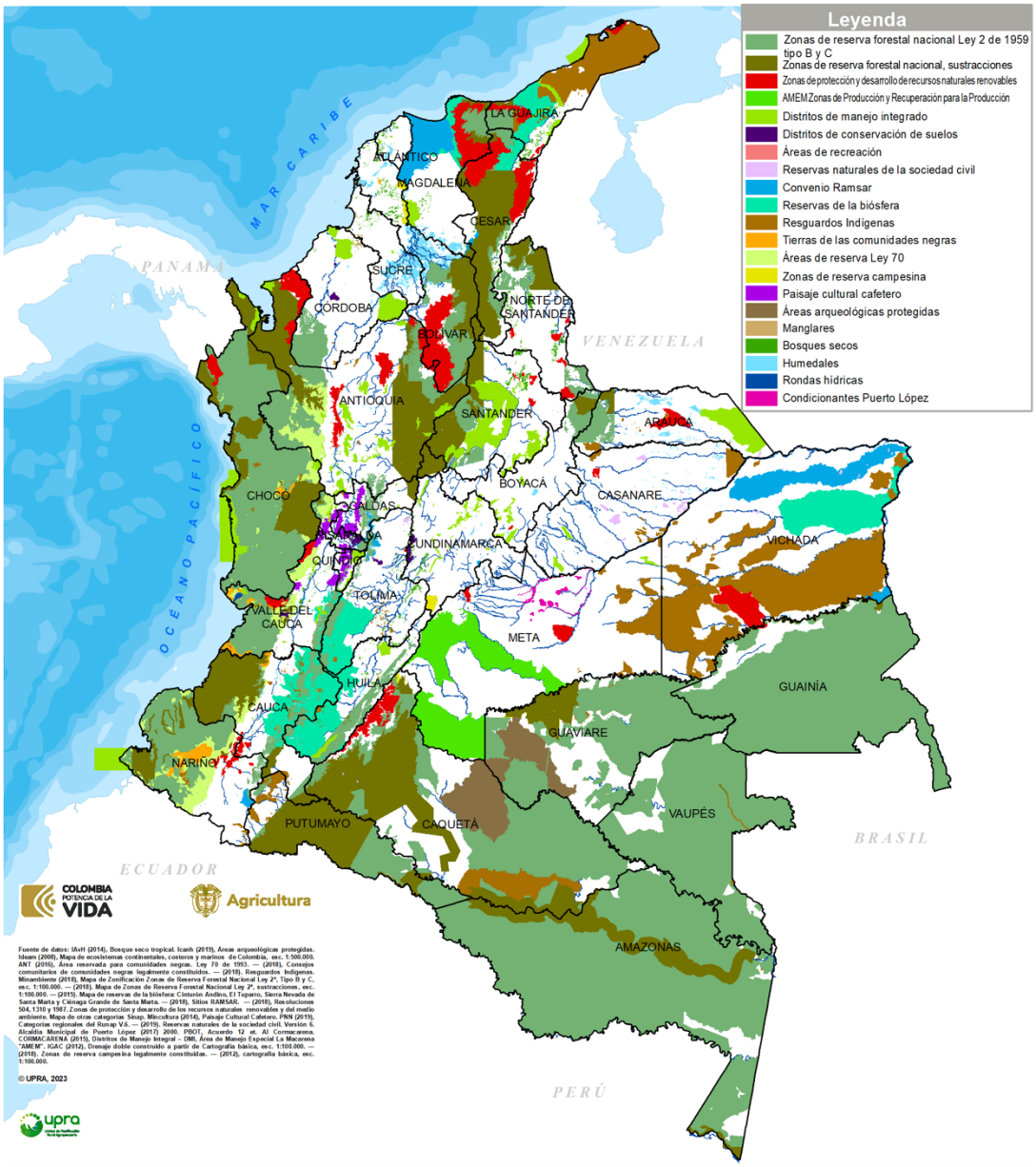
La metodología de evaluación consistió en analizar a profundidad las normas vigentes, revisar las fuentes y, posteriormente, obtener la cartografía oficial de la información.

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 (C1).

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



CONDICIONANTES

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía Municipal de Puerto López. (2017). *PBOT, Acuerdo 12. 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 integrado –DMI-, Área de Manejo Especial La Macarena "AMEM".*
- IAVH. (2014). *Bosques secos tropical.* IAVH.
- ICANH. (2019). *Áreas arqueológicas protegidas.* ICANH.
- Ideam *et al.* (2008). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:500.000.* Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* IGAC.
- _. *(2012). Drenaje doble construido a partir de cartografía básica, escala 1:100.000.* IGAC.
- _. (2018). *Zonas de reserva campesina legalmente constituidos.* IGAC.
- Minambiente. (2015). *Mapa de reservas de la biósfera: Ciénaga Grande de Santa Marta, Cinturón Andino, El Tuparro y Sierra Nevada de Santa Marta.* Minambiente.
- _. (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.* Minambiente.
- _. (2018). *Mapa de zonas de Reserva Forestal Nacional Ley 2, sustracciones, escala 1:100.000.* Minambiente.
- _. (2018). *Mapa de zonificación Zonas de Reserva Forestal Nacional de la Ley 2 tipos B y C, escala 1:100.000.* Minambiente.
- _. (2018). *Sitios Ramsar.* Minambiente.
- Mincultura. (2014). *Paisaje Cultural Cafetero.* MIncultura.
- PNN. (2019). *Categorías regionales del Runap V. 6.* PNN.
- _. (2019). *Reservas naturales de la sociedad civil. Versión 6.* PNN.

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

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONANTES LEGALES		
VARIABLE: ecosistemas estratégicos (manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical)		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Análisis jerárquico**	
	Condicionante legal	✓
	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 de búfalos en pastoreo. 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 valor ecosistémico o su nivel de amenaza, por lo cual son incompatibles con el establecimiento de búfalos en pastoreo.

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. Son definidos como ecosistemas de zonas costeras en los que se relacionan especies arbóreas de diferentes familias denominadas mangle con otras plantas, con animales que allí habitan permanentemente o durante algunas fases de su vida, y con las aguas, los suelos y otros componentes del ambiente (Resolución 1602 de 1995 del Minambiente). Para su conservación el Minambiente desarrolló el “Programa Nacional para el Uso Sostenible, Manejo y Conservación de los Ecosistemas de Manglar”, en el año 2002.

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.

En estos ecosistemas se prohíbe cualquier obra, industria o actividad que se localice dentro del área del manglar y que destruya su cobertura forestal o altere los procesos ecológicos del ecosistema, exceptuando las labores comunitarias de acuicultura artesanal que no causen detrimento al manglar, y que sean debidamente aprobadas por las entidades administrativas de los recursos naturales competentes (Resolución Minambiente 1602 de 1995).

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 presentes en ellos. El Decreto 1640 de 2012 plantea, en el Artículo 2, la existencia de ecosistemas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos, entendiéndolos como aquellos que garantizan la oferta de servicios ecosistémicos relacionados con el ciclo hidrológico y, en general, con los procesos de regulación y disponibilidad del recurso hídrico en un área determinada. Se incluyen también las coberturas asociadas a zonas pantanosas, vegetación acuática sobre cuerpos de agua; lagunas, lagos y ciénagas naturales localizados por debajo de los 1000 m s. n. m., que no pueden ser usados cuando se encuentren inundados, debido a la susceptibilidad de degradación del ecosistema.

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 artículo 204 establece: «*(...)* Se entiende por área forestal protectora la zona que debe ser conservada permanentemente con bosques naturales o artificiales, para proteger estos mismos recursos u otros naturales renovables. En el área forestal protectora debe prevalecer el efecto protector y solo se permitirá la obtención de frutos secundarios del bosque» (Decreto 2811 de 1974).

La ronda, de conformidad con el Artículo 10 de la Ley 388 de 1997, es una determinante ambiental que debe ser tenida en cuenta como norma de superior jerarquía por los municipios y distritos (Consulta 4120-E1-11525 del 7 de febrero de 2007 por el Minambiente).

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 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 fines 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).

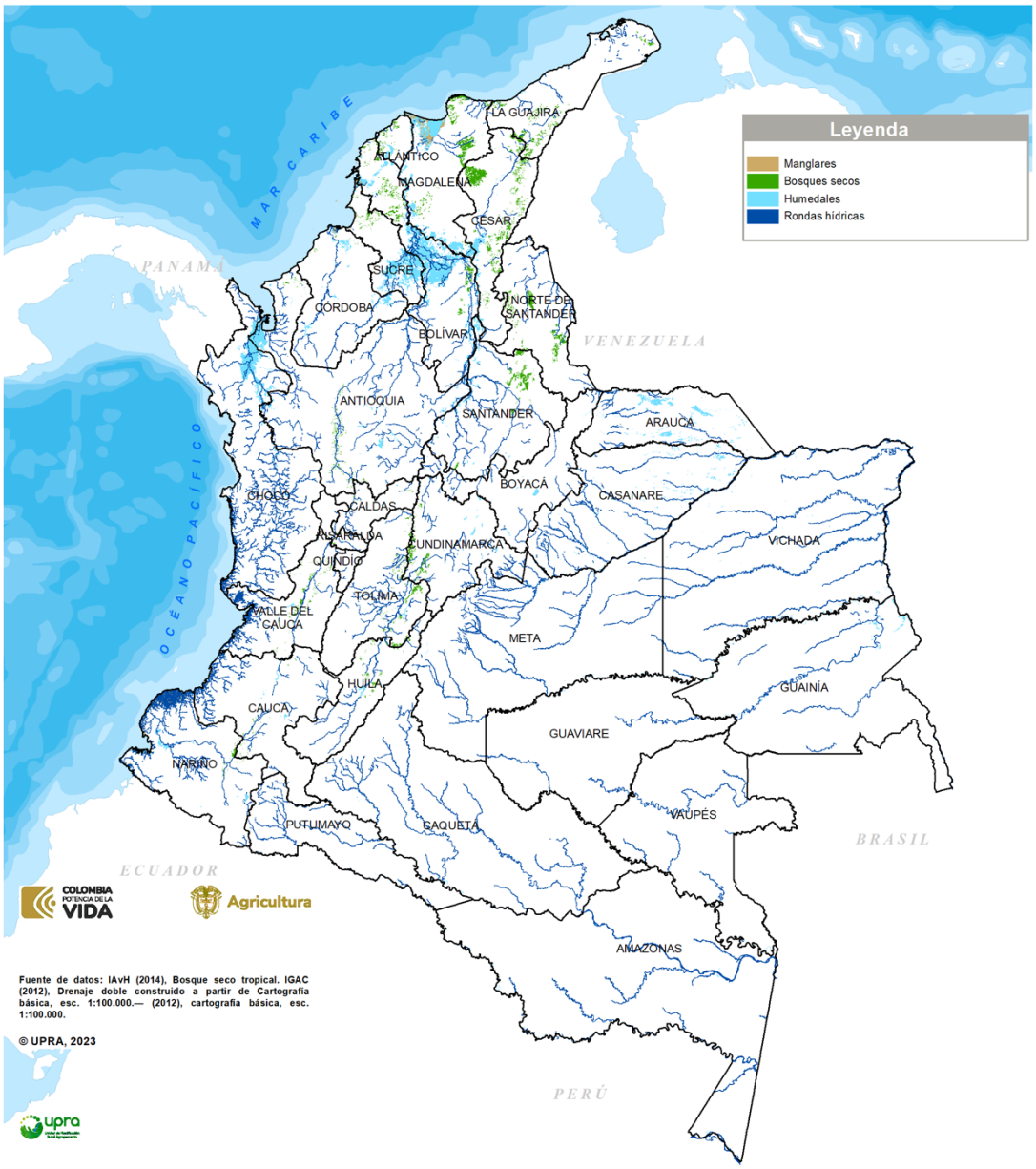
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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.

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.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CONDICIONANTES
Variable ecosistemas estratégicos

FUENTES DE INFORMACIÓN

- IAVH. (2014). *Bosque seco tropical.* IAVH.
- Ideam. (2008). *Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:500.000.* Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* IGAC.
- _. (2012). *Drenaje doble construido a partir de cartografía básica, escala 1:100.000.* IGAC.

5.1.2. Variable áreas protegidas

<table>
<tr><td colspan="3">FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE</td></tr>
<tr><td>TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="2">PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (Bubalus bubalis) EN PASTOREO</td></tr>
<tr><td colspan="3">CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONANTES LEGALES</td></tr>
<tr><td colspan="3">VARIABLE: áreas protegidas</td></tr>
<tr><td rowspan="4">TIPO DE CRITERIO ASOCIADO</td><td>Análisis jerárquico</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td>✓</td></tr>
<tr><td>Exclusión técnica</td><td></td></tr>
<tr><td>Exclusión legal</td><td></td></tr>
</table>

DEFINICIÓN

Agrupa 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 búfalos en pastoreo; 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 conformidad 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.

Zonas de producción y recuperación para la producción del AMEM: según 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.

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 Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, son espacios geográficos en los que los paisajes y ecosistemas estratégicos en la escala regional mantienen la función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas, con un potencial significativo de recuperación, y cuyos valores naturales y culturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su restauración, uso sostenible, conocimiento y disfrute; por esa razón, esta categoría impone restricciones similares a las de los distritos de manejo integrado.

Reservas naturales de la sociedad civil (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.

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 Minambiente, 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). Por medio de las Resoluciones 1987 y 1310 de 2018 del MADS, se declara una medida de precaución que protege temporalmente los sitios en los cuales se adelantan procesos de declaratoria de áreas protegidas nacionales y regionales. 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 fundamento en dichos estudios.

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 si es posible establecer búfalos en pastoreo o en las que por el contrario está prohibido el desarrollo de actividades productivas.

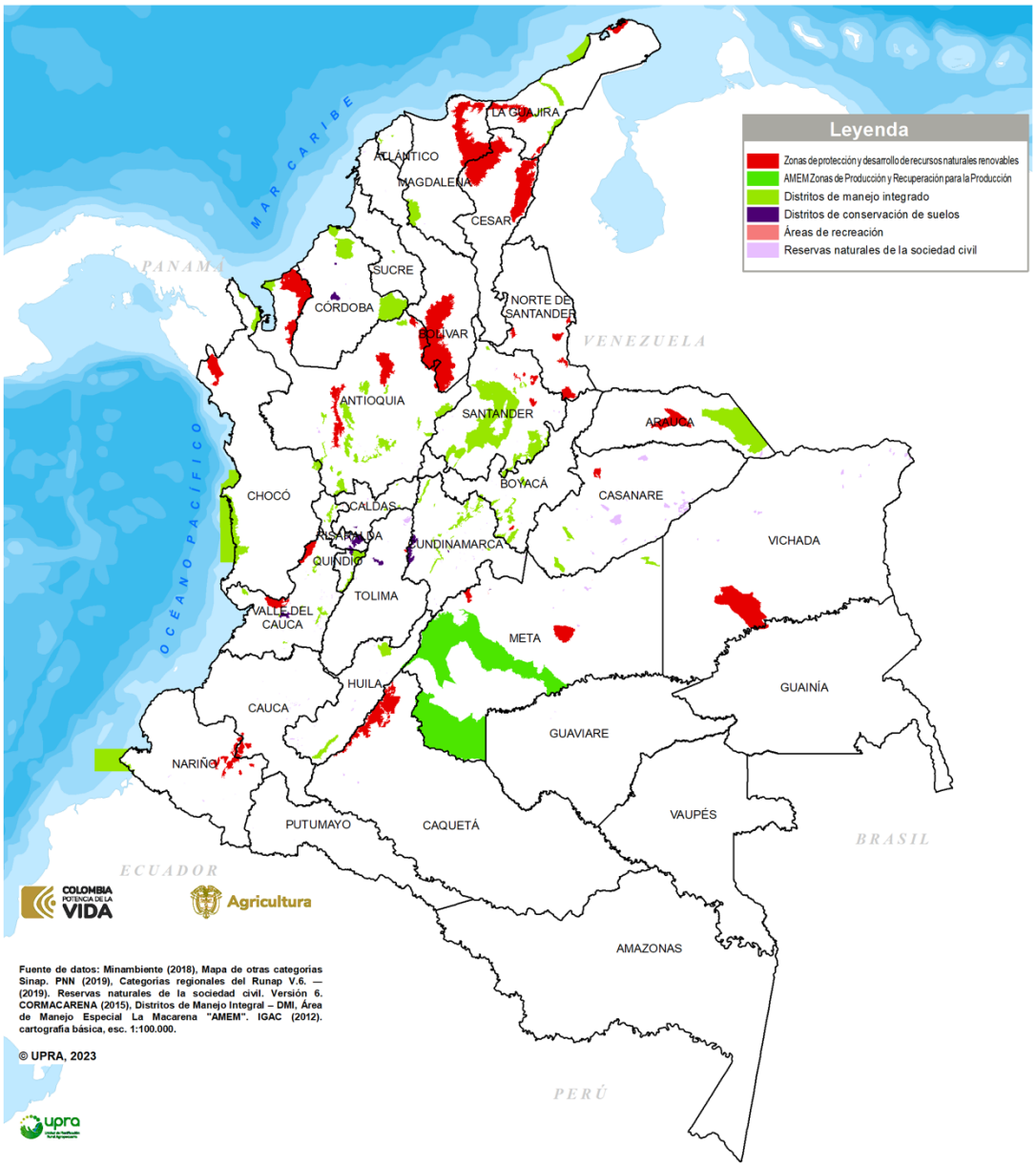
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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.

UNIDAD DE ANÁLISIS

Polígonos que comprenden DMI, zonas de producción y recuperación para la producción del AMEN, DCS, áreas de recreación, RNSC y zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medoambiente

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CONDICIONANTES
Variable otras áreas protegidas

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Cormacarena. (2015). *Distrito de manejo integrado –DMI-, Área de Manejo Especial La Macarena "AMEM"*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- Minambiente. (2018). *Resoluciones 504, 1310 y 1987. Zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medio ambiente. Mapa de otras categorías Sinap*. Minambiente.
- PNN. (2019). *Categorías regionales del Runap V.6*. PNN.
- _. (2019). *Reservas naturales de la sociedad civil. Versión 6*. PNN.

5.1.3. Variable otras áreas protegidas locales

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONANTES LEGALES		
VARIABLE: otras áreas protegidas locales		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Análisis jerárquico**	
	Condicionante legal	✓
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	

DEFINICIÓN

Las áreas protegidas consideradas dentro de esta condicionante legal corresponden a:

Otras áreas protegidas locales: según el PBOT del municipio de Puerto López de 2017 y el Acuerdo 12 de 2012 de Cormacarena 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 un condicionante legal (C1).

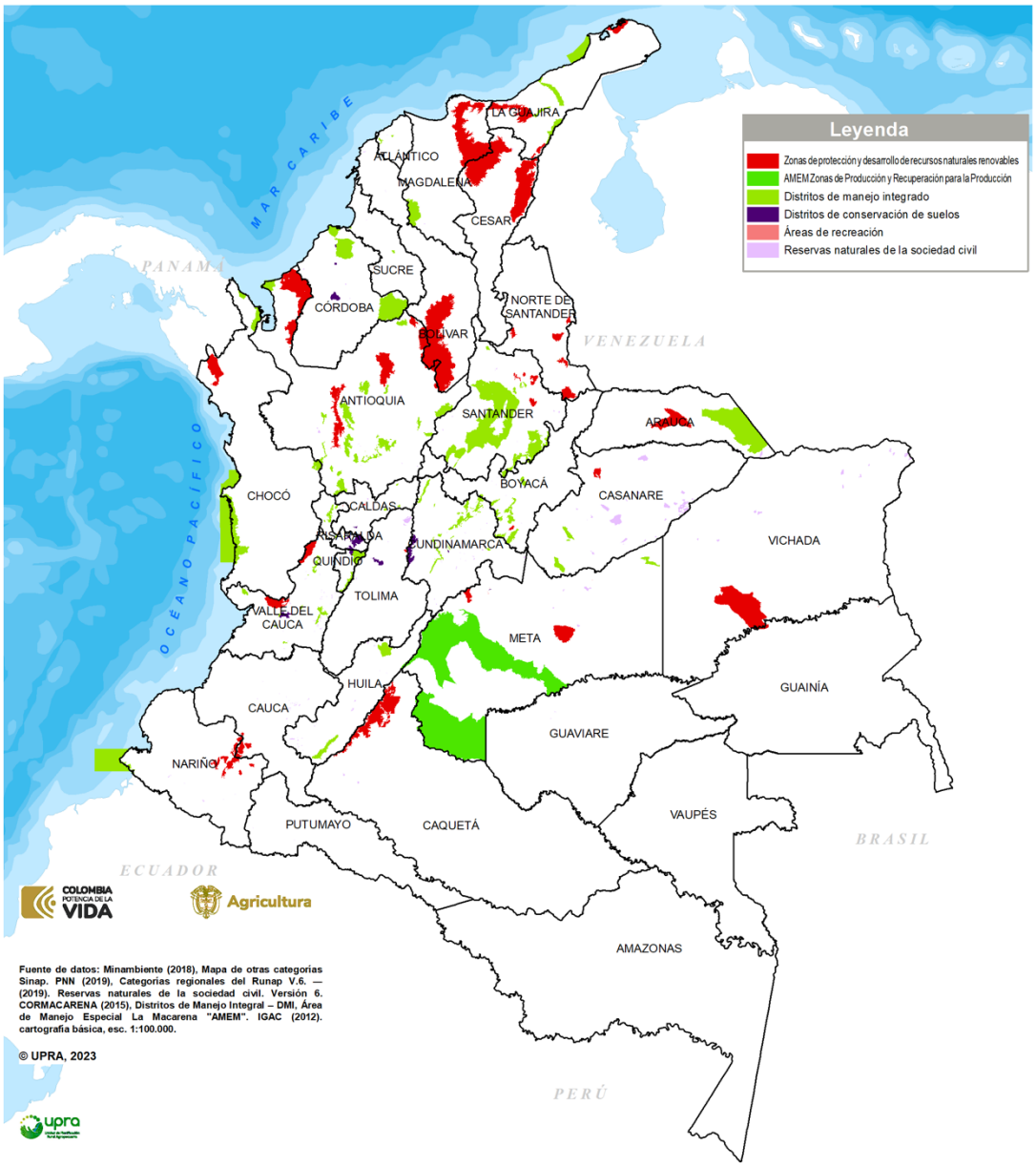
LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La principal limitante para analizar las áreas protegidas está referida a su dinámica, ya que constantemente se están creando y definiendo nuevas áreas de conservación y protección.

UNIDAD DE ANÁLISIS

Zonas de protección declaradas en el PBOT de Puerto López

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CONDICIONANTES
Variable otras áreas protegidas

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía Municipal de Puerto López. (2017). *PBOT, Acuerdo 12. Cormacarena*.
- Cormacarena. (2015). *Distritos de Manejo Integrado – DMI. Área de Manejo Especial La Macarena (AMEM)*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.

5.1.4. Variable zonas de reserva forestal nacional de Ley 2 de 1959, tipos B y C

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONANTES LEGALES		
VARIABLE: Zonas de reserva forestal nacional de Ley 2 de 1959, tipos B y C		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Análisis jerárquico**	
	Condicionante legal	✓
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	

DEFINICIÓN

Las Zonas de Reserva Forestal Nacional (ZRFN) fueron creadas para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre, mediante la Ley 2 de 1959. Se compone de siete reservas forestales nacionales: ZRFN del Pacífico, ZRFN Central, ZRFN del Río Magdalena, ZRFN de la Sierra Nevada de Santa Marta, ZRFN de la Serranía de Los Motilones, ZRFN del Cocuy y ZRFN de la Amazonía.

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:

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).

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).

Las zonificaciones se adoptaron mediante las siguientes resoluciones:

a. 1277 de 2014, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Amazonía, establecida en la Ley 2 de 1959, para los departamentos de Amazonas, Cauca, Guainía, Putumayo y Vaupés.
b. 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 de 1959.

c. Resolución 1275 de 2014, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Cocuy, establecida en la Ley 2 de 1959.
d. 1926 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Pacífico, establecida en la Ley 2 de 1959.
e. 1925 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Amazonía, establecida en la Ley 2 de 1959, para los departamentos de Caquetá, Guaviare y Huila.
f. 1924 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Río Magdalena, establecida en la Ley 2 de 1959.
g. 1923 de 2013, adopta la zonificación y ordenamiento de la Reserva Forestal de la Serranía de Los Motilones, establecida en la Ley 2 de 1959.
h. 1922 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal Central, establecida en la Ley 2 de 1959.

En lo referente a las sustracciones de reserva forestal nacional, según el numeral 18, Artículo 5 de la Ley 99 de 1993, en concordancia con el Decreto-Ley 3570 de 2011, facultó al hoy MADS a reservar, alinderar y sustraer las reservas forestales nacionales. La sustracción se evalúa y otorga exclusivamente para la actividad que fue solicitada su sustracción, por este motivo las zonas sustraídas son solo para tal fin. Se estableció como condicionante, dado que las sustracciones se realizan para una actividad determinada con la cual fueron solicitadas y no se puede realizar otro uso.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Para los propósitos de los ejercicios de zonificación, las reservas forestales de la Ley 2 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 búfalos en pastoreo.

VALOR DE EXCLUSIÓN DE LA VARIABLE

No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

En 2015 para las Zonas de Reserva Forestal Nacional se establece 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.

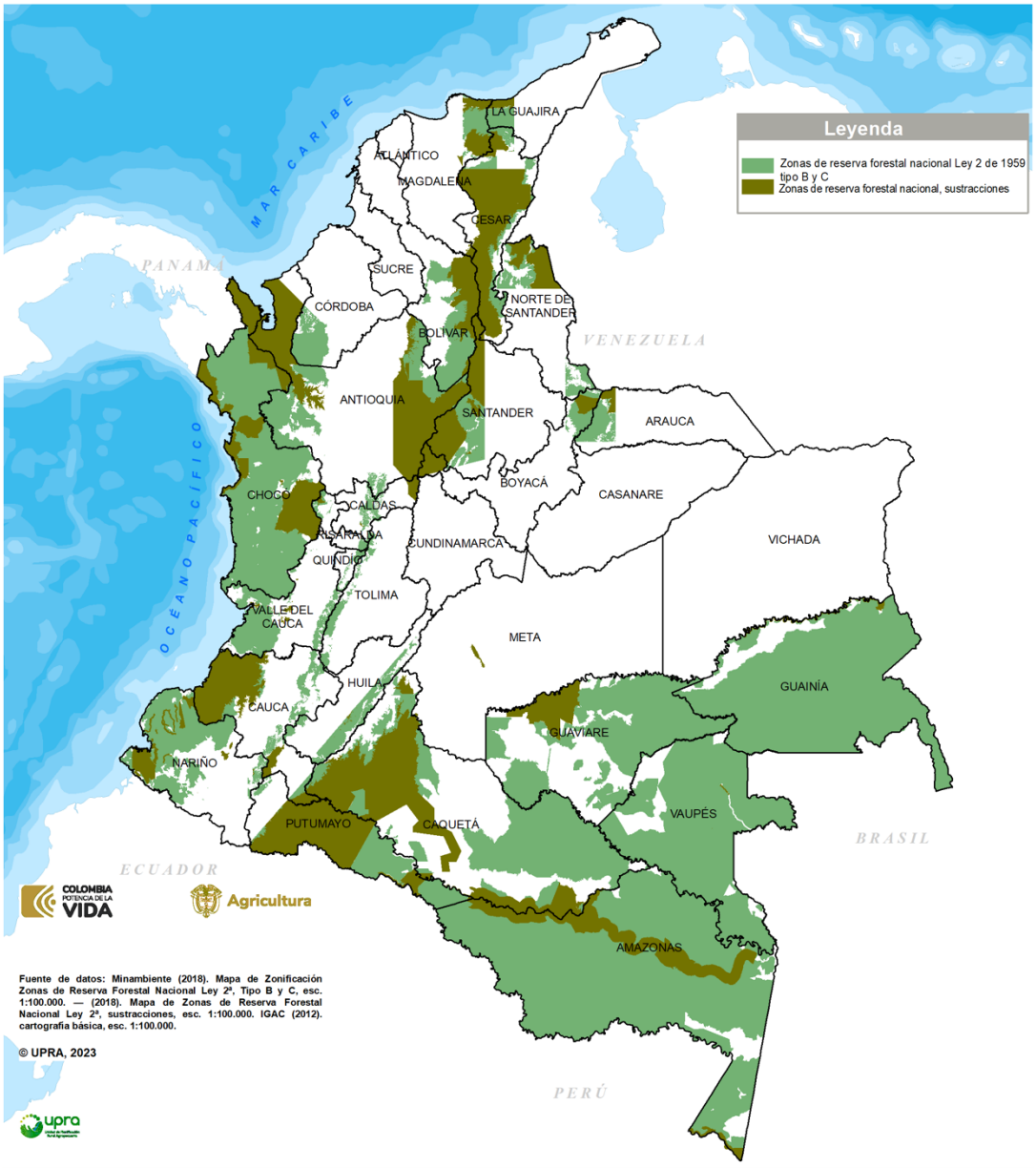
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para la generación de la información cartográfica se parte del mapa de Reservas Forestales Nacionales de Ley 2 de 1959, identificando las zonas tipo B y C y del análisis cartográfico del mapa de sustracciones de Reserva Forestal Nacional de Ley 2 de 1959 oficial del Minambiente.

UNIDAD DE ANÁLISIS

Polígonos correspondientes las ZRFN y sustracciones de Reserva Forestal Nacional, tipos B y C

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CONDICIONANTES
Variable zonas de reserva forestal nacional

FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- Minambiente. (2018). *Mapa de zonificación de Zonas de Reserva Forestal Nacional de la Ley 2ª, Tipos B y C, escala 1:100.000*. Minambiente.
- _. (2012). *Mapa de sustracciones de reservas forestales nacionales de la Ley 2.ª, escala 1:100.000*. MInambiente.
- _. (2018). *Mapa de zonas de Reserva Forestal Nacional Ley 2.ª, sustracciones, escala 1:100.000*. Minambiente.

5.1.5. Variable distinciones internacionales

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONANTES LEGALES		
VARIABLE: distinciones internacionales		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Análisis jerárquico**	
	Condicionante legal	✓
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	

DEFINICIÓN

Agrupan aquellos lugares que por factores de orden ecológico motivan el reconocimiento de su importancia a nivel internacional, y que el país reconoce mediante su adscripción a tratados. El soporte legal de estos implica que se supediten o puedan modificar algunos elementos de la producción comercial, sin que ello represente una restricción misma al uso, o la reducción de la aptitud del territorio para su implementación. Por este motivo requieren detalles adicionales que deben ser estudiados en conjunto con las autoridades ambientales competentes.

Las áreas son definidas por su importancia biológica y en concordancia con el compromiso internacional adquirido y ratificado por el país para la protección y conservación de la biodiversidad.

En el ejercicio de zonificación de aptitud se consideran las siguientes distinciones internacionales:

Reservas de la biosfera: áreas geográficas representativas de la diversidad de hábitats del planeta. Ya sean ecosistemas terrestres o marítimos, estas áreas se caracterizan por ser sitios que no son exclusivamente protegidos, sino que pueden albergar a comunidades humanas que vivan de actividades económicas sustentables que no pongan en peligro el valor ecológico del sitio. Una vez designado el nombramiento, la reserva queda reconocida internacionalmente, pero bajo soberanía de los respectivos Estados, quienes deben asegurar el cumplimiento y mantenimiento de las características excepcionales que hicieron posible la nominación. De acuerdo con la Convención sobre la protección del patrimonio mundial, cultural y natural (<www.unesco.org>), los Estados participantes se obligan a prestar su concurso para identificar, proteger, conservar y revalorizar el patrimonio cultural y natural (Artículo 6), y a no tomar medidas que le puedan causar daño, directa o indirectamente (cinturón andino, El Tuparro, Sierra Nevada de Santa Marta, Ciénaga Grande de Santa Marta, Seaflower).

Convenio Ramsar: la «Convención sobre los humedales de importancia internacional», conocida como Convención Ramsar, es un tratado intergubernamental desarrollado para coordinar las acciones en el ámbito nacional y la cooperación internacional para garantizar la conservación y

el uso racional de los humedales de importancia regional (en el trayecto de rutas de aves migratorias) y sus recursos.

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).

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).

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 sustento en estudios técnicos, económicos y sociales y ambientales adoptados por el Minambiente o quien haga sus veces, destacando que en los humedales designados dentro de la lista de importancia internacional de la convención Ramsar no se podrán adelantar dichas actividades, no obstante las limitaciones de estas áreas deben obedecer a su plan de manejo, donde se definen sus respectivas zonas de conservación, preservación y uso.

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 Biósfera no representa una identidad ecosistémica sino los vértices de polígonos, por lo cual se incorporan áreas en diferentes niveles de valores ecosistémicos; teniendo en cuenta lo anterior, no toda el área tiene la misma importancia ecosistémica y la restricción en su interior ha de estudiarse con mayor detalle.

Por este motivo, requieren de 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.

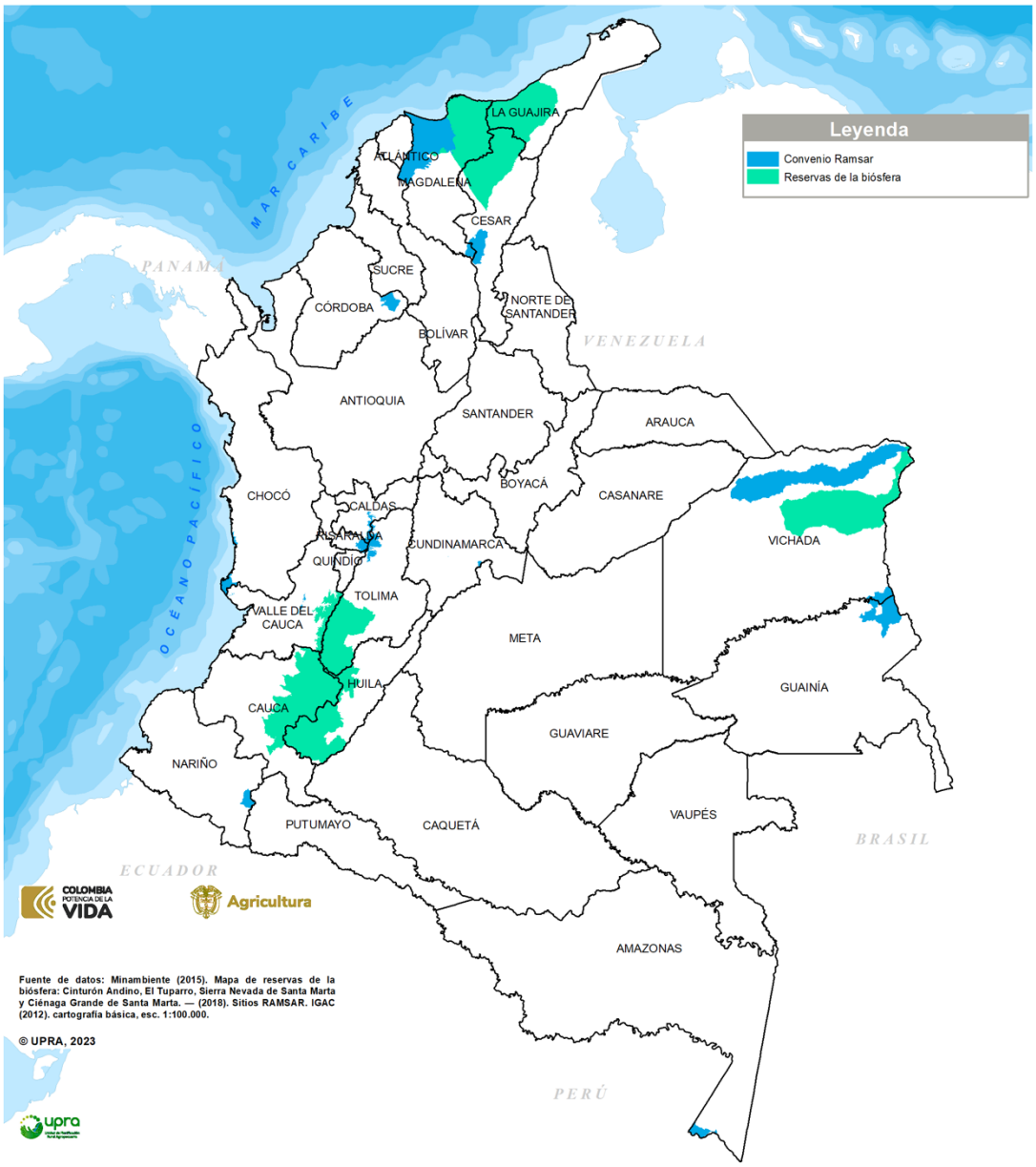
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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.

UNIDAD DE ANÁLISIS

Humedales Ramsar y reservas de la biósfera, de acuerdo con las fuentes de información oficial

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CONDICIONANTES
Variable distinciones internacionales

FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- Minambiente. (2015). *Mapa de reservas de la biosfera: Ciénaga Grande de Santa Marta, Cinturón Andino, El Tuparro y Sierra Nevada de Santa Marta*. Minambiente.
- _. (2018). *Sitios Ramsar*. Minambiente.
- Organización de la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco). (1994). Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas (Convenio de Ramsar). Unesco. <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 VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONANTES LEGALES		
VARIABLE: áreas de interés cultural y social		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Análisis jerárquico**	
	Condicionante legal	✓
	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 de reserva Ley 70 de 1993: 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 a fin de proteger la identidad cultural y los derechos de las comunidades negras de Colombia como grupo étnico, y el fomento de su desarrollo económico y social, para garantizar que obtengan condiciones reales de igualdad de oportunidades, frente al resto de la sociedad colombiana.

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 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 (Decreto 2164 de 1995, Ministerio

de Agricultura). Conforme a los Artículos 63 y 329 de la Constitución Política, la Ley 21 de 1991 y el Convenio OIT 169 de 1989, tienen el carácter de inalienables, imprescriptibles e inembargables. Estas comunidades tienen una organización autónoma amparada por el fuero indígena y su sistema normativo propio (Artículo 21, Decreto Minagricultura 2164 de 1995).

Zonas de reserva campesina: son tierras baldías de la Nación adjudicadas a los campesinos de escasos recursos,con objeto de fomentar 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).

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.

Paisaje Cultural Cafetero: 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 2079 de 2011, Ministerio de Agricultura).

Áreas Arqueológicas Protegidas (APP): es un polígono o zona delimitada en el territorio de Colombia que, por las particularidades y características únicas de sus evidencias arqueológicas, requiere 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). Estas áreas contienen un plan de manejo arqueológico definido por el Instituto Colombiano de Antropología e Historia, en donde permite la realización de labores de agricultura tradicional y restringe el desarrollo de agricultura mecanizada en las áreas de potencial muy alto.

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 cultural).

- 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 (C1).

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 422.000 y 451.000 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 de reserva, Ley 70 de 1993.**

De las cerca de 10 millones de ha reservadas para las comunidades negras, el 79 % se encuentra 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 (Artículo 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 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, 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
Santa María de la Antigua del Darién	Directa
El Salado	Directa
Pueblito	Directa
La Lindosa	Raudal
	Pizarra
	Nuevo Tolima
	Los Túneles
	Los Alpes

Áreas Arqueológicas Protegidas	Zona
Piedras del Tunjo	Directa
UPTC Tunja	Directa
Pupiales	Directa
	Área de influencia
Tequendama	Directa
La Mojana	Directa
El Abra	Directa
El Infiernito	Directa

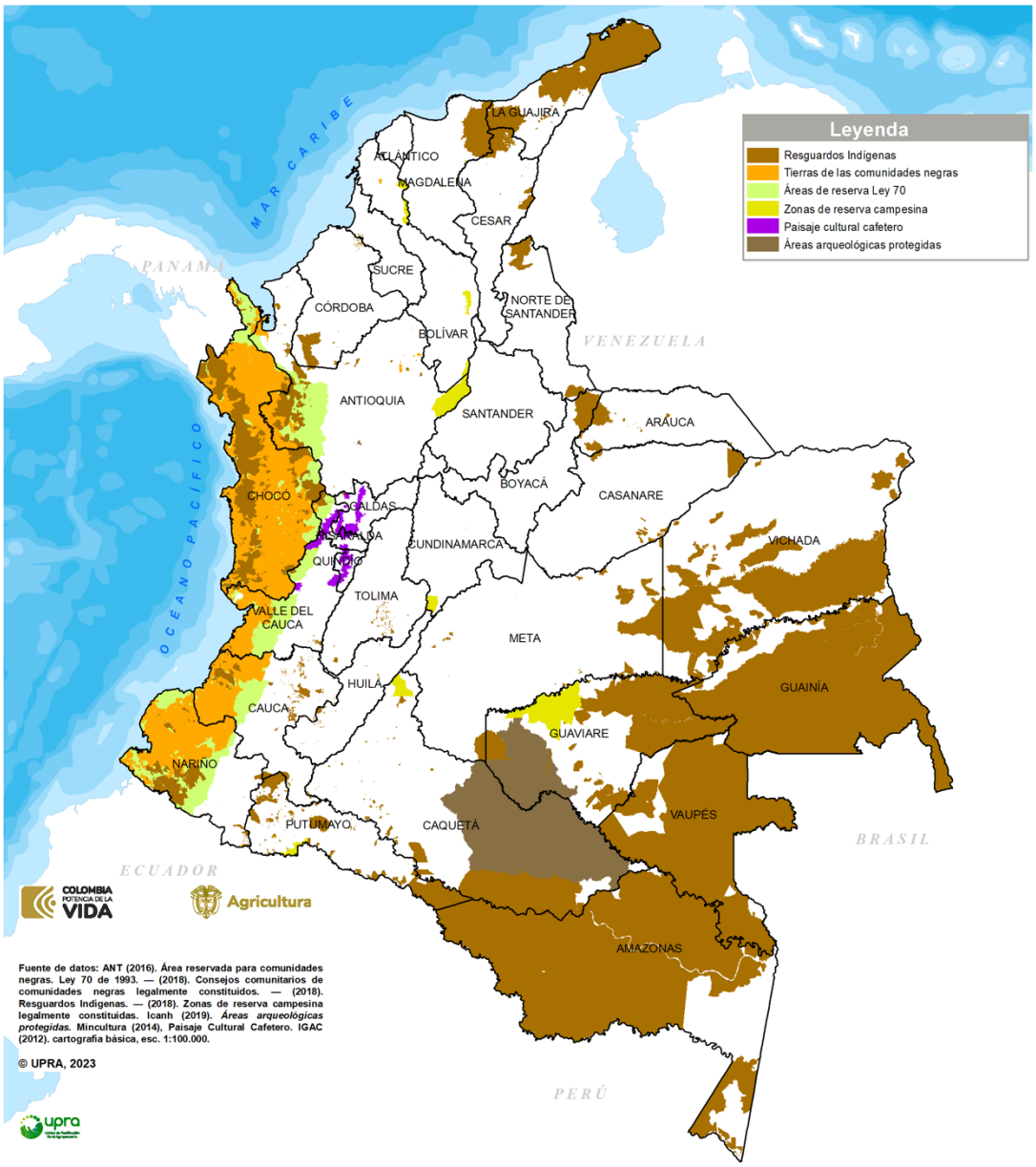
Áreas Arqueológicas Protegidas	Zona
	Limoncillo
	Campanilla
	Cerro Azul
Las Salinas	Directa
	Área de influencia
Piedras Blancas	Directa

Áreas Arqueológicas Protegidas	Zona
Arboleda	Directa
	Área de influencia
Mogua	Directa
	Área de influencia
Valle alto del Rio Checua	Directa
	Área de influencia

UNIDAD DE ANÁLISIS

Poligonos que comprenden tierras de las comunidades negras, áreas reserva Ley 70 de 1993, resguardos indígenas, zonas de reserva campesina, paisaje cultural cafetero, zonas de actividad aeronáutica, áreas arqueológicas protegidas, de acuerdo con las fuentes de información oficial

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CONDICIONANTES
Variable áreas de interés cultural y social

FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agencia Nacional de Tierras (ANT). (2016). *Áreas resevadas para comunidades negras, Ley 70 de 1993*. ANT.
- _. (2018). *Resguardos Indígenas legalmente constituidos*. ANT.
- _. (2018). *Consejos Comunitarios de comunidades negras legalmente constituidos*. ANT.
- _. (2018). *Zonas de Reserva Campesina legalmente constituídas*. ANT.
- ICANH. (2019). *Áreas Arqueológicas Protegidas*. ICANH.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. IGAC.
- Mincultura. (2014). *Paisaje Cultural Cafetero*. Mincultura.

5.1.7. Variable zonas de importancia para fiebre aftosa

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**PRODUCCIÓN DE BÚFALOS (*Bubalus bubalis*) EN PASTOREO**	
CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONANTES LEGALES		
VARIABLE: zonas de importancia para fiebre aftosa		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Análisis jerárquico**	
	Condicionante legal	✓
	Exclusión técnica	
	Exclusión legal	

DEFINICIÓN

Agrupa las Zonas de Alta Vigilancia (ZAV) que comprenden las franjas de territorio a nivel de las fronteras de aproximadamente 15 km de ancho, medidas desde el límite fronterizo hacia el interior del país (ICA, 2009).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Alerta a los planificadores y productores acerca de áreas que requieren de la implementación de estrategias especiales e intensivas de vigilancia y control de poblaciones bufalinas susceptibles al contagio por el virus de la fiebre aftosa.

VALOR DE EXCLUSIÓN DE LA VARIABLE

No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

No se identifican limitantes.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

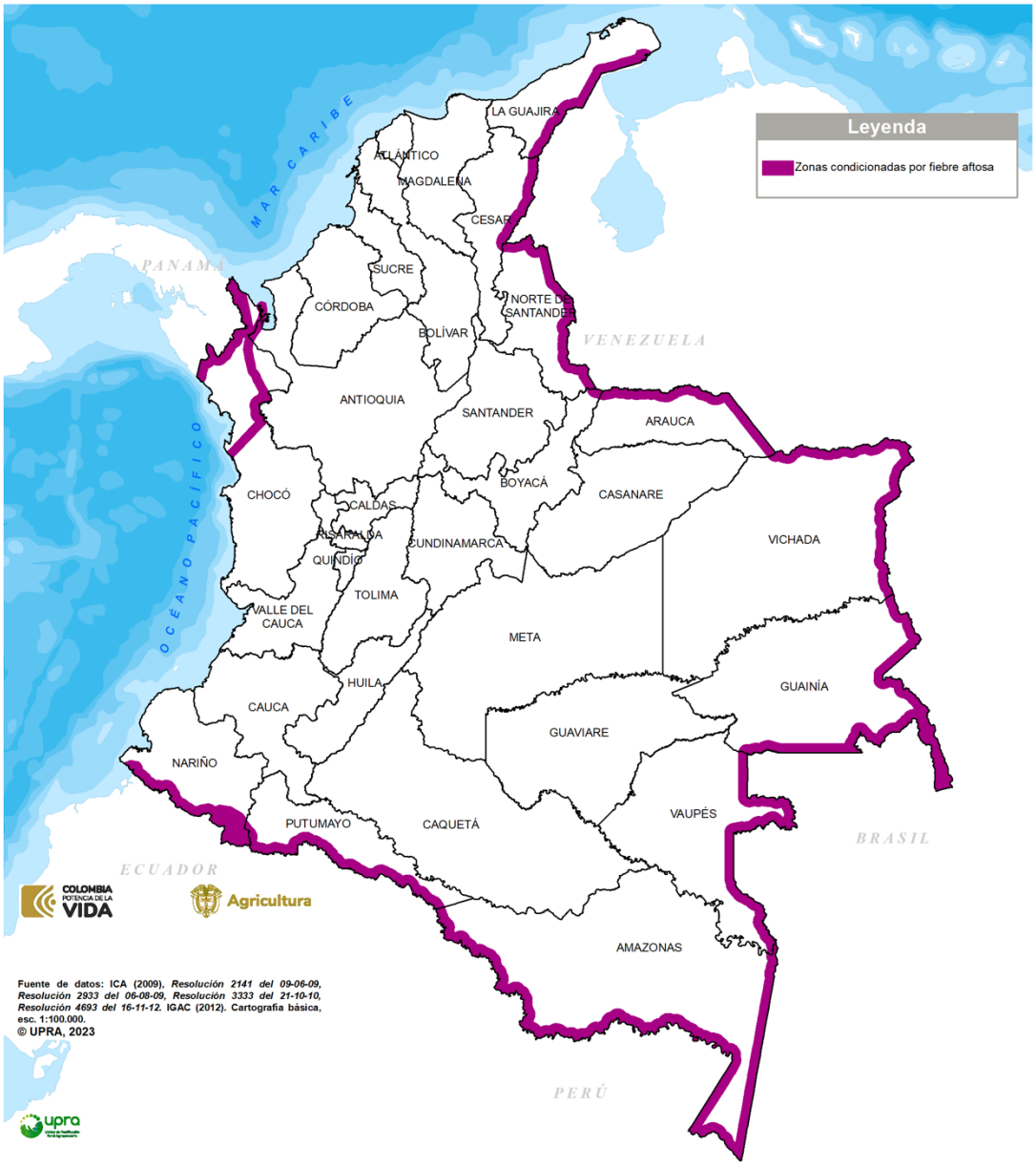
Para la generación de la información cartográfica se realizó la espacialización de la información analógica que se menciona en las siguientes resoluciones:

a. Resolución 2141 de 2009
b. Resolución 3333 de 2010
c. Resolución 4693 de 2012

UNIDAD DE ANÁLISIS

Buffer de 15 km medidos desde el límite fronterizo hacia el interior del país.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



CONDICIONANTES
Variable zonas de importancia para la fiebre aftosa

FUENTES DE INFORMACIÓN

- ICA. (2009). Resolución 2141. Por medio de la cual se establece la situación sanitaria en las diferentes zonas del país en relación con la fiebre aftosa. ICA.
- _. (2010). Resolución 333. Por medio de la cual se establece una ZAV para fiebre aftosa, en los departamentos de Boyacá, Arauca y Vichada. ICA.
- _. (2012). Resolución 4693. Por medio de la cual se establece una estrategia de alta vigilancia para fiebre aftosa en Nariño y Putumayo. ICA.