UPRA

Cultivos comerciales de **fríjol** y de **caupí**

Identificación de zonas aptas en Colombia a escala 1:100.000





Zonificación de aptitud para los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) en Colombia, escala 1:100.000

UPRA

Gustavo Francisco Petro Urrego
Presidente de la República de Colombia

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural

Martha Viviana Carvajalino Villegas
Ministra de Agricultura y Desarrollo Rural

Unidad de Planificación de Tierras Rurales Adecuación de Tierras y Usos Agropecuarios (UPRA)

Dora Inés Rey Martínez (e)
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 Hernando Velasco Lozano
Mónica Cortés Pulido
Sandra Milena Ruano Reyes
Asesores

Alexánder Rodríguez Romero
Director temático

Renato Baldovino Guevara
Sebastián Polo Carrera
Líder temático

Alexánder Rodríguez Romero
Renato Baldovino Guevara
Sebastián Polo Carrera
Jorge Alexánder Pardo Mayorga
Edinson Chacón Pardo
Gabriel Eduardo Páramo Rocha
Claudia Patricia Acosta Latorre
Juan Antonio Gómez Blanco
Luis Eduardo García Castellanos
Luisa María Lagos Riaño
Katherine Gómez Rodríguez
Ruth Natalia Becerra Vargas
Heidy Soledad Rodríguez Albarracín
Autores

Carlos Alberto Novoa Barajas
Pedro David Porras Rodríguez
Jeimy Paola Jiménez Sánchez
Compiladores

Nancy Alarcón Fernández
Alejandro Moreno, Barrera
Carlos Ruíz Urueña
Yohana Urrego Díaz
Representación cartográfica

Johana Trujillo Moya
Coordinación equipo publicaciones

Fabio Ernesto Mojica
Diseño y diagramación

Andrés Paz Duarte
Édgar Mauricio Carrillo
Fotografías / Banco de imágenes UPRA

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: Rodríguez Romero, A., Baldovino Guevara, R., Polo Carrera, S., Pardo Mayorga, J. A, Chacón Pardo, E., Páramo Rocha, G. E., Acosta Latorre, C. P., Gómez Blanco, J. A., García Castellanos, L. E., Lagos Riaño, L. M., Gómez Rodríguez, K., Becerra Vargas, R. N. & Rodríguez Albarracín, H. S. (2024). ***Memoria técnica de la zonificación de aptitud para los cultivos comerciales de fríjol*** (Phaseolus vulgaris L.) cv. ***Bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí*** (Vigna unguicula L.) ***en Colombia, escala 1:100.000.*** UPRA. URL de ubicación del documento.





Resumen

Se presenta la memoria técnica de la zonificación de aptitud para los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) en Colombia, escala 1:100.000, producto de los procesos de fortalecimiento de la planificación del uso eficiente del suelo rural y la adecuación de tierras que lleva a cabo la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), orientados a direccionar la inversión del sector agropecuario.

El documento está dividido en cuatro secciones: en la primera, se muestran los antecedentes del sector del fríjol y del caupí, en términos de su importancia internacional y nacional, así como el contexto sectorial; la segunda aborda el marco conceptual, basado en un enfoque multidisciplinario que toma en consideración los principios y fundamentos del esquema de evaluación de tierras, desde los criterios de carácter físico, socioecosistémico y socioeconómico; la tercera presenta la metodología de la evaluación de tierras, desde la definición del tipo de utilización de la tierra (TUT), hasta la evaluación y comparación de las matrices multicriterio (biofísica y socioeconómica); y la cuarta muestra los resultados de la zonificación, representados en los mapas de aptitud para los cultivos comerciales de fríjol y caupí, las conclusiones y las fuentes de información bibliográfica utilizadas.

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, entre otros aspectos, la definición, su importancia, los rangos de calificación, los mapas de salida como soporte al proceso metodológico y las fuentes de información consultadas.

Se identificaron ocho criterios físicos, seis socioecosistémicos y ocho socioeconómicos que agrupan 64 variables a partir de los cuales se obtuvieron los mapas de aptitud para los cultivos comerciales de fríjol (P. vulgaris) y de caupí (V. unguiculata) a escala 1:100.000.

En el mapa se identificó que Colombia tiene 7.272.228 ha aptas para el cultivo comercial de P. vulgaris, equivalentes al 16,9 % de la FA nacional. De las áreas aptas, 3.059.956 ha corresponden a aptitud alta (A1), 2.244.321 a aptitud media (A2) y 1.967.951 a aptitud baja (A3). Igualmente, se identificaron 24.831.453 ha aptas para el cultivo comercial de V. unguiculata, que representan el 57,8 % de la FA nacional. De las áreas aptas, 4.781.332 ha corresponden a aptitud alta (A1), 4.662.673 ha a aptitud media (A2) y 15.387.447 ha a aptitud baja (A3).

Palabras clave: fríjol, bola roja, calima, cargamanto, radical, caupí, evaluación de tierras, criterios físicos, criterios socioecosistémicos, criterios socioeconómicos, análisis multicriterio, mapa de aptitud.



Contenido

Resumen 7

Índice de tablas 10

Índice de figuras 12

Lista de siglas y abreviaturas 14

Lista de símbolos 16

Glosario 17

Introducción 20

1. Antecedentes 24
1.1. Antecedentes de zonificación de aptitud para la producción de fríjol en Colombia 25
1.2. Contexto sectorial 26
1.2.1. Descripción morfológica y hábito de crecimiento 26
1.2.2. Taxonomía, origen y distribución 28
1.3. Contexto Mundial 28
1.4. Contexto nacional 30
1.5. Cadena del fríjol en Colombia 32
1.6. Importaciones y exportaciones de fríjol en Colombia 32
1.7. Alcances y limitaciones 34

2.Marco conceptual 36

3.Marco metodológico 42
3.1. Definición del tipo de utilización de la tierra (TUT) 47
3.2. Criterios de análisis jerárquico 47
3.2.1. Criterios físicos 47
3.2.2. Criterios socioecosistémicos 51
3.2.3. Componente socioeconómico 56
3.3. Rangos de aptitud y exclusiones técnicas 63
3.3.1. Rangos de los criterios y variables del componente físico 64
3.3.2. Rangos de los criterios y variables del componente socioecosistémico 66
3.3.3. Rangos de los criterios y variables del componente socioeconómico 71

3.4. Restricciones legales y condicionantes legales **74**
3.5. Análisis multicriterio **87**
3.5.1. Proceso analítico jerárquico **87**
3.5.2. Matriz del proceso analítico jerárquico **88**
3.6. Análisis espacial y modelo cartográfico **92**
3.7. Proceso de socialización y validación **96**
3.7.1. Socialización de la zonificación de aptitud **96**
3.7.2. Validación de rangos y mapas de aptitud **98**

4. Resultados **100**
4.1. Fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical **101**
4.2. Caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) **108**

Conclusiones **116**

Bibliografía **120**

Fichas metodológicas de criterios y variables **127**

Índice de tablas

Tabla 1. Hábitos de crecimiento de las plantas de fríjol y caupí **27**
Tabla 2. Principales países productores de fríjol en el mundo (2021) **29**
Tabla 3. Producción y rendimiento de los principales departamentos productores de fríjol en Colombia **31**
Tabla 4. Exportaciones de fríjol desde Colombia entre 2018-2022 (t) **33**
Tabla 5. Principios de la evaluación de tierras **40**
Tabla 6. Definición de criterios y variables del subcomponente climático **49**
Tabla 7. Definición de criterios y variables del subcomponente edáfico **49**
Tabla 8. Definición de criterios y variables del componente socioecosistémico **54**
Tabla 9. Definición de criterios y variables del componente socioeconómico **58**
Tabla 10. Categorías para la zonificación de aptitud de cultivos comerciales **63**
Tabla 11. Rangos de aptitud del subcomponente climático de los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). **64**
Tabla 12. Rangos de aptitud del subcomponente edáfico para los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). **64**
Tabla 13. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioecosistémico para los cultivos de fríjol de los cultivares bola roja, calima, cargamanto, radical; y de caupí **66**
Tabla 14. Rangos de aptitud definidos para la variable Influencia del fuego sobre los ecosistemas de los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). **69**
Tabla 15. Rangos de aptitud del componente socioeconómico para los cultivos de fríjol **71**
cultivares bola roja, calima, cargamanto, radical; y de caupí **71**
Tabla 16. Restricciones legales **74**
Tabla 17. Condicionantes legales **80**
Tabla 18. Escala de preferencia o importancia dentro del proceso analítico jerárquico **88**
Tabla 19. Esquema de la matriz de comparación según criterio **88**
Tabla 20. Matriz de evaluación multicriterio del componente biofísico para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical **89**
Tabla 21. Matriz de evaluación multicriterio del componente biofísico para la zonificación de aptitud del cultivo comercial de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) **90**
Tabla 22. Matriz de evaluación multicriterio del componente socioeconómico para la zonificación de aptitud de los cultivos comerciales de fríjol cultivares. bola roja, calima, cargamanto, radical, y de caupí **91**

Tabla 23. Matriz de paso para el cruce de componentes para la evaluación de tierras de los cultivos comerciales de fríjol y de caupí **91**
Tabla 24. Socialización de la zonificación de aptitud para los cultivos comerciales de fríjol de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí. **96**
Tabla 25. Validación de la zonificación de aptitud los cultivos comerciales de fríjol de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí. **99**
Tabla 26. Áreas de aptitud para la zonificación del cultivo comercial de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical. **102**
Tabla 27. Áreas de aptitud por departamento para la zonificación del cultivo comercial de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical **104**
Tabla 28. Principales departamentos con aptitud alta (A1) para el cultivo de *Phaseolus vulgaris* **106**
Tabla 29. Áreas de aptitud para la zonificación del cultivo de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp **111**
Tabla 30. Áreas de aptitud por departamento para la zonificación del cultivo comercial de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) **111**
Tabla 31. Principales municipios en Colombia con aptitud alta (A1) para el cultivo de fríjol caupí **113**

Índice de figuras

Figura 1. Principales países exportadores de fríjol para el periodo 2017-2021 (toneladas) **29**
Figura 2. Principales países importadores de fríjol para el periodo 2017-2021 (toneladas) **30**
Figura 3. Área sembrada de los principales departamentos productores de fríjol en ha (2022) **30**
Figura 4. Cadena del fríjol en Colombia **32**
Figura 5. Importaciones de fríjol para el periodo 2018-2022 **33**
Figura 6. Marco conceptual para la zonificación de cadenas productivas **37**
Figura 7. Tipos de criterios usados en la evaluación de aptitud. **44**
Figura 8. Esquema metodológico de la zonificación de aptitud de los cultivos comerciales de fríjol y de caupí **45**
Figura 9. Criterios y variables del componente físico **48**
Figura 10. Relación entre los atributos y criterios de estructura, función y dinámica para la interpretación socioecosistémica **52**
Figura 11. Criterios y variables del componente socioecosistémico **53**
Figura 12. Criterios y variables del componente socioeconómico **57**
Figura 13. Mapa de restricciones legales **79**
Figura 14. Mapa de condicionantes legales **86**
Figura 15. Proceso de análisis de información espacial para la obtención del mapa de aptitud **92**
Figura 16. Modelo cartográfico integral para el cultivo comercial de fríjol (*Phaseolus vulgaris*) cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical **94**
Figura 17. Modelo cartográfico integral para el cultivo comercial de caupí (*Vigna unguiculata*) Walp.) **95**
Figura 18. Estrategia de socialización y validación en la zonificación de aptitud para los cultivos comerciales de fríjol de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí **96**
Figura 19. Mapas biofísico y socioeconómico para el cultivo comercial de *Phaseolus vulgaris* cv. bola roja, calima, cargamanto y radical **102**
Figura 20. Mapa integrado de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical **103**
Figura 21. Principales departamentos con la mejor aptitud para el cultivo comercial de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical (ha) **105**
Figura 22. Principales departamentos con aptitud alta (A1) para el cultivo de fríjol *Phaseolus vulgaris* **106**
Figura 23. Principales departamentos con aptitud media (A2) para el cultivo de *Phaseolus vulgaris* **107**

Figura 24. Municipios con la mayor aptitud total para el cultivo de *Phaseolus vulgaris* **107**
Figura 25. Principales municipios con aptitud alta (A1) para el cultivo comercial de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical **108**
Figura 26. Mapas biofísico y socioeconómico de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) **109**
Figura 27. Mapa integrado de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) **110**
Figura 28. Principales departamentos con aptitud alta (A1) para el cultivo comercial de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) **112**
Figura 29. Principales departamentos con aptitud media (A2) para el cultivo de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) **113**
Figura 30. Principales municipios con aptitud alta (A1) para el cultivo comercial de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) **114**

Lista de siglas y abreviaturas

AC	áreas críticas para especies migratorias en agroecosistemas
ACES	area de concentración de especies sensibles en el territorio
ADR	Agencia de Desarrollo Rural
Agrosavia	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
AICAS	áreas de importancia para la conservación de aves silvestres
AHP	proceso analítico jerárquico (*Analytic Hierarchy Process*)
APC	áreas prioritarias de conservación
ANT	Agencia Nacional de Tierras
CAR	Corporación Autónoma Regional y de Desarrollo Sostenible
CECN	conectividad estructural de las coberturas naturales
CIAT	Centro Internacional de Agricultura Tropical
CIC	capacidad de intercambio catiónico
CONPES	Consejo Nacional de Políticas Económicas y Sociales
cv.	cultivar o cultivares
DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DHR	disponibilidad hídrica real
DIA	Departamento de Investigación Agropecuaria
DMI	distritos de manejo integrado
DNP	Departamento Nacional de Planeación
ETR	evapotranspiración real
FAG	Fondo Agropecuario de Garantías
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
Fenalce	Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya
Finagro	Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario
FOB	libre a bordo.
IAVH	Instituto de Investigaciones Biológicas Alexander von Humboldt
ICA	Instituto Colombiano Agropecuario
ICANH	Instituto Colombiano de Antropología e Historia
Ideam	Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales
IDHC	Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo
IE	integridad ecológica
IGAC	Instituto Geográfico Agustín Codazzi
INSH	índice de naturalidad por subzonas hidrográficas
Incoder	Instituto Colombiano de Desarrollo Rural
ISRIC	International Soil Reference and Information Centre
IUA	índice de uso de agua

LEC	línea especial de crédito
MinAgricultura	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural
MinAmbiente	Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible
MinCultura	Ministerio de Cultura
MinEducación	Ministerio de Educación Nacional
MinTransporte	Ministerio de Transporte
m s. n. m.	metros sobre el nivel del mar
PET	población en edad de trabajar
pH	potencial de hidrógeno
PH	propiedad horizontal
PIB	producto interno bruto
PNN	Parques Nacionales Naturales de Colombia
PSI	porcentaje de sodio intercambiable
Runap	Registro Único Nacional de Áreas Protegidas
SENA	Servicio Nacional de Aprendizaje
SGC	Servicio Geológico Colombiano
SINA	Sistema Nacional Ambiental
Sinap	Sistema Nacional de Áreas Protegidas
SIG	Sistemas de Información Geográfica
TUT	tipo de utilización de la tierra
Unesco	Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura
UPRA	Unidad de Planificación Rural Agropecuaria
USDA	Departamento de Agricultura de los Estados Unidos

Lista de símbolos

>	mayor que
<	menor que
≥	mayor o igual que
≤	menor o igual que
°C	grado Celsius
bar	unidad de presión
cm	centímetro
cmol	centimol (10^{-2} mol)
dS	decisiemens (10^{-1} S)
ha	hectárea
km	kilómetro
km²	kilómetro cuadrado
L	litro
ln	logaritmo natural
m	metro
Mm³	millones de metros cúbicos
m²	metro cuadrado
m³	metro cúbico
mm	milímetro
ppm	partes por millón
t	toneladas métricas



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 o condicionales permite elaborar operadores complejos para implementar procesos de análisis de datos en estructuras de tipo ráster (UPRA, 2019).

Arbustivo: Es un tipo de hábito de crecimiento de las plantas, ya sea determinado o indeterminado, con un tallo fuerte y erecto, el cual no presenta estructuras trepadoras; se le denomina arbustivo por presentar una arquitectura en forma de arbusto.

Aptitud de la tierra: Es el potencial para el establecimiento de un tipo de utilización de la tierra (TUT), como resultado del análisis de combinaciones de criterios físicos, socioecosistémicos y socioeconómicos, enmarcados en la FA nacional (UPRA, 2019).

Bola roja: Cultivar local o regional de *Phaseolus vulgaris* en Colombia, con hábito de crecimiento voluble (trepador), cuya característica principal es el grano de color rojo intenso y de forma redonda. Sinónimo de bolo rojo o bolón rojo.

Cadena productiva: Conjunto de actividades que se articulan técnica y económicamente desde el inicio de la producción y elaboración de un producto agropecuario hasta su comercialización final (Ley 833 de 2011).

Calima: Clase comercial de *Phaseolus vulgaris* para clima cálido moderado, medio y frío, la cual agrupa variedades mejoradas con grano grande de color rojo moteado y variaciones de este color, así como formas de grano entre cilíndricas y arriñonadas.

Clase comercial: Concepto de uso común en los países productores de fríjol, para distinguirlos según las características específicas del grano, tales como color, brillo tamaño y forma; también es una manera de clasificación de los cultivares ya sean regionales o incluso mejorados (Voysest, 2000).

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, 2019).

Componente: Conjunto de variables y criterios que se agrupan para dar significancia parcial a la aptitud (UPRA, 2019). En la zonificación de aptitud, están tipificados los componentes físico, socioecosistémico y socioeconómico.

Condicionante legal: Áreas donde las actividades agropecuarias pueden ser permitidas, restringidas o prohibidas de acuerdo con las condiciones impuestas por la ley (MinAgricultura, 2018).

Criterio: "Conjunto de requisitos, parámetros o variables que definen decisiones de aptitud de uso específico de un territorio rural" (UPRA, 2019).

Cultivar (cv.): Nombre genérico que se utiliza para referirse indistintamente a variedades, líneas, híbridos y clones que se estén utilizando como materiales comerciales para siembra (ICA, 2015).

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" (UPRA, 2019).

Evaluación de tierras: Proceso de determinación y predicción del comportamiento de una porción de tierra usada para fines específicos, considerando aspectos físicos, económicos, sociales y ambientales (UPRA, 2019).

Evaluación multicriterio: Método diseñado para cubrir un objetivo específico cuando se requiere la evaluación de varios criterios.

Frontera agrícola: 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 (MinAgricultura, 2018).

Hábito de crecimiento: "Las plantas pueden ser de crecimiento determinado o indeterminado, de acuerdo con las características de la parte terminal del tallo y de las ramas. Haciendo referencia a la planta de fríjol, si al inicio de la fase reproductiva el tallo y las ramas terminan en un racimo, la planta es de hábito determinado; si terminan en un meristemo vegetativo, es de hábito indeterminado" (Ríos Betancourt & Quirós Davila, 2002).

Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHC): Relación entre precipitación y evapotranspiración de referencia mensual, llevado a una medida de tendencia anual, en función al rendimiento relativo de los cultivos (FAO, 1979).

Integridad ecológica: "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).

Mejoramiento genético: Disciplina que se encarga del incremento de las características de las plantas en términos de productividad, rendimientos, resistencia a plagas y enfermedades, mediante el uso de diferentes herramientas, tales como la manipulación de genes, la hibridación, entre otras.

Moteado: Hace referencia a las variaciones del color del grano en cuanto a manchas, pintas, salpicados de un color diferente al predominante del grano.

Mortiño: Clase comercial de P. vulgaris, variedad regional, con grano grande de color morado y con estrías color crema, de forma ovoide que se adapta a clima frío.

Radical: Clase comercial de P. vulgaris que agrupa variedades con granos de tamaño grande, de color rojo y variaciones entre sí, con formas de grano redondeado y transiciones ligeramente cilíndricas, alargadas y arriñonadas, que se adapta a clima medio y clima frío.

Restricción legal: Zonas en que, por mandato legal, no se permite el desarrollo de proyectos productivos del sector agropecuario (UPRA, 2019).

Tipo de utilización de la tierra (TUT): Se refiere a un uso específico descrito a un nivel de detalle apropiado según la escala de evaluación de tierras, en términos de los componentes físico, socioecosistémico y económico; sus principales características, agronómicas y productivas, los costos y los ingresos generados por la actividad de producción (UPRA, 2019).

Uso consuntivo: "Requerimiento de agua neta para el normal desarrollo de un cultivo" (Ideam, 2010).
Uso eficiente del suelo rural: "Armonización espacial o temporal de todos los usos del suelo en un área determinada, que garantiza el bienestar humano con el fin de alcanzar la sostenibilidad económica, social y ambiental del territorio. (UPRA, 2019).

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

Variedad vegetal: En clasificación taxonómica, es la manera como se le denomina a la división reconocida de una especie, que sigue en rango por debajo de la subespecie. Se distingue por tener características comunes entre sí, como el color de las flores, el color de las hojas y el tamaño de la planta madura (FAO, 2014).

Variedades mejoradas: Son aquellas obtenidas mediante un proceso de mejoramiento genético cuyo principal objetivo es incrementar algunas características, tales como rendimientos, calidad y la resistencia a plagas y enfermedades, a partir de bancos de germoplasma existentes.

Variedades regionales: Referencia a una forma de clasificación que tipifica los cultivares en las diferentes regiones de acuerdo con el color del grano, tales como el cargamanto por el color crema moteado; radical, bola roja y sangre toro por el color rojo; los mortiños para los granos de color morado moteado, entre otras (Ríos Betancourt y Quirós Davila, 2002).

Voluble: Hace referencia a la característica principal de crecimiento de la planta, cuyo tallo se enrolla en espiral alrededor de un soporte (otra planta o poste) a medida que la planta crece. Sinónimo de trepador.

Zonificación: Metodología que identifica y demarca las áreas con potencial para el establecimiento y desarrollo de una actividad agropecuaria específica bajo un marco legal, normativo y técnico que las define y diferencia de otros usos posibles (UPRA, 2023).

Introducción

El Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026 "Colombia potencia mundial de la vida", Ley 274 de 2023, en el Título III, arts. 32, 36 y 61, resalta las funciones de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (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 FA, 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 (MinAgricultura); 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 a lo señalado en la Ley 1955 de 2019, las funciones del Decreto de creación de la Unidad 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 materia señalas 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 de interés de desarrollo rural, económico y social (Zidres) y la Resolución MinAgricultura 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*. Dicho proyecto tiene como objetivo general: "Fortalecer la orientación de la política de planificación y la gestión del territorio para usos agropecuarios".

La UPRA fue creada por el Decreto 4145 del 3 de noviembre de 2011 como una unidad administrativa especial de carácter técnico y especializado, sin personería jurídica, adscrita al MinAgricultura, con autonomía presupuestal, administrativa, financiera y técnica. De acuerdo con lo señalado en el art. 5 del Decreto 4145 de 2011, se establecen, entre otras, las siguientes funciones de la UPRA: planificar el uso eficiente del suelo, definir los criterios y crear los instrumentos requeridos para el efecto, previendo el respectivo panorama de riesgos y una mayor competitividad de la producción agropecuaria en los mercados internos y externos; definir criterios y diseñar instrumentos, para el ordenamiento del suelo rural apto para el desarrollo agropecuario, que sirvan de base para la definición de políticas para ser consideradas por las entidades territoriales en los planes de ordenamiento territorial.

Por lo anterior, y teniendo en cuenta que en el proyecto formulado y al cual se le asignaron recursos de inversión para la vigencia 2020 del presupuesto general de la nación (PGN), se enmarca en los programas del nuevo catálogo de cuentas del Ministerio de Hacienda y Crédito Público (MinHacienda) y el Departamento Nacional de Planeación (DNP) y en la alineación del presupuesto orientado a resultados del programa de ordenamiento social y uso productivo del territorio rural, orientado a aquellas intervenciones para mejorar el acceso, uso y aprovechamiento adecuado de las tierras rurales, el cual tiene como elementos constitutivos del programa la planificación del ordenamiento productivo para el uso eficiente del suelo rural, el ordenamiento

social de la propiedad rural, y el desarrollo y aplicación de lineamientos e instrumentos para la regulación del mercado de tierras, la Dirección de Uso Eficiente del Suelo y Adecuación de Tierras de la UPRA planteó desarrollar estudios que tienen como propósito fundamental, generar instrumentos técnicos para la definición de políticas públicas a cargo del MinAgricultura y sus entidades adscritas y vinculadas.

En Colombia, el análisis de las problemáticas de las zonas rurales y la definición de alternativas de manejo espacial, basadas en la integración de múltiples factores, han sido limitados. Esto se debe a que el enfoque predominante ha estado centrado en los aspectos climáticos y edáficos, relegando y hasta ignorando 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, la UPRA identificó la necesidad de proponer diferentes zonificaciones para los sectores agrícola, pecuario, forestal, acuícola y pesquero, abordadas desde un enfoque interdisciplinario. Esta propuesta parte de la premisa de que la zonificación, como instrumento de planificación para las áreas rurales, facilita la identificación de zonas geográficas que combinan características físicas, biológicas, humanas e institucionales, aptas para un uso específico, y que pueden ser interpretadas en términos de objetivos para la gestión territorial.

La aplicación de este instrumento debe estar respaldada por información que permita analizar los procesos físicos, socioecológicos y socioeconómicos que describen la heterogeneidad y particularidad de cada área geográfica (Ortiz Lozano & Granados Barba, 2009).

Desde 2013, la UPRA ha trabajado en la adaptación de la metodología de evaluación de tierras de FAO, proponiendo como primer instrumento la evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios a escala nacional. Esta metodología, desarrollada a escala 1:100.000 (UPRA, 2013), se basa en el enfoque de la FAO en cuanto a su aplicación, pero incorpora los aspectos socioeconómicos, relacionados con la competitividad de las áreas, así como los de política y gobernabilidad,

La metodología está fundamentada en el análisis multicriterio, cuyos criterios y variables de los componentes físicos y socioecosistémicos se funden en un matriz biofísica, mientras que los aspectos socioeconómicos se estructuran en otra matriz. Ambas matrices son ponderadas de acuerdo con las características propias de cada cadena productiva, generando al final una matriz de transición entre los dos mapas intermedios. Este proceso permite identificar zonas aptas para un determinado uso.

En el marco de esta actividad, la UPRA adelanta estudios que sirven como referencia para la actividad misional de la unidad o como medio para validar las metodologías, lineamientos y criterios propuestos en otras actividades. Desde 2014, la UPRA ha realizado ejercicios de zonificación de cultivos que ya abarcan más de 70 cadenas productivas.

En el ámbito agrícola, estos cultivos incluyen: cacao, palma de aceite, papa, maíz tecnificado de clima cálido, arroz secano mecanizado, aguacate Hass, mango, papaya del híbrido Tainung, fresa, piña MD-2, cebolla de bulbo, ají tabasco, pimentón, algodón, banano de exportación y caña de azúcar para la producción de panela. Por su parte, la zonificación forestal agrupa las 33 especies contempladas en el certificado de incentivo forestal (CIF), un instrumento del MinAgricultura, al que se suma el de caucho natural.

Las zonificaciones pecuarias de la UPRA iniciaron en 2016 con la zonificación de aptitud para avicultura. En 2018, se elaboró el mapa de zonificación de aptitud para el sector porcícola a escala nacional; y las zonificaciones de aptitud para la producción de carne y leche vacuna en sistemas de pastoreo, así como la identificación de zonas potenciales para el establecimiento de ocho grupos de gramíneas para el pastoreo.

En 2020, también se inició con la definición de zonas aptas para la producción de búfalos y ovinos en Colombia.

Dentro de los objetivos específicos de la presente zonificación de tierras están

- **Elaboración de los lineamientos técnicos y metodológicos:** definición de los criterios y variables que inciden en la delimitación de áreas con aptitud; la definición de los procesos de integración de los distintos criterios para la zonificación, así como la identificación y estandarización de la información geográfica disponible en las bases de datos asociadas para la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).
- **Elaboración de mapas de zonas potenciales:** Creación de mapas basados en la metodología propuesta para los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical, y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) en Colombia, escala 1:100.000.

La memoria técnica se encuentra dividida en cuatro partes:

1) Contexto general: Presenta la importancia económica de la producción de fríjol y de caupí en su contexto mundial y nacional.

2) Fundamentos conceptuales: Describe los principios que sustentan la zonificación de aptitud.

3) Metodología empleada: Detalla los criterios usados en los tres componentes, su evaluación y ponderación para la obtención de los mapas de zonificación de aptitud, así como las técnicas de análisis utilizadas.

4) Resultados y conclusiones: Identifica las áreas aptas para los cultivos comerciales de fríjol (*P. vulgaris*.) y de caupí (*V. unguiculata*), y las conclusiones.

A manera de anexo, se presenta las fichas metodológicas de los criterios y las variables que se utilizaron en la zonificación; cada ficha contiene las definiciones, la importancia, los límites de la evaluación, la metodología utilizada, los rangos para asignar valores de aptitud, la cartografía y las fuentes de información utilizadas como insumo para su obtención.



1. Antedecentes

Desde 2014, la UPRA ha realizado diferentes zonificaciones de aptitud a escala 1:100.000 para todo el territorio colombiano. Entre estas se pueden mencionar, plantaciones forestales comerciales, caucho natural, cacao, palma de aceite, papa, maíz tecnificado de clima cálido, arroz secano mecanizado, aguacate Hass, mango, papaya híbrido tainung, fresa, piña MD-2, cebolla de bulbo, ají tabasco, pimentón y papa de la variedad Diacol Capiro para uso industrial.

En el sector pecuario, se desarrollaron las zonificaciones de aptitud para la avicultura en granjas, la porcicultura tecnificada y la ganadería bovina para producción de leche y carne en sistemas de pastoreo.
De forma paralela, se realizó la zonificación de aptitud de especies acuícolas y pesqueras, enfocada en cultivos comerciales en estanques en tierra. Estas incluyen 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 río Magdalena.

1.1. Antecedentes de zonificación de aptitud para la producción de fríjol en Colombia

Se realizó un estudio previo de zonificación de aptitud para el cultivo de fríjol voluble en Cundinamarca basado en los componentes biofísico (clima, suelos y fitosanitario), socioeconómico y socioecosistémico, mediante la evaluación de 21 criterios.

Se clasificaron tres zonas según su nivel de aptitud: **las zonas óptimas**, las que presentan las mejores condiciones para el desarrollo del cultivo; **las zonas con aptitud baja y media**, que hacen referencia a las áreas que implican una aplicación diferencial de insumos para lograr una producción apropiada; así mismo, se identificaron **zonas no aptas** correspondientes a aquellas cuyas limitantes impiden una producción sostenible y competitiva.

Para el primer semestre del año, en el componente biofísico se identificaron 140.052,3 ha con *aptitud alta*; 357.479,7 ha con *aptitud media*; 130.273,9 ha con *aptitud baja* y 832.211,1 ha *no aptas*.

Para el segundo semestre, las cifras fueron similares: 170.079,9 ha de *aptitud alta*; 359.522,3 ha de *aptitud media* y 129.669,8 ha de *aptitud baja*; y 863.710,8 ha *no aptas* (Gobernación de Cundinamarca y Agrosavia, 2018).

1.2. Contexto sectorial

El MinAgricultura destaca al fríjol como uno de los cultivos más representativos de la economía campesina en Colombia. Este cultivo está presente en 737 municipios de 27 departamentos del país, especialmente cultivado por pequeños y medianos productores. Además, es importante para la seguridad alimentaria por su aporte proteico y como sustento económico para las familias de los agricultores.

Por otra parte, el cultivo de fríjol contribuye al mejoramiento de la fertilidad de los suelos por su capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico que, en simbiosis con bacterias nitrificantes, incorporan el elemento en forma de nitratos disponibles para la nutrición vegetal.

En Colombia, los cultivos de fríjol y caupí se adaptan a un amplio rango de ambientes. El frijol se desarrolla principalmente en la región andina, en climas medios y fríos, mientras que el caupí prospera en climas cálidos, especialmente en la zona norte del país (caribe seco y caribe húmedo).

El cultivo de fríjol (P. vulgaris), en general, requiere un rango de temperatura óptima entre 14 y 20 °C. Es importante que la oferta hídrica esté distribuida a lo largo del ciclo vegetativo, sin déficit durante la floración y el llenado del fruto. Este cultivo se adapta bien a suelos profundos, con texturas francas y un pH entre 5,0 y 6,5; pero no tolera condiciones de encharcamiento.

Por su parte, el cultivo de caupí (V. unguiculata) se desarrolla en temperaturas entre 24 y 29 °C. Su pH ideal oscila entre 5,5 y 7,0; y se adapta bien en suelos francos y bien drenados, generalmente en terrenos planos y mecanizables.

1.2.1. Descripción morfológica y hábito de crecimiento

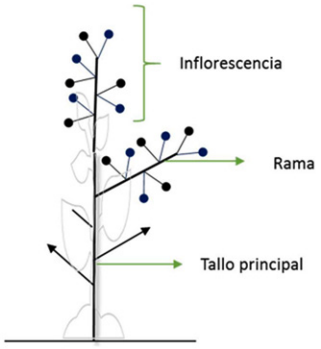
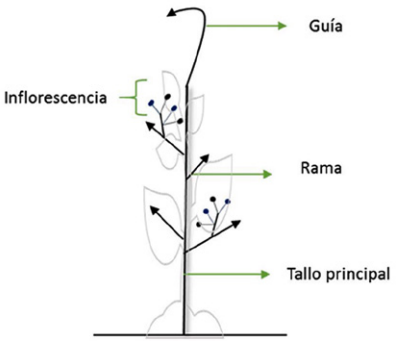
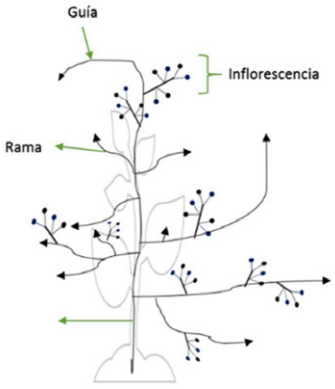
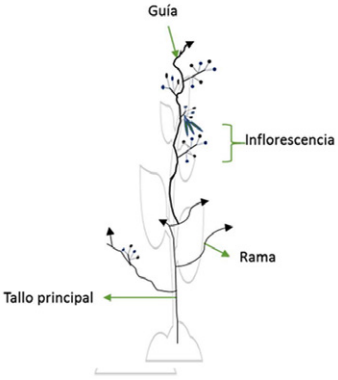
La raíz de la planta de fríjol es superficial y fasciculada, aunque en algunos casos puede ser fibrosa y, rara vez, pivotante. Sobre las raíces laterales del primer tercio y del tercio medio, se desarrollan nódulos, colonizados por bacterias del género Rhizobium, encargadas de fijar el nitrógeno atmosférico al suelo.

El tallo está compuesto por una sucesión de nudos y entrenudos; en cada nudo se encuentran las hojas, las ramas, las vainas, los racimos y las flores (Ríos Betancourt & Quirós Dávila, 2002, págs. 17-22).

El caupí es una planta herbácea, semivoluble, erecta o semierecta. Posee una raíz profunda y pivotante, con ramificaciones laterales hasta de 125 centímetros. El tallo es cilíndrico con ligeros bordes. Su altura varía entre 0,25 y 0,80 metros. Las hojas primarias son unifoliadas y crecen de forma opuesta, mientras las hojas verdaderas son trifoliadas. Los foliolos son de forma lineal, lanceolada u ovalada (González, 2022).

El hábito de crecimiento de *Phaseolus vulgaris* L. puede ser determinado, si al inicio de la fase reproductiva, el tallo y las ramas terminan en un racimo, o indeterminado, si el tallo y las ramas terminan en un meristemo vegetativo. Se considera que los hábitos de crecimiento se pueden agrupar en cuatro tipos. El hábito de crecimiento de *Vigna unguiculata* (L.) Walp., corresponde a determinado de tipo arbustivo (tabla 1).

Tabla 1. Hábitos de crecimiento de las plantas de fríjol y caupí

Hábito	Denominación	Clase comercial	Características	Morfología (Tofiño Rivera, et al., 2018)
I	Determinado arbustivo	Fríjol calima y radical; y caupí	El tallo y las ramas finalizan en una yema reproductiva. La planta presenta un tallo dominante y erecto, con una altura inferior a 50 cm, pocos entrenudos cortos, floraciones concentradas y madurez uniforme de las vainas.	
II	Indeterminado arbustivo	Fríjol calima y radical	El tallo es erecto sin aptitud trepadora. Presenta una guía corta concentrada en el tallo, pero no en las ramas. Además, presenta mayor ramificación y número de nudos que el tipo I. Se evidencian ramas más cortas que el tallo y el crecimiento continúa aún después de alcanzar la floración	
III	Indeterminado postrado	Fríjol cargamanto	Plantas no erectas con una altura superior a 0,8 metros, con alto grado de ramificación; los tallos y las ramas terminan en guías. Las ramificaciones y longitud de los entrenudos superan a los arbustivos.	
IV	Indeterminado trepador	Fríjol cargamanto y bola roja	Hábito trepador, presenta un mayor desarrollo de ramas, las cuales son fuertes y bien definidas.	

Fuente: elaboración propia a partir de Tofiño Rivera et al. (2018).

1.2.2. Taxonomía, origen y distribución

Las dos especies pertenecen al reino *Plantae*, División *Magnoliophyla*, orden *Fabales*, familia *Fabacea* (*Leguminosae*).

De acuerdo con (FAO, 2018, págs. 18-19), la región mesoamericana es considerada el centro de diversidad primaria de las especies cultivadas y silvestres de *Phaseolus*, entre los años 5.000 y 2.000 A.C., un segundo centro de origen probable del *Phaseolus sp*. es la región andina, que abarca desde Ecuador hasta el norte de Perú.

La especie cultivada proviene de dos procesos de domesticación independientes: el mesoamericano (América Central, México y Colombia) y el andino del sur (Perú, Bolivia y el norte de Argentina). Se ha propuesto que la región centro-occidente de México (Jalisco y Guanajuato) podría haber sido un lugar de domesticación. Aunque, también es posible que este proceso se haya dado en los valles interandinos del sur de Bolivia. Estudios genéticos sugieren la existencia de un aislamiento reproductivo parcial entre los genotipos mesoamericanos y andinos.

Por su parte, el caupí (género Vigna) es pantropical y está conformado aproximadamente por 100 especies, con epicentro en África y Asia. Nueve especies de Vigna han sido domesticadas: dos de estas en África y siete en Asia (Tofiño Rivera, Rozo Leguizamón, Gómez Ramírez, & Gómez Ramírez, 2018).

1.3. Contexto mundial

A escala global, las cifras de la producción mundial de «fríjol» suelen englobarse de manera genérica, sin diferenciar *Phaseolus vulgaris* de *Vigna unguiculata* y otras especies.

El fríjol es la leguminosa más importante para el consumo humano en el mundo, producido en América Latina, África, el Medio Oriente, China, Europa, Estados Unidos y Canadá (FAO, 2018). Este cultivo reportó entre 2017 y 2021 un área cosechada entre 33 y 37 millones de ha en el mundo y producciones entre 25 y 29 millones de toneladas, con un rendimiento promedio de 0,8 toneladas/ha (FAO, 2023).

Para 2021, India tuvo la mayor superficie cosechada, con cerca de 14,6 millones de ha, seguido por Myanmar, Brasil y México con 2,67; 2,61 y 1,66 millones de ha, respectivamente. En términos de producción, India reportó 6,12 Mt (22,1 % del total mundial), seguido por Brasil con 2,89 Mt (10,5 %) y Myanmar con 2,48 Mt (9,0 %). Los rendimientos más altos los reportó Malí con 10,0 toneladas/ha, seguido por Montenegro, Iraq y Tayikistán con valores entre 7,1 y 7,2 toneladas/ha (FAO, 2023).

La tabla 2 relaciona los cuatro países con mayor área cosechada, así como su producción y rendimiento. Aunque India es el país con mayor extensión cosechada, su rendimiento es la mitad del promedio mundial y se encuentra muy por debajo de los otros países listados. En el caso de Myanmar y México, estos se encuentran muy cercanos al rendimiento mundial, mientras que Brasil posee los mejores rendimientos, con 1,1 toneladas/ha.

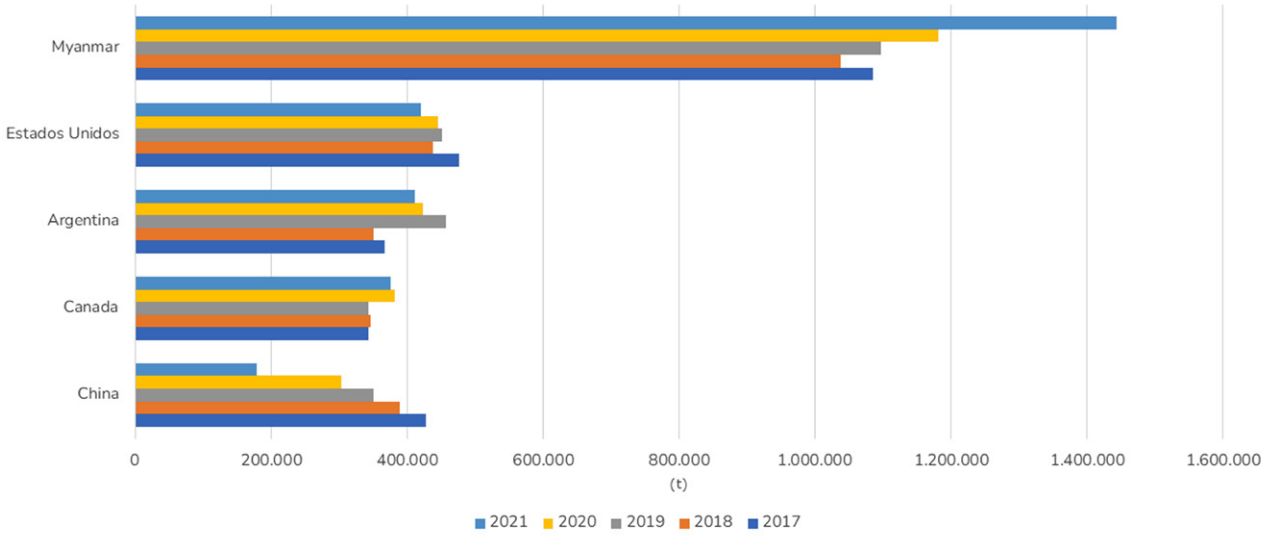
Tabla 2. Principales países productores de fríjol en el mundo (2021)

País	Área cosechada (ha)	Producción (t)	Rendimiento (t/ha)
India	14.647.824	6.120.000	0,4
Myanmar	2.672.586	2.483.070	0,9
Brasil	2.613.086	2.899.864	1,1
México	1.669.502	1.288.806	0,8

Fuente: elaboración propia a partir de FAO (2023).

Respecto a las exportaciones, en 2021 se registraron 4,8 Mt por un valor de 4.649 millones de dólares. El principal exportador es Myanmar con 1,4 Mt, seguido por Estados Unidos y Argentina, con 0,4 Mt cada uno (FAO, 2023). La figura 1 muestra los principales países exportadores en el periodo 2017-2021, destacando a Myanmar como líder en todo el periodo, con un notable ascenso en las cantidades exportadas. En contraste, China experimentó fuertes descensos, pasando de 427.000 t en 2017 a 179.000 toneladas en 2021.

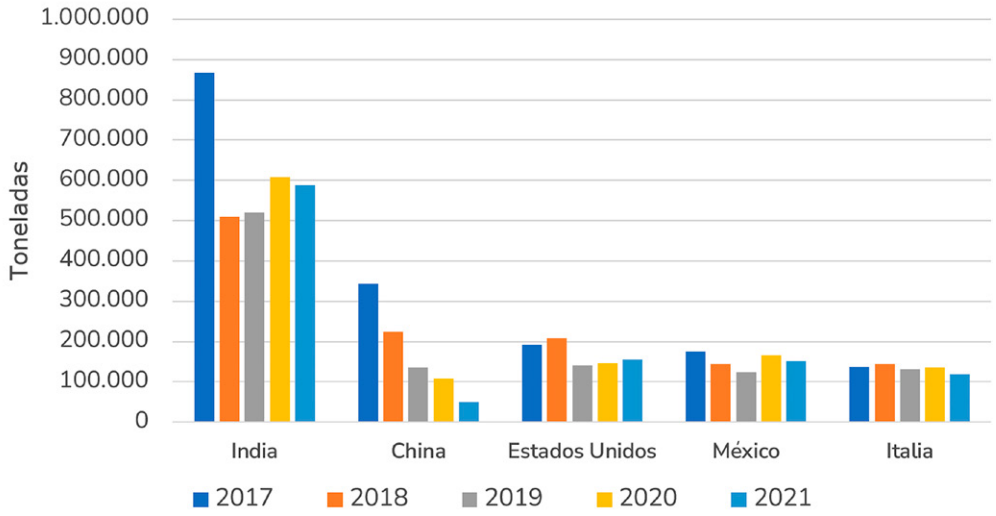
Figura 1. Principales países exportadores de fríjol para el periodo 2017–2021 (toneladas)



Fuente: elaboración propia a partir de FAO (2023).

Por otro lado, las importaciones mundiales registraron 4,2 millones de toneladas en 2021, por un valor de 4.525 millones de dólares estadounidenses. India fue el principal comprador (20,7 %), seguido por China (8,2 %), Estados Unidos (4,6 %), México (4,2 %) e Italia (3,3 %) (FAO, 2023). La tasa de crecimiento anual de las importaciones mundiales de fríjol fue de 3,7 % entre 2017 y 2022. figura 2.

Figura 2. Principales países importadores de fríjol para el periodo 2017-2021 (toneladas)



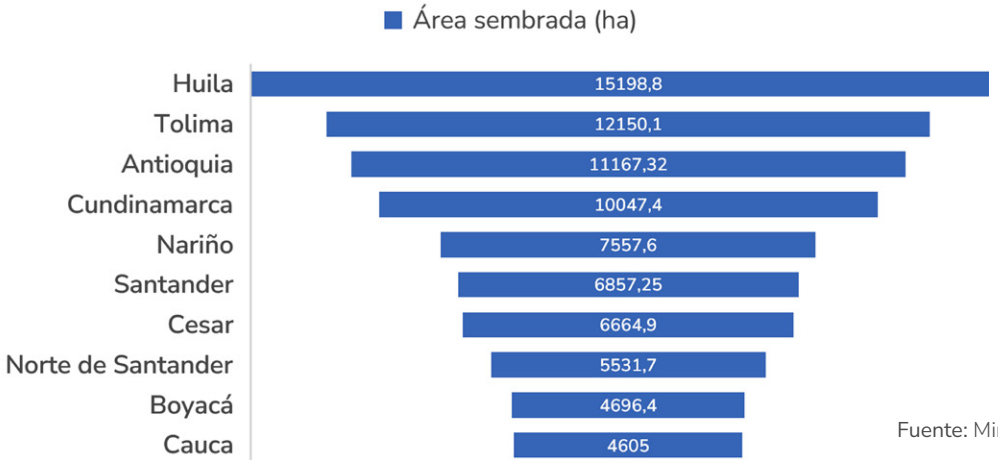
Fuente: elaboración propia a partir de FAO (2023).

1.4. Contexto nacional

El cultivo de fríjol se siembra tradicionalmente por pequeños y medianos productores de economía familiar, con arreglos espaciales en asocio o relevo, y en rotación con otros cultivos transitorios como maíz y arveja (Ospina, Martínez, Contreras y Tautiva, 2020). El MinAgricultura (2022) reportó un área sembrada de 101.733 ha y una producción de 148.829 t, con un rendimiento promedio de 1,41 t/ha. Las cifras del contexto nacional tampoco diferencian *Phaseolus vulgaris* y *Vigna unguiculata*, en términos de áreas, rendimientos y consumo.

La figura 3 muestra el área sembrada de los principales departamentos cultivadores de fríjol, encabezada por Huila con el 14,9 %, seguido de Tolima con el 11,9 %, Antioquia con el 11,0 %, Cundinamarca con el 9,9 % y Nariño con el 7,4 % que, en conjunto, concentran el 55,1 % del área nacional (MinAgricultura, 2022).

Figura 3. Área sembrada de los principales departamentos productores de fríjol en ha (2022)



Fuente: MinAgricultura (2022).

Por otra parte, Huila, Cundinamarca, Tolima y Antioquia lideraron la producción con el 49,2 % de la participación nacional; en cuanto al promedio de rendimiento, Cundinamarca presentó 1,83 t/ha por encima de Putumayo, Cauca, Tolima, Huila y Antioquia (tabla 3).

Tabla 3. Producción y rendimiento de los principales departamentos productores de fríjol en Colombia

Departamento	Producción (t)	Participación (%)	Rendimiento (t/ha)
Huila	21.758	14,6	1,4
Cundinamarca	18.731	12,6	1,8
Tolima	16.437	11	1,5
Antioquia	16.282	10,9	1,3
Norte de Santander	10.038	6,7	1,6
Santander	9.828	6,6	1,5
Cauca	9.186	6,2	1,6
Nariño	8.114	5,5	1,5
Cesar	7.875	5,3	1,2
Boyacá	7.339	4,9	1,3
Bolívar	5.178	3,5	1,3
La Guajira	3.721	2,5	1,4
Meta	2.708	1,8	1,1
Córdoba	2.196	1,5	1,0
Valle del Cauca	2.104	1,4	1,4
Magdalena	1.686	1,1	1,3
Putumayo	1.606	1,1	1,7

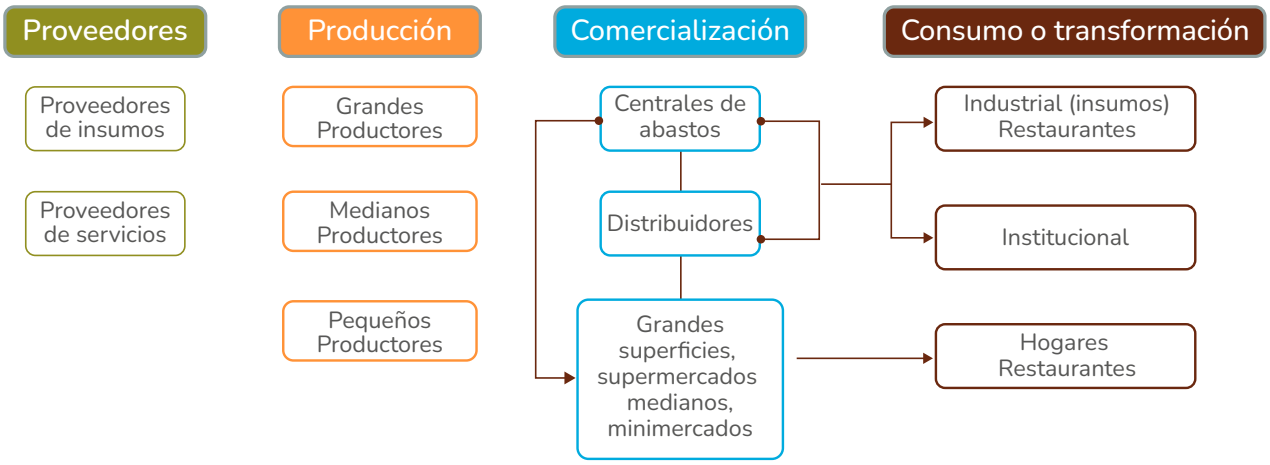
Fuente: MinAgricultura (2022).

El consumo per cápita anual de fríjol ronda los 3 a 4 kg/año y la comercialización se presenta en grano seco y verde, acopiándose en su mayoría en las principales centrales mayoristas del país (Cámara de Comercio de Bogotá, 2015).

1.5. Cadena del fríjol en Colombia

La figura 4 presenta la estructura de la cadena productiva de fríjol en Colombia, detallando sus eslabones, pero sin considerar las importaciones de fríjol las cuales se consideran más adelante.

Figura 4. Cadena del fríjol en Colombia



Fuente: adaptada de Cámara de Comercio de Bogotá (2015).

El principal canal de comercialización, lo compone el productor que vende directamente al mayorista (centrales de abastos). Un segundo canal involucra al productor intermediario (acopiador local), quien le vende a las centrales mayoristas, para finalmente el mayorista venderle al detallista, quien finalmente lo vende al consumidor. Existen otros canales de comercialización, aunque aún en desarrollo, tales como: productor-organizaciones de productores-compras institucionales, productor–organizaciones de productores–mercados campesinos–consumidor final. En general, los mayoristas llevan el producto a los minoristas, y estos a los consumidores finales (Agrosavia, 2022).

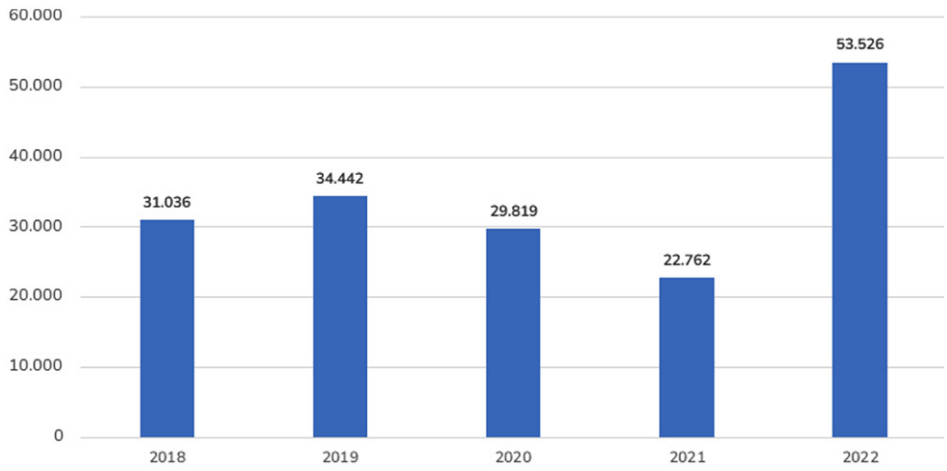
1.6. Importaciones y exportaciones de fríjol en Colombia

De acuerdo con Fenalce, en el 2022 se importaron 53.526 toneladas de fríjol por un valor cercano a 68 millones de dólares estadounidenses; Argentina fue el principal país de origen con 25.732 toneladas compradas (48, %), seguido de Ecuador (14,3 %), Perú (13,9 %) y Bolivia (13,5 %) (Fenalce, 2023).

En 2022, se presentaron las mayores importaciones de fríjol, con un incremento del 135,2 % respecto al 2021, que registró las menores cantidades reportadas en el periodo 2018–2022 (figura 5) (MinAgricultura, 2021). Adicionalmente, conforme al MinAgricultura, la producción de fríjol para la vigencia de 2022 fue de 148.829 t; por lo tanto, se estima que el déficit de fríjol en Colombia osciló entre 6.212 y 57.902 toneladas durante el 2022.

En la tabla 4 se presenta el panorama de las exportaciones, junto con los códigos arancelarios para el periodo 2018–2022, con volúmenes de exportación entre 47 y 99 t y valores que oscilaron entre 124.000 y 208.000 dólares estadounidenses anuales (TradeMap, 2023).

Figura 5. Importaciones de fríjol para el periodo 2018-2022



Fuente: Fenalce (2023).

Tabla 4. Exportaciones de fríjol desde Colombia entre 2018–2022 (toneladas)

Código	Descripción del producto	2018	2019	2020	2021	2022
070820	Judías "porotos, alubias, frijoles, fréjoles" "Vigna spp.", "Phaseolus spp.", frescas o refrigeradas	12	11	14	21	29
070890	Hortalizas de vaina, incl. "silvestres", aunque estén desvainadas, frescas o refrigeradas (exc. guisantes "arvejas, chícharos" "Pisum sativum" y judías "porotos, alubias, frijoles, fréjoles" "Vigna spp.", "Phaseolus spp.")	20	1	46	6	1
071022	Judías "porotos, alubias, frijoles, fréjoles" "Vigna spp.", "Phaseolus spp.", aunque estén cocidas en agua o vapor, congeladas	-	0	1	1	0
071029	Hortalizas de vaina, incl. "silvestres", aunque estén cocidas en agua o vapor, congeladas (exc. guisantes "arvejas, chícharos" "Pisum sativum" y judías "porotos, alubias, frijoles, fréjoles" "Vigna spp.", "Phaseolus spp.")	-	-	-	-	-
200551	Judías "porotos, alubias, frijoles, fréjoles" "Vigna spp.", "Phaseolus spp.", desvainadas, preparadas o conservadas sin vinagre ni ácido acético, sin congelar	9	26	6	6	5
200559	Judías "porotos, alubias, frijoles, fréjoles" "Vigna spp.", "Phaseolus spp.", preparadas o conservadas sin vinagre ni ácido acético, sin congelar (exc. desvainadas)	15	9	32	20	34

Fuente: TradeMap (2023).

1.7. Alcances y limitaciones

Los mapas de zonificación de aptitud para los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris*) y caupí (*Vigna unguiculata*) en Colombia a escala 1:100.000 fortalecen el desarrollo de políticas para el sector agrícola, ya que contribuyen a la consolidación de posibles núcleos de desarrollo y a la orientación inversiones a escala nacional o regional. Así mismo, se constituyen en una herramienta para la planificación rural agropecuaria y el ordenamiento territorial.

Al considerar el territorio continental colombiano, la zonificación de aptitud es un instrumento de carácter indicativo, dada su escala de trabajo general. Por tal razón, no es un instrumento de regulación o reglamentación de uso del suelo, pues esta competencia corresponde a los entes territoriales en su área de jurisdicción. Además no sustituye la elaboración de proyectos de inversiones puntuales, los cuales requieren análisis e información más detallados. En estos casos, es necesario evaluar a escala local los requerimientos específicos de acuerdo con la especie y las condiciones de competitividad relacionadas con la ubicación del proyecto, los objetivos específicos de la producción, los productos a obtener, el mercado y su flujo de caja.

La metodología desarrollada para la zonificación de los cultivos comerciales de fríjol y caupí, escala 1:100.000, se fundamenta en criterios y enfoques que ha venido ajustando la UPRA de estudios realizados por entidades internacionales, como la FAO, y por entidades nacionales como el Ideam, el IGAC, el Instituto Alexander von Humboldt y Agrosavia, entre otras. En ese sentido, esta propuesta fortalece los enfoques existentes mediante la incorporación de información actualizada, así como otras variables, métodos de evaluación multicriterio y herramientas que facilitan la integración.

La zonificación de los cultivos comerciales de fríjol (*P. vulgaris*) y caupí (*V. unguiculata*) se desarrolla bajo las siguientes premisas:

- Prioriza las áreas más competitivas para el cultivo de P. vulgaris y de V. unguiculata, por lo cual se identifican los territorios con mejores condiciones en cada criterio de análisis.

- La definición del TUT y de sus requerimientos específicos se realizan a partir de la información existente sobre los cultivos de fríjol (*P. vulgaris*) y de caupí (*V. unguiculata*).

- 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 de comunidades étnicas y campesinas, con el fin de proteger el patrimonio cultural material e inmaterial del país y el derecho de autodeterminación de dichas comunidades.

- Los cultivos de P. vulgaris y de V. unguiculata no pondrá en riesgo áreas naturales o con potencial como ecosistemas estratégicos para la provisión de servicios ecosistémicos (bosques, subpáramos, páramos, rondas hídricas, zonas de recarga de acuíferos), por lo cual prima para estas, el criterio de exclusión técnica y el criterio de restricción legal.

- La inclusión de nuevos criterios o variables 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, los mapas de aptitud de los cultivos comerciales de fríjol y caupí en Colombia a escala 1:100.000 toman como base para su elaboración la información secundaria proveniente de las entidades oficiales, la cual contiene, en algunos casos, niveles de generalización que pueden afectar la precisión en la delimitación de algunas unidades. Igualmente, la información disponible no está completamente actualizada con corte a un determinado periodo de tiempo, lo que plantea la necesidad de revisar la evaluación permanentemente de acuerdo con la naturaleza de los criterios, al menos cada cinco años, mediante un proceso sistemático que facilite este proceso.



2. Marco conceptual



La gestión sostenible del ambiente, la sociedad y la economía se ha convertido en un tema central para el diseño de políticas y decisiones de planificación sectorial en la mayor parte del mundo (Rodiek, 2008). Para una planificación efectiva del uso del suelo con fines productivos, los gobiernos y las entidades encargadas de la planificación rural agropecuaria requieren información sobre la capacidad de la tierra para apoyar sus diversos usos (Harms et al., 2015), dado que este sector representa uno de los más importantes para el bienestar humano. Esto se debe a que aumenta los ingresos y mejora la condición social de los productores, sujeto a la distribución y calidad de los recursos disponibles y, además, es una fuente esencial de alimentos para la población y eje esencial para la dinámica económica del país.

El modelo conceptual de la zonificación de aptitud adoptado por la UPRA parte de un enfoque multidisciplinario que considera para su aplicación los principios y fundamentos del esquema de evaluación de tierras en lo referente a la definición y evaluación de la aptitud, adicionándole dos aspectos fundamentales: la integración de los componentes biofísicos y socioeconómicos. Estos 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 6).

Figura 6. Marco conceptual para la zonificación de cadenas productivas



Fuente: UPRA (2014).

La zonificación de aptitud para los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivares, bola roja, calima, cargamanto y radical, y caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), en Colombia, se orienta a identificar y delimitar las áreas potenciales para la producción comercial de estas leguminosas, como base para el desarrollo técnico, ambiental y competitivo de esta actividad productiva, así como para contribuir en la formulación de lineamientos de ordenamiento territorial y de uso eficiente del suelo rural que permitan la orientación de la inversión pública y privada.

Para la integración de los componentes, la zonificación utiliza 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. Este proceso de planificación incluye la participación de diversos actores, quienes asignan una calificación a partir de criterios y después lo llevan a un programa estadístico (*PriEst*) donde se le asignan pesos a cada criterio.

Dentro del proceso metodológico que implica la integración de los mapas, la UPRA utiliza una primera matriz AHP para integrar los componentes físico y socioecosistémico denominada integrado biofísico; y otra que agrupa los criterios socioeconómicos en un solo mapa, denominada integrado socioeconómico. Posterior a ello, se genera un árbol de decisión mediante una matriz de paso para obtener cada mapa integrado de la zonificación de aptitud.

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 particulares 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. 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 empleadas en el proceso de evaluación de tierras (denominadas, en este desarrollo metodológico, criterios y variables, respectivamente), cuyo número es flexible y está determinado por los objetivos de aplicación, la escala de trabajo y los datos disponibles (FAO, 2007).

El proceso de evaluación de tierras se aborda de manera multidisciplinaria, brindando los elementos para el análisis de criterios relacionados con las dimensiones físicas, socioecosistémicas y socioeconómicas de la cadena productiva por evaluar, sobre una base sostenible.

Desde el componente físico, es importante determinar, mediante el análisis de sus elementos en un espacio territorial, la aptitud o no de un territorio para soportar un tipo de producción definido. De acuerdo con los estudios agronómicos realizados para los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical, y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), se han precisado algunas características desde este componente que identifican criterios y variables para su aplicación, los cuales están agrupados en dos subcomponentes: climático y edáfico.

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 socioecosistémicos que se dan en estos sistemas complejos han de buscar de forma permanente el ideal de la sostenibilidad (UPRA, 2016).

El objetivo 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 la competitividad del sistema, en desarrollo del paradigma de conservación para el bienestar humano (MinAmbiente, 2012; Martin-López et al., 2009, citado por (UPRA, 2014).

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

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



En relación con la zonificación de una cadena productiva, la competitividad se expresa en la capacidad de una región para generar las condiciones de producción que promueven el desarrollo sostenido del sistema productivo y, con ello, mejorar de manera permanente las condiciones de vida y bienestar de sus habitantes, en particular de los empresarios y familias dedicadas al negocio. Es decir, la competitividad implica que un cultivo exige requerimientos y condiciones multidimensionales para desarrollarse.

A continuación, se sintetizan algunos de los lineamientos que Rossiter (2009) plantea contemplar en una evaluación de tierras y representan el enfoque dado en la zonificación de aptitud de las cadenas productivas (tabla 5).

Tabla 5. Principios de la evaluación de tierras

Principios
Considera para la zonificación de una cadena productiva un enfoque multidisciplinario y sectorial.
Aplica 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 integran 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.
Define la sostenibilidad de manera amplia, para incluir la productividad, la equidad social y los aspectos medioambientales.
Valora la tierra, dentro del contexto ambiental, como un factor que provee bienes y servicios a la población.

Fuente: Rossiter (2009).

3. Marco metodológico



La zonificación de aptitud para los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris L.*) cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical, y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), se basa en los principios y fundamentos del «Esquema de evaluación de tierras» (FAO, 1976), las directrices y guías de la «Evaluación de tierras para agricultura» (FAO, 1985) y el enfoque por etapas paralelas de integración y análisis de los componentes físico, socioeconómico y ecológico, propuesto en el *Framework for Land Evaluation* (FAO, 2007).

La evaluación de tierras consiste en determinar el 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), en la presente evaluación de tierras para los cultivos comerciales de fríjol y de caupí, se realizó una adaptación involucrando otro tipo de técnicas frecuentemente empleadas para determinar el emplazamiento óptimo de una actividad, como los métodos de evaluación multicriterio, los cuales permiten también la obtención de mapas de aptitud.
La evaluación multicriterio es un método diseñado para cubrir un objetivo específico cuando se requiere evaluar varios criterios. Un criterio se considera la base para una decisión que puede medirse o evaluarse; los criterios pueden ser de dos tipos: factores o restricciones. Un factor es un criterio que mejora o reduce la aptitud de una alternativa específica para la actividad en consideración, mientras que una restricción es un criterio que limita dichas alternativas (Eastman, 1995).

Dentro de la evaluación multicriterio, una de las técnicas más sencillas y más frecuentemente aplicada es la suma lineal ponderada. El objetivo principal de la evaluación multicriterio es proporcionar 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, se determina si existe o no la restricción, lo cual admite dos calificaciones: sí o no. Por otra parte, en el caso factores se utiliza generalmente la suma lineal ponderada en la que los factores son combinados aplicando un peso a cada uno seguido por una sumatoria de los resultados para así obtener el mapa de aptitud (Eastman, 1995).
La metodología planteada se fundamentó en el análisis de tres componentes: físico, socioecosistémico y socioeconómico, los cuales fueron evaluados por una serie de criterios conformados por variables que los caracterizan.

Un criterio es el atributo complejo (conjunto de variables) que describe las cualidades de la tierra y que actúa independientemente sobre su 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 se utilizan 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:

Criterios de análisis jerárquico: Factores para los cuales se definen los niveles de aptitud, donde un factor es un criterio que mejora o reduce la aptitud de los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical, y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).

Criterios de exclusión técnica: Son aquellos criterios en los cuales, por condiciones técnicas de tipo físico o socioecosistémico, no son factibles los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical, y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).

Criterios de restricción legal: Independientemente de la categoría de aptitud, por consideraciones sociales, culturales, ambientales o de bioseguridad, no es posible el desarrollo de la actividad productiva.

Criterios condicionantes: Corresponden a zonas con condicionante legal o técnico que, independientemente de la categoría de aptitud, requieren de un análisis complementario de tipo social, cultural, ambiental o de bioseguridad para el desarrollo de actividades agropecuarias con fines comerciales.

En la figura 7 se muestra el tipo de criterios que se abordaron en el desarrollo de la zonificación y la manera cómo interactúan entre sí.

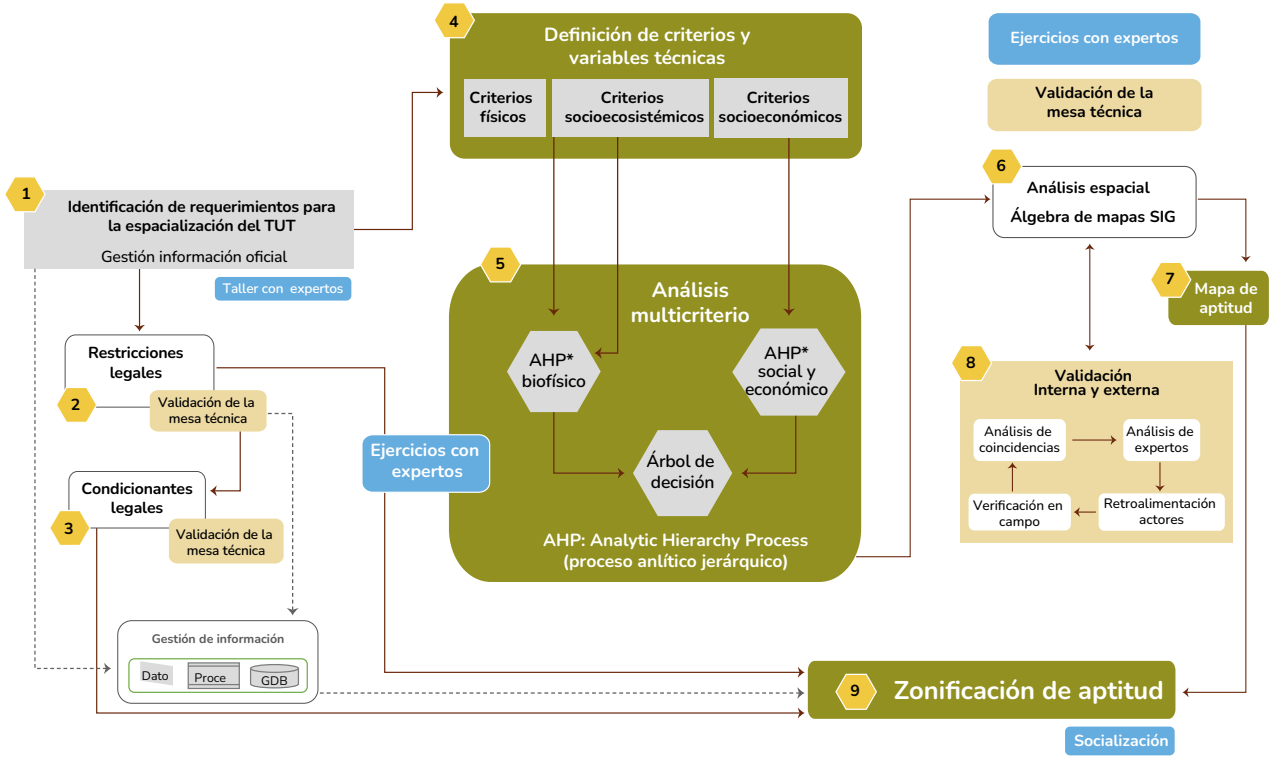
Figura 7. Tipos de criterios usados en la evaluación de aptitud



Fuente: UPRA (2019).

A continuación, se presentan los pasos del esquema metodológico de la zonificación de aptitud (figura 8). Durante todo el proceso, se contó con el acompañamiento y las discusiones con el sector del fríjol y del caupí, así como con diferentes profesionales, quienes aportaron conocimiento y experticia en la definición de los criterios y variables, y su importancia dentro de la zonificación de aptitud.

Figura 8. Esquema metodológico de la zonificación de aptitud para los cultivos comerciales de fríjol y de caupí



Fuente: UPRA (2019).

Seguidamente, se definen cada una de las etapas que conforman la metodología de las zonificaciones de aptitud.

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 evaluación, con base en sus requerimientos físicos, socioecosistémicos y socioeconómicos. Asimismo, se definen criterios y variables objeto de la cartografía.

2. ***Identificación de restricciones 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 determinan 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 evaluación, 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 la obtención de los mapas de variables y criterios, además de la aplicación del método jerárquico para la generación de mapas intermedios y los mapas integrados de aptitud para la producción comercial de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical, y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), en Colombia.

7. ***Mapas de aptitud:*** Resultado de la aplicación de la metodología propuesta, se presentan las zonas aptas y no aptas para la producción comercial de *Phaseolus vulgaris* de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical, y de *Vigna unguiculata* 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 comercial de fríjol de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical, y de caupí en el orden nacional, departamental y municipal, y se validan los mismos.

9. ***Resultados:*** Se obtienen las representaciones cartográficas de las zonas aptas y no aptas para la producción comercial de *P. vulgaris* de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical, y de *V. unguiculata*, 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 (TUT) es un conjunto de especificaciones técnicas de manejo y producción dentro de un marco social, económico, ambiental y cultural específico (tipo de cultivo, objetivos de producción, tipo de manejo, intensidad de mecanización y capital, infraestructura requerida, tamaño y tenencia de la tierra, entre otros) (FAO, 2003).

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 al cultivo comercial de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical, y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Desde un punto de vista de evaluación de tierras, estos requisitos pueden ser expresados como requisitos o requerimientos de uso de la tierra con valores cualificables o cuantificables en el país, o que sirven para delimitar las opciones de uso de la tierra.

El tipo de utilización de la tierra (TUT) evaluado en el presente documento corresponde a: **«Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**».

Para obtener el TUT, se consideraron los tres componentes: físico, socioecosistémico y socioeconómico, con los criterios y variables de cada uno de ellos.

3.2. Criterios de análisis jerárquico

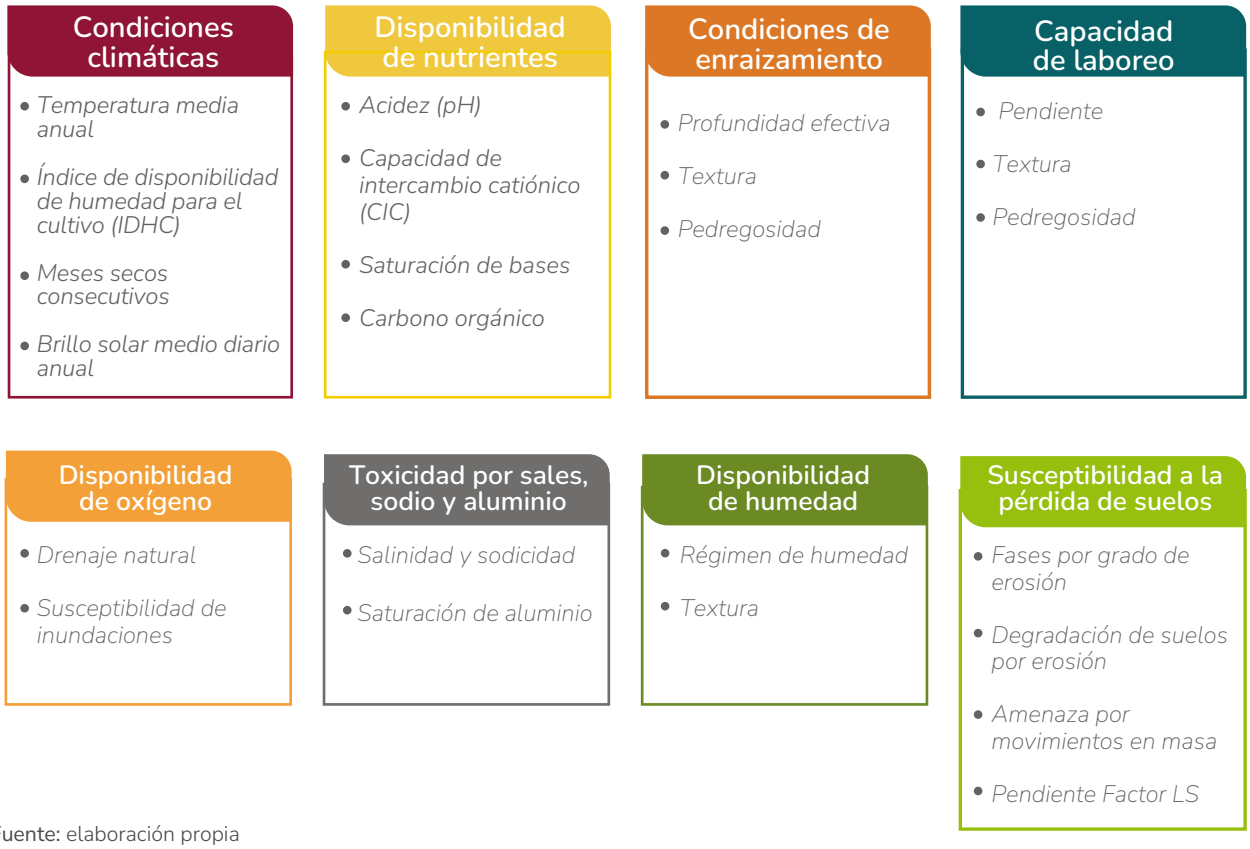
A continuación, se presentan los criterios y variables de los componentes físico, socioecosistémico y socioeconómico que determinan la aptitud para los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical, y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), en Colombia, escala 1:100.000. Dicha información está consignada en las fichas metodológicas de criterios y variables que contienen información relacionada con la definición, importancia, rangos de evaluación, limitantes, metodología utilizada para su procesamiento, representación cartográfica y las fuentes de información Estas fichas se encuentran en el anexo del presente documento.

3.2.1. Criterios físicos

Los criterios del componente físico del territorio consideran los distintos elementos de tipo climático que, junto con las características del suelo y la geomorfología de la zona, interactúan dentro de unos rangos, para definir el grado de aptitud de la zona, para los cultivos de fríjol de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí.

En la figura 9 se presentan los criterios físicos y las variables que los componen para cada uno de ellos:

Figura 9. Criterios y variables del componente físico



Fuente: elaboración propia

- ***Subcomponente climático:*** Para la zonificación de aptitud, según los estudios agroclimáticos realizados para los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical, y el de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) en Colombia, se precisaron los elementos climáticos que tienen mayor incidencia en las fases de desarrollo. Estos incluyen la temperatura media anual, el balance de humedad mediante el Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHC), el número de meses secos consecutivos y el brillo solar (tabla 6).



Tabla 6. Definición de criterios y variables del subcomponente climático

Criterio	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 latitud y 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): Relación entre precipitación y evapotranspiración de referencia mensual, llevado a una medida de tendencia anual en función al rendimiento relativo de los cultivos (Doorenbos y Kassam,1979).
	Meses secos consecutivos: Periodo del año, en meses consecutivos, cuando el suministro de humedad alimentado por la lluvia es menor que la mitad de la evapotranspiración del cultivo (UNESCO, 2006).
	Brillo solar medio diario anual: Cantidad de horas en la que los rayos del sol llegan directamente sobre la superficie terrestre, se denomina brillo solar o insolación (Ideam, 2014).

Fuente: elaboración propia.

- ***Subcomponente edáfico:*** Como cuerpo natural y complejo, el suelo tiene vital importancia en el desarrollo y supervivencia de las especies vegetales, ya que estas dependen en gran medida de sus características. Los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical; y del caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), requieren condiciones edáficas óptimas para su siembra, establecimiento, crecimiento, desarrollo y producción. Las principales cualidades del suelo están relacionadas con la disponibilidad de nutrientes, capacidad de laboreo, las condiciones de enraizamiento, la toxicidad por sales, sodio y aluminio, la disponibilidad de humedad y la disponibilidad de oxígeno (tabla 7).

Tabla 7. Definición de criterios y variables del subcomponente edáfico

Criterio	Variables
Disponibilidad de nutrientes: Indica la capacidad del suelo de proporcionar compuestos para la nutrición vegetal en cantidades adecuadas y en un balance apropiado para el crecimiento y desarrollo de las plantas, cuando otros factores de crecimiento tales como la luz, la humedad, la temperatura y la condición física del suelo son favorables (USDA, 1961).	*Acidez (pH):* Concentración de H+ y OH- en la solución del suelo, que define el grado de acidez o alcalinidad de un suelo, expresado como un valor de pH (Soil Science Society of América, 2018).
	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 América, 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 nitrógeno, cuyo aporte mineral es normalmente deficitario.
	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, así como los que hacen parte de ciertos compuestos orgánicos, pueden ser reversiblemente reemplazados por aquellos de soluciones salinas y ácidas.

Sigue en la página siguiente

Criterio	Variables
Disponibilidad de nutrientes: Indica la capacidad del suelo de proporcionar compuestos para la nutrición vegetal en cantidades adecuadas y en un balance apropiado para el crecimiento y desarrollo de las plantas, cuando otros factores de crecimiento tales como la luz, la humedad, la temperatura y la condición física del suelo son favorables (USDA, 1961).	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, 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)
Condiciones de enraizamiento: Conjunto de características físicas del suelo que permiten el desarrollo de las raíces, tanto en forma vertical como horizontal (FAO, 1991, 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.*
	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).
	Pedregosidad: Fragmentos de roca de 2 mm de diámetro o mayores presentes en el suelo; 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.
Capacidad de laboreo: Condiciones del terreno para preparar un lecho con los nutrientes adecuados y con unas características que permitan el establecimiento del cultivo para su posterior desarrollo, mantenimiento y cosecha (las labores pueden ser en forma manual, con tracción animal o mecanizadas) (FAO, 2020).	*Pendiente:* Grado de inclinación de una superficie desde la horizontal, generalmente expresada en porcentaje o grados (Soil Science Society of América, 2018).
	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).
	Pedregosidad: Cantidad de fragmentos de roca de 2 mm de diámetro o mayores en el suelo (Wambeke y Forbes, 1987), los fragmentos se reconocen de acuerdo con su tamaño se reconocen como grava, guijarro, piedra y bloques.
Disponibilidad de oxígeno: Indica las condiciones de aireación del suelo. Cuando el suelo está libre de saturación de agua, los poros del suelo permiten la libre circulación del CO2 hacia la atmósfera y la entrada del oxígeno del exterior para ser absorbido por las raíces (UPRA, 2013; (FAO, 1991, 1976).	*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; OMM y Unesco, 2012).
	Drenaje natural: Grado de eliminación de agua 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; USD A, 1961).
Toxicidad por sales, sodio y aluminio: Indica la presencia de elementos minerales en el suelo en concentraciones mayores a las requeridas. Estos elementos, al ser tóxicos para las plantas, restringen su crecimiento y producción; además, tienen efectos adversos sobre algunas propiedades de los suelos (UPRA, 2013; FAO, 1991; FAO, 1976).	*Salinidad y sodicidad:* Contenido alto de sales solubles 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).

Sigue en la página siguiente

Criterio	Variables
Toxicidad por sales, sodio y aluminio: Indica la presencia de elementos minerales en el suelo en concentraciones mayores a las requeridas. Estos elementos, al ser tóxicos para las plantas, restringen su crecimiento y producción; además, tienen 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.
Disponibilidad de humedad: Capacidad que tienen los suelos de almacenar y suministrar agua para las plantas en cantidades suficientes para su desarrollo. Se relaciona con el contenido y movimiento del agua en el suelo (UPRA, 2013; FAO, 1976; FAO, 1991).	*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 control de humedad del suelo, durante un periodo correspondiente.
	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 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, lo cual ocasiona una disminución de la productividad (FAO, 1976, 1991).	*Fases 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, y trae consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales (Ideam, 2015). *Amenaza por movimiento en masa:* Peligro latente de movimientos en masa de origen natural o causado por la acción humana de forma accidental, en función de probabilidad de ocurrencia espacial y temporal (SGC, 2016). *Pendiente:* Grado de inclinación de una superficie desde la horizontal, generalmente expresada en porcentaje o grados (Soil Science Society of América, 2018).

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Criterios socioecosistémicos

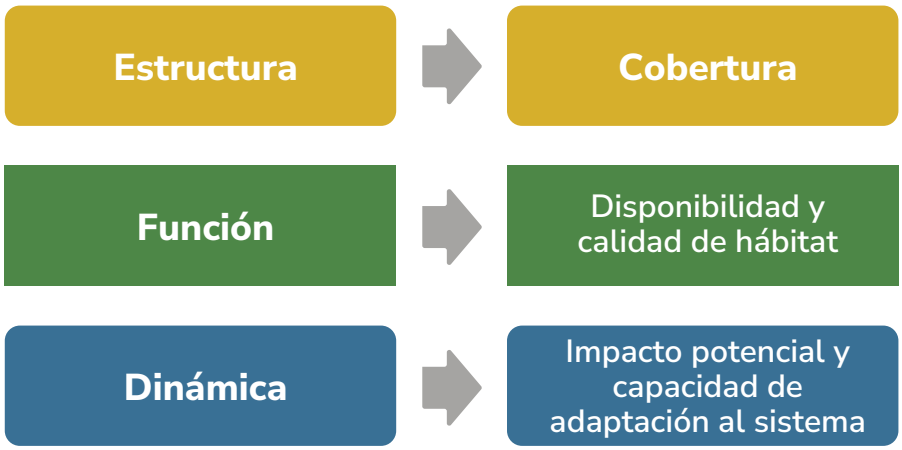
El enfoque socioecosistémico considera la biodiversidad, los bienes y servicios ecológicos vinculados estrechamente con los sistemas sociales, donde el hombre, la sociedad y su cultura son componentes centrales de los ecosistemas y modelan y adaptan a los cambios en la naturaleza. De esta manera, el objetivo principal del enfoque socioecosistémico es el uso sostenible de los bienes y servicios de los ecosistemas, así como el mantenimiento de la integridad ecológica como paradigma de conservación para el bienestar humano, por lo que en sus 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 (Martin-López et al., 2009 y MinAmbiente, 2012; citados por (UPRA, 2014).

Este enfoque, dentro de la evaluación de tierras para los cultivos comerciales de fríjol y de caupí, adquiere una importancia trascendental, puesto que proporciona, de manera transversal a los demás componentes de análisis, los fundamentos para el mantenimiento del capital natural (biodiversidad, integridad ecológica y prestación de bienes y servicios ambientales) de forma equitativa. Esto incluye la sociedad, la economía y la cultura, sin sesgar el desarrollo de nuevas actividades ni hacia una conservación a ultranza ni a puntos de vista totalmente desarrollistas o utilitaristas.

La aptitud de la tierra se entiende como la adaptabilidad de un territorio para una actividad determinada. Por esta razón el proyecto de zonificación se establece desde el componente socioecosistémico en estrecha relación con el potencial de uso del cultivo para fines comerciales, sin que esta actividad represente un deterioro frente a los intereses de protección y conservación de la biodiversidad.

Para la determinación de este potencial, en la escala de trabajo a escala nacional (1:100.000), se identifican algunos atributos ecosistémicos y de paisaje, cuya simplicidad, alto valor predictivo y capacidad de síntesis permiten obtener una interpretación desde una visión sistémica de la estructura, función y dinámica ecológica (figura 10).

Figura 10. Relación entre los atributos y criterios de estructura, función y dinámica para la interpretación socioecosistémica



Fuente: UPRA (2014).

Desde el componente socioecosistémico, la aptitud representa el potencial del territorio para el desarrollo de fríjol y caupí, así como la permanencia de estas actividades productivas. De esta forma, las áreas con mayor aptitud para estos cultivos son aquellas donde se genera un menor impacto en los bienes y servicios que proveen los ecosistemas o donde contribuyen a mejorarlos.

Este componente aporta a la zonificación de aptitud una mirada desde la estructura, función y dinámica ecológica de las coberturas introducidas en paisajes culturales y en áreas con mosaicos de transformación de sus coberturas naturales. Al igual que los criterios del componente físico, ayuda a definir si un territorio tiene o no aptitud para el desarrollo de los cultivos comerciales de *P. vulgaris* de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical; y de *V. unguiculata* en Colombia.

Para el componente socioecosistémico, se identificaron seis criterios y diez variables para su aplicación en la definición de la aptitud para los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). Es importante mencionar que, por tratarse de dos especies leguminosas, se incluye el criterio denominado potencial de absorción de nitrógeno (figura 11).

Figura 11. Criterios y variables del componente socioecosistémico



Fuente: elaboración propia.



En la tabla 8 se presentan los elementos técnicos relacionados con la definición de los criterios y variables socioecosistémicas.

Tabla 8. Definición de criterios y variables del componente socioecosistémico

Criterio	Variables
Potencial de aporte de nitrógeno a los agroecosistemas: La producción de cultivos está fuertemente ligada al nitrógeno, debido a que la cantidad de este elemento en las hojas influye en la intensidad del proceso fotosintético (Salvagiotti et al., 2009). Por tanto, este elemento es un limitante en el crecimiento y rendimiento de diversos agroecosistemas (Gordillo, 2018). La medición del nitrógeno en las diferentes coberturas requiere de análisis químicos destructivos que emplean materia orgánica proveniente de las plantas (Balanzategui, 2018). En suelos, este elemento es también difícil de monitorear debido a su alta movilidad (Jaramillo, 2002). Teniendo en cuenta que el contenido de nitrógeno está estrechamente relacionado con la tasa de fotosíntesis (Cabrera-Bosquet et al., 2007), y que depende a la captura de luz por el dosel y el contenido de nitrógeno en la hoja (Lemaire et al., 2007), el uso de índices de vegetación basados en análisis espectral de imágenes de satélite permite analizar la concentración de nitrógeno en la cobertura actual y su variación ante la introducción de cultivos como el de fríjol (*Phaseolus sp.*) y el de caupí (*Vigna sp*).	Este criterio no presenta variables asociadas, ya que se basa en la variación del índice de vegetación de diferencias normalizadas azul.
Apropiación del agua: Representa la cantidad de agua retenida del flujo de la cuenca y el agua lluvia para satisfacer la demanda de la especie, tanto para su crecimiento como para el sustento del cultivo. De esta agua captada por el cultivo, una parte queda contenida en la biomasa de la especie, otra parte retorna a la cuenca (excesos o menores rendimientos de aprovechamiento del riego), y otra parte se pierde en el balance hídrico de la cuenca, bien porque queda contenida en el producto que es consumido o aprovechado o bien por vía evapotranspiración desde los cultivos.	*Diferencia de uso consuntivo:* De acuerdo con el Ideam (2010), el uso consuntivo corresponde al requerimiento neto de agua para el establecimiento de un cultivo, partiendo del agua contenida en el suelo y disponible para la cobertura vegetal; es decir, para esta variable no se tiene en cuenta el agua que alimenta los acuíferos superficiales o subterráneos. Según la FAO (2019), el uso consuntivo abarca la totalidad de agua requerida por un cultivo determinado para realizar la evapotranspiración y la construcción celular, desde la siembra hasta la cosecha, dentro de un régimen climático específico. Esta variable analiza la relación entre el uso consuntivo de los cultivos de fríjol y caupí, y de otras coberturas vegetales. *Diferencia de uso del agua:* Representa la cantidad de agua retenida del flujo de la cuenca para satisfacer la demanda de los cultivos de fríjol, tanto para su crecimiento como para su producción. De esta agua captada por el cultivo, una parte queda contenida en la biomasa de la especie, otra parte retorna a la cuenca (excesos o menores rendimientos de aprovechamiento del agua), y otra parte se pierde en el balance hídrico de la cuenca, bien porque queda contenida en la producción de biomasa área o bien por vía evapotranspiración desde el cultivo.
Variación del contenido estimado de carbono: Se asocia a los efectos ambientales de las actividades agropecuarias sobre la dinámica de captura y emisión de carbono; por lo cual se fundamenta en la estimación del contenido de carbono, calculado como el balance resultante entre la captura y las emisiones de CO2 que se generarían por el desarrollo de cultivos de fríjol y de caupí en diferentes zonas con aptitud potencial para su implementación en el país.	Este criterio no cuenta con variables asociadas, ya que se basa en la variación del contenido estimado de carbono en la biomasa.

Sigue en la página siguiente

Criterio	Variables
El criterio contempla el balance entre el contenido de carbono de la biomasa área y subterránea de la cobertura vegetal y el potencial de cambio debido al establecimiento de los cultivos, lo que permite determinar la sostenibilidad ambiental asociada al almacenamiento de carbono y clasificar las áreas que se comportan como sumidero o emisión de carbono.	Este criterio no presenta variables asociadas, ya que se basa en la variación del índice de vegetación de diferencias normalizadas azul.
Integridad ecológica: Estimador de la calidad ambiental, útil en la planificación y toma de decisiones para la conservación. Se define como la capacidad del ecosistema para soportar y mantener su capital natural sin degradarse, funcionando de manera saludable y permanente, como condición indispensable para la prestación, regulación y flujo de servicios ecosistémicos requeridos para la sostenibilidad de los sistemas productivos y del territorio mismo (Ciontescu, 2012).	*Fragmentación y conectividad:* Fragmentación y conectividad: En todo paisaje cultural, los relictos de vegetación natural juegan un papel fundamental en 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, esta variable parte del análisis tanto 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, como del grado de estructuración y mantenimiento de cada uno de los fragmentos naturales o fragmentación.
	Índice de naturalidad (INAT): Se refiere a las coberturas naturales en las cuales se desarrollan los procesos ecológicos esenciales necesarios para sustentar la vida. La prestación de servicios ecosistémicos y la sostenibilidad ambiental en un área geográfica de análisis dependen de la cantidad de espacios que permiten la prevalencia de los procesos naturales requeridos para sustentar la biodiversidad y satisfacer la demanda de recursos del mismo territorio (Vélez & Gomez, 2008). 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, etc.), en proporción al tamaño de la unidad biogeográfica. Además, se considera la relación entre la cantidad de bases intercambiables y la capacidad de intercambio de cationes.
	Áreas de concentración de especies sensibles (ACES): Identifica 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).
	La representatividad ecosistémica en el Sistema Nacional de Áreas Protegidas (Sinap) es limitada, lo que restringe su potencial para la conservación de la biodiversidad del país. Por esta razón, existen áreas en el territorio nacional que, sin presentar figuras de protección, cuentan con altos valores para la conservación (AVC) debido a 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.
Cambio de cobertura: Recubrimiento biofísico que se observa sobre la superficie de la tierra (Di Gregorio, 2005), el cual describe la vegetación y elementos antrópicos existentes en el territorio. Este criterio evalúa la aptitud del territorio frente al cambio de cobertura derivado por el establecimiento de los cultivos de fríjol y caupí, definiendo la favorabilidad o no del cambio de la cobertura, en el marco de la sostenibilidad del territorio.	Este criterio no cuenta con variables y se expresa como una categoría de favorabilidad del cambio de cobertura para el establecimiento de cultivos de fríjol y caupí.

Sigue en la página siguiente

Criterio	Variables
Para ello, se consideran los principios del grado de antropización y transformación de las coberturas, la importancia ecológica y ambiental de cada tipo de cobertura, de acuerdo con sus diferentes características, y la importancia de la cobertura frente a la producción alimentaria.	Este criterio no cuenta con variables y se expresa como una categoría de favorabilidad del cambio de cobertura para el establecimiento de cultivos de fríjol y caupí.
Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios: Características intrínsecas de la vegetación y los ecosistemas (carga de combustibles, disposición y combustibilidad), que determinan la probabilidad de ignición, propagación y mantenimiento del fuego.	*Condiciones de pirogenicidad de las coberturas:* Evalúa la probabilidad de que un tipo de cobertura vegetal se incendie, considerando su capacidad de ignición. Las características de combustibilidad de una determinada cobertura están dadas por tres parámetros fundamentales: - *Tipo de combustible (TC)*: Hace referencia a las características fisionómico-estructurales de la vegetación presente, las cuales denotan su condición pirogénica. Se considera que los combustibles vegetales son cualquier material vegetal (vivo o muerto) que puede entrar en combustión al aplicársele calor. - *Duración del combustible (DC):* Evalúa el tiempo en el cual un tipo de combustible en particular puede estar en estado de ignición. - *Carga de combustible (CC):* Mide la cantidad de biomasa combustible presente en un área definida.
	Influencia del fuego sobre los ecosistemas (IF): Los ecosistemas pueden describirse en términos de regímenes de fuego típicos, que operan dentro de un rango conocido o esperado de variación de los atributos o características clave de los regímenes del fuego; por lo tanto, desde el punto de vista de la ecología del fuego, esta variable define que tan adaptados están los diferentes ecosistemas y coberturas para soportar y tener capacidad resiliente frente al fuego.

Fuente: UPRA (2014).

3.2.3. Componente socioeconómico

El tercer componente de la zonificación para los cultivos de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical, y del caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) es el socioeconómico, el cual comprende ocho criterios respaldados en 33 variables. Este componente socioeconómico agrupa dos grandes temas; el primero orientado a identificar las condiciones propicias para un ambiente competitivo, y el segundo analiza el contexto social del territorio.

En relación con la identificación de zonas aptas para los cultivos comerciales de fríjol y de caupí, la competitividad se entiende como la capacidad de una región de generar las condiciones de producción que promuevan su desarrollo sostenido; con ello, es posible mejorar permanentemente las condiciones de vida y el bienestar de los habitantes, en particular, de los agricultores.

Desde este punto de vista, la competitividad de los cultivos de fríjol y de caupí implica un enfoque multidimensional para desarrollar la producción, los cuales se constituyen en criterios o variables estructurales que conducen a la competitividad. Su logro se traduce en mejores de las condiciones de vida de las comunidades, lo que a su vez fortalece la sostenibilidad de la actividad agrícola.

Estos cultivos hacen parte de la agricultura familiar, pues las actividades para la producción son desarrolladas por sus integrantes, quienes se encargan de la mano de obra, es decir: realizan las labores de preparación del suelo, siembra y cosecha, utilizando frecuentemente como semillas el material vegetal de cosechas anteriores. Esta producción es la base de la alimentación de la familia, sin embargo, cuando generan excedentes, estos son comercializados en mercados locales para obtener algunos ingresos adicionales dedicados a sostener y mejorar su calidad de vida.

Por lo general, la familia es dueña de algunos o todos los medios de producción, incluyendo la tierra, que puede ser heredada. No obstante, la familia puede tener problemas de formalidad por falsas tradiciones, que las excluyen temporalmente del mercado de tierras y podrían limitar el acceso a créditos formales. Además, algunas de estas actividades podrían necesitar contratación de mano de obra adicional para la cosecha, la cual suele ser proporcionada por vecinos y amigos de las familias. Sin embargo, no se generan mayores excedentes para comercializar el producto, ya que la falta de infraestructura vial dificulta la comercialización del producto.

Este tipo de producciones se realiza en pequeñas parcelas, de manera tradicional, ya que las familias no suelen contar con recursos para la tecnificación. No obstante, cabe resaltar que esta actividad garantiza que el grupo familiar tenga un mínimo de alimento en su mesa, sin depender de las fluctuaciones del mercado, que pueden representar una barrera de acceso a la alimentación de las personas con menores recursos.

En la figura 12 se presentan los criterios y variables que hacen parte del componente socioeconómico para la zonificación de aptitud de los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical; y caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) en Colombia.

Figura 12. Criterios y variables del componente socioeconómico



Fuente: elaboración propia.

En la tabla 9 se presentan las definiciones de los criterios y variables del componente socioeconómico para los dos cultivos comerciales.

Tabla 9. Definición de criterios y variables del componente socioecosistémico

Criterio	Variables
Infraestructura productiva: Espacios delimitados que albergan servicios, actividades productivas o de comercio interno propias del cultivo comercial de fríjol y caupí.	*Existencia de cultivos:* Predios georreferenciados con presencia de cultivos de fríjol y caupí y sus colindantes, siendo este último un predio con propiedad privada, sin exclusiones para el mercado de tierras y cuyo destino económico esté relacionado con la actividad agropecuaria.
	Distritos de adecuación de tierras: Área de influencia de obras civiles y de infraestructura destinadas a proporcionar riego, drenaje y protección contra inundaciones para el desarrollo de actividades agropecuarias (L 41/1993).
Infraestructura, bienes y servicios: Bienes de uso colectivo que se requieren en la actividad productiva, así como los canales que intervienen en el desarrollo y funcionamiento de los mercados nacionales e internacionales.	*Centros mayoristas:* Unidades comerciales de distribución de productos alimenticios, que abastecen a la población con productos básicos al mayoreo. Sus instalaciones permiten concentrar los productos provenientes de diferentes centros de producción, para su distribución a comerciantes especializados.
	Centros de servicios: Áreas con oferta de bienes y servicios para abastecer las necesidades del cultivo de fríjol. El centro de servicios se define como poblaciones con más de 30.000 habitantes.
	Puertos marítimos: Espacios situados en orilla o la costa que permite carga y descarga de las embarcaciones así como operaciones de desembarque y embarque para el comercio internacional.
	Cobertura internet móvil: Área geográfica en la que se dispone del servicio, para realizar llamadas de voz y utilizar datos móviles para navegar por internet.
Disponibilidad de mano de obra: Evalúa la disponibilidad de mano de obra en los municipios con base en la densidad poblacional en edad de trabajar (PET) y los requerimientos del cultivo de fríjol y caupí. Además, considera las zonas cercanas, en horas de desplazamiento a la oferta de capacitación y cualificación existente en el territorio.	*Densidad poblacional rural en edad de trabajar/km2:* Compara el número de personas rurales en edad de trabajar/km2 presente en los municipios, frente a las necesidades técnicas del cultivo de fríjol y caupí (mano de obra necesaria por ha). La población en edad de trabajar (PET) se define por el rango etario de 15 a 62 años de acuerdo con la población proyectada por el DANE (2022).
	Oferta educativa técnica y tecnológica: Nivel de cobertura espacial y facilidad de acceso a los programas de educación técnicos y tecnológicos, oficialmente aprobados, activos y relacionados con la producción agrícola. Estos programas facilitan la capacitación de la población y fortalecen la competitividad sectorial.
	Oferta educativa universitaria: Nivel de cobertura espacial y facilidad de acceso a los programas a nivel universitario oficialmente aprobados, activos y relacionados con la producción agrícola, que facilitan la formación de la población y mejoran la competitividad sectorial del territorio.

Sigue en la página siguiente

Criterio	Variables
Asociatividad e institucionalidad: Presencia institucional del Estado, gremial o de organizaciones de base de la cadena productiva del cultivo de fríjol, cuyo apoyo conduce a la competitividad de una región. Identifica las condiciones internas y externas de la cadena en términos de la oferta institucional y del fortalecimiento y consolidación del sector agrícola.	*Asociaciones:* Organizaciones estructuradas en torno al cultivo de fríjol y caupí sobre una base territorial. Sus miembros incluyen pequeños y medianos productores, dedicados a la agricultura familiar, quienes se asocian con el fin de tener mejores condiciones de manejo del cultivo y comercialización del producto. Se evalúa la facilidad de acceso a estas asociaciones desde otros puntos del territorio.
	Gremio: Fenalce es la entidad gremial del sector, que representa a los cultivadores de cereales, leguminosas y soya del país; adicionalmente, tiene a su cargo el recaudo de la contribución parafiscal del sector. Se evalúa la facilidad con la que se puede alcanzar, desde otros puntos del territorio, una sede de Fenalce.
	Agrosavia: Sedes de la entidad, cuya función es desarrollar y ejecutar actividades de investigación y transferencia de procesos de innovación tecnológica en el sector agropecuario. Se mide la facilidad con la que se puede alcanzar desde otros puntos en el territorio a un centro de Agrosavia.
	Entidades prestadoras del servicio de extensión agropecuaria (Epsea): Facilidad de acceso a entidades municipales de asistencia técnica agropecuaria (Umata), Centros Provinciales de Gestión Agroempresarial (CPGA), gremios agropecuarios, empresas privadas o de naturaleza mixta, asociaciones de profesionales, universidades y demás instituciones de educación superior, agencias de desarrollo local (ADL), entidades sin ánimo de lucro, organizaciones o asociaciones de productores, entre otros que tengan por objeto la prestación del servicio de extensión o asistencia técnica agropecuaria, cumpliendo los requisitos de habilitación establecidos en el art. 33 de la Ley 1876 de 2017.
	ICA: Facilidad con la que se puede alcanzar desde otros puntos en el territorio una sede del ICA, la cual es la entidad oficial sanitaria, cuya función es elevar el estatus fitosanitario para mejorar las condiciones de inocuidad de la producción agroalimentaria nacional. Su misión es aumentar la competitividad de las actividades agropecuarias y obtener admisibilidad sanitaria en los mercados internacionales.
Seguridad ciudadana: Pretende mostrar dónde las personas pueden vivir libres de la violencia y el delito, además de la ocurrencia de peligro o afectaciones a la integridad física, así como el riesgo de pérdida de la libertad y del patrimonio por acciones fuera de la ley.	*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.
	Hurtos rurales: Apoderarse de bien ajeno, con el propósito de obtener provecho para sí o para otro (L 599/2000, art. 239 y 240).
	Secuestros rurales: "Detener ilegalmente a una o más personas en contra de su voluntad, mediante el empleo de la fuerza, amenazas, el engaño, el incentivo, con el propósito de exigir una ganancia ilícita o económica a cambio de la liberación de la persona secuestrada, o para obligar a alguien a hacer o a no hacer algo" (L 599/2000, art. 168).
	Homicidios rurales: 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)" (INMLCF, 2013).

Sigue en la página siguiente

Criterio	Variables
Dinámica del mercado de tierras: 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 del acceso a la tierra para la producción de fríjol, al mostrar el impacto del tamaño, el arriendo, el precio de los predios a través de la utilización del avalúo catastral como un proxi de la tendencia del mismo y la formalidad, con el fin de focalizar las posibles inversiones en favor de acceder a la tierra para el desarrollo de la actividad. El mercado de tierras rurales se entiende como: "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" (Res. 128, 2017, art. 5).	*Tamaño predial:* Superficie de terreno con rangos de tamaños definidos de acuerdo con el comportamiento medio de la actividad del cultivo de fríjol y caupí, y las dimensiones consideradas apropiadas para una productividad competitiva. Para efectos de la evaluación de tierras, se considera el tamaño de los predios en ha, en una aptitud determinada, asignada a partir de la información catastral vigente con información predio a predio del ámbito rural.
	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 en un tiempo definido, que para efectos de la variable se establece en pesos/ha/año.
	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 (Res. 0070, 2011 del IGAC).
	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 misma, 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).
Indicadores económicos: Identifica los municipios donde se solicitan apoyos a la inversión y a la gestión del riesgo, y que muestran proporcionalmente mayor valor agregado en las actividades asociadas a la agricultura. Así mismo, destaca aquellos municipios con incentivos a la inversión (reducción tributaria y planes de desarrollo territorial) y con un aparente mejor desempeño en la gestión de recursos de acuerdo con la **Medición de Desempeño Municipal** del DNP.	*Créditos otorgados:* Valor a precios de 2022 de los créditos otorgados desde 2018 hasta 2022, a escala municipal, para el cultivo del fríjol y caupí y su comercialización. Este criterio clasifica los municipios según la cuantía de créditos otorgados para las actividades mencionadas. Los créditos están dirigidos a personas naturales o jurídicas para construir o mejorar los procesos de producción o 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 de Finagro están subsidiadas en tasa de interés y respaldadas por el Fondo Agropecuario de Garantías (FAG).
	Valor agregado agrícola municipal: Aproximación al valor generado por actividades agrícolas en un municipio, medido e integrado de dos formas: primero, en función de su importancia relativa (participación porcentual) dentro del valor agregado agropecuario (agrícola + pecuario + pesquero + silvicultura) del municipio. Segundo, se identifican los municipios con mayor capacidad de generación del valor agregado agrícola en términos monetarios (miles de millones de pesos en valor agregado), de acuerdo con los seis grupos homogéneos de municipios establecidos por el DNP para la Medición del Desempeño Municipal para el 2021. Los grupos son: Ciudades (13 principales ciudades), Grupo 1 (nivel alto de capacidades), Grupo 2 (medio alto), Grupo 3 (nivel medio), Grupo 4 (medio bajo) y Grupo 5 (nivel bajo).

Sigue en la página siguiente

Criterio	Variables
Indicadores económicos: Identifica los municipios donde se solicitan apoyos a la inversión y a la gestión del riesgo, y que muestran proporcionalmente mayor valor agregado en las actividades asociadas a la agricultura. Así mismo, destaca aquellos municipios con incentivos a la inversión (reducción tributaria y planes de desarrollo territorial) y con un aparente mejor desempeño en la gestión de recursos de acuerdo con la **Medición de Desempeño Municipal** del DNP.	*Seguros agropecuarios:* Identifica los municipios donde los productores agrícolas han asegurado el valor de su producción agrícola en el periodo 2017-2021. Así, se identifican las zonas donde las aseguradoras y los tomadores de seguros decidieron realizar la gestión del riesgo asociado a la producción agrícola (sequías, heladas, inundaciones, deslizamientos, plagas o enfermedades, entre otros). Cada año, los productores agropecuarios reciben un subsidio del MinAgricultura a través de Finagro, para el pago de las primas de estos seguros.
	Desempeño municipal: Adopta la medición y la comparación que realiza el DNP en la publicación de la medición de desempeño municipal para el 2021. La Medición de Desempeño Municipal (MDM) tiene como objetivo comparar el desempeño de las entidades territoriales entendido como la capacidad de gestión (acciones y decisiones) y los 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, 2023)
	Zonas más afectadas por el conflicto armado (Zomac): Estímulo tributario que se aplica a las zonas más afectadas por el conflicto armado, las cuales están constituidas por 344 municipios que son considerados los más golpeados por la violencia, a través de incentivos a los empresarios mediante una tarifa especial y progresiva del impuesto de renta por 10 años a partir del 2017.
	Planes de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET): Instrumento especial de planificación y gestión a 10 años, cuyo objetivo es estabilizar y transformar los territorios más afectados por la violencia, la pobreza, las economías ilícitas y la debilidad institucional, con el fin de lograr el desarrollo rural que requieren estos 170 municipios. asistencia técnica agropecuaria, cumpliendo los requisitos de habilitación establecidos en el art. 33 de la Ley 1876 de 2017.
Condiciones de vida: Evalúa los resultados de satisfacción (o no privación) que tiene un hogar rural respecto a características consideradas vitales: salud, educación, empleo, entre otras. Es una aproximación de la pobreza multidimensional con datos censales. En esta metodología, se consideran en situación de pobreza los hogares que tienen privación de al menos el 33,3 % de los indicadores (DANE, 2020).	*Trabajo:* Corresponde al promedio de los porcentajes de hogares de los centros poblados y rurales dispersos de municipios con privaciones combinadas en los indicadores de trabajo informal y tasa de dependencia: *-Privación por tasa de dependencia económica:* se considera que una persona está privada si pertenece a un hogar que tiene más de tres personas por miembro ocupado. *-Privación por empleo formal:* se considera que una persona está privada si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un miembro ocupado sin afiliación a pensiones.
	Condiciones educativas del hogar*:* Porcentaje de hogares de los centros poblados y rurales dispersos, con privaciones combinadas en las variables analfabetismo y bajo logro educativo: *-Privación por bajo logro educativo:* se considera que una persona está privada si pertenece a un hogar donde la educación promedio de las personas mayores de 15 años es inferior a 9 años de educación. *-Privación por analfabetismo:* se considera que una persona esta privada si pertenece a un hogar en el que al menos una persona de 15 años o más no sabe leer ni escribir.

Sigue en la página siguiente

Criterio	Variables
Condiciones de vida: Evalúa los resultados de satisfacción (o no privación) que tiene un hogar rural respecto a características consideradas vitales: salud, educación, empleo, entre otras. Es una aproximación de la pobreza multidimensional con datos censales. En esta metodología, se consideran en situación de pobreza los hogares que tienen privación de al menos el 33,3 % de los indicadores (DANE, 2020).	*Condiciones de la niñez y la juventud:* Porcentaje de hogares de las zonas rurales con privaciones combinadas en las variables barreras de acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia, trabajo infantil, inasistencia y rezago escolar. *-Privación por inasistencia escolar:* se considera que una persona está privada si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un niño entre 6 y 16 años que no asiste a una institución educativa. *-Privación por rezago escolar:* se considera que una persona está privada si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un niño entre 7 y 17 años con rezago escolar (número de años aprobados inferior a la norma nacional). *-Privación por acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia:* se considera que una persona está privada si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un niño de 0 a 5 años sin acceso a todos los servicios de cuidado integral (salud y cuidado). *-Privación por trabajo infantil:* se considera que una persona está privada si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un niño entre 12 y 17 años trabajando.
	Condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos: Refleja las condiciones habitacionales de los pobladores en las zonas rurales, entrelazando la información de parámetros como hacinamiento crítico, eliminación de excretas, paredes y pisos inadecuados, y la limitación al acceso a agua mejorada. *-Privación por acceso a fuente de agua mejorada:* en el caso de los hogares rurales, se considera que una persona esta privada si el agua la obtienen de pozo sin bomba, agua lluvia, río, manantial, carrotanque, aguatero u otra fuente, agua embotellada o en bolsa. *-Privación por inadecuada eliminación de excretas:* se considera que una persona esta privada si pertenece a un hogar rural que no cuenta con inodoro sin conexión, letrina, bajamar o no tiene servicio sanitario. *-Privación por material inadecuado de pisos:* se considera que una persona esta privada si pertenece a un hogar, cuya vivienda tiene pisos de tierra, arena, barro. *-Privación por material inadecuado de paredes exteriores:* un hogar rural se considera en privación, si su vivienda tiene paredes de guadua u otro vegetal, zinc, tela, cartón, deshechos o no tiene paredes.
	Salud: Refleja las limitaciones en las condiciones de salud en las zonas rurales, manifestadas como las barreras de acceso a este servicio y las zonas sin aseguramiento en salud: *-Privación por barreras de acceso a salud dada una necesidad:* se considera que una persona está privada si pertenece a un hogar que tiene, al menos, una persona que en los últimos 30 días tuvo una enfermedad, accidente, problema odontológico o algún otro problema de salud, que no haya implicado hospitalización y que para tratar este problema no acudió a un médico general, especialista, odontólogo, terapista o institución de salud. -Privación por falta de aseguramiento en salud: se considera que una persona está privada si pertenece a un hogar que tiene, al menos, una persona mayor de 5 años que no está asegurada en salud, es decir, presenta alguna de las siguientes opciones en su estado de afiliación: desafiliado (DE), retirado (RE) o interrumpido por migración (RX).

Fuente: elaboración propia.

3.3. Rangos de aptitud y exclusiones técnicas

Para efectos de la zonificación de aptitud para los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical; y caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) en Colombia, escala 1:100.000, se tomaron como referencia las categorías de aptitud competitiva que la UPRA ha utilizado en los ejercicios de zonificación desarrollados hasta el 2023, que corresponden a aptitud alta (A1), aptitud media (A2), aptitud baja (A3) y no apto (N1). Así mismo, se contemplaron las categorías de restricciones legales y de condicionantes legales, como se puede observar en la tabla 10.

Tabla 10. Categorías para la zonificación de aptitud de cultivos comerciales

Clase		Definición de la zona
Apto	Alta (A1)	Las mejores condiciones desde los puntos de vista físico, socioecosistémico y socioeconómico.
	Media (A2)	Limitaciones moderadas de tipo físico, socioecosistémico o socioeconómico.
	Baja (A3)	Fuertes limitaciones de tipo físico, socioecosistémico o socioeconómico, las cuales podrían adecuarse con grandes inversiones o el desarrollo de nuevas tecnologías.
No apto (N1)		Restricciones físicas y socioecosistémicas que imposibilitan el desarrollo de la actividad.
Restricción legal (N2)		Por mandato legal no se permite el desarrollo de la actividad productiva.
Condicionante legal		Independientemente de la categoría de aptitud, se requiere de un análisis complementario de tipo social, cultural y ambiental para el desarrollo de la actividad productiva.

Fuente: elaboración propia.



3.3.1. Rangos de los criterios y variables del componente físico

Desde el componente físico se definieron las áreas de aptitud, diferenciando las áreas con *aptitud alta (A1)*, *aptitud media (A2)* y con *aptitud baja (A3)*, así como las de exclusión técnica (N1) donde, dados los requerimientos específicos de los dos cultivos en términos de clima y suelos, se presentan restricciones que imposibilitan el desarrollo de estas actividades. En la tabla 11 se registran los rangos de aptitud para calificar el subcomponente climático incluyendo exclusiones técnicas (N1), para los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), en Colombia y, en la tabla 12, se muestran los rangos del subcomponente edáfico.

Tabla 11. Rangos de aptitud del subcomponente climático de los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)

Criterio	Variables		Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Condiciones climáticas:	Temperatura media anual	*P. vulgaris*	°C	14-20	12-14 y 20-21	11-12 y 21-24	< 11 y > 24
		V. unguiculata		24-29	22-24	20-22 y > 29	< 20
	Índice de disponibilidad de humedad del cultivo (IDHC)	*P. vulgaris* y *V. unguiculata*	Índice	0,77-0,99	0,705 -0,77	0,4 -0,705	< 0,4
	Meses secos consecutivos	*P. vulgaris* y *V. unguiculata*	Número de meses	< 3	3-4	> 4	-
	Brillo solar medio diario anual	P. vulgaris y V. unguiculata	Horas sol/día	> 4	3-4	> 3	-

Fuente: elaboración propia.

Tabla 12. Rangos de aptitud del subcomponente edáfico para los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)

Criterio	Variables / Género		Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Disponibilidad de nutrientes	Acidez (pH)	*P. vulgaris*	pH	≥ 5,0-≤ 6,5	≥ 4,5-≤ 4,9 y ≥ 6,5-≤ 7,3	< 4,5 y > 7,3	-
		V. unguiculata		≥ 5,5-≤ 7,0	≥ 5,0-≤5,4 y ≥ 7,1-≤ 7,8	< 5,0 y > 7,8	-
	Saturación de bases	*P. vulgaris*	Porcentaje	≥ 20	≥ 10 y ≤ 20	≤ 10	-
		V. unguiculata		≥35	≥ 10 y ≤35	≤10	-
	Carbono orgánico	P. vulgaris	Porcentaje	>1,4 -7,6, Andisoles	0,5-1,4 y >7,6	<0,5	Histosoles
		V. unguiculata		>0,5 -7,6, Andisoles	0,2-0,5 y > 7,6	<0,2	Histosoles
	Capacidad de intercambio catiónico (CIC)		cmol (+) /kg	≥ 20	10-20	< 10	-

Sigue en la página siguiente

Criterio	Variables / Género		Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Condiciones de enraizamiento	Profundidad efectiva		Centímetros	Muy profundo, profundo, moderadamente profundo	Superficial	Muy superficial	Lithic, Petroferric, Petrocalcic, Petrogypsic
	Textura	*P. vulgaris*	Clase de textura	F, FL, FA, FArA, L, FArL	FAr, ArA, AF, A (Vertic)	Ar, ArL, (Vertisoles)	-
		V. unguiculata		F, FL, FA, FArA, L, FArL	FAr, ArA, A, (Vertic)	Ar, ArL, (Vertisoles)	-
	Pedregosidad		Fase de pedregosidad	Sin fase de pedregosidad	-	Con fase de pedregosidad	-
Capacidad de laboreo	Pendiente	*P. vulgaris*	Porcentaje	≤ 25	25-50	50-75	> 75
		V. unguiculata		≤ 12	12-25	25-75	> 75
	Textura		Clase de textura	F, FL, FA, FAr, FArA, FArL	FAr, ArA, ArL, L (Vertic)	A, AF, Ar (Vertisoles)	-
	Pedregosidad		Fase de pedregosidad	Sin fase de pedregosidad	--	Con fase de pedregosidad	
Disponibilidad de oxígeno	Susceptibilidad a inundaciones	*P. vulgaris*	Duración de la inundación	No hay	Cortas	Largas	Muy largas
		V. unguiculata		No hay	Cortas	Largas, muy largas	-
	Drenaje natural		Clase de drenaje	Bueno	Moderado, excesivo, moderadamente excesivo	Imperfecto, pobre	Muy pobre
Toxicidad por sales, sodio y aluminio	Salinidad	*P. vulgaris*	Conductividad eléctrica (dS/m)	≤ 1	1-2	3-4	> 4
		V. unguiculata		≤ 2	3-4	> 4	-
	Sodicidad	P. vulgaris y V. unguiculata	Porcentaje desaturación de sodio	≤ 15 (No sódico)	-	-	> 15 (Sódico, salino sódico)
	Saturación de aluminio		Porcentaje	≤ 30	30-60	> 60	-
Disponibilidad de humedad	Régimen de humedad del suelo		Clases de régimen	Údico, perúdico	Ústico	Ácuico	Arídico, perácuico
	Textura		Clase de textura	Ar, ArA, ArL, FAr, FArA, FArL, F, FL	FA, L	A, AF	-
Susceptibilidad a la pérdida de suelos	Fases por grados de erosión		Cualitativo	Sin evidencia, ligera	Moderada	Severa	Muy Severa
	Degradación de suelos por erosión		Cualitativo	No hay, ligera, Moderada, no suelo	Moderada	Severa	Muy Severa
	Factor LS		Factor	< 5	5-10	> 10	-
	Amenaza por movimiento en masa		Cualitativa	Baja, media	Alta	Muy alta	-

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Rangos de los criterios y variables del componente socioecosistémico

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

- La primera hace referencia al criterio cambio de cobertura: las áreas de exclusión que se identifican por sus características naturales o por algún valor de identidad sociocultural reconocido deben ser protegidas y deben mantener su cobertura actual; por lo tanto, no pueden establecerse cultivos de fríjol ni de caupí.
- La segunda, ecosistemas estratégicos, considera los ecosistemas de manglares y bosques secos como zonas de importancia ambiental que se han priorizado para su protección y conservación, debido a su importancia ecosistémica o a su nivel de amenaza; por lo cual, estas zonas son incompatibles con cultivos de fríjol y de caupí.
- La tercera involucra aquellas coberturas de bosques que fueron deforestadas después del 2010. Estas áreas fueron identificadas a través del análisis de la cuantificación de la deforestación en Colombia (Cabrera et al., 2011); no podrán ser objeto de ningún tipo de actividad agrícola, según lo estipulado en el acuerdo de París de la COP 21. Se toma 2010 como fecha límite, en concordancia con la Segunda Comunicación Nacional de Colombia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, donde se evidencia que Colombia es un país altamente vulnerable a los efectos de la variabilidad del clima y del cambio climático, lo que pone en riesgo la sostenibilidad del desarrollo y hace necesaria la implementación de estrategias para la adaptación a los impactos que tendrán estos fenómenos sobre la población, el medio ambiente y la economía del país.

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

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

En la tabla 13 se registran los rangos de aptitud para la calificación de variables del componente socioecosistémico.

Tabla 13. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioecosistémico para los cultivos de fríjol de los cultivares bola roja, calima, cargamanto, radical; y de caupí

Criterio	Variables	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Potencial de aporte de nitrógeno a los agroecosistemas		NDVI Azul	El cultivo tiene mayor potencial de aporte de nitrógeno > 0,059	El cultivo está en equilibrio con el potencial de aporte de nitrógeno de la cobertura actual -0,326-0,059	El cultivo presenta un menor potencial de aporte de nitrógeno, en relación con la cobertura actual < -0,326	-

Sigue en la página siguiente

Criterio	Variables	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Apropiación del agua	Diferencia de uso consuntivo	mm	El cultivo evapotranspira menos que la cobertura actual Uso consuntivo menor < -23,57	La evapo-transpiración del cultivo es similar a la de la cobertura actual Uso consuntivo moderado - 23,57 a 248,69	La cobertura actual evapo-transpira menos que el cultivo Uso consuntivo alto > 248,69	-
	Diferencia de uso del agua	mm^3	La subzona hidrográfica se encuentra en superávit hídrico mayor. La oferta hídrica es muy superior en comparación con la demanda hídrica sectorial total incluida la del cultivo de fríjol y de caupí > 2.106	La subzona hidrográfica se encuentra en superávit hídri-co moderado. La disponibi-lidad hídrica real (DHR) es moderadamen-te superior en comparación con la demanda hídrica sectorial total incluida la del cultivo de fríjol y de caupí 2.106-5.978	La subzona hidrográfica se encuentra en déficit hídrico, o la disponibilidad hídrica real (DHR) es menor o ligeramente superior en comparación con la demanda hídrica sectorial total incluida la del cultivo de fríjol y de caupí > 5.978	-
Variación del contenido estimado de carbono		Porcentaje (%)	El cultivo es sumidero de carbono < 0,103	El cultivo está en equilibrio entre emisión y captura de carbono 0,103-0,323	El cultivo es fuente de emi-sión de carbono > 0,323	-
Integridad ecológica	Fragmentación y co-nectividad estructu-ral de las coberturas naturales (FCECN)	Categoría cualitativa de fragmentación y conectividad estructural por Unidad de cobertura	Conectividad baja > 17.000.000 Mayor número de parches. Menor tamaño medio de los parches. Mayor dimen-sión fractal me-dia del parche (>1,45) Parches cortos con menor complejidad de forma	Conectividad media. 300-17.000.000 Menor número de parches. Moderado ta-maño medio de los parches. Moderada di-mensión fractal media del par-che (1,41-1,45) Parches medios con moderada complejidad de forma	Conectividad alta. < 17.000.000 Parches asociados a coberturas naturales. Mayor tamaño medio de los parches. Menor dimen-sión fractal me-dia del parche (<1,41) Parches largos con mayor complejidad de forma	-

Sigue en la página siguiente

Criterio	Variables	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Integridad ecológica	Índice de naturalidad (INAT)	Porcentaje	INAT muy baja-vital, INAT baja -estratégica, INAT moderada <50	INAT alta 50-75	INAT muy alta-protección 75-100	-
	Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)	Adimensional, 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 Áreas sin importancia para especies migratorias >1,32	Zonas de baja densidad de especies sensibles APC con alta presencia de especies sensibles Ausencia de AICAS Áreas de importancia moderada o alta para espécies migratórias 1,18-1,32	Zonas de moderada, alta y muy alta densidad de especies. APC con densidad muy alta asociada a coberturas naturales Presencia de AICAS Áreas de importancia muy alta para especies migratorias <1,18	-
Cambio de cobertura		Categoría de favorabilidad del cambio	Zonas de alta favorabilidad para el establecimiento de cultivos de fríjol y caupí, donde predominan las áreas de pastos (limpios, enmalezados y arbolados), los cultivos transitorios dedicados para la producción de alimentos como arroz, maíz, papa, hortalizas, cultivos dedicados a la producción industrial como caña, palma, algodón, zonas quemadas, pastos y árboles plantados, cultivos permanentes herbáceos	Zonas de moderada favorabilidad para el establecimiento de cultivos de fríjol y caupí, donde predominan algunos cultivos permanentes herbáceos, algunos pastos limpios y enmalezados, café, mosaicos de cultivos, mosaicos de pastos y cultivos y mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales	Zonas con favorabilidad baja para el establecimiento de cultivos de fríjol y caupí, donde predominan cultivos confinados, mosaicos de cultivos, mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaicos de pastos y cultivos, mosaicos de pastos con espacios naturales, mosaicos de cultivos con espacios naturales algunos cultivos dedicados a la producción de alimentos humanos como arroz, maíz, hortalizas, entre otros; cultivos permanentes herbáceos, arbóreos y arbustivos, plantaciones forestales, algunas áreas de pastos y también agrupa algunas unidades de coberturas naturales que pueden ser marginalmente aptas como algunas categorías de los herbazales densos	-

Sigue en la página siguiente

Criterio	Variables	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios	Condiciones de pirogenicidad de las coberturas	Categoría cualitativa de pirogenicidad de las coberturas	Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios baja por condiciones bajas de pirogenicidad 0,3-2,35	Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios media por condiciones moderadas de pirogenicidad 2,35-5,6	Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios alta por condiciones altas de pirogenicidad > 2,6	-
	Influencia del fuego sobre los ecosistemas	Categoría cualitativa de clasificación de los ecosistemas por su adaptación al fuego.	Para esta variable no aplica la categorización por aptitud alta, media, baja o no apto; por el contrario, se categoriza en 5 grados de adaptación de los ecosistemas al fuego. Se pueden apreciar en la tabla 14.			

Fuente: elaboración propia.

En la tabla 14 se presentan los rangos que aplican para la variable influencia del fuego de los ecosistemas, dependiendo su grado de adaptación al fuego.

Tabla 14. Rangos de aptitud definidos para la variable influencia del fuego sobre los ecosistemas de los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)

Criterio	**Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios**
Variable	**Influencia del fuego sobre los ecosistemas (IF):**
Unidad de medida	**Cualitativa de clasificación de los ecosistemas por su adaptación al fuego**
Herbazal denso de tierra firme arbolado, herbazal denso de tierra firme con arbustos, herbazal denso de tierra firme no arbolado, herbazal abierto arenoso, herbazal abierto rocoso, herbazal denso de tierra firme arbolado, herbazal denso de tierra firme con arbustos, herbazal denso de tierra firme no arbolado, herbazal denso inundable, herbazal denso inundable arbolado, herbazal denso inundable no arbolado, pastos arbolados, pastos enmalezados, pastos limpios.	
Herbazal denso de tierra firme arbolado, herbazal denso de tierra firme con arbustos, herbazal denso de tierra firme no arbolado, aeropuerto con infraestructura asociada, aeropuerto sin infraestructura asociada, aeropuertos, arbustal abierto, arbustal abierto mesófilo, arbustal denso, áreas culturales, áreas deportivas, áreas turísticas, bosque abierto alto de tierra firme, bosque abierto alto inundable, bosque abierto bajo de tierra firme, bosque abierto bajo inundable, bosque de galería y ripario, bosque denso alto de tierra firme, bosque denso alto inundable, bosque denso bajo de tierra firme, bosque denso bajo inundable, bosque fragmentado, bosque fragmentado con pastos y cultivos, bosque fragmentado con vegetación secundaria, explotación de carbón, explotación de hidrocarburos, explotación de materiales de construcción, explotación de oro, explotación de sal, herbazal abierto arenoso, herbazal abierto rocoso, herbazal denso de tierra firme arbolado, herbazal denso de tierra firme con arbustos, herbazal denso de tierra firme no arbolado, herbazal denso inundable, herbazal denso inundable arbolado, herbazal denso inundable no arbolado, instalaciones recreativas, jardines botánicos, manglar denso alto, obras hidráulicas, otras explotaciones mineras, otras zonas verdes urbanas, otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto, parques cementerio, parques urbanos, pastos enmalezados, pastos limpios, plantación de latifoliadas, plantación forestal, red vial y territorios asociados, red vial, ferroviaria y terrenos asociados, relleno sanitario, rondas de cuerpos de agua de zonas urbanas, tejido urbano continuo, tejido urbano discontinuo, vegetación secundaria alta, vegetación secundaria baja, zona de disposición de residuos, zona de extracción minera, zonas comerciales, zonas de extracción minera, zonas industriales o comerciales, zonas portuarias, zonas portuarias fluviales, zonas portuarias marítimas, zonas verdes urbanas.	

Sigue en la página siguiente

Herbazal denso de tierra firme arbolado, herbazal denso de tierra firme con arbustos, herbazal denso de tierra firme no arbolado, algodón, arbustal abierto, arbustal denso, arracachal, arroz, bosque abierto alto de tierra firme, bosque abierto bajo de tierra firme, bosque abierto bajo inundable, bosque de galería y ripario, bosque denso alto de tierra firme, bosque denso alto inundable, bosque denso bajo de tierra firme, bosque denso bajo inundable, bosque fragmentado con pastos y cultivos, bosque fragmentado con vegetación secundaria, cacao, café, caña, caña de azúcar, caña panelera, cebolla, cereales, cítricos, cultivos agroforestales, cultivos confinados, cultivos permanentes arbóreos, cultivos permanentes arbustivos, cultivos permanentes herbáceos, cultivos y árboles plantados, herbazal abierto arenoso, herbazal abierto rocoso, herbazal denso de tierra firme arbolado, herbazal denso de tierra firme con arbustos, herbazal denso de tierra firme no arbolado, herbazal denso inundable, herbazal denso inundable arbolado, herbazal denso inundable no arbolado, hortalizas, maíz, mango, mosaico de cultivos, mosaico de cultivos con espacios naturales, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, mosaico de pastos y cultivos, oleaginosas y leguminosas, otros cultivos permanentes arbóreos, otros cultivos permanentes arbustivos, otros cultivos permanentes herbáceos, otros cultivos transitorios, palma de aceite, papa, pastos arbolados, pastos enmalezados, pastos limpios, pastos y árboles plantados, plátano y banano, sorgo, soya, tubérculos, vegetación secundaria alta, vegetación secundaria baja, vegetación secundaria o en transición, viñedos.
Afloramientos rocosos, arenales, campos de dunas, canales, cuerpos de agua artificiales, embalses, estanques para acuicultura continental, estanques para acuicultura marina, lagunas costeras, lagunas de oxidación, lagunas, lagos y ciénagas naturales, pantanos costeros, playas, ríos (50 m), salitral, sedimentos expuestos en bajamar, tierras desnudas y degradadas, turberas, vegetación acuática sobre cuerpos de agua, zonas arenosas naturales, zonas glaciares y nivales, zonas pantanosas.
Herbazal denso de tierra firme arbolado, herbazal denso de tierra firme con arbustos, herbazal denso de tierra firme no arbolado, arbustal abierto, arbustal abierto mesófilo, arbustal denso, arenales, arracachal, bosque abierto alto de tierra firme, bosque abierto alto inundable, bosque abierto bajo de tierra firme, bosque abierto bajo inundable, bosque de galería y ripario, bosque denso alto de tierra firme, bosque denso alto inundable, bosque denso alto inundable heterogéneo, bosque denso bajo de tierra firme, bosque denso bajo inundable, bosque fragmentado con pastos y cultivos, bosque fragmentado con vegetación secundaria, cultivos confinados, cultivos permanentes arbustivos, cultivos permanentes herbáceos, herbazal abierto arenoso, herbazal abierto rocoso, herbazal denso de tierra firme arbolado, herbazal denso de tierra firme con arbustos, herbazal denso de tierra firme no arbolado, herbazal denso inundable, herbazal denso inundable arbolado, herbazal denso inundable no arbolado, manglar denso alto, mosaico de cultivos, mosaico de cultivos con espacios naturales, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, mosaico de pastos y cultivos, palmares, pastos arbolados, pastos enmalezados, pastos limpios, plantación de coníferas, plantación de latifoliadas, plantación forestal, vegetación secundaria alta, vegetación secundaria baja, vegetación secundaria o en transición.

Fuente: elaboración propia.



3.3.3. Rangos de los criterios y variables del componente socioeconómico

A partir del componente socioeconómico, se clasificaron únicamente tres categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3). No hubo calificación de no apto técnico (N1) dado que la mayoría de las variables analizadas fueron índices sintéticos, cuya variación responde a factores exógenos. En la tabla 15 se registran los rangos de aptitud para la calificación de variables del componente socioeconómico, aplicados a los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical; y caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).

Tabla 15. Rangos de aptitud del componente socioeconómico para los cultivos de fríjol cultivares bola roja, calima, cargamanto, radical; y de caupí

Criterios	Variables	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Infraestructura productiva	Existencia de cultivos	Predios	Muy profundo, profundo, moderadamente profundo	Superficial	Muy superficial
	Distritos de adecuación de tierras	Polígonos	Distritos de adecuación de tierras activos	Distritos de adecuación de tierras inactivos	Sin distritos
Infraestructura, bienes y servicios	Centros mayoristas	Tiempo de desplazamiento (horas)	< 1	1-2	> 2
	Centros de servicios	Tiempo de desplazamiento (horas)	< 1	1-2	> 2
	Puertos marítimos	Tiempo de desplazamiento (horas)	< 3	3-6	> 6
	Cobertura de internet móvil	Tecnología y número de antenas /10 km2	HSPA y LTE > 2 antenas	Tecnología 3G < 2 antenas	Sin cobertura
Disponibilidad de mano de obra	Densidad poblacional rural en edad de trabajar (PET)	Número de habitantes rurales en edad de trabajar por km2	> 32,7	<32,7 y ≥ 13,1	< 13,1
	Oferta educativa técnica y tecnológica	Tiempo de desplazamiento (horas)	< 1	1-2	> 2
	Oferta educativa universitaria	Tiempo de desplazamiento (horas)	< 1	1-2	> 2
Asociatividad e institucionalidad	Asociaciones	Tiempo de desplazamiento (horas)	< 1	1-2	2
	Gremio	Tiempo de desplazamiento (horas)	< 1	1-2	> 2
	Agrosavia	Tiempo de desplazamiento (horas)	< 1	1-2	> 2
	Entidades Prestadoras del Servicio de Extensión Agropecuaria (Epsea)	Tiempo de desplazamiento (horas)	< ½	½-2	> 2

Sigue en la página siguiente

Criterios	Variables	Unidad de medida		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Asociatividad e institucionalidad	ICA	Tiempo de desplaza-miento (horas)		< 1	1- 2	> 2
Seguridad ciudadana	Extorsiones rurales	Tasa por cada 1.000 habitantes		Sin ocurrencia del delito	< 0,2205	> 0,2205
	Hurtos rurales	Tasa por cada 1.000 habitantes		Sin ocurrencia del delito	≤ 6,1507	> 6,1507
	Secuestros rurales	Tasa por cada 1.000 habitantes		Sin ocurrencia del delito	≤ 0,0582	> 0,0582
	Homicidios rurales	Tasa por cada 1.000 habitantes		Sin ocurrencia del delito	≤ 0,7429	> 0,7429
Dinámica del mercado de tierras	Tamaño predial	ha	*P. vulgaris*	> 4,8	1,7-4.8	< 1,7
			V. unguiculata	> 8,8	2,3-8,8	< 2,3
	Arriendo rural	Miles de COP/ha/año		< 400	400-1.000	> 1.000
	Avalúo catastral rural	Millones de COP/ha		< 3,9	3,9-16	> 16, predios en propiedad horizontal (PH y condominio) y con destinos económicos industriales, comerciales y recreativos
	Tendencia a la formalidad	Predios		Predios con matrícula inmobiliaria sin presunción de informalidad	-	Predios sin información catastral, predios con mejoras, predios sin interrelación catastro regis-tro, predios con falsa tradición, predios con presunción de baldíos, predios con presunción de informalidad, predios con resolución de inscripción en el registro 1 de la Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente y predios inscritos en el Rupta.
Indicadores económicos	Créditos otorgados	Millones de COP		> 1.089	< 1.089	Sin créditos
	Valor agregado agrícola municipal	% de participación medido en miles de millones de COP		> 71,6	42,3-71,6	< 42,3

Sigue en la página siguiente

Criterios	Variables	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Indicadores económicos	Seguros agropecuarios	Municipios	Con cobertura (111 municipios)	Sin cobertura	-
	Desempeño municipal	Indicador MDM (puntos)	≥ 55	45-55	< 45
	Zonas más afectadas por el conflicto armado (Zomac)	Municipios	Declarados Zomac	Resto	-
	Planes de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET)	Municipios	Declarados PDET	Resto	-
Condiciones de vida	Trabajo	Trabajo informal (%)	85,3	92,6	94,7
		Tasa de dependencia (%)	30,3	45,3	69,1
	Condiciones educativas del hogar	Analfabetismo (%)	12,2	18,5	33,7
		Bajo logro educativo (%)	59,9	81,6	82,9
	Condiciones de niñez y la juventud	Barreras de acceso al cuidado (%)	1,7	3,3	13
		Trabajo infantil (%)	1,7	3,2	3,5
		Inasistencia escolar (%)	4,2	8,0	16,4
		Rezago escolar (%)	15,7	26,3	42,5
	Condiciones de vivienda y servicios públicos	Hacinamiento crítico (%)	6,7	9,0	16,7
		Eliminación de excretas (%)	16,3	41,0	46,3
		Paredes inadecuadas (%)	2,8	3,0	8,8
		Inadecuado material de pisos (%)	13,7	14,7	58,3
		Sin acceso a agua mejorada (%)	22,7	51,2	67,4
	Salud	Barreras de acceso a servicios (%)	3,3	6,6	13,5
		Sin aseguramiento en salud (%)	12,7	13,4	33

Fuente: elaboración propia.

3.4. Restricciones legales y condicionantes legales

En esta fase de la metodología, se identificó la normatividad que regula la realización de actividades productivas agrícolas, ya sea de forma excluyente o condicionante. Los lineamientos corresponden a las directrices o reglas que orientan o excluyen un uso determinado del territorio rural, lo que implica, en este caso, restricciones legales o condicionantes para el uso. *El carácter restrictivo* se refiere a aquellas áreas sobre las cuales está prohibida la realización de proyectos productivos agropecuarios.

Los *condicionantes legales* se refieren a impedimentos directamente relacionados con la normatividad que limita el uso del suelo por interés ambiental, cultural y social. Agrupan todos aquellos factores de orden ecológico o social cuyo soporte implica que se supediten o puedan modificar algunos elementos de la producción comercial, sin que ello represente una restricción directa 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 legales podrán ser reclasificadas en la zonificación, dependiendo del nivel de conocimiento que se tenga en el futuro o de solicitudes expresas de autoridades de ciertas áreas (territorios indígenas y afrocolombianos) o de aclaración de determinantes legales que puedan ser incluidos en la evaluación.

Desde el punto de vista socioecosistémico y socioeconómico, las áreas definidas por su importancia biológica, el compromiso internacional adquirido y ratificado por el país para la protección y conservación de la biodiversidad y la preexistencia de comunidades que representan un patrimonio étnico de interés para el país, cuyos principios de vida, cultura y relacionamiento con el entorno natural deben ser respetados para no ponerse en riesgo. En estos lugares, la producción comercial debe proceder a través de mecanismos de consulta u otros que determine la legislación ambiental colombiana. La tabla 16 presenta las *restricciones legales*.

Tabla 16. Restricciones legales

Variable	Áreas de restricción
Ecosistemas estratégicos (páramos)	*Páramos:* 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 los mismos. Señala que ”el objetivo central de las normas ambientales es subordinar el interés privado, que representa la actividad económica, al interés público o social, que exige la preservación del ambiente“. La providencia explicó que los ministerios de Ambiente, Agricultura y de Minas, están obligados a iniciar programas de sustitución y capacitación ambiental o de reconversión para las actividades...

Sigue en la página siguiente

Variable	Áreas de restricción
Ecosistemas estratégicos (páramos)	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 (L 1450/2011, art. 202, § 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 del MinAmbiente de 2018, "Por la cual se adoptan los lineamientos para la zonificación y régimen de usos en las áreas de páramos delimitados y se establecen las directrices para diseñar, capacitar y poner en marcha programas de sustitución y reconversión de las actividades agropecuarias y se toman otras determinaciones", se viene avanzando en la zonificación de los páramos delimitados en relación con las actividades agropecuarias que se venían desarrollando con anterioridad al 16 de junio de 2011 en 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 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 art. 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, los santuarios de flora y la Vía Parque. De conformidad con el art. 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. Los 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 consideran como espacios geográficos en el que los ecosistemas de bosque mantienen su función, aunque su estructura y composición hayan sido modificadas. 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.
	Distritos de manejo integrado (DMI): Definidos por el art. 14 del Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, como 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. De esta categoría hacen parte las zonas identificadas como áreas para la preservación, restauración, restauración para la preservación, uso sostenible y uso público (subzonas para la recreación y alta densidad de uso), descritas en los planes de manejo elaborados por las diferentes Corporaciones Autónomas Regionales y de desarrollo sostenible (CAR). Hacen parte dentro de esta categoría los *Distritos regionales de manejo integrado (DRMI)* y los *Distritos de manejo integrado (DMI)*:

Sigue en la página siguiente

Variable	Áreas de restricción
Áreas protegidas	*Distritos regionales de manejo integrado (DRMI):* - Bosque seco tropical Pozo Azul; Mejué (Corporación Autónoma Regional de la frontera nororiental, Corponor). - Bosques secos del Chicamocha; lago Sogachota y la cuenca que lo alimenta (Corporación Autónoma Regional de Boyacá, Corpoboyacá). - Cerro Guadalupe (Corporación Autónoma Regional de Caldas, Corpocaldas). - Cuchilla Mesa Alta; cuchilla San Cayetano; cuchillas Negra y Guanaque; páramo de Rabanal; páramo Mamapacha-Bijagual (Corporación Autónoma Regional de Chivor, Corpochivor) - Complejo Lagunar Fúquene, Cucunubá y Palacios; cerro El Tabor; humedales de Gualí, Tres Esquinas y lagunas del Funzhé (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR). - Cerro de San Nicolás; cuchilla Los Cedros; cerro El Capiro; embalse Peñol Guatapé y cuenca alta del río Guatapé; La Selva; San Miguel; Sistema Viaho Guayabal; bosques, Mármoles y Pantágoras; páramo de Vida Maitamá, Sonsón; Las Camelias (Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare, Cornare). - Humedal San Silvestre; páramo Guantiva y La Rusia; río Minero; serranía de los Yariguies (Corporación Autónoma Regional de Santander, CAS). - Cerro Banderas Ojo Blanco; serranía de Minas; La Tatacoa; Peñas Blancas (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, CAM). - Banco Totumo Bijibana; Palmar del Titi (Corporación Autónoma Regional del Atlántico, CRA). - Chinchorro (Corporación Autónoma Regional del Guavio, Corpoguavio). - El Chilcal; Guacas; Isla Ají, laguna de Sonso; Pance; páramos Las Domínguez-Pan de Azúcar y Valle Bonito; RUT Nativos, serranía de los Paraguas; La Plata; enclave subxerofítico de Atuncela (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC). - Ensenada de Rionegro; Alto de Insor (Corporación para el desarrollo sostenible del Urabá, Corpourabá). - Complejo de Humedales de Ayapel (Corporación Autónoma Regional de los valles del Sinú y del San Jorge, CVS). - Carimagua (Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial de La Macarena, Cormacarena). *Distritos de manejo integrado (DMI):* - Cuchilla de Bellavista; laguna de San Diego (Corporación Autónoma Regional de Caldas, Corpocaldas). - Cerro de Juaica; El Chuscal; nacimiento de las quebradas Los Tiestos, La Chorrera y Hoya Fría; cuchilla de San Antonio y laguna del Coco; sector Salto del Tequendama, cerro Manjui (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR). - Bañaderos; pastos marinos Sawairu (Corporación Autónoma Regional de La Guajira, Corpoguajira). - Área de manglar de la bahía de Cispatá y sector aledaño del delta estuarino del río Sinú (Corporación Autónoma Regional de los valles del Sinú y del San Jorge, CVS). - Planes de San Rafael; Agua Linda; Arrayanal; Cristalina, La Mesa; cuchilla San Juan; Guásimo (Corporación Autónoma Regional de Risaralda, Carder). - Luriza (Corporación Autónoma Regional del Atlántico, CRA). - Páramo de Berlín (Corporación Autónoma Regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga, CDMB). Hacen parte también las zonas para la preservación y recuperación de los distritos de manejo integrado del área de manejo especial La Macarena (Decreto 1989 de 1989), identificados como Macarena Norte, Macarena Sur, Ariari-Guayabero-Sector Losada-Caño Perdido.
	Distritos de conservación de suelos (DCS): De acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, compilado por el Decreto 1076 de 2015 se definen como 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.

Sigue en la página siguiente

Variable	Áreas de restricción
Áreas protegidas	En esta categoría hacen parte las zonas identificadas como áreas para la preservación, restauración, uso sostenible y uso público (subzonas para la recreación y alta densidad de uso), descritas en los planes de manejo elaborados por las diferentes Corporaciones Autónomas Regionales y de desarrollo sostenible (CAR): - Cañón de río Grande (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC). - Barbas-Bremen; alto del Nudo; La Marcada; Campoalegre (Corporación Autónoma Regional de Risaralda, Carder). - Reserva hídrica del sistema de humedales Kirpas, Pinilla, La Cuerrera (Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial de La Macarena, Cormacarena). - Ciénaga de Bañó; ciénaga de Betancí; ciénaga los Negros; Complejo de humedales Arcial, Porro y Cintura; Sierra Chiquita (Corporación Autónoma Regional de los valles del Sinú y del San Jorge, CVS). - Umpalá, cañón río Chicamocha (Corporación Autónoma Regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga, CDMB).
Planes de Ordenación Forestal	Según el Decreto 1076 de 2016, el Plan de Ordenación Forestal (POF) se define como un documento desarrollado por las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), estructurado a partir de las características bióticas, abióticas, sociales y económicas de la zona, permitiendo ordenar las áreas forestales que se encuentran en el territorio. Los POF tienen como objetivo lograr el uso de los recursos forestales de manera planificada y asegurando la sostenibilidad en su aprovechamiento. Por tanto, los POF son considerados como el proceso e instrumento de planificación que tienen por objeto el ordenamiento, uso y manejo integral y sostenible del recurso forestal, de las tierras forestales, estructurado en el conocimiento, análisis, interpretación y evaluación integral de sus componentes biofísicos principales resaltando en estos el ecológico y silvicultural, suelos e hidroclimatología y de sus componentes socioeconómicos y legales; con fines de alcanzar objetivos de conservación, protección y manejo integral y sustentable del recurso forestal, de las tierras forestales y de la biodiversidad y servicios ecosistémicos asociados a los diferentes departamentos. Actualmente, el Decreto 1076 de 2016, recopila lo establecido en el Decreto 1791 de 1996, el cual dictamina que las Corporaciones Autónomas Regionales deben contar con un POF, en el cual se definan las áreas boscosas pertenecientes a su jurisdicción y su respectivo manejo. Por tanto, de acuerdo con los criterios técnicos y legales, referentes de uso y manejo para las áreas de ordenación forestal definidas por la Corporación Autónoma Regional del alto Magdalena (CAM), Corporación Autónoma Regional del canal del Dique (Cardique), Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena (Cormacarena) para las cuenca del río Planas y del río Tillavá en Puerto Gaitán, Meta, Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá), Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio), Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA), Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre), Corporación Autónoma Regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga (CDMB), Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar (CSB), Corporación Autónoma Regional de los valles del Sinú y del San Jorge (CVS) y Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS), se presentan exclusiones legales relacionadas con los usos prohibidos de las áreas forestales protectoras, áreas para la preservación, áreas forestales de protección para la preservación y restauración, áreas de protección para la conservación de la biodiversidad, suelos y recurso hídrico, macrounidades de manejo forestal para la conservación de cuerpos de agua, restauración ecológica de rondas y para la conservación.
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, 2019). *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 (D 833/2002, art. 1, núm. 10).

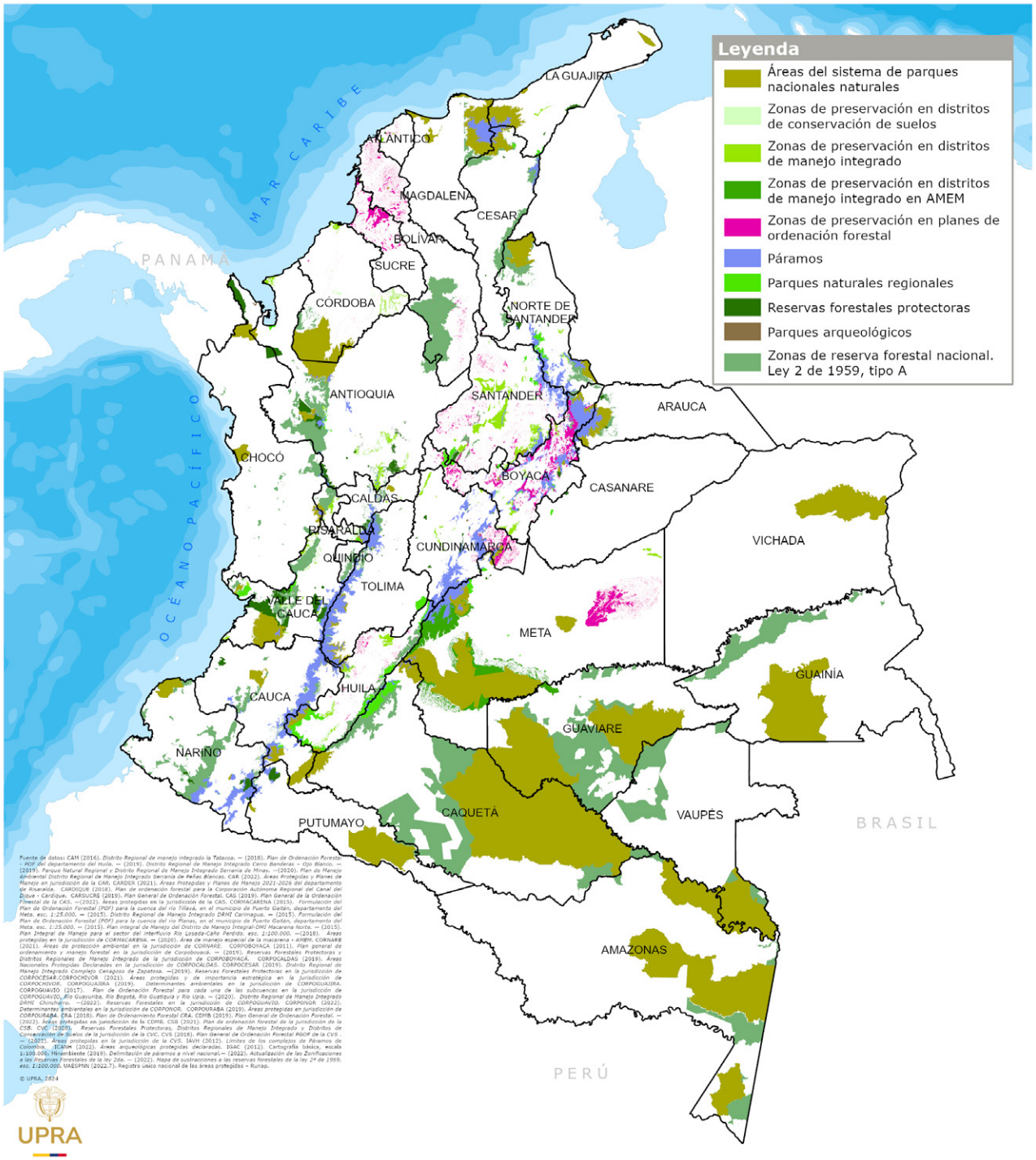
Sigue en la página siguiente

Variable	Áreas de restricción
Zonas de reserva forestal nacional de Ley 2 de 1959, 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". El MinAmbiente adopta la zonificación y ordenamiento de las reservas forestales nacionales, mediante las siguientes resoluciones: 1.1922 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal Central, establecida en la Ley 2 de 1959. 2. 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. 3. 1924 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del río Magdalena, establecida en la Ley 2 de 1959. 4. 1925 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Amazonía, establecida en la Ley 2 de 1959, para Caquetá, Guaviare y Huila. 5. 1926 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Pacífico, establecida en la Ley 2 de 1959. 6. 1275 de 2014, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Cocuy, establecida en la Ley 2 de 1959. 7. 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. 8. 1277 de 2014, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal de la Amazonía, establecida en la Ley 2 de 1959, en Amazonas, Cauca, Guainía, Putumayo y Vaupés

Fuente: elaboración propia.

La figura 13 enseña el mapa de las restricciones legales con base en la FA 2024.

Figura 13. Mapa de restricciones legales



RESTRICCIONES LEGALES

Fuente: elaboración propia.

La tabla 17 presenta los criterios y las variables de los condicionantes legales y sus definiciones.

Tabla 17. Condicionantes legales

Condicionante	Descripción
Áreas protegidas	*Distritos de manejo integrado (DMI):* De conformidad con el art. 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. Además, se incluyen áreas descritas en los planes de manejo, diferentes a las *áreas para la preservación, restauración, restauración para la preservación, uso sostenible y uso público* (subzonas para la recreación y alta densidad de uso), contenidas en los siguientes *Distritos regionales de manejo integrado (DRMI)* y *Distritos de manejo integrado (DMI)*: *Distritos regionales de manejo integrado (DRMI):* - Bosque seco tropical Pozo Azul; Mejué (Corporación Autónoma Regional de la frontera nororiental, Corponor). - Bosques secos del Chicamocha; lago Sogachota y la cuenca que lo alimenta (Corporación Autónoma Regional de Boyacá, Corpoboyacá). - Cerro Guadalupe (Corporación Autónoma Regional de Caldas, Corpocaldas). - Cuchilla Mesa Alta; cuchilla San Cayetano; cuchillas Negra y Guanaque; páramo de Rabanal; páramo Mamapacha-Bijagual (Corporación Autónoma Regional de Chivor, Corpochivor) - Complejo Lagunar Fúquene, Cucunubá y Palacios; cerro El Tabor; humedales de Gualí, Tres Esquinas y lagunas del Funzhé (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR). - Cerro de San Nicolás; cuchilla Los Cedros; cerro El Capiro; embalse Peñol Guatapé y cuenca alta del río Guatapé; La Selva; San Miguel; Sistema Viaho Guayabal; bosques, Mármoles y Pantágoras; páramo de Vida Maitamá, Sonsón; Las Camelias (Corporación Autónoma Regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare, Cornare). - Humedal San Silvestre; páramo Guantiva y La Rusia; río Minero; serranía de los Yariguies (Corporación Autónoma Regional de Santander, CAS). - Cerro Banderas Ojo Blanco; serranía de Minas; La Tatacoa; Peñas Blancas (Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena, CAM). - Banco Totumo Bijibana; Palmar del Titi (Corporación Autónoma Regional del Atlántico, CRA). - Chinchorro (Corporación Autónoma Regional del Guavio, Corpoguavio). - El Chilcal; Guacas; Isla Ají, laguna de Sonso; Pance; páramos Las Domínguez-Pan de Azúcar y Valle Bonito; RUT Nativos, serranía de los Paraguas; La Plata; enclave subxerofítico de Atuncela (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC). - Ensenada de Rionegro; Alto de Insor (Corporación para el desarrollo sostenible del Urabá, Corpourabá). - Complejo de Humedales de Ayapel (Corporación Autónoma Regional de los valles del Sinú y del San Jorge, CVS). - Carimagua (Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial de La Macarena, Cormacarena). *Distritos de manejo integrado (DMI):* - Cuchilla de Bellavista; laguna de San Diego (Corporación Autónoma Regional de Caldas, Corpocaldas). - Cerro de Juaica; El Chuscal; nacimiento de las quebradas Los Tiestos, La Chorrera y Hoya Fría; cuchilla de San Antonio y laguna del Coco; sector Salto del Tequendama, cerro Manjui (Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca, CAR). - Bañaderos; pastos marinos Sawairu (Corporación Autónoma Regional de La Guajira, Corpoguajira). - Área de manglar de la bahía de Cispatá y sector aledaño del delta estuarino del río Sinú (Corporación Autónoma Regional de los valles del Sinú y del San Jorge, CVS). - Planes de San Rafael; Agua Linda; Arrayanal; Cristalina, La Mesa; cuchilla San Juan; Guásimo (Corporación Autónoma Regional de Risaralda, Carder). - Luriza (Corporación Autónoma Regional del Atlántico, CRA). - Páramo de Berlín (Corporación Autónoma Regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga, CDMB).

Sigue en la página siguiente

Condicionante	Descripción
Áreas protegidas	Hacen parte también las zonas para la preservación y recuperación de los Distritos de manejo integrado del área de manejo especial La Macarena (Decreto 1989 de 1989), identificados como Macarena Norte, Macarena Sur, Ariari-Guayabero-Sector Losada-Caño Perdido. Dentro de estas áreas también se definen zonas de bosques habilitados por zonificación ambiental.
	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. Además, se incluye áreas descritas en los planes de manejo diferentes a las zonas identificadas como *áreas para la preservación, restauración, uso sostenible y uso público* (subzonas para la recreación y alta densidad de uso), descritas en los planes de manejo elaborados por las diferentes Corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible (CAR), para los siguientes DCS: - Cañón de río Grande (Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, CVC). - Barbas-Bremen; alto del Nudo; La Marcada; Campoalegre (Corporación Autónoma Regional de Risaralda, Carder). - Reserva hídrica del sistema de humedales Kirpas, Pinilla, La Cuerrera (Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial de La Macarena, Cormacarena). - Ciénaga de Bañó; ciénaga de Betancí; ciénaga los Negros; Complejo de humedales Arcial, Porro y Cintura; Sierra Chiquita (Corporación Autónoma Regional de los valles del Sinú y del San Jorge, CVS). Umpalá, cañón río Chicamocha (Corporación Autónoma Regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga, CDMB). Dentro de estas áreas también se definen zonas de *Bosques habilitados por zonificación ambiental*.
	Reservas forestales protectoras: De acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, las reservas forestales protectoras se consideran espacios geográficos cuyos ecosistemas de bosque mantienen la función, aunque la estructura y composición hayan sido modificadas y los valores naturales asociados se hayan puesto al alcance de la población humana para destinarlos a la preservación, uso sostenible, restauración, conocimiento y disfrute. Esta zona de propiedad pública o privada se reserva para destinarla a establecer o mantener y usar sosteniblemente los bosques y demás coberturas vegetales naturales. Se incluyen como áreas condicionadas las categorías de zonificación correspondientes a *Uso sostenible, aprovechamiento sostenible, desarrollo sostenible, restauración para el uso sostenible*.
	Áreas de recreación: Conforme al art. 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): 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 las resoluciones 1987 y 1310 de 2018 del MinAmbiente, 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...

Sigue en la página siguiente

Condicionante	Descripción
Áreas protegidas	la representatividad ecológica del sistema, la creación de áreas protegidas en los sitios definidos por los procesos técnicos a diferentes escalas, para la identificación de vacíos de conservación y definición de prioridades; con base en dichos estudios.
Planes de Ordenación Forestal	Según el Decreto 1076 de 2015, el POF se define como un documento desarrollado por las CAR, estructurado a partir de las características bióticas, abióticas, sociales y económicas de la zona, permitiendo ordenar las áreas forestales que se encuentran en el territorio. Los POF tienen como objetivo lograr el uso de los recursos forestales de manera planificada y asegurando la sostenibilidad en su aprovechamiento. Los POF son considerados como el proceso e instrumento de planificación que tienen por objeto el ordenamiento, uso y manejo integral y sostenible del recurso forestal, de las tierras forestales, estructurado en el conocimiento, análisis, interpretación y evaluación integral de sus componentes biofísicos principales resaltando en estos el ecológico y silvicultural, suelos e hidroclimatología y de sus componentes socioeconómicos y legales; con fines de alcanzar objetivos de conservación, protección y manejo integral y sustentable del recurso forestal, de las tierras forestales y de la biodiversidad y servicios ecosistémicos asociados a los diferentes departamentos.
	Actualmente, el Decreto 1076 de 2015 recopila lo establecido en el Decreto 1791 de 1996, el cual dictamina que las CAR deben contar con un POF en el que se definan las áreas boscosas pertenecientes a su jurisdicción y el respectivo manejo. De acuerdo con los criterios técnicos y legales, se presentan condicionantes legales para el manejo de las áreas de ordenación forestal definidas por la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM); la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (Cardique); la Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena (Cormacarena) para las cuencas del río Planas y del río Tillavá en Puerto Gaitán, Meta; la Corporación Autónoma Regional de Boyacá (Corpoboyacá); la Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio); la Corporación Autónoma Regional del Atlántico (CRA); la Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre); la Corporación Autónoma Regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga (CDMB); la Corporación Autónoma Regional del sur de Bolívar (CSB); la Corporación Autónoma Regional de los valles del Sinú y del San Jorge (CVS); y la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS). Estas áreas condicionadas se relacionan con las *áreas forestales protectoras*; las *áreas protectoras para la regulación*; las *áreas de restauración del bosque seco tropical (Bs-T)*; las *áreas forestales para la conservación*; las *áreas misceláneas o de producción mixta*; las *áreas críticas por erosión severa en suelos arenosos y vegetación herbácea; las áreas críticas por salinización en usos agrícolas intensivos; las áreas forestales de producción directa*; las *áreas forestales de protección para el uso sostenible; y las zonas para la restauración, las plantaciones de carácter protector, el aprovechamiento artesanal de productos maderables y no maderables, las macrounidades de manejo forestal para la producción de maderas finas, ordinarias y productos forestales no maderables, los servicios ambientales de conectividad biológica y la restauración ecológica*. Lo anterior, permite también definir zonas de *bosques habilitados por zonificación ambiental*. Adicionalmente, se definen zonas específicas de *aprovechamiento forestal sostenible*, considerando los planes de ordenación forestal de las siguientes CAR: CAM, Carsucre, CAS, CDMB, Corpoguavio, CRA y CVS, que incluyen las siguientes categorías de zonificación: *Área forestal productora de uso múltiple con potencial forestal; Forestal productor directo; Forestal productor indirecto; Forestal productor para el uso directo; Forestal productor para el uso indirecto; Forestal protector para el uso sostenible; Área forestal productora; Restauración; Aprovechamiento artesanal de productos maderables y no maderables; MUMF-Producción de maderas finas, ordinarias y productos forestales no maderables; áreas de restauración para la producción y áreas forestales productoras condicionadas*.
Ecosistemas estratégicos	*Rondas hídricas:* El Decreto 1449 de 1977, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, establece que los propietarios de los predios rurales deben mantener en cobertura boscosa dentro del inmueble respectivo las áreas forestales protectoras. Estas se definen como "una faja no inferior a 30 m 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 la Ley 388 de 1997, es un determinante ambiental que debe considerarse como norma de superior jerarquía por los municipios y distritos (Consulta N.° 4120-E1-11525 del 7 de febrero de 2007, MinAmbiente). El Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, Decreto 2811 de 1974, establece una regulación de propiedad en relación con las zonas paralelas a los cauces permanentes. La norma consagra que la faja paralela a las líneas de mareas máximas o al cauce...

Sigue en la página siguiente

Condicionante	Descripción
Ecosistemas estratégicos	de los ríos, quebradas y arroyos, sean permanentes o no, y alrededor de los lagos o depósitos de agua". La ronda, de conformidad con la Ley 388 de 1997, es un determinante ambiental que debe considerarse como norma de superior jerarquía por los municipios y distritos (Consulta N.° 4120-E1-11525 del 7 de febrero de 2007, MinAmbiente). El Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente, Decreto 2811 de 1974, establece una regulación de propiedad en relación con las zonas paralelas a los cauces permanentes. La norma 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, señala que las rondas hidráulicas hacen parte de la categoría de áreas de conservación y protección ambiental al ser áreas de especial importancia ecosistémica.
	Manglares: Se definen como ecosistemas de zonas costeras en los que se relacionan especies arbóreas de diversas 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 (Res. 1602/1995). Para que los manglares sean conservados, el Min Ambiente de la época desarrolló el Programa nacional para el uso sostenible, manejo y conservación de los ecosistemas de manglar en el 2002. En estos ecosistemas, se prohíbe cualquier obra, industria o actividad que se localice dentro del área y que destruya su cobertura forestal o altere los procesos ecológicos del ecosistema. Se exceptúan 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 (Res. 1602/1995).
	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 muchos factores que alteran las características físicas, biológicas y químicas, lo cual afecta la flora y la fauna allí presente. Por su parte, el Decreto 1640 de 2012 considera los ecosistemas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos, puesto que garantizan la oferta de servicios ecosistémicos relacionados con el ciclo hidrológico y con los procesos de regulación disponibilidad del recurso hídrico en un área determinada.
	Bosques secos: 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 por la baja humedad atmosférica y la evapotranspiración potencial que es alta, lo cual se asocia con la escasez de nutrientes en el suelo. Estas zonas están sufriendo una rápida pérdida, fragmentación y degradación de sus ecosistemas, por lo que el MinAmbiente de la época desarrolló un plan de acción nacional de lucha contra la desertificación y la sequía (PAN) en el 2005. Con ello, se busca adelantar acciones para el manejo sostenible de los ecosistemas de las zonas secas y la aplicación de medidas no solo que permitan prevenir, detener y revertir procesos degradativos, sino también contribuir al desarrollo sostenible de las zonas afectadas.
Distinciones internacionales	Agrupa los lugares que, por factores ecológicos, motivan el reconocimiento internacional y nacional mediante la adscripción a tratados. El soporte legal de los bosques secos implica que se supediten o puedan modificar algunos elementos de la producción comercial sin que represente una restricción al uso o la reducción de la aptitud del territorio para la implementación. Por este motivo, requieren detalles adicionales que deben ser estudiados con las autoridades ambientales competentes. Las áreas son definidas por su importancia biológica y de acuerdo con el compromiso internacional adquirido y ratificado por el país para la protección y conservación de la biodiversidad. En el ejercicio de la presente zonificación de aptitud, se consideraron las siguientes distinciones internacionales: *Humedales Ramsar:* Este convenio se refiere a la protección de humedales. En el convenio se define una zona húmeda o humedal como "cualquier extensión de marisma, pantano o turbera, o superficie cubierta de aguas, sean estas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de aguas marinas cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros" (Unesco, 1971). Al respecto, cabe resaltar que la Ley 1450 de 2011 indica que en los ecosistemas de humedales se podrán restringir parcial o totalmente actividades agropecuarias, de explotación de alto impacto y explotación de hidrocarburos y minerales con base en estudios técnicos, económicos y sociales y ambientales adoptados por el MinAmbiente o quien haga sus veces. La norma destaca que en los humedales designados dentro de la lista de importancia internacional del Convenio Ramsar no se podrán adelantar esas actividades, aunque las limitaciones de las áreas deben obedecer al respectivo plan de manejo en el que se definen las zonas de conservación, preservación y uso.

Sigue en la página siguiente

Condicionante	Descripción
Distinciones internacionales	*Reservas de la biósfera:* Son áreas geográficas representativas de la diversidad de hábitats del planeta. Como ecosistemas terrestres o marítimos, se caracterizan porque no son exclusivamente protegidos, sino que pueden albergar a comunidades humanas que vivan de actividades económicas sustentables sin poner en peligro el valor ecológico del sitio. Una vez designado el nombramiento, la reserva queda reconocida internacionalmente, pero bajo soberanía de los respectivos Estados, que deben asegurar el cumplimiento y mantenimiento de las características excepcionales que hicieron posible la nominación. En Colombia, las distinciones internacionales abarcan las siguientes áreas: el cinturón andino; El Tuparro, la Sierra Nevada de Santa Marta; la ciénaga grande de Santa Marta; el Seaflower; y la serranía de Chiribiquete y la Lindosa; Cinturón Andino. *Áreas de importancia para la conservación de las aves silvestre y la biodiversidad (AICAS):* Son áreas identificadas como sitios críticos para la conservación de aves y biodiversidad potencialmente vulnerable. La identificación de estas áreas es una iniciativa global liderada por el BirdLife Internacional, una federación que agrupa instituciones ornitológicas del mundo entero. Los criterios técnicos para la identificación de las AICAS se basan en la presencia de aves prioritarias para la conservación, por lo que se tienen en cuenta las especies globalmente amenazadas (criterio A1); las especies de distribución restringida (criterio A2); el conjunto de especies restringidas a los biomas (criterio A3); y las congregaciones de especies (criterio A4).
Áreas de interés cultural y social	Comprende las 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. *Tierras de las comunidades negras:* Son las titulaciones colectivas de las comunidades negras. De acuerdo con la Ley 70 de 1993, si se espera asumir la propiedad colectiva como un bien adjudicable, las comunidades negras deberán establecer un consejo comunitario a la manera de una administración propia y los requerimientos se formularán según la normativa del Gobierno. *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 de los derechos de las comunidades negras de Colombia como grupo étnico, y el fomento de su desarrollo económico y social, con el fin de garantizar que estas comunidades obtengan condiciones reales de igualdad de oportunidades frente al resto de la sociedad colombiana (Ley 70 de 1993). *Zonas de reserva campesina:* Son tierras baldías de la nación adjudicadas a los campesinos de escasos recursos con el fin de fomentar la pequeña propiedad rural. Sin embargo, se deben sujetar tanto a las políticas de conservación del área, medio ambiente y recursos naturales renovables, como 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 considerará las reglas y criterios sobre el ordenamiento ambiental territorial; la efectividad de los derechos sociales, económicos y culturales de los campesinos; la participación de estos en las instancias de planificación; las decisiones regionales, y las características de las modalidades de producción. *Áreas de resguardos indígenas:* Los resguardos indígenas son una institución legal y sociopolítica de carácter especial conformada por una o más comunidades indígenas. Con un título de propiedad colectiva, estas zonas gozan de las garantías de la propiedad privada, poseen su territorio y se rigen para su manejo y vida interna por una organización autónoma amparada por el fuero indígena y su sistema normativo (Decreto 2164 de 1995). Conforme a los arts. 63 y 329 de la Constitución Política, estas áreas presentan un carácter de inalienables, imprescriptibles e inembargables, cuyo condicionante se fundamenta, además, en lo establecido por la Ley 21 de 1991 y el Convenio OIT 169 (2014). *Áreas arqueológicas protegidas (APP):* Conforman un polígono o zona delimitada que, por sus evidencias arqueológicas, requiere de una especial protección y conservación, con el fin de posibilitar la investigación, la divulgación y el turismo responsable (Instituto Colombiano de Antropología e Historia [ICANH], 2019). Estas áreas siguen un plan de manejo arqueológico definido por el ICANH, según se le permite realizar labores de agricultura tradicional y restringe el desarrollo de agricultura mecanizada en las áreas de potencial muy alto.

Sigue en la página siguiente

Condicionante	Descripción
Áreas de interés cultural y social	*Áreas de reserva especial minera (ARE):* Son áreas declaradas por la Agencia Nacional de Minería (ANM) en favor de una comunidad minera con explotaciones tradicionales de minería informal. La concesión solamente se otorgará a la comunidad que haya ejercido la actividad minera tradicional sin perjuicio de los títulos mineros vigentes (Ley 685 de 2001, modificada por el Decreto 019 de 2012). Se incluyen, además, las zonas mineras especiales de comunidades negras y zonas mineras indígenas. *Sustracciones de las reservas forestales, Ley 2 de 1959:* De acuerdo con la Ley 99 de 1993, en concordancia con el Decreto-Ley 3570 de 2011, facultó al hoy MinAgricultura a reservar, alinderar y sustraer las reservas forestales nacionales. La sustracción se evalúa y luego se otorga exclusivamente para la actividad que fue solicitada su sustracción. Para la presente zonificación, se establecieron 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 reserva forestal nacional, Ley 2 de 1959, tipos B y C	*Zonas de reserva forestal nacional, Ley 2 de 1959, tipo B y C:* Las zonas de reserva forestal nacional fueron creadas para el desarrollo de la economía forestal y protección de los suelos, las aguas y la vida silvestre mediante la Ley 2 de 1959. Se compone de siete reservas forestales nacionales (ZRFN): *ZRFN del Pacífico; ZRFN central*; *ZRFN del río Magdalena*; *ZRFN de la Sierra Nevada de Santa Marta*; *ZRFN de la serranía de los Motilones*; *ZRFN del Cocuy*, y *ZRFN de la Amazonía*. *Zona tipo B:* zonas que se caracterizan por tener coberturas favorables para un manejo sostenible del recurso forestal mediante un enfoque de ordenación forestal integral y la gestión integral de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos (Res. 1922/2013, que corresponde a la adopción de la zonificación de la zona de reserva forestal central). *Zona tipo C:* zonas que por sus características biofísicas ofrecen condiciones para desarrollar actividades productivas agroforestales, silvopastoriles y otras compatibles con los objetivos de la reserva forestal. Estas deben incorporar el componente forestal y no implicar la reducción de las áreas de bosque natural presentes en los diferentes estados sucesionales (Res. 1922/2013, que corresponde a la adopción de la zonificación de la zona de reserva forestal central). Se incluyen, además, los derechos de uso otorgados por la Agencia Nacional de Tierras (ANT).
Áreas en páramos que por cobertura se clasifican en usos agropecuarios	Agrupan áreas en páramos delimitados donde se desarrollan actividades de bajo impacto y ambientalmente sostenibles, en las cuales, de acuerdo con la Ley 1930 de 2018, se podrá permitir la continuación de este tipo de actividades agropecuarias de bajo impacto haciendo uso de buenas prácticas que cumplan con estándares ambientales en defensa de los páramos. De acuerdo con la Resolución 1294 de 2021, corresponden a actividades agropecuarias de bajo impacto las "actividades agrícolas, pecuaria, forestal, acuícola o pesquera, cuyos sistemas de producción, además de satisfacer las necesidades básicas de los habitantes tradicionales del páramo y generar ingresos económicos, no ponen en riesgo la funcionalidad del ecosistema de páramo, ni la prestación de los servicios ecosistémicos donde se desarrollan".
Gestión de riesgo	De acuerdo con la Ley 1523 de 2012, en el que se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, la gestión del riesgo se define como el "proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, para impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entiéndase: rehabilitación y reconstrucción. Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible". *Amenaza por remoción en masa muy alta:* Comprende el desplazamiento desde la ladera debajo de material litológico, suelo, roca o cobertura vegetal por acción de la fuerza de la gravedad, la influencia de la pendiente del terreno y la cohesión o características del material. Esta amenaza se considera como un peligro latente relacionado con un fenómeno físico de origen natural que puede producir efectos adversos en las personas, los bienes o el medio ambiente. *Amenaza volcánica alta:* Comprende cualquier evento volcánico potencialmente destructivo que puede afectar un área determinada. Esta amenaza no considera la presencia o no de población o bienes alrededor del volcán e incide en el arrasamiento o destrucción de la vegetación, de cultivos y de las estructuras existentes a lo largo del área.

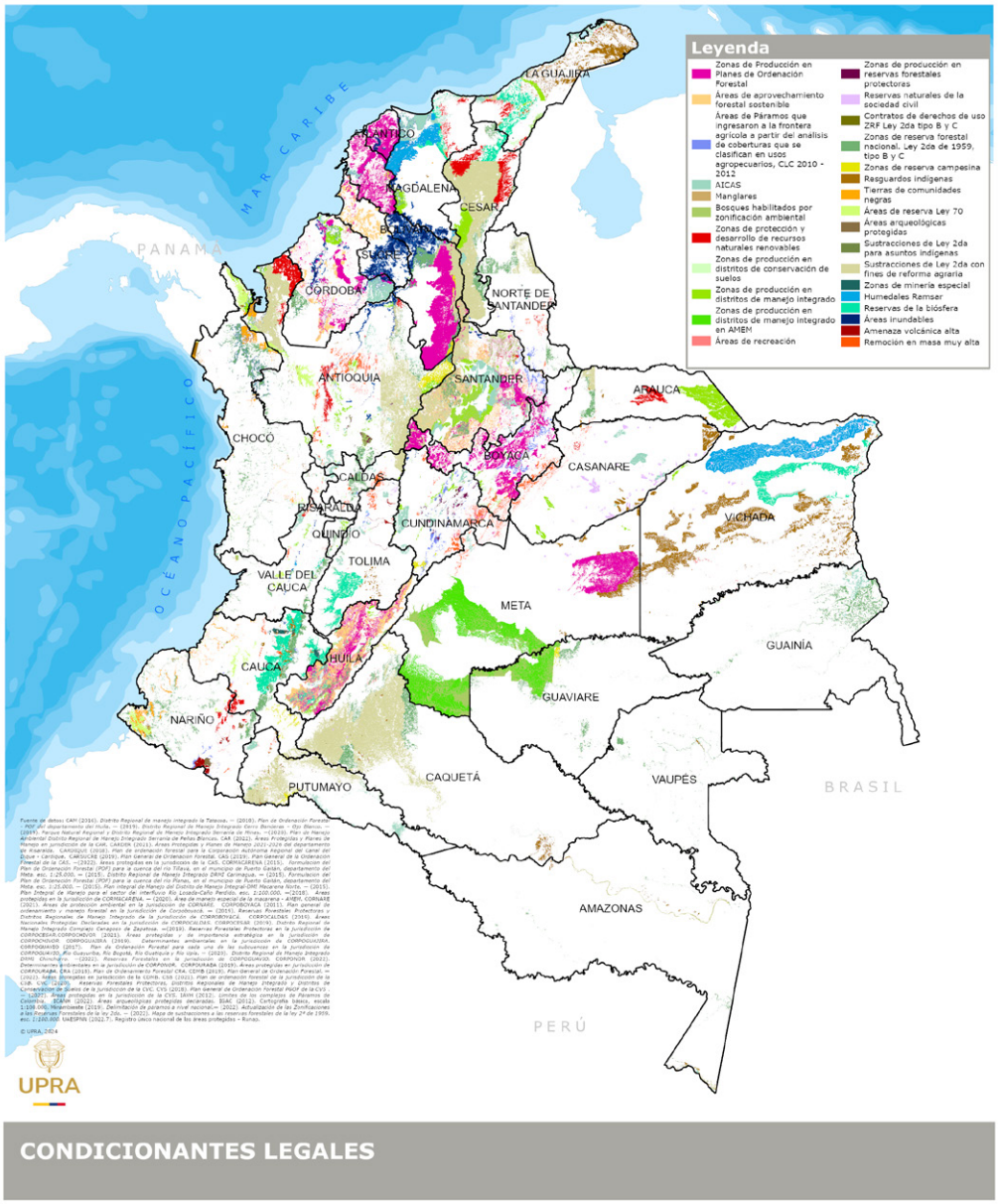
Sigue en la página siguiente

Condicionante	Descripción
Gestión de riesgo	*Áreas inundables:* Zonas con desbordamiento del agua fuera de los límites normales de un río o cualquier cuerpo de agua o acumulación de agua en zonas de drenajes que normalmente no se encuentran anegadas (OMM y Unesco, 2012). La inundación involucra la sumersión temporal de terrenos que normalmente se encuentran secos debido a aportes inusuales o repentinos de una cantidad de agua superior a la habitual en la zona determinada.

Fuente: elaboración propia.

La figura 14 presenta el mapa de los condicionantes legales, basados en la FA 2024.

Figura 14. Mapa de condicionantes legales



Fuente: elaboración propia.

3.5. Análisis multicriterio

Método diseñado para alcanzar un objetivo específico mediante la valoración de varios criterios de manera estructurada. Un criterio es la base para una decisión que puede medirse o evaluarse. En el ámbito de la zonificación, el análisis multicriterio se emplea en la definición de opciones estratégicas de tipo físico, socioecosistémico y socioeconómico, con el fin de identificar los sitios donde es más adecuado establecer y desarrollar el cultivo de fríjol comercial de los cultivares bola roja, calima, cargamanto, radical, y el caupí.

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

3.5.1. Proceso analítico jerárquico

Dentro de la evaluación multicriterio, una de las técnicas más empleadas es el proceso analítico jerárquico (AHP, por sus siglas en inglés), desarrollado por el matemático Thomas Saaty; consiste en formalizar la comprensión intuitiva de problemas complejos mediante la construcción de un modelo jerárquico. El propósito de este método es permitir que los agentes decisores (expertos consultados) puedan estructurar un problema multicriterio en forma visual mediante la construcción de un modelo jerárquico (Saaty, 1980).

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

Una vez construido el modelo jerárquico, se 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 basó en dar valores numéricos a los juicios emitidos por las personas, con lo cual se logró medir cómo contribuyó cada elemento de la jerarquía al nivel inmediatamente superior del cual se desprendió. Para estas comparaciones, se utilizaron escalas de razón en términos de preferencia, importancia o probabilidad, sobre la base de una escala numérica propuesta por Saaty (tabla 18).

Tabla 18. Escala de preferencia o importancia dentro del proceso analítico jerárquico

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

Fuente: Saaty (1980).

3.5.2. Matriz del proceso analítico jerárquico

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

La tabla 19 muestra que *A* es una matriz de comparaciones pareadas de *n* criterios a_{ij} e la medida de la preferencia del criterio en el renglón *i* cuando se le compara con el criterio de la columna *j*. Cuando $i = j$, el valor de a_{ij} fue igual a 1, pues se estaba comparando el criterio consigo mismo. La posición transpuesta de la medida de la preferencia a_{ij} automáticamente fue el valor recíproco de a_{ij}, es decir $1/a_{ij}$.

Tabla 19. Esquema de la matriz de comparación según criterio

		Criterio 1	Criterio 2	...	...	Criterio n
A =	Criterio 1	1	a12	...	...	a1n
	Criterio 2	1/a12	1	...	...	a2n
	.	.	.	...	...	.
	..	..	..	...	...	..
	Criterio n	1/a1n	1/a2n	...	...	1

Fuente: elaboración propia.

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

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

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

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

Donde:

n = número de criterios

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

Las tablas 20 y 21 presentan la matriz biofísica de evaluación multicriterio para los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris*) y de caupí (*Vigna unguiculata*).

Tabla 20. Matriz de evaluación multicriterio del componente biofísico para la zonificación de aptitud del cultivo de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical

Criterios	Disponibilidad de nutrientes	Condiciones climáticas	Potencial de aporte de nitrógeno a los	Capacidad de laboreo	Condiciones de enraizamiento	Apropiación de agua	Variación del contenido estimado de	Disponibilidad de oxígeno	Integridad ecológica	Toxicidad por sales sodio y aluminio	Disponibilidad de humedad	Cambio de cobertura	Susceptibilidad a la pérdida de suelos	Susceptibilidad de la cobertura vegetal a	% de pesos ponderados
Condiciones climáticas	1														20,2
Disponibilidad de nutrientes	1/3	1													16,2
Potencial de aporte de nitrógeno a los agroecosistemas	1/3	1/3	1												13,0
Condiciones de enraizamiento	1/3	1/3	1/3	1											10,4
Capacidad de laboreo	1/3	1/3	1/3	1/3	1										8,5
Apropiación de agua	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1									7,0
Variación del contenido estimado de carbono	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1								5,6
Disponibilidad de oxígeno	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1							4,4
Integridad ecológica	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1						3,7
Toxicidad por sales, sodio y aluminio	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1					3.1
Disponibilidad de humedad	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1				2,6
Cambio de cobertura	1/7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1			2,1
Susceptibilidad a la pérdida de suelos	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1		1,7
Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1,4

Fuente: elaboración propia.

Tabla 21. Matriz de evaluación multicriterio del componente biofísico para la zonificación de aptitud del cultivo de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)

Criterios	Condiciones climáticas	Disponibilidad de nutrientes	Potencial de aporte de nitrógeno a los agroecosistemas	Condiciones de enraizamiento	Capacidad de laboreo	Apropiación de agua	Variación del contenido estimado de carbono	Disponibilidad de oxígeno	Integridad ecológica	Toxicidad por sales sodio y aluminio	Disponibilidad de humedad	Cambio de cobertura	Susceptibilidad a la pérdida de suelos	Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios	% ponderados
Condiciones climáticas	1														20,2
Disponibilidad de nutrientes	1/3	1													16,2
Potencial de aporte de nitrógeno a los agroecosistemas	1/3	1/3	1												13,0
Condiciones de enraizamiento	1/3	1/3	1/3	1											10,4
Capacidad de laboreo	1/3	1/3	1/3	1/3	1										8,5
Apropiación de agua	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1									7,0
Variación del contenido estimado de carbono	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1								5,6
Disponibilidad de oxígeno	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1							4,4
Integridad ecológica	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1						3,7
Toxicidad por sales, sodio y aluminio	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1					3,1
Disponibilidad de humedad	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1				2,6
Cambio de cobertura	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1			2,1
Susceptibilidad a la pérdida de suelos	1/7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1		1,7
Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	1	1,4

Fuente: elaboración propia.

La tabla 22 muestra la matriz de evaluación multicriterio para el componente socioeconómico.

Tabla 22. Matriz de evaluación multicriterio del componente socioeconómico para la zonificación de aptitud de los cultivos comerciales de fríjol cultivares, bola roja, calima, cargamanto, radical, y de caupí

Criterio	Infraestructura productiva	Infraestructura, bienes y servicios	Disponibilidad de mano de obra	Asociatividad e Institucionalidad	Seguridad ciudadana	Dinámica del mercado de tierras	Indicadores económicos	Condiciones de vida	Pesos ponderados (%)
Infraestructura productiva	1								31,4
Infraestructura, bienes y servicios	1/3	1							23,9
Disponibilidad de mano de obra	1/3	1/3	1						16,4
Asociatividad e institucionalidad	1/3	1/3	1/3	1					11,2
Seguridad ciudadana	1/5	1/5	1/3	1/3	1				7,0
Dinámica del mercado de tierras	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1			5,0
Indicadores económicos	1/7	1/7	1/5	1/5	1/3	1/3	1		3,1
Condiciones de vida	1/7	1/7	1/7	1/5	1/5	1/5	1/3	1	2,0

Fuente: elaboración propia.

La tabla 23 muestra la matriz de paso, mediante la cual se cruzan los criterios físico-socioecosistémicos (biofísicos) y los criterios socioeconómicos para la generación de los mapas integrados de la zonificación de aptitud de los cultivos comerciales de fríjol y de caupí a escala 1:100.000 en Colombia.

Tabla 23. Matriz de paso para el cruce de componentes para la evaluación de tierras de los cultivos comerciales de fríjol y de caupí

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

Fuente: UPRA (2018).

Se combinó la información de los criterios considerados en la zonificación realizando una suma lineal ponderada; a los criterios se les aplicaron los pesos calculados para cada uno y se obtuvieron los mapas preliminares de evaluación de tierras para los cultivos comerciales de fríjol y de caupí:

$$S=\sum W_i * X_i$$

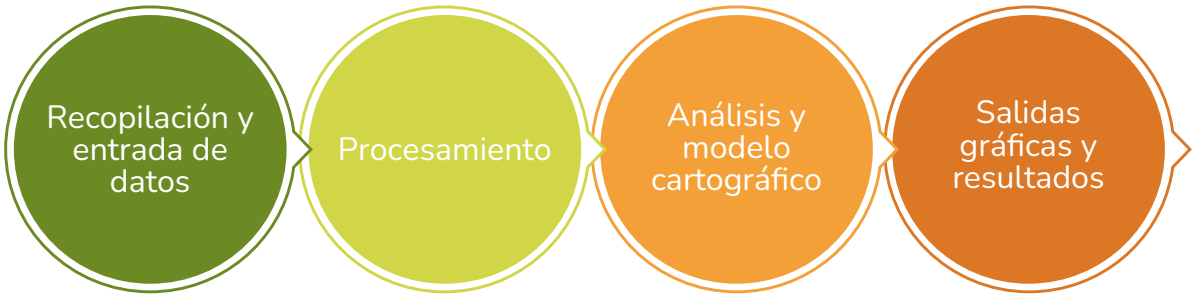
Donde:
S = mapa con categorías de aptitud
W_i = peso del criterio i
X_i = valor del criterio i (valores 1, 2 o 3, correspondientes a la categoría de aptitud).

3.6. Análisis espacial y modelo cartográfico

El análisis espacial es una herramienta ampliamente utilizada por la mayoría de las ciencias permitiendo 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 evaluación de tierras, esta fase soportó muchos de los productos intermedios de tipo espacial para la obtención de los mapas de aptitud de los cultivos de fríjol y de caupí. Los pasos empleados por la Oficina de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (TIC) de la UPRA se presentan en la figura 15.

Figura 15. Proceso de análisis de información espacial para la obtención del mapa de aptitud



Fuente: UPRA (2014).

- ***Recopilación de información:*** Consistió en la búsqueda, solicitud y evaluación de la información (espacial y alfanumérica) utilizada por los diferentes componentes. Esta información provino de entidades oficiales relacionadas con la producción de esta.

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

utilizadas fueron los procesos de reclasificación y generalización temática, los cuales se emplearon para la estandarización o reescalamiento de las variables, criterios y lineamientos definidos en cada componente para su espacialización dentro del modelo cartográfico definido para la evaluación de tierras.

- ***Análisis de la información:*** Consistió en generar y evaluar las salidas gráficas de cada criterio de conformidad con los rangos de calificación establecidos por el grupo de expertos. Los criterios se estandarizaron en rangos entre 0 y 3, que indicaban la transición entre lo no apto (0) y lo muy apto (3). En caso de que los criterios no estuvieran conformados por variables continuas, el análisis se realizó mediante algunas estadísticas de la variable, asignando directamente la calificación de la categoría de aptitud. Esta etapa del proceso también abarcó el modelo cartográfico, el cual es una forma de representación de los procesos espaciales involucrados para la zonificación. El modelo tuvo como insumos de entrada los mapas de variables y criterios generados por cada componente, la integración de estas capas ponderando su valor de acuerdo con los resultados del análisis multicriterio y la integración de las exclusiones legales y condicionantes.

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

- ***Salidas gráficas y resultados:*** Consistió en la presentación, a manera de mapas y estadísticas por departamento y municipio, de las zonas aptas y no aptas para los cultivos comerciales de fríjol y de caupí. Estas salidas fueron soportadas dentro de la geodatabase (GDB) del proyecto.

En las figuras 16 y 17 se presenta el modelo cartográfico integral para la zonificación de aptitud de los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)

Figura 16. Modelo cartográfico para el cultivo comercial de fríjol (*Phaseolus vulgaris*) cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical

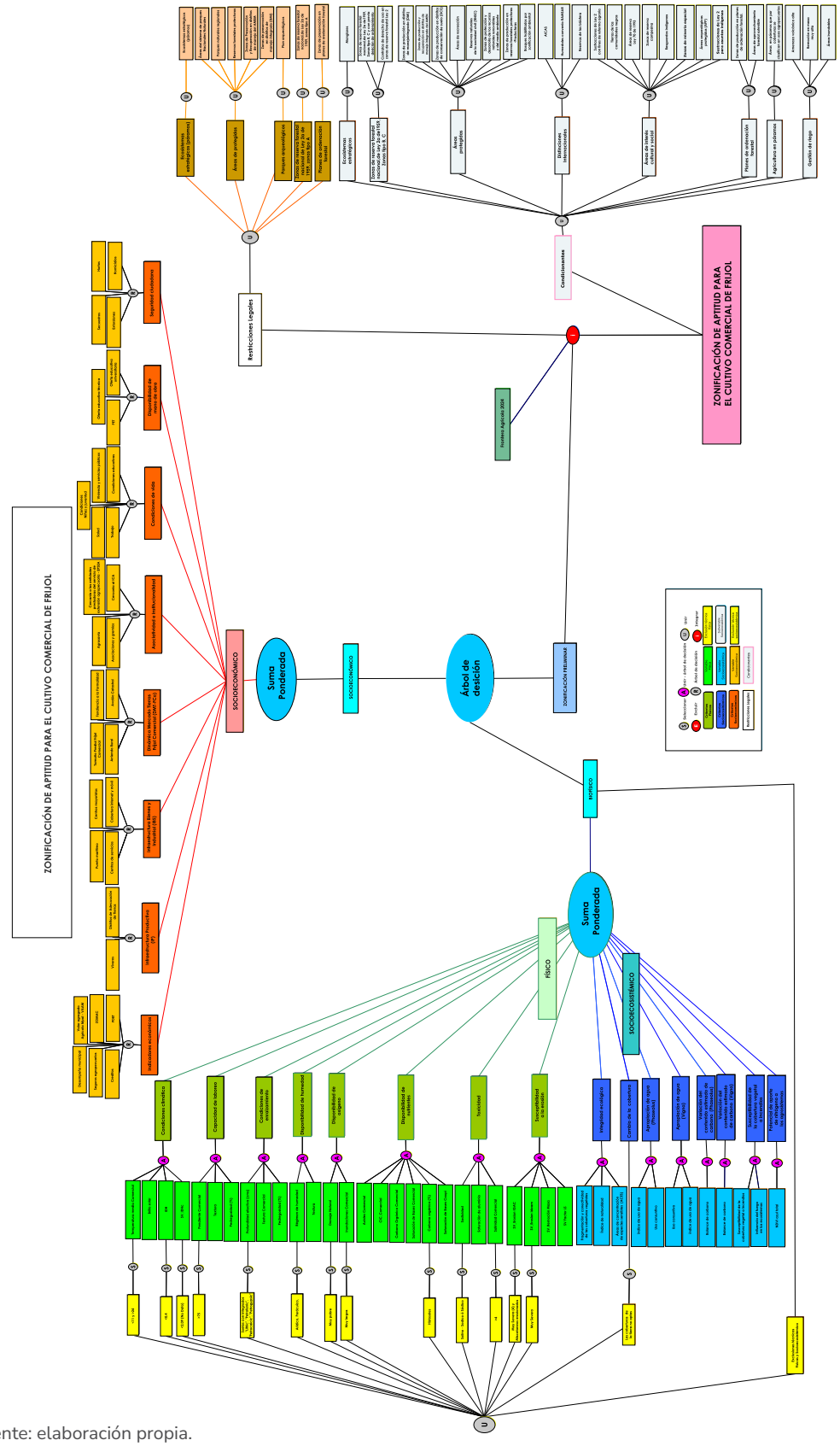
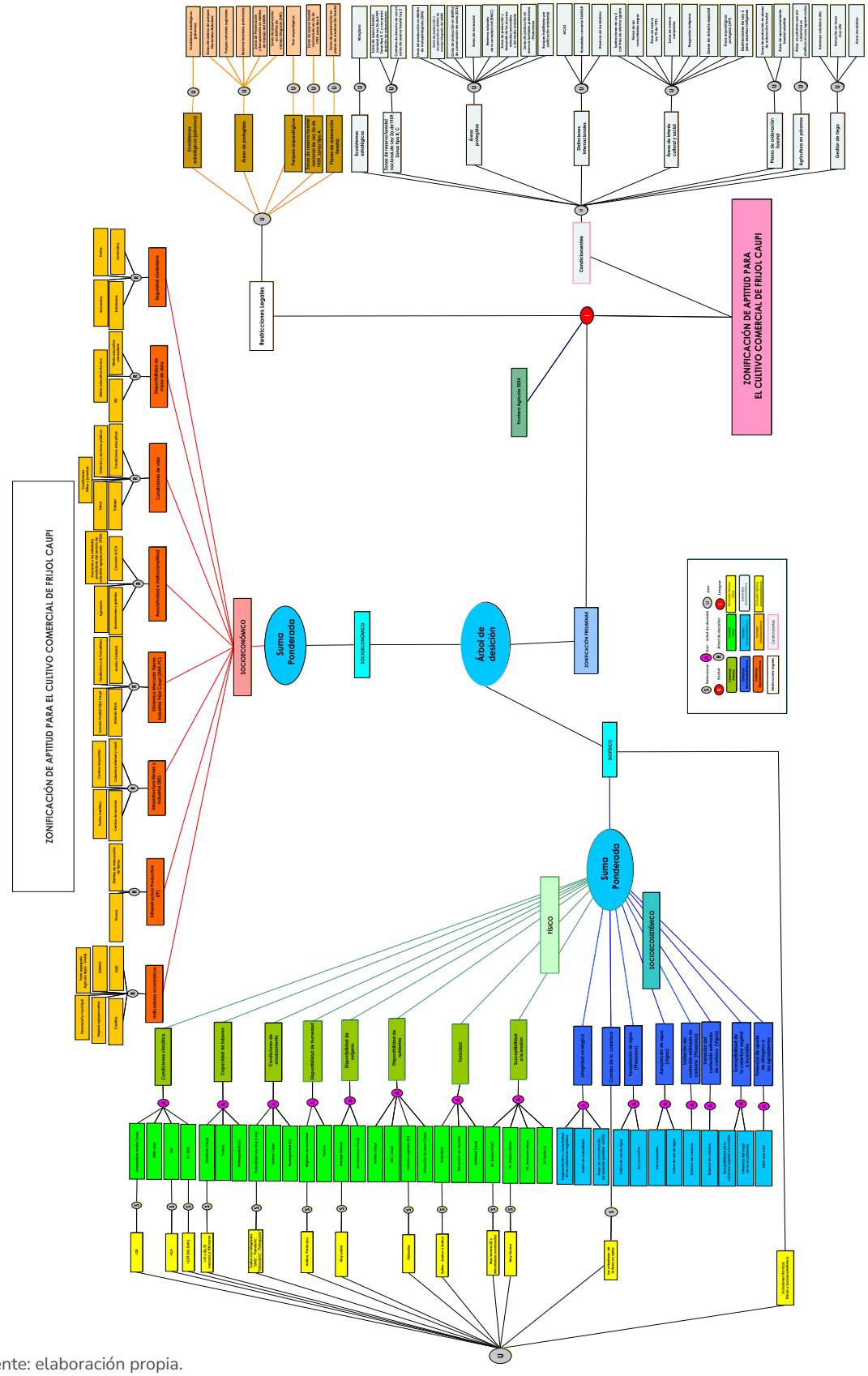

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL
Restricciones legales
Condicionantes
Áreas protegidas
Distritos biomunicipales
Áreas de interés cultural y social
Áreas de producción en zonas de ladera
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de fertilidad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de fertilidad y disponibilidad de agua
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de fertilidad y disponibilidad de agua y suelos
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de fertilidad y suelos
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y disponibilidad de agua
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y disponibilidad de humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y disponibilidad de agua
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y disponibilidad de humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y disponibilidad de agua
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y disponibilidad de agua y disponibilidad de humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y disponibilidad de humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y disponibilidad de agua
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y disponibilidad de humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y disponibilidad de agua
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y disponibilidad de humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de agua
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de agua
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de agua
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de agua
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de agua
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de agua
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de agua
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de agua
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de agua
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de agua
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de agua
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de agua
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de agua
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de agua
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de agua
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de agua
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de agua
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y disponibilidad de humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y suelos y humedad
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos
Áreas de producción en zonas de ladera con limitantes de suelos y suelos y humedad y suelos

Figura 17. Modelo cartográfico integral para el cultivo comercial de caupí (*Vigna unguiculata* Walp.)

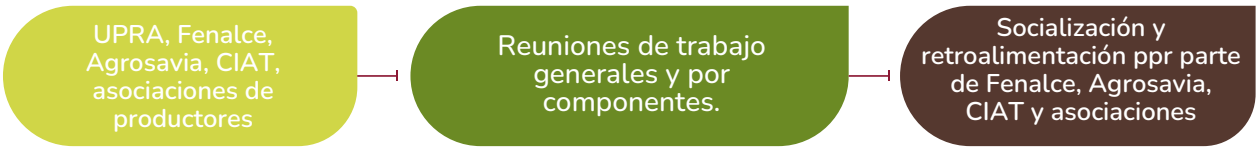


Fuente: elaboración propia.

3.7. Proceso de socialización y validación

El proceso de socialización y validación de la zonificación de aptitud para los cultivos comerciales de fríjol de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical; y caupí, se llevó a cabo en cada una de las etapas con los representantes del equipo técnico de la Federación Nacional de Cultivadores de Leguminosas y Cereales (Fenalce), así como con otras entidades, tales como Agrosavia y el CIAT. En la figura 18 se presenta la estrategia de socialización y validación.

Figura 18. Estrategia de socialización y validación en la zonificación de aptitud para los cultivos comerciales de fríjol de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical; y caupí



Fuente: elaboración propia.

3.7.1. Socialización de la zonificación de aptitud

La UPRA adelantó un proceso de socialización del TUT de *Phaseolus vulgaris* y de *Vigna unguiculata* en los meses de julio, agosto y noviembre de 2023. El proceso consistió en la presentación de la metodología de la zonificación y de los criterios y variables de los componentes físico, socioecosistémico y socioeconómico ante el gremio y los productores de fríjol (P. vulgaris) y de caupí (V. unguiculata) en diferentes zonas del país (tabla 24).

Tabla 24. Socialización de la zonificación de aptitud para los cultivos comerciales de fríjol de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical; y caupí

Socializaciones y recorridos de campo	Descripción
Cota, Cundinamarca. 5 de julio de 2023. Instalaciones de la Federación Nacional de Cultivadores de Cereales y Leguminosas (Fenalce) con presencia de funcionarios de Agrosavia y el CIAT.	

Sigue en la página siguiente

Socializaciones y recorridos de campo	Descripción
	Gutiérrez, Cundinamarca. 25 de julio de 2023. Instalaciones de la Asociación de Productores de Fríjol y Sagú de Gutiérrez (Asofrisagut).
	
	Santuario, Antioquia. 25 de julio de 2023. Pequeños productores del fríjol de la vereda Las Pavas de Santuario.
	
	San Vicente Ferrer, Antioquia. 25 de julio de 2023. Productores del fríjol de la vereda El Carmelo de San Vicente Ferrer.
	

Sigue en la página siguiente

Socializaciones y recorridos de campo	Descripción
Cereté, Córdoba. 27 de julio de 2023. Asociación de Mujeres Campesinas Emprendedoras de Rabolargo (AMCER), en la vereda Rabolargo de Cereté.	
Tolú Viejo, Sucre. 27 de julio de 2023. Productores de fríjol caupí de Tolú Viejo.	

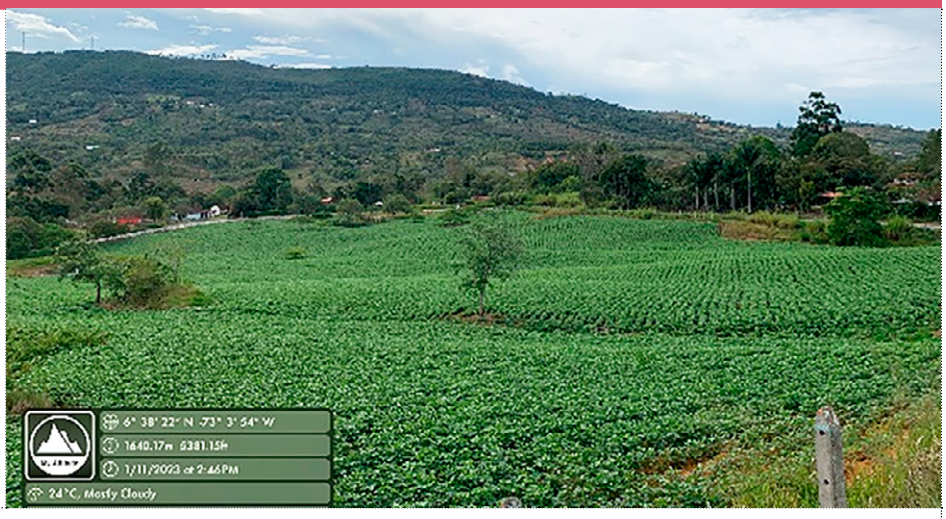
Fuente: elaboración propia.

Adicionalmente, los días 2, 10 y 16 de agosto de 2023 se adelantaron tres reuniones virtuales con miembros del departamento técnico, económico y ambiental de Fenalce. En dichos eventos se presentaron los resultados preliminares de la zonificación de aptitud para los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp).

3.7.2. Validación de rangos y mapas de aptitud

En el mes de noviembre de 2023, se realizaron recorridos de campo a diferentes regiones del país, con la finalidad de validar los rangos y los mapas resultantes de la zonificación de aptitud de los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp). En la tabla 25 se presentan algunos de los lugares visitados.

Tabla 25. Validación de la zonificación de aptitud de los cultivos comerciales de fríjol de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical; y caupí

Validación de resultados en campo	
Curití, Santander. 1 de noviembre de 2023. Recorrido en campo en cultivo de *Phaseolus vulgaris* por Curití.	
Villa Nueva, Santander. 2 de noviembre de 2023. Productores del fríjol radical de Villa Nueva.	
Carmen de Viboral, Antioquia. 3 de noviembre de 2023. Vereda Cristo Rey de Carmen de Viboral, recorrido por cultivos de *Phaseolus vulgaris*.	

Fuente: elaboración propia.

4. Resultados





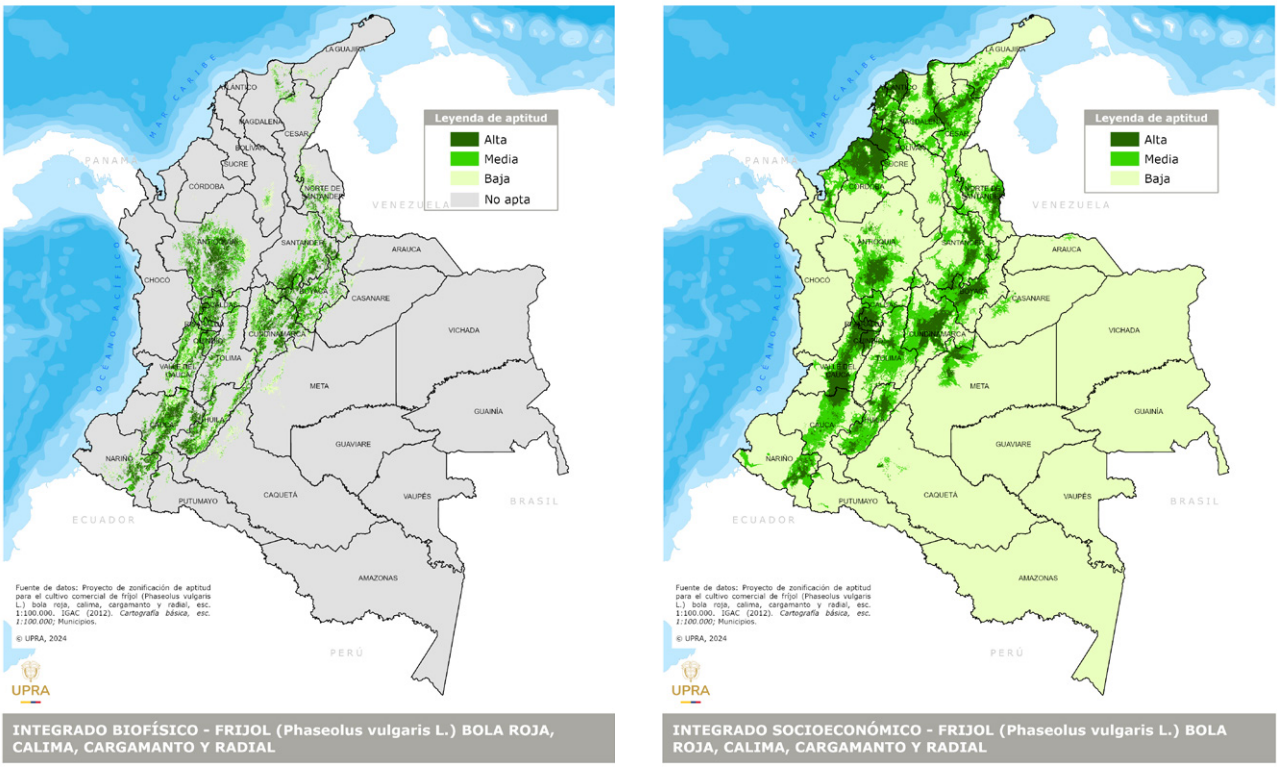
A continuación, se presentan los resultados de la zonificación de aptitud para los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical; y caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), en Colombia a escala 1:100.000.

Para cada una de estas dos especies se presentan los mapas intermedios biofísico (físico y socioecosistémico) y socioeconómico, y el mapa integrado generalizado a escala general. Igualmente, se relacionan los resultados de las áreas con aptitud total y por categorías alta (A1), media (A2) y baja (A3), tanto para los primeros diez departamentos, como para los primeros diez municipios.

4.1. Fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical

El mapa biofísico muestra una mayor área de aptitud alta (A1), desde el sur de Nariño pasando por Cauca, Valle del Cauca, Quindío, Risaralda y Caldas, así como el centro y suroriente de Antioquia; de igual forma, se observa una aptitud alta (A1) y aptitud media (A2) en Huila y Tolima. En la cordillera oriental se observa una aptitud alta (A1) en el centro y oriente de Cundinamarca y Boyacá, suroriente de Santander y suroccidente de Norte de Santander. Bolívar presenta una aptitud media (A2) y aptitud baja (A3) en la región de Montes de María; estas mismas aptitudes se presentan en las estribaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta, en el Magdalena. En la figura 19 se presentan los mapas biofísico y socioeconómico para P. vulgaris.

Figura 19. Mapas biofísico y socioeconómico para el cultivo comercial de *Phaseolus vulgaris* cv. bola roja, calima, cargamanto y radical



Fuente: elaboración propia.

Por su parte, el mapa integrado generalizado de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de *Phaseolus Vulgaris* L. de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical, indica que Colombia dispone de 7.272.228 ha aptas, que corresponden al 16,9 % de la FA; de este total, el 42,1 % corresponde a aptitud alta (A1), el 30,9 % corresponde a aptitud media (A2) y 27,1 % corresponde a aptitud baja (A3) (tabla 26).

Tabla 26. Áreas de aptitud para la zonificación del cultivo comercial de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical

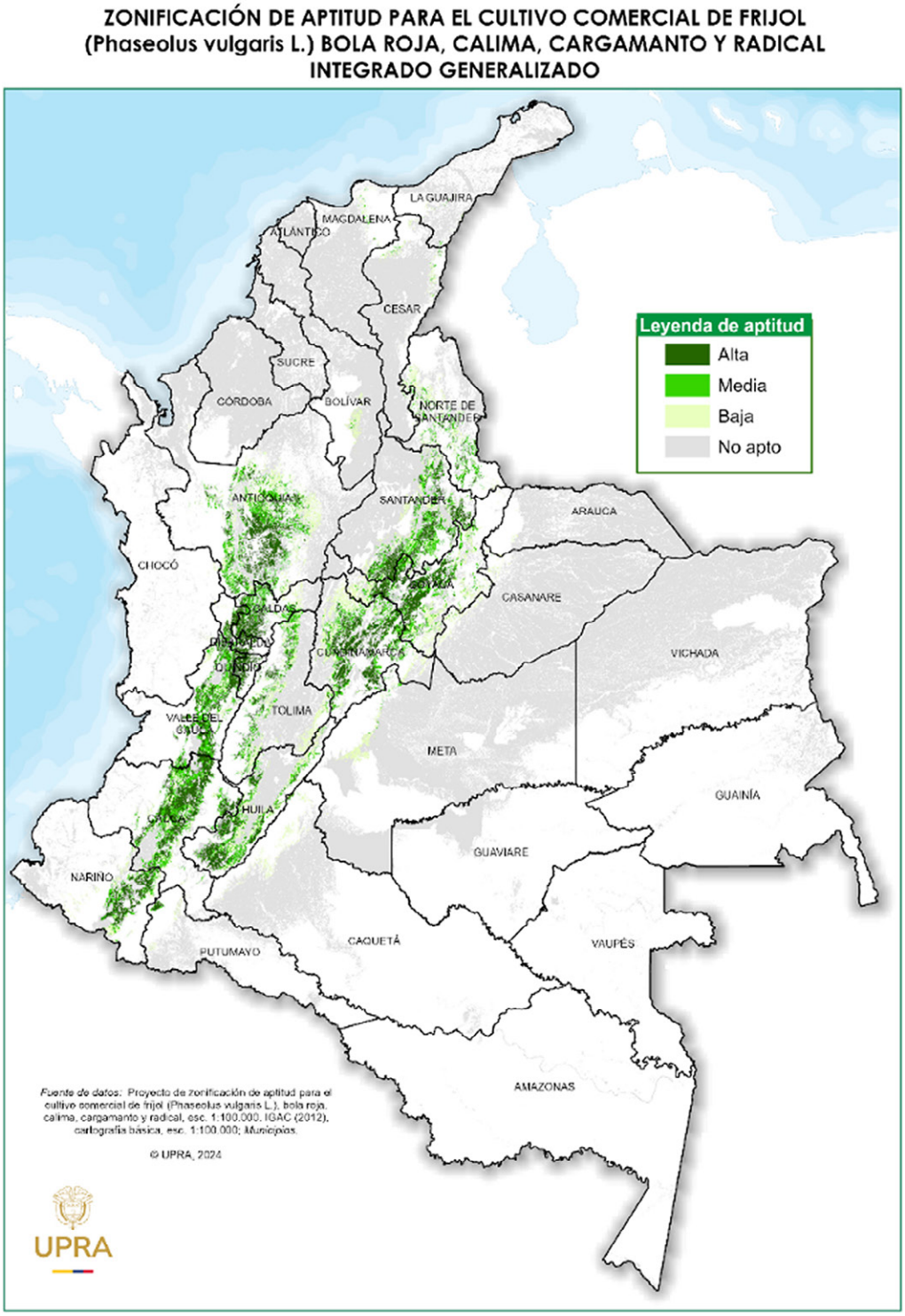
Aptitud	Área (ha)	% país	% FA *
Alta (A1)	3.059.956	2,7	7,1
Media (A2)	2.244.321	2,0	5,2
Baja (A3)	1.967.951	1,7	4,6
Total, área apta	**7.272.228**	**6,4**	**16,9**
No apta técnico (N1)	35.672.712	31,3	
Fuera de FA	71.130.031	62,3	
Área total país	114.074.971	100	

* FA nacional: 42.944.940 ha.

Fuente: elaboración propia.

El mapa integrado generalizado de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de fríjol de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical, se presenta en la figura 20.

Figura 20. Mapa integrado de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical



Fuente: UPRA (2023).

En la tabla 27 se presentan los resultados por categoría de aptitud alta (A1), aptitud media (A2) y aptitud baja (A3), para los departamentos del país, así como la aptitud total ordenados de mayor a menor área a partir del total apto. Los departamentos con mayores áreas de aptitud total son Antioquia, Cundinamarca, Cauca, Boyacá y Santander. En los primeros diez departamentos resultantes, se aprecia que la aptitud alta (A1) supera las aptitudes media y baja. Antioquia es el departamento que ocupa el primer lugar en todas las áreas de aptitud analizadas y supera ampliamente a los demás departamentos con área potencial para este cultivo.

Tabla 27. Áreas de aptitud por departamento para la zonificación del cultivo comercial de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical

Departamentos	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	Total, apto
Antioquia	433 363	391 335	311 696	1 136 394
Cundinamarca	408 320	224 263	199 151	831 734
Cauca	429 988	273 082	88 080	791 149
Boyacá	317 538	184 805	240 670	743 013
Santander	311 004	261 050	142 684	714 738
Huila	227 679	182 233	157 858	567 771
Valle del Cauca	259 932	221 282	54 680	535 894
Tolima	89 723	160 740	196 357	446 820
Nariño	174 360	77.627	76 189	328 176
Norte de Santander	49 914	116 112	132 673	298 700
Caldas	158 175	87.656	38 735	284 567
Risaralda	102 591	19.710	2 914	125 216
Meta	1 510	9 296	74 751	85 557
Quindío	74 828	4 245	437	79 510
Caquetá	3 557	1 387	63 741	68 685
Cesar	3 283	12.304	39 934	55 521
Casanare	269	1 531	50 844	52 643
Bolívar	35	2 771	47 852	50 658
Putumayo	12 279	3 313	14 351	29 942
Magdalena	958	6 445	15 304	22 708
La Guajira	651	2 577	6 460	9 688
Chocó		558	7 842	8 399
Arauca			4 088	4 088
Córdoba			658	658

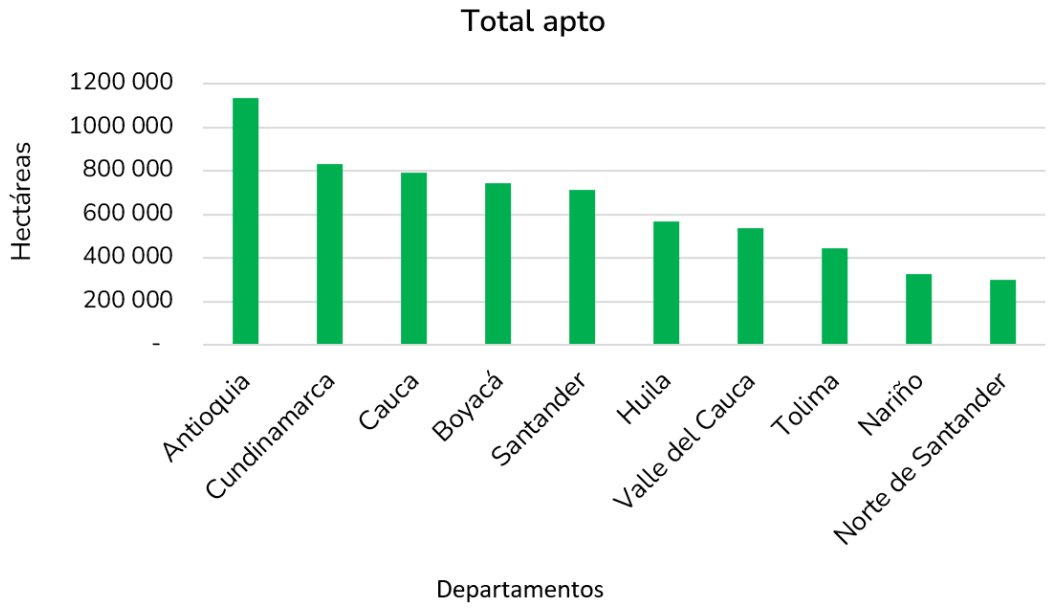
Sigue en la página siguiente

Departamentos	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	Total, apto
Vichada			-	
Vaupés			-	
Sucre			-	
San Andrés, Providencia y Santa Catalina				-
Guaviare				-
Guainía				-
Atlántico				-
Amazonas				
Total, general	**3 059 956**	**2 244 321**	**1 967 951**	**7 272 228**

Fuente: elaboración propia.

Los primeros cinco departamentos con mayor aptitud total para el cultivo de P. vulgaris son Antioquia, Cundinamarca, Cauca, Boyacá y Santander; les siguen Huila, Valle del Cauca, Tolima, Nariño y Norte de Santander (figura 21).

Figura 21. Áreas de aptitud por departamento para la zonificación del cultivo comercial de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical



Fuente: elaboración propia.

Los departamentos con mayor aptitud alta (A1) son Antioquia (433.363 ha), Cauca (429.988 ha), Cundinamarca (408.320 ha), Boyacá (317.538 ha) y Santander (311.004 ha), los cuales suman el 62 % del total de esta categoría de aptitud (tabla 28 y figura 22).

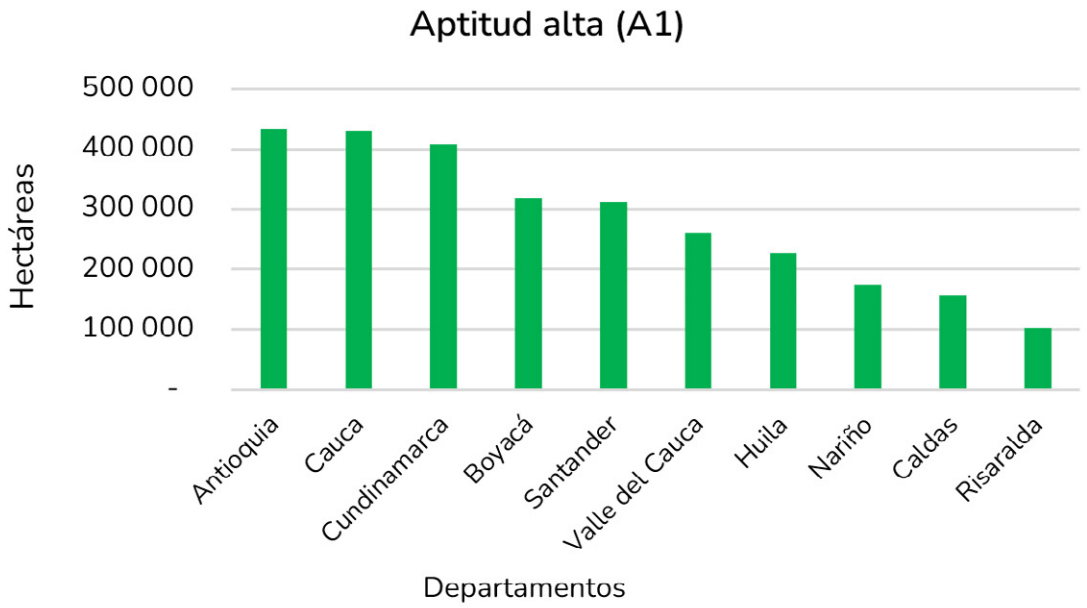
Tabla 28. Principales departamentos con aptitud alta (A1) para el cultivo de *Phaseolus vulgaris*

Departamentos	Aptitud alta (A1)
Antioquia	433 363
Cauca	429 988
Cundinamarca	408 320
Boyacá	317 538
Santander	311 004
Valle del Cauca	259 932
Huila	227 679
Nariño	174 360
Caldas	158 175
Risaralda	102 591

Fuente: elaboración propia.

En la figura 22 se observan los primeros diez departamentos con la mayor aptitud alta (A1) para el cultivo de fríjol (P. vulgaris).

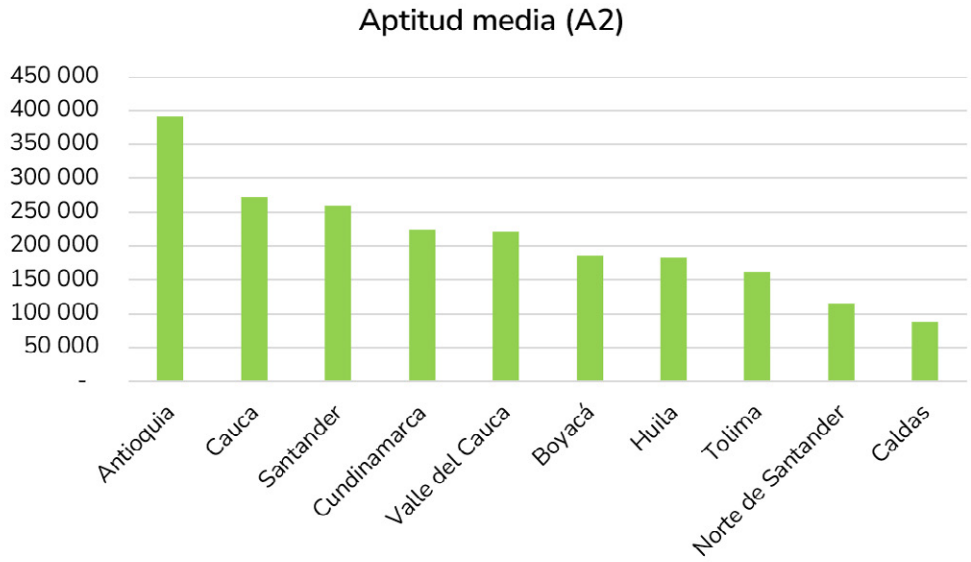
Figura 22. Principales departamentos con aptitud alta (A1) para el cultivo de fríjol *Phaseolus vulgaris*



Fuente: elaboración propia.

En aptitud media (A2) los departamentos con mejores posibilidades para el cultivo de P. vulgaris son Antioquia con 391.335 ha, Cauca con 273.082 ha, Santander con 261.050 ha, Cundinamarca con 224.263 ha y Valle del Cauca con 221.282 ha (figura 23).

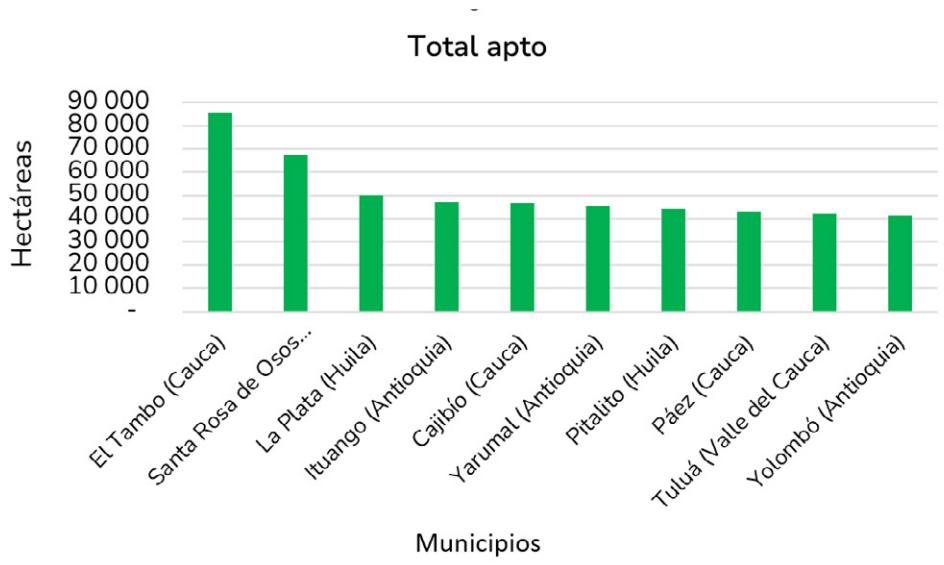
Figura 23. Principales departamentos con aptitud media (A2) para el cultivo de *Phaseolus vulgaris*



Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la mayor aptitud total por municipios para el cultivo de P. vulgaris, se encuentran en Cauca, El Tambo, con 85.674 ha, Santa Rosa de Osos (Antioquia) con 67.738 ha, La Plata (Huila) con 50.113 ha, Ituango (Antioquia) con 47.113 ha y Cajibío (Cauca) con 46.863 ha (figura 24).

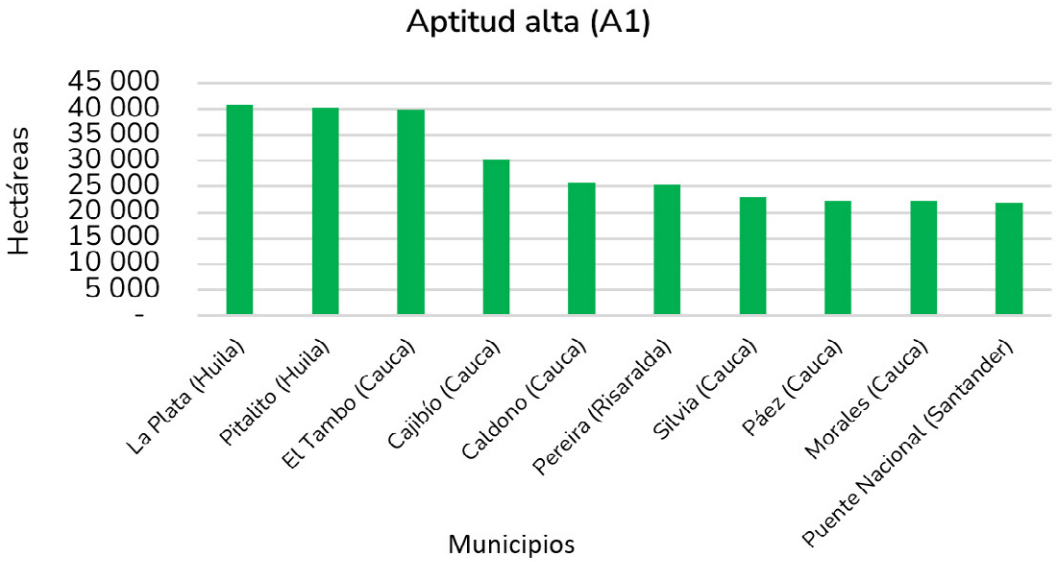
Figura 24. Municipios con la mayor aptitud total para el cultivo de Phaseolus vulgaris



Fuente: elaboración propia.

Los primeros municipios con mayor aptitud alta (A1), para el cultivo comercial de fríjol (P. vulgaris) se encuentran en Huila y Cauca: La Plata (40.964 ha) y Pitalito (40.322 ha), seguidos por El Tambo (39.935 ha), Cajibío (30.351 ha) y Caldono (25.829 ha) (figura 25).

Figura 25. Principales municipios con aptitud alta (A1) para el cultivo comercial de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical



Fuente: elaboración propia.

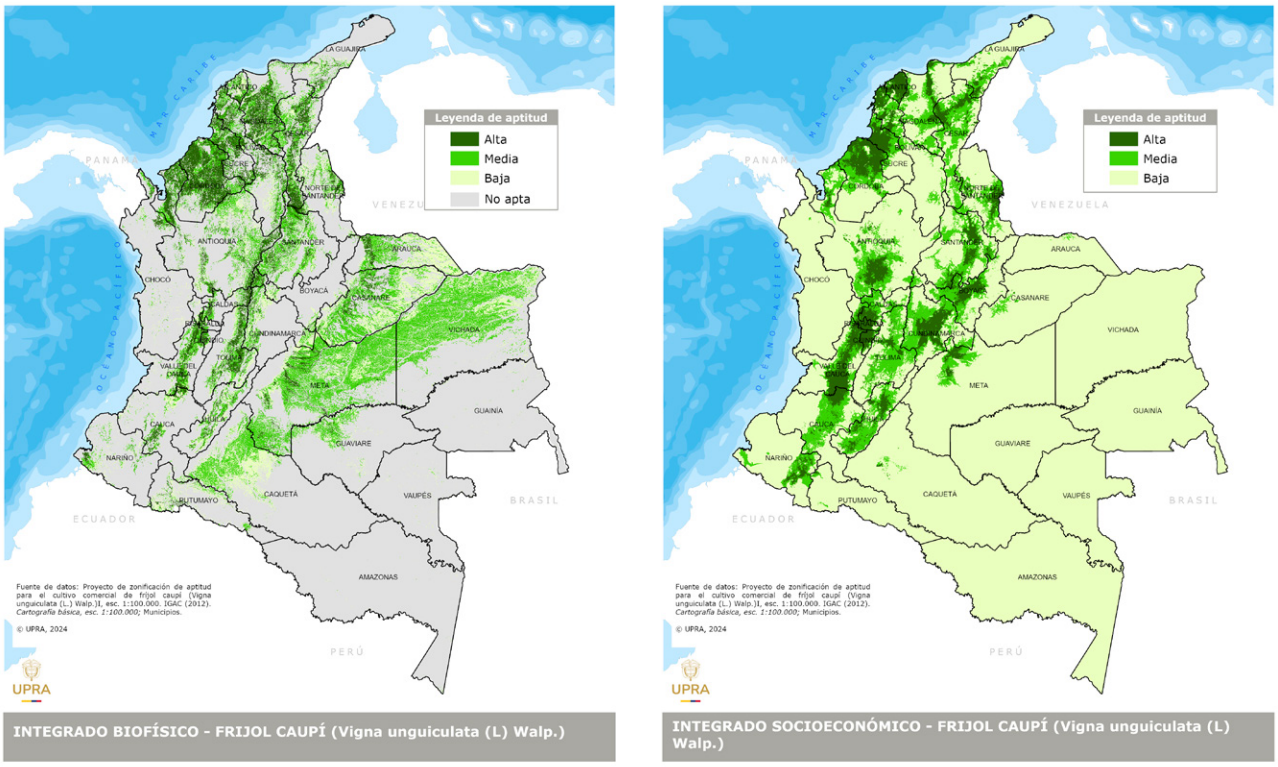
4.2. Caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)

El mapa biofísico muestra la zona del Caribe colombiano con aptitud alta (A1) y aptitud media (A2), principalmente en Córdoba, Sucre, Bolívar, Atlántico, Magdalena, Cesar y el sur de La Guajira. También se observa con la misma aptitud el Urabá antioqueño, el margen occidental de los departamentos del Eje Cafetero, así como la zona central del Valle del Cauca. El mapa destaca también las zonas cálidas de los valles interandinos, donde se observa aptitud alta (A1) y aptitud media (A2) en Nariño, Cauca, Huila y Tolima, en tanto que, la aptitud media (A2) se presenta en el occidente de Cundinamarca, la parte noroccidental de Boyacá, así como en Santander y Norte de Santander.

En la región de la Orinoquia colombiana, el mapa biofísico muestra predominantemente aptitud media (A2) en Arauca, Casanare, Meta, Vichada y la zona norte de Guaviare; no obstante, se observa aptitud alta (A1) en Fortul y Tame en Arauca, así como el occidente de Casanare y el piedemonte llanero. En el Caquetá y en el valle del Guamuez se observan aptitud media (A2) y aptitud baja (A3).

El mapa socioeconómico destaca la aptitud alta (A1) y aptitud media (A2) en los departamentos de la región Caribe colombiana; por el contrario, muestra aptitud baja (A3) en la mayoría en las zonas de la Orinoquia colombiana (figura 26).

Figura 26. Mapas biofísico y socioeconómico de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)



Fuente: UPRA (2023).

El mapa integrado de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) indica que Colombia dispone de 24.831.453 ha aptas para este cultivo, que corresponden al 57,8 % de la FA y al 21,8 % de la superficie continental del país; de este total, el 19,3 % corresponden a aptitud alta (A1), el 18,8 % corresponde a aptitud media (A2) y 62,0 % corresponde a aptitud baja (A3) (tabla 29).

Tabla 29. Áreas de aptitud para la zonificación del cultivo de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)

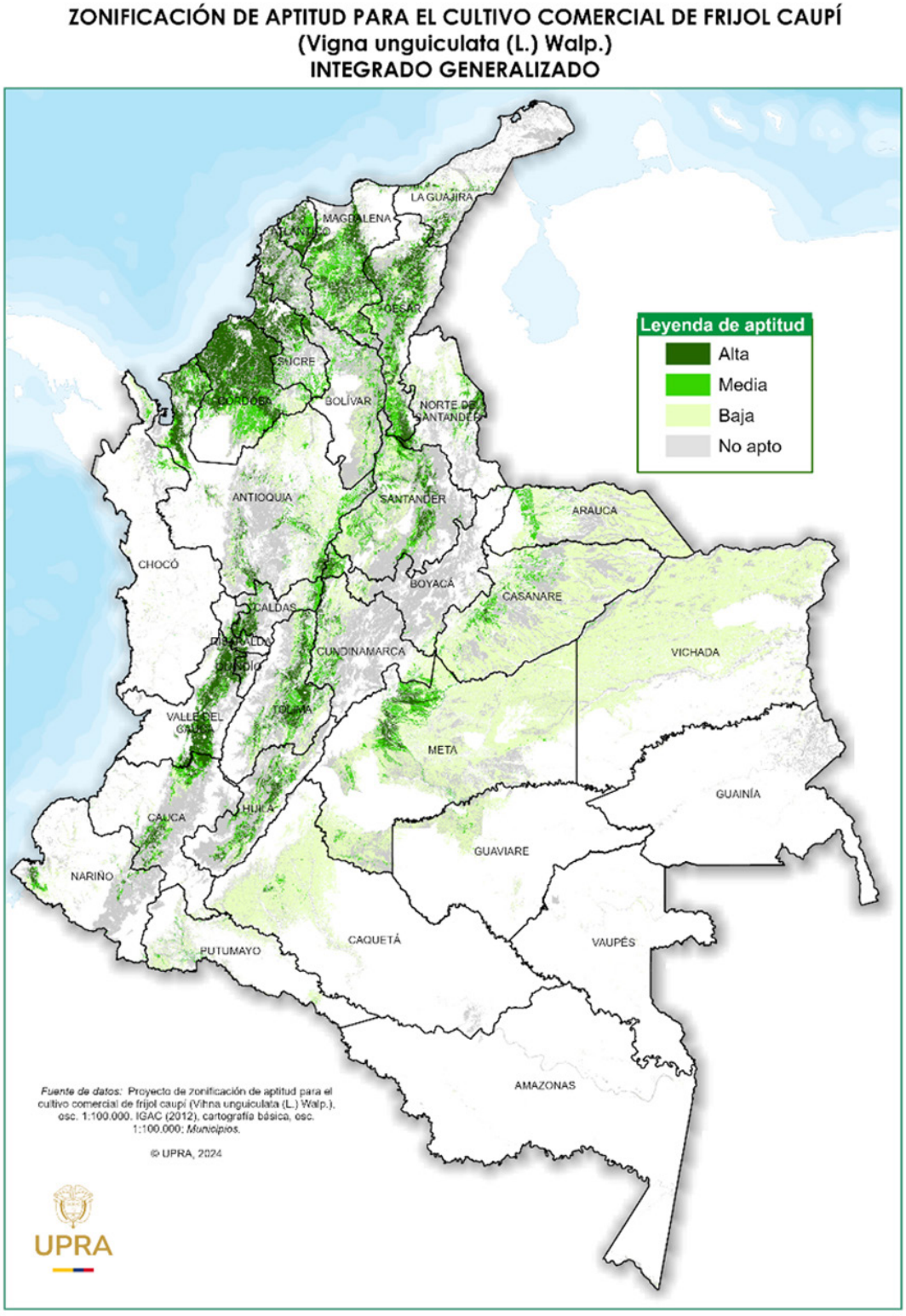
Aptitud	Área (ha)	% país	% FA *
Alta (A1)	4.781.332	4,2	11,1
Media (A2)	4.662.673	4,1	10,8
Baja (A3)	15.387.447	13,5	35,7
Total, área apta	**24.831.453**	**21,8**	**57,8**
No apta técnico (N1)	18.113.487	15,9	
Fuera de FA	71.130.031	62,3	
Área total país	114.074.971	100	

* FA nacional: 42.944.940 ha.

Fuente: elaboración propia.

El mapa integrado generalizado de la zonificación de aptitud para el cultivo de caupí se presenta en la figura 27.

Figura 27. Mapa integrado de la zonificación de aptitud para el cultivo comercial de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)



Fuente: UPRA (2023).

En la tabla 30 se presentan los resultados por categorías de aptitud para el cultivo comercial de caupí en los departamentos del país, así como la *aptitud total*, de mayor a menor área (ha) a partir de la categoría total apto. En cuanto al total de la aptitud, los departamentos que presentan mayores áreas son Vichada (3.835.254 ha), Meta (3.614.103 ha) y Casanare (2.305.225 ha); sin embargo, el 62 % de la aptitud total, corresponde a *aptitud baja* (A3).

Tabla 30. Áreas de aptitud por departamento para la zonificación del cultivo comercial de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)

Departamentos	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	Total, apto
Vichada		16.521	3.818.733	3.835.254
Meta	145.901	395.827	3.072.375	3.614.103
Casanare	15.256	227.635	2.062.334	2.305.225
Antioquia	375.105	466.601	769.020	1.610.727
Córdoba	1.009.628	371.769	137.766	1.519.164
Caquetá	4.045	28.854	1.338.045	1.370.944
Arauca	85	128.526	1.015.413	1.144.024
Santander	174.271	376.974	493.581	1.044.826
Magdalena	429.338	446.640	158.729	1.034.708
Cesar	469.299	411.171	148.109	1.028.578
Bolívar	283.000	256.149	252.827	791.975
Tolima	289.556	261.733	219 212	770.501
Valle del Cauca	417.775	96.062	18.148	531.985
Huila	140.033	176.897	166.627	483.556
Cundinamarca	64.890	147.448	267.143	479.481
Sucre	277.923	149.977	29.068	456.968
Cauca	135.777	136.368	108.174	380.319
Norte de Santander	82.968	106.276	187.113	376.357
Guaviare		18.319	353.612	371.931
Putumayo	620	42.563	248.911	292.095
Boyacá	35.450	75.059	130.393	240.902
Caldas	103.312	78.948	47.364	229.624
La Guajira	80.405	54.128	89.496	224.028
Atlántico	114.698	70.324	3.284	188.307
Nariño	32.002	43.000	108.314	183.317

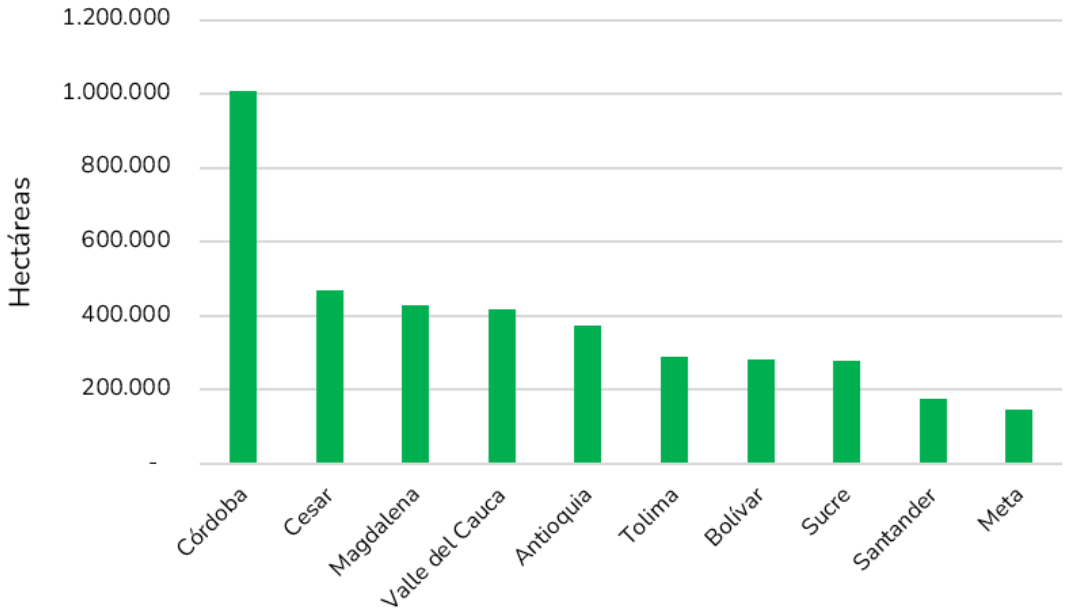
Sigue en la página siguiente

Departamentos	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	Total, apto
Chocó	580	53.727	97.312	151.618
Risaralda	50.130	22.173	5.128	77.431
Quindío	49.287	2.788	116	52.192
Guainía		140	17.157	17.297
Vaupés			17.189	17.189
Amazonas		78	6.752	6.830
San Andrés, Providencia y Santa Catalina			-	
Total, general	**4.781.332**	**4.662.673**	**15.387.447**	**24.831.453**

Fuente: UPRA (2023).

Los departamentos con mayor aptitud alta (A1), para el cultivo comercial de *Vigna unguiculata* son Córdoba (1.009.628 ha), Cesar (469.299 ha), Magdalena (429.338 ha), Valle del Cauca (417.775 ha) y Antioquia (375.105 ha), los cuales suman el 56,5 % del área total de la mejor aptitud en el país (figura 28).

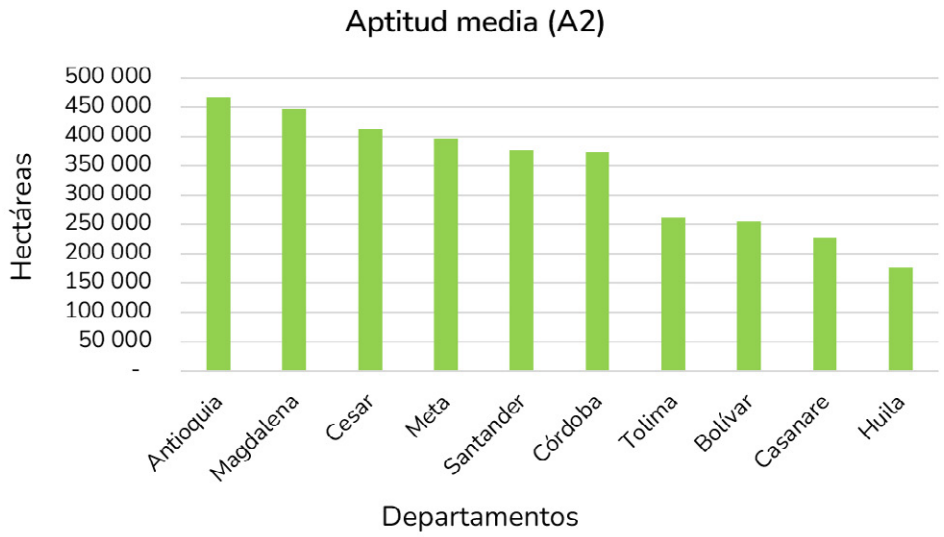
Figura 28. Principales departamentos con aptitud alta (A1) para el cultivo comercial de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)



Fuente: elaboración propia.

En cuanto la *aptitud media* (A2), los principales departamentos con esta aptitud para el cultivo de caupí son Antioquia con 466.601 ha, Magdalena con 446.640 ha, Cesar con 411.171 ha, Meta con 395.827 ha y Santander con 376.974 ha (figura 29).

Figura 29. Principales departamentos con aptitud media (A2) para el cultivo de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)



Fuente: elaboración propia.

Los municipios de la región Caribe son los que presentan las mayores áreas en la *aptitud alta* (A1) para el cultivo comercial de caupí: Montería (Córdoba) con 224.449 ha, Valledupar (Cesar) con 87.015 ha, Sahagún y Lorica (Córdoba) con 85.078 ha y 63.560 ha, respectivamente, y Turbo (Antioquia) con 58.003 ha; le siguen Pueblo Nuevo (Córdoba), San Onofre (Sucre), Ciénaga de Oro (Córdoba) Ariguaní (Magdalena) y Buenavista (Córdoba) (tabla 31).

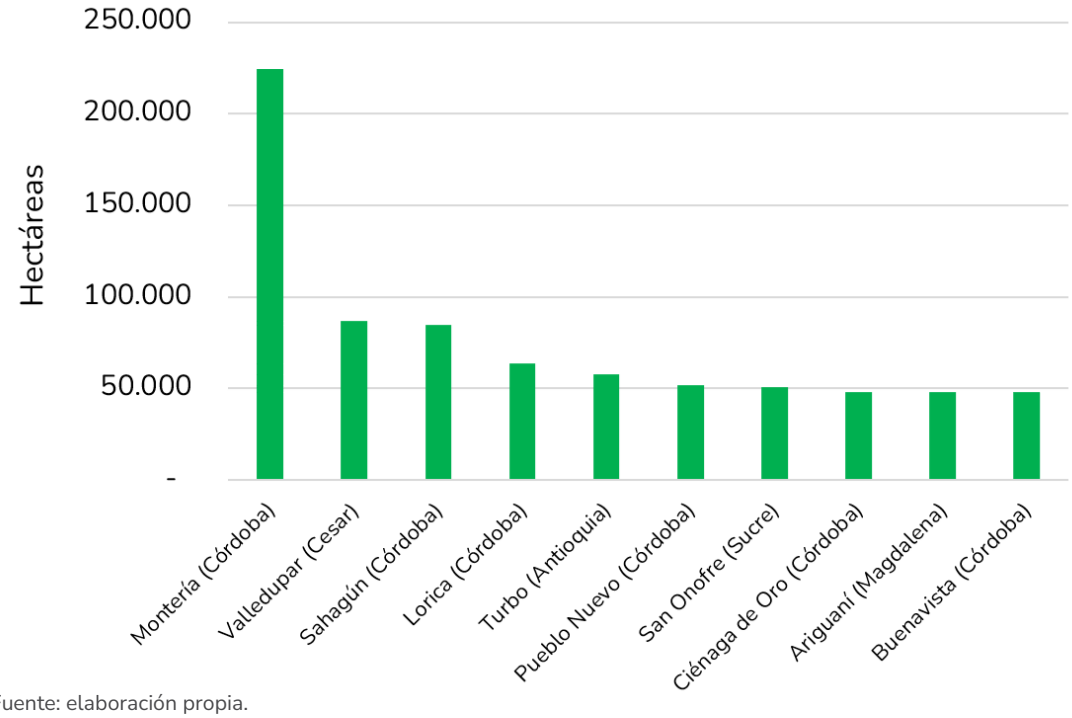
Tabla 31. Principales municipios en Colombia con aptitud alta (A1) para el cultivo de caupí

Departamentos	Aptitud alta (A1)
Montería (Córdoba)	224 449
Valledupar (Cesar)	87 015
Sahagún (Córdoba)	85 078
Lorica (Córdoba)	63 560
Turbo (Antioquía)	58 003
Pueblo Nuevo (Córdoba)	51 970
San Onofre (Sucre)	50 580
Ciénaga de Oro (Córdoba)	48 114
Ariguaní (El Difícil) (Magdalena)	48 040
Buenavista (Córdoba)	47 831

Fuente: elaboración propia.

En la figura 30 se observan los primeros diez municipios con *aptitud alta* (A1) para el cultivo de caupí.

Figura 30. Principales municipios con aptitud alta (A1) para el cultivo comercial de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)



Fuente: elaboración propia.



5. Conclusiones

Colombia dispone de suficiente área apta para la producción comercial de *Phaseolus vulgaris* y de *Vigna unguiculata*. Se identificaron 7.272.228 ha aptas para el cultivo comercial de fríjol (*P. vulgaris*) de los cultivares bola roja, calima, cargamanto y radical, y 24.831.453 ha para caupí (*V. unguiculata*).

La temperatura es la variable que condiciona la mayor diferenciación por exclusión técnica (N1) entre las dos especies comerciales: el fríjol para las zonas de clima medio a frío moderado, y el caupí con mayor potencial en clima cálido.

Las áreas con mejor aptitud para el cultivo comercial de *P. vulgaris* se concentran en Antioquia, Cauca, Cundinamarca, Boyacá y Santander, mientras que, para *V. unguiculata* se localizan en Córdoba, Cesar, Magdalena, Valle del Cauca y Antioquia

Para el cultivo comercial de caupí, las áreas con mayor aptitud total se concentran, especialmente en sectores cálidos del norte del país y, en menor proporción, en los valles interandinos, con relieves planos ligeramente quebrados. Las aptitudes medias (A2) y baja (A3) corresponden a áreas con limitaciones de fertilidad, especialmente por la alta saturación de aluminio en el oriente del país.

El potencial de establecimiento de las dos especies contribuye a mejorar el potencial de aporte de nitrógeno y el balance de carbono, en zonas con aptitud alta (A1) como en el eje cafetero, Boyacá y Cundinamarca para *P. vulgaris*, y para *V. unguiculata* en la región Caribe (Córdoba, Sucre, Magdalena y Cesar), valles interandinos y las áreas noroccidentales de Meta, Casanare y Arauca.

Las mejores aptitudes para el establecimiento de *P. vulgaris*, localizadas en Antioquia, Santander, Boyacá y Cundinamarca, no afectan la sostenibilidad hídrica de las subzonas hidrográficas involucradas, lo cual indica que la demanda adicional de agua por el establecimiento del cultivo es suplida con suficiencia por la oferta hídrica superficial. En relación con *V. unguiculata*, esta misma condición se observa en el Caribe (Córdoba, Sucre, Magdalena y Cesar), así como en la Orinoquia en Meta, Casanare y Arauca.

El establecimiento de los cultivos comerciales de *P. vulgaris* y *V. unguiculata* no genera conflictos con la integridad ecológica dentro de la FA.

La facilidad de acceso y cercanía a la comercialización del producto al consumidor final definen la aptitud alta (A1) para la producción comercial de *P. vulgaris*, en Antioquia, Cauca, Cundinamarca y Boyacá, mientras que, para *V. unguiculata* corresponde a Córdoba, Cesar, Magdalena y Valle del Cauca.

Las regiones Caribe y Andina con aptitud alta cuentan con una buena disponibilidad de mano de obra para la producción comercial de las dos especies, conforme al registro de población en edad de trabajar en las zonas rurales y a la posibilidad de capacitación en las labores agrícolas.

El acceso a la tierra en la zona occidente y en el centro del país presenta dificultades por prediales de tamaño reducido y los costos elevados de la tierra, en relación con el resto del país. Lo anterior influye en que la actividad deba recurrir a otras formas de acceso como el arriendo, contemplando de manera tácita costumbres como el asocio y la participación de la producción.





6. Bibliografía

Asociación Nacional de Comercio Exterior (Analdex). (2019). Legiscomex. https://www.legiscomex.com/Documentos/entrevista-javier-diaz-analdex-rci272

Cámara de Comercio de Bogotá. (CCB). (2015). Manual Fríjol. Bogotá, Colombia: Cámara de Comercio de Bogotá.

Chavarría, J.; Ugando, M.; Sabando, Á.; Muñoz, J. P.; Bravo, R. y Villalón, A (2020). Necesidades hídricas del fríjol caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). calculadas con el coeficiente de cultivo utilizando lisímetro de drenaje. Revista Ciencia y Agricultura. Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, 17(3), 111-121. https://www.researchgate.net/publication/344446440_31_Articulo_publicado-Necesidades_hidricas_del_frijol_caupi.

Ciontescu, N. (2012). Instructivo metodológico para ejecutar indicadores de estado de conservación. Bogotá: PNN.

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). (2022). Aspectos generales del cultivo de fríjol en Cundinamarca (Vol. Colección Alianzas Agrosavia). Mosquera, Colombia: Agrosavia.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2020). Boletín Técnico Medida de Pobreza Multidimensional Municipal (CNPV, 2018).

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2021). Sistema de información de precios SIPSA. Bogotá: DANE.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2019). Boletín semanal. Precios mayoristas. SIPSA (p. 72). BOGOTÁ.

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2023). Grupos de clasificación de capacidades iniciales en la medición de desempeño municipal 2021.

Di Gregorio, A. (2005). Sistema de Clasificación de la Cobertura de la Tierra – Conceptos de Clasificación y manual para el usuario. (FAO, Ed.) Roma.

Doorenbos, J. E. (1979). Efecto del agua sobre el rendimiento de cultivos. Riego y drenaje 212. FAO.

Eastman, J. R. (1995). Raster procedures for multicriteria/multi objective decisions.Photogrammetric enginnering and remote sensing. Massachusetts: American society.

Espinosa, S. (2009). Evaluación de la naturalidad como herramienta para la gestión turística en áreas protegidas. Araucania, Chile.

Federación Nacional de Cultivadores de Cereales, Leguminosas y Soya (Fenalce) (2023). Estadísticas. https://fenalce.co/estadisticas/

Gobernación de Cundinamarca y Agrosavia. (2018). Fríjol. http://cundinet.cundinamarca.gov.co/portal/agricultura/manual_interpretacion_evaluacion_de_tierras/cultivo/platano.html

González, M. (2022). Fenología del cultivo de *Vigna unguiculata* (fríjol caupí). Perú: Universidad nacional agraria de la selva.

Henríquez, N. P. (2002). Glosario de términos útiles para el manejo de los recursos fitogéneticos. San Salvador: REMERFI - Red Mesoamericana de Recursos Fitogenéticos.

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2015). Resolución 03168 de 2015. Bogotá. https://www.ica.gov.co/getattachment/4e8c3698-8fcb-4e42-80e7-a6c7acde9bf8/2015R3168.aspx

Instituto Colombiano de Antropología e Historia (ICANH). (2019). Parques Arqueológicos. Bogotá: ICANH.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2010). Estudio Nacional de Agua. Bogotá.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (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. Bogotá.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam). (2014). Estudio nacional del agua. Bogotá: Ideam. http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/023080/ENA_2014.pdf

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (1979). Propiedades químicas del suelo. Segunda edición. Bogotá, Colombia.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (1990). Suelos de Colombia: Origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Bogotá: IGAC.

Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses. (INMLCF). (2013). Comportamiento del homicidio en Colombia. Bogotá: Instituto Nacional de Medicina Legal.

Ley 2294 de 2023. Por medio de la cual se expide el plan nacional de desarrollo 2022 - 2026 "Colombia potencia mundial de la vida". mayo 19 de 2023. DO. N° 52.400. (s. f.).

Ley 811 de 2003. Por medio de la cual se modifica la Ley 101 de 1993, se crean las organizaciones de cadena en el sector agropecuario. Bogotá.

Mackey, B. (s. f.). La Integridad Ecológica: Un compromiso hacia la vida en la tierra. p. 67-71. http//www.earthcharterination.org/invent/images/uploads/Mackey pdf: http//www.earthcharterination.org/invent/images/uploads/Mackey pdf

Márquez, C. (2003). Ecosistemas estratégicos de Colombia. www.sogeocol.edu.co/documentos/07ecos.pdf

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MinAgricultura). (2018). Resolución 261 de 2018. Bogotá, Colombia.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MinAgricultura). (2018). Resolución 261 de 2018. https://www.minagricultura.gov.co

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MinAgricultura). (2019). Dirección de cadenas agrícolas y forestales. Bogotá.

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MinAgricultura). (2021). Cadena de Fríjol, Dirección de Cadenas Agrícolas y Forestales. https://sioc.minagricultura.gov.co/AlimentosBalanceados/Documentos/2021-06-30%20Cifras%20Sectoriales%20Fríjol.pdf

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MinAgricultura). (2022). Evaluaciones Agropecuarias Municipales. www.datos.gov.co

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2022). Evaluaciones agropecuarias departamentales. Agronet.

Office for National Statistics (ONS). (2007). The ONS Productivity Handbook, A Statistical Overview and Guide. (D. Camus, Ed.) London, United Kingdom: Office for National Statistics. https://r.search.yahoo.com/_ylt=AwrEtlfWGRpoDQIAHFKrcgx.;_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1747750615/RO=10/RU=https%3a%2f%2fwww.ons.gov.uk%2ffile%3furi%3d%2feconomy%2feconomicoutputandproductivity%2fproductivitymeasures%2fmethodologies%2fproductivityhandbook%2fonsproductivityhandbooktcm77187914.pdf/RK=2/RS=mc6tmEtSqPm0DvpF4VEdlFDupwA-

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (1976). A framework for land evaluation. FAO Soils Bulletin 32. Roma: FAO.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (1979). Irrigations and drainage paper 33. C.E Houston: Food and agriculture organization of the united nations.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (1985). Directivas: Evaluación de tierras para la agricultura de regadío. Boletín de Suelos 55.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2007). Framework for Land Evaluation Articulos academicos de tierras y aguas para FAO. Roma: FAO.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2014). Normas para bancos de germoplasma de recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura. Roma.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2018). Legumbres. Pequeñas semillas, grandes soluciones. https://www.fao.org/3/ca2597es/CA2597ES.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2023). FAOSTAT. https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL

Ortiz-Lozano, L.; Granados-Barba, A. y Espejel, I. (2009). Ecosystemic zonification as a magnagement tool for marine protected areas in the coastal zone. Applications for the sistem arrecifal veracruzano. Mexico: Ocean & Coastal management, vol 52: 317-323.

Ospina, C.; Martínez, J.; Contreras, K. y Tautiva, L. (2020). Análisis socioeconómico del cultivo de fríjol en Cundinamarca (Colombia), para la identificación de un Sistema Agroalimentario Localizado (SIAL). RIVAR (Santiago), 7(21). https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0719-49942020000300013

Parrish, J. (2003). Are We Conserving What We Say We Are?.Mesasuring Ecological Integrity Withing Protected. BioScinece 851.Vol 53 N.9.

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

Porter, M. (1985). The Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance. . Nueva York: Free Press.

Rada, N., y Valdes, C. (2012). Policy, Technology, and Efficiency of Brazilian Agriculture. Washington, D.C.: USDA.

Ríos Betancourt, M. J. y Quirós Dávila, J. E. (2002). El fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.): Cultivo, beneficio y variedades. (Fenalce) Medellin: Produmedios.

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

Saaty, T. (1980). The analytic hierarchy pocces. USA: McGrawhill.

Soil Science Society of America. (2018). Soils sustain life. sustain life: https://www.soils.org/publications/soils-glossary#

Tofiño Rivera, A. P., Rozo Leguizamón, Y. G., Gómez Ramírez, L. F. y Gómez Ramírez, L. F. (2018). Modelo productivo de fríjoles para el Caribe húmedo colombiano. Mosquera: Editorial Agrosavia.

TradeMap. (2023). TradeMap. https://www.trademap.org

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

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2014). Zonificación para plantaciones con fines comerciales- Colombia. Escala 1:100.000. Bogotá.

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2016). Metodología de zonificación de aptitud para plantaciones forestales comerciales a escala semidetallada (1:25.000). UPRA.

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2019). Metodología de evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios a escala general. Bogotá.

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2023). Producción ovina en pastoreo, identificación de zonas aptas en Colombia, escala 1:100.000. Bogotá: UPRA.

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2024). Frontera agrícola. Actualización V4_1. Bogotá: UPRA.

United States Department of Agriculture (USDA). (1961). Land-Capability Classification. Agriculture Handbook No. 210. EUA: Soil Conservation Service USDA. Washington D. C.: USDA.

Vélez, L. y Gómez, A. (2008). Un marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje. Arbor CLXXXIV 729:3-44.

Voysest, O. V. (2000). Mejoramiento Genético del Fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) Legado de variedades de América Latina 1930 -1999. Cali: CIAT.

White, J. W. (1985). Conceptos básicos de fisiología de fríjol. En: Fríjol: Investigación y producción. Cali, Colombia: CIAT.

Willians, G. y Meave, J. (2002). Patrones fenológicos. San José de Costa Rica: Libro Universitario Regional. ResearchGate.https://r.search.yahoo.com/_ylt=AwrhWQOrGxpoQvACp2Wrcgx.;_ylu=Y29sbwNiZjEEcG9zAzQEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1747751084/RO=10/RU=https%3a%2f%2fwww.researchgate.net%2fprofile%2fJorge-Meave%2fpublication%2f281348224_Patrones_fenologicos%2flinks%2f55ed3cff08ae21d099c74924%2fPatrones-fenologicos.pdf/RK=2/RS=

UPRA

Cultivos comerciales de **fríjol** y de **caupí**

Fichas metodológicas de criterios y variables





Zonificación de aptitud para los cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) en Colombia, escala 1:100.000

Fichas metodológicas de criterios y variables

1. Tabla de contenido

1. Fichas metodológicas del componente físico 133
1.1. Criterio *condiciones climáticas* 133
1.1.1 Variable *temperatura media anual* 138
1.1.2. Variable *índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)* 142
1.1.3. Variable *meses secos consecutivos* 146
1.1.4. Variable *brillo solar medio diario anual* 149
1.2. Criterio *disponibilidad de nutrientes* 151
1.2.1. Variable *acidez (pH)* 158
1.2.2. Variable *saturación de bases* 162
1.2.3. Variable *carbono orgánico* 164
1.2.4. Variable *capacidad de intercambio catiónico* 168
1.3. Criterio *condiciones de enraizamiento* 170
1.3.1. Variable *profundidad efectiva* 174
1.3.2. Variable *textura* 177
1.3.3. Variable *pedregosidad* 180
1.4. Criterio *capacidad de laboreo* 183
1.4.1. Variable *pendiente* 187
1.4.2. Variable *textura* 190
1.4.3. Variable *pedregosidad* 193
1.5. Criterio *disponibilidad de oxígeno* 195
1.5.1. Variable susceptibilidad a inundaciones 198
1.5.2. Variable drenaje natural 201
1.6. Criterio *toxicidad por sales, sodio y aluminio* 203
1.6.1. Variable *salinidad y sodicidad* 207
1.6.2. Variable *saturación de aluminio* 211
1.7. Criterio *disponibilidad de humedad* 213
1.7.1. Variable *régimen de humedad* 216
1.7.2. Variable *textura* 219
1.8. Criterio *susceptibilidad a la pérdida de suelos* 222

2. Fichas metodológicas del componente socioecosistémico 228
2.1. Criterio *potencial de aporte de nitrógeno a los agroecosistemas* 228
2.2. Criterio *apropiación de agua* 234
2.2.1. Variable *diferencia de uso consuntivo* 239
2.2.2. Variable *diferencia de uso del agua* 247
2.3. Criterio *variación del contenido estimado de carbono* 254
2.4. Criterio *integridad ecológica* 264
2.4.1. Variable *fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales (FCECN)* . 271
2.4.2. Variable *índice de naturalidad (INAT)* 284
2.4.3. Variable *áreas de concentración de especies sensibles (ACES)* 287
2.5. Criterio *cambio de cobertura* 296
2.6. Criterio *susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios* 303
2.6.1. Variable *condiciones de pirogenicidad de las coberturas* 312
2.6.2. Variable *influencia del fuego sobre los ecosistemas* 333

3. Fichas metodológicas del componente socioeconómico 343

3.1. Criterio *infraestructura productiva* ... 343
3.1.1. Variable *existencia de cultivos* ... 346
3.1.2. Variable *distritos de adecuación de tierras* ... 350
3.2. Criterio *infraestructura, bienes y servicios* ... 352
3.2.1. Variable *centros mayoristas* ... 356
3.2.2. Variable *centros de servicios* ... 358
3.2.3. Variable *puertos marítimos* ... 361
3.2.4. Variable *cobertura de internet móvil* ... 364
3.3. Criterio *disponibilidad de mano de obra* ... 369
3.3.1. Variable *densidad poblacional rural en edad de trabajar* ... 372
3.3.2. Variable *oferta educativa técnica y tecnológica* ... 378
3.3.3. Variable *oferta educativa universitaria* ... 382
3.4. Criterio *asociatividad e institucionalidad* ... 387
3.4.1. Variable *asociaciones* ... 391
3.4.2. Variable *gremio* ... 394
3.4.3. Variable *Agrosavia* ... 396
3.4.4. Variable *entidades prestadoras de servicio de extensión agropecuaria (EPSEA)* ... 399
3.4.5. Variable *ICA* ... 403
3.5. Criterio *seguridad ciudadana* ... 406
3.5.1. Variable *extorsiones rurales* ... 409
3.5.2. Variable *hurtos rurales* ... 414
3.5.3. Variable *secuestros rurales* ... 419
3.5.4. Variable *homicidios rurales* ... 423
3.6. Criterio *dinámica del mercado de tierras* ... 428
3.6.1. Variable *tamaño predial* ... 433
3.6.2. Variable *arriendo rural* ... 439
3.6.3. Variable *avalúo catastral rural* ... 444
3.6.4. Variable *tendencia a la formalidad* ... 450
3.7. Criterio *indicadores económicos* ... 456
3.7.1. Variable *créditos otorgados* ... 461
3.7.2. Variable *valor agregado agrícola municipal* ... 465
3.7.3. Variable *seguros agropecuarios* ... 472
3.7.4. Variable *desempeño municipal* ... 475
3.7.5. Variable *zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC)* ... 485
3.7.6. Variable *planes de desarrollo con enfoque territorial (PDET)* ... 488
3.8. Criterio *condiciones de vida* ... 490
3.8.1. Variable *trabajo* ... 495
3.8.2. Variable *condiciones educativas del hogar* ... 500
3.8.3. Variable *condiciones de la niñez y la juventud* ... 505
3.8.4. Variable *condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos* ... 511
3.8.5. Variable *salud* ... 516

4. Fichas metodológicas restricciones legales ... 522
4.1. Criterio *restricciones legales* ... 522
4.1.1. Variable ecosistemas estratégicos ... 529
4.1.2. Variable áreas protegidas ... 532
4.1.3. Variable planes de ordenación forestal ... 537
4.1.4. Variable parques arqueológicos ... 539

4.1.5. Variable zonas de reserva forestal nacional de Ley 2 de 1959, tipo A 542

5.Fichas metodológicas de condicionantes legales..... 545
5.1. Criterio condicionantes legales..... 545
5.1.1. Variable ecosistemas estratégicos (manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical)..... 549
5.1.2. Variable áreas protegidas..... 552
5.1.3. Variable planes de ordenación forestal..... 557
5.1.4. Variable zonas de reserva forestal nacional de Ley 2 de 1959, tipos B y C..... 561
5.1.5. Variable distinciones internacionales..... 564
5.1.6. Variable áreas de interés cultural y social..... 568
5.1.7. Variable Áreas en páramos que por cobertura se clasifican en usos agropecuarios..... 574
5.1.8. Variable gestión de riesgo..... 576

1. Fichas metodológicas del componente físico

Criterio condiciones climáticas

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE**: Climático		
CRITERIO ASOCIADO: CONDICIONES CLIMÁTICAS		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción 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 índice. • Meses secos consecutivos: expresado en número de meses • Brillo solar medio diario anual: expresado en horas sol/día.		
DEFINICIÓN		
Conjunto de elementos climáticos o propiedades del sistema climático (definidas como variables) que interactúan entre sí en las capas inferiores de la atmósfera, lo cual afecta directamente la fisiología de las plantas (FAO, 1976; UPRA, 2013).		
IMPORTANCIA DEL CRITERIO		
Inciden directamente en la fisiología de las variedades de fríjol y del caupí, afectando la tasa fotosintética, respiración, actividad enzimática, nutrición mineral, absorción y transporte del agua, metabolismo del nitrógeno, entre tantos, los cuales condicionan la posibilidad del establecimiento, crecimiento, desarrollo y producción (Campos, 2005; Doorembos & Kassam, 1979).		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO		
Debido a que no está disponible la normal climatológica 1981-2010 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 más detallada y actualizada del clima en algunas regiones productoras de fríjol y de caupí en el país.		
METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN		
El criterio se definió a partir de un árbol de decisión, donde se integraron las variables temperatura media anual, índice de disponibilidad de humedad en función de la precipitación total y la evapotranspiración del cultivo, y el brillo solar medio diario anual, construidas a partir de las normales climatológicas 1981 y 2010 del Ideam (2017). Para clima frío, se tuvieron en cuenta los polígonos de los distritos de adecuación de tierras que califican con mayor aptitud aquellas zonas donde se dispone del recurso hídrico para los cultivos.		
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD		

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

Integración humedad

Índice de disponibilidad de humedad del cultivo (IDHc)-EXC	Meses secos consecutivos MSC	Ajuste IDHc
A1	A1	A1
A1	A2	A1
A1	A3	A2
A2	A1	A2
A2	A2	A2
A2	A3	A2
A3	A1	A3
A3	A2	A3
A3	A3	A3
N1	Cualquiera	N1

Árbol de decisión para fríjol (*Phaseolus vulgaris*)

Temperatura media anual (°C)	Ajuste IDHc	Brillo solar medio diario anual (horas sol/día)	Aptitud
A1	A1	A1	A1
		A2	A1
		A3	A1
	A2	A1	A1
		A2	A2
		A3	A2
	A3	A1	A2
		A2	A2
		A3	A2
A2	A1	A1	A2
		A2	A2
		A3	A2
	A2	A1	A2
		A2	A2
		A3	A2
	A3	A1	A2
		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
N1	Cualquiera	Cualquiera	N1
Cualquiera	N1	Cualquiera	N1
N1	Cualquiera	Sin distrito	N1
Cualquiera	N1	Con distrito en piso térmico frío	A1

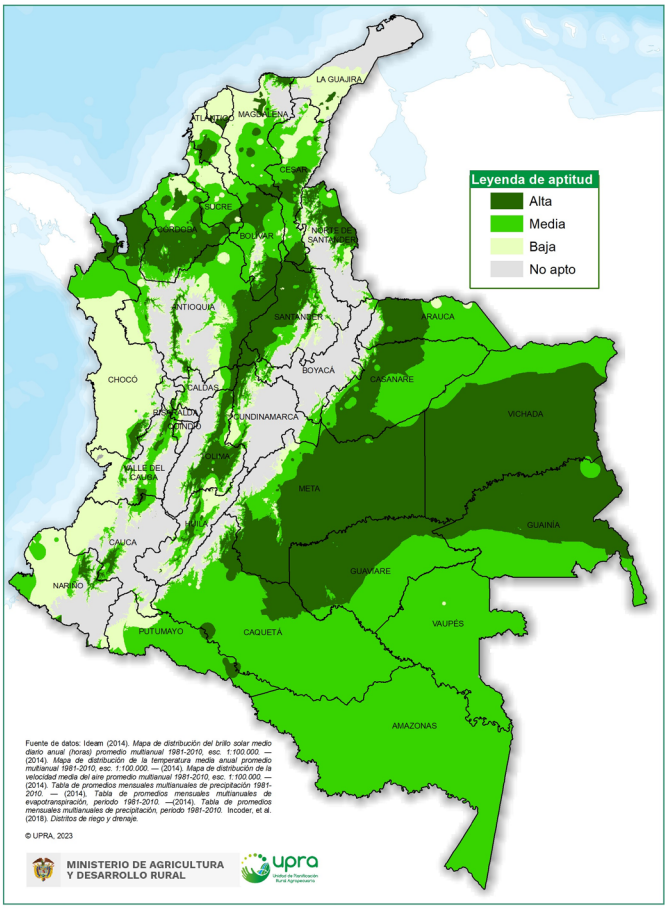
Árbol de decisión para caupí (*Vigna unguiculata*)

Temperatura media anual (°C)	Ajuste IDHc	Brillo solar medio diario anual (horas sol/día)	Aptitud
A1	A1	A1	A1
		A2	A1
		A3	A1
	A2	A1	A1
		A2	A2
		A3	A2
	A3	A1	A2
		A2	A2
		A3	A2
A2	A1	A1	A2
		A2	A2
		A3	A2
	A2	A1	A2
		A2	A2
		A3	A2
	A3	A1	A2
		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

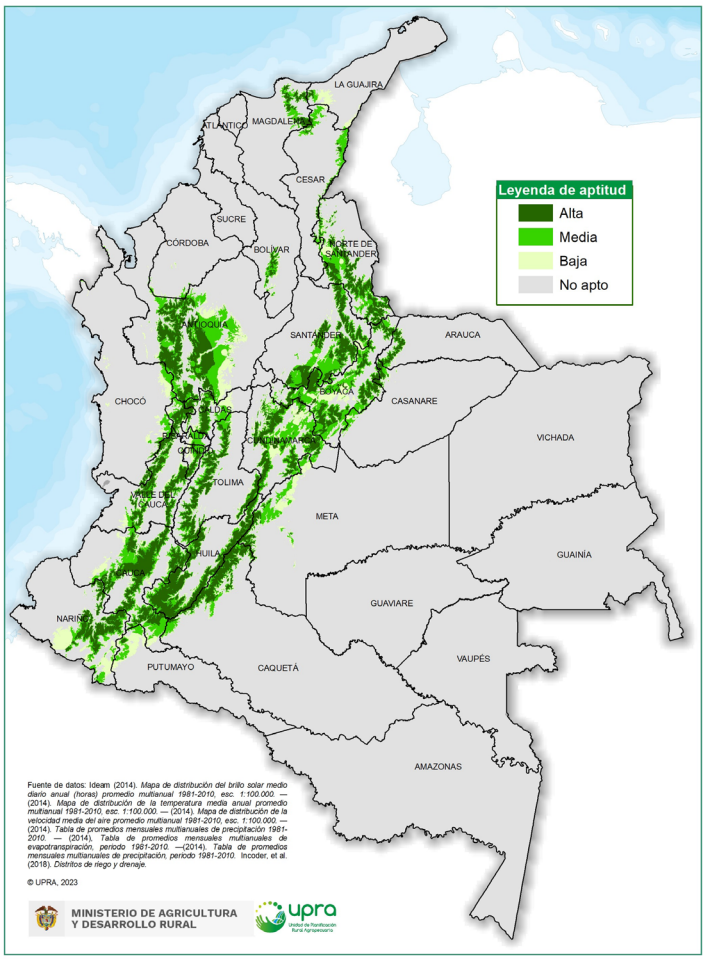
N1	Cualquiera	Cualquiera	N1
Cualquiera	N1	Cualquiera	N1
N1	Cualquiera	Sin distrito	N1
Cualquiera	N1	Con distrito en piso térmico frío	A1

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata*)
CRITERIO CONDICIONES CLIMÁTICAS



ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*)
CRITERIO CONDICIONES CLIMÁTICAS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Campos, D. (2005). Agroclimatología cuantitativa de cultivos. México: Trillas. Recuperado de: < http://www.cenicana.org/investigacion/seica/Compiladolibros2016/Agroclimatologia_cuantitativa_cultivos.pdf>.
- Cuesta et al. ITEA. (2005), Metodología operativa para la obtención del coeficiente de cultivo desde imágenes de satélite. España.
- Doorembos, J. y Kassam, A. (1979). Yield response to water. Estudio de riego y drenaje N°33, FAO, Roma, p. 193.
- FAO. (1976). http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es/. (FAO, Editor, & FAO, Producer) Retrieved Mayo 18, 2016, from http://www.fao.org/: http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es.

- Ideam. (2017). Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000. Bogotá.
- Ideam. (2014). Mapa distribución del brillo solar medio diario anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000. Bogotá: Ideam.
- Ideam. (2017). Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación y evapotranspiración de referencia, periodo 1981-2010. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2013). Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000), Bogotá: UPRA.

1.1.1 Variable *temperatura media anual*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE:** Climático		
CRITERIO ASOCIADO: Condiciones climáticas		
VARIABLE: temperatura media anual	**UNIDAD DE MEDIDA**: °C	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Medida del estado térmico del aire con respecto a su habilidad de comunicar calor a su alrededor; depende principalmente 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 está limitada por cierto rango de temperatura, comprendida entre los valores máximo y mínimo, fuera de los cuales éste se afecta; el valor óptimo se encuentra entre estos dos. Los efectos acumulativos de la temperatura tienen directa incidencia en el crecimiento y desarrollo del cultivo de fríjol y de caupí. Para la zonificación es fundamental conocer la distribución espacial anual de la temperatura media del aire ya que es la base para establecer áreas con condiciones térmicas diferenciales, lo cual permite diferenciar zonas con aptitudes alta, media, baja y no apta para estos cultivos.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
Los valores de exclusión técnica asignados para los requerimientos térmicos del fríjol y del caupí, se establecen así: Para *Phaseolus vulgaris* se determinó como *No apto* (*N1*) <11 y >24 grados centígrados. Para *Vigna unguiculata* se determinó como No apto (*N1*) <20 grados centígrados.		

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

No se dispone de una base de datos actualizada y normalizada de la información de temperatura de todo el territorio nacional generado por la red de estaciones meteorológicas, ya que la que se tiene solo está hasta 2010. En consecuencia, el análisis espacial anual no refleja la condición térmica 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 2017, a escala 1:100.000, basado en una serie histórica de 1981 al 2010.

Se realizó la 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.
Los rangos de aptitud para *Phaseolus vulgaris* se presentan en la siguiente tabla:

Temperatura media anual °C	Aptitud
14-20	Alta (A1)
12-14 y 20-21	Media (A2)
11-12 y 21-24	Baja (A3)
< 11 y > 24	No apto (N1)

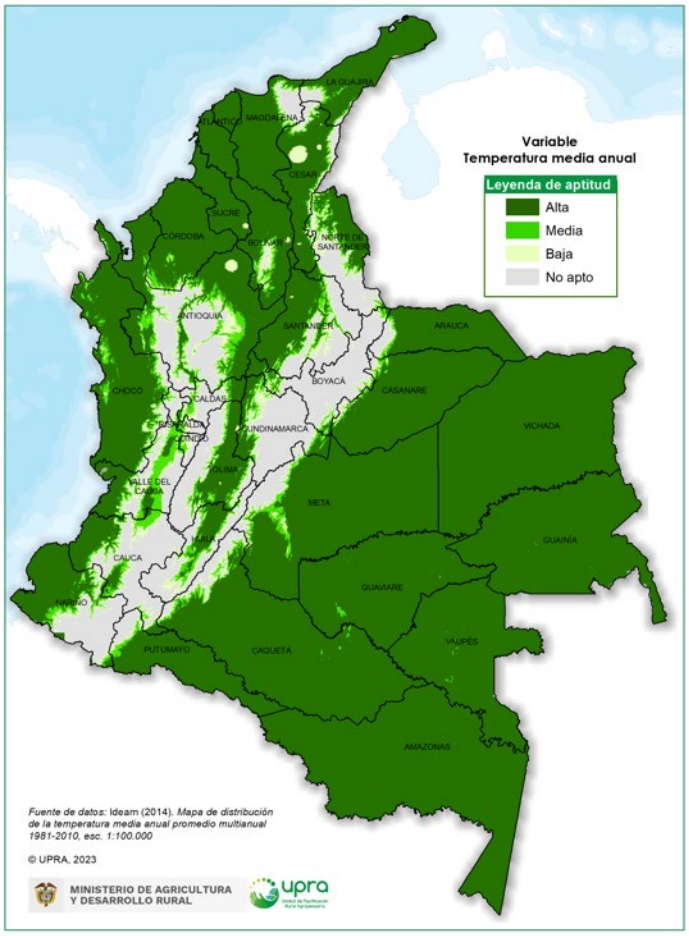
En tanto que los rangos de aptitud para Vigna unguiculata son los siguientes:

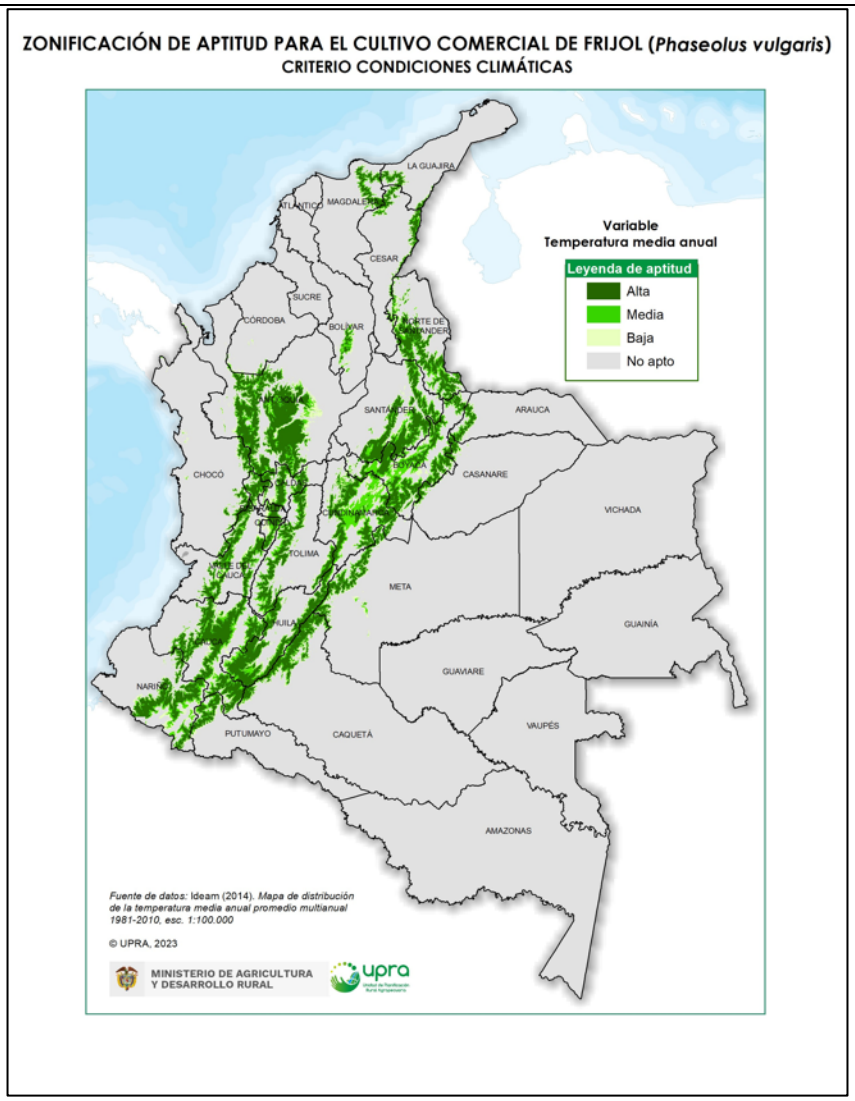
Temperatura media anual °C	Aptitud
24-29	Alta (A1)
22-24	Media (A2)
20-22 y > 29	Baja (A3)
< 20	No apto (N1)

Unidad de análisis	Distribución de la temperatura media anual en el territorio nacional, expresada en °C

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata*)
CRITERIO CONDICIONES CLIMÁTICAS





FUENTES DE INFORMACIÓN

- Campos, D. (2005). Agroclimatología cuantitativa de cultivos. México: Trillas. Recuperado de: < http://www.cenicana.org/investigacion/seica/Compiladolibros2016/Agroclimatologia_cuantitativa_cultivos.pdf>.
- Cuesta et al. ITEA (2005), Metodología operativa para la obtención del coeficiente de cultivo desde imágenes de satélite. España.
- Doorembos J. y Kassam A. (1979). Yield response to water. Estudio de riego y drenaje N°33, FAO, Roma, p. 193.
- FAO. (1976). http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es/. (FAO, Editor, & FAO, Producer) Retrieved Mayo 18, 2016, from http://www.fao.org/:http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es.
- FNC-Cenicafé-2006, 2010, 2011). guías silviculturales.
- Ideam. (2017). Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000. Bogotá: Ideam.

- Ideam. (2017). Mapa distribución del brillo solar medio diario anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000. Bogotá: Ideam.
- Ideam. (2017). Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación y evapotranspiración de referencia, periodo 1981-2010. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2013). Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000), Bogotá DC.

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

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE:** Climático		
CRITERIO ASOCIADO: Condiciones climáticas		
VARIABLE: índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)	**UNIDAD DE MEDIDA:** Índice	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Relación entre precipitación y evapotranspiración de la referencia mensual, llevado a una medida de tendencia anual en función al rendimiento relativo de los cultivos (Doorembos y Kassam,1979).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO		
Esta variable se refiere al potencial de agua que se podría suministrar por la precipitación. las necesidades de agua para los cultivos del fríjol son estimadas a través de la evapotranspiración actual y son suplidos en la medida que la precipitación esté disponible; esta relación indica que cuando los valores están cercanos o iguales a 1, las necesidades de agua están siendo compensadas y, en la medida que se aleja aumentan los déficits hídricos, afectan el potencial de abastecimiento de agua para el crecimiento y desarrollo de los cultivos.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
Se estableció como valor de exclusión técnica (N1), menos de 0,4 de IDHc que ocasionan estrés hídrico y, por lo tanto, imposibilidad para establecer los cultivos de fríjol y de caupí, 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 que tiene cubrimiento nacional son 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 en el modelo el almacenamiento mes a mes, con 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 ésta.

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 *ráster*:

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 estándar.
Eta = evapotranspiración actual, que se refiere 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 fríjol. el cual fue obtenido de FAO. 1.12

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

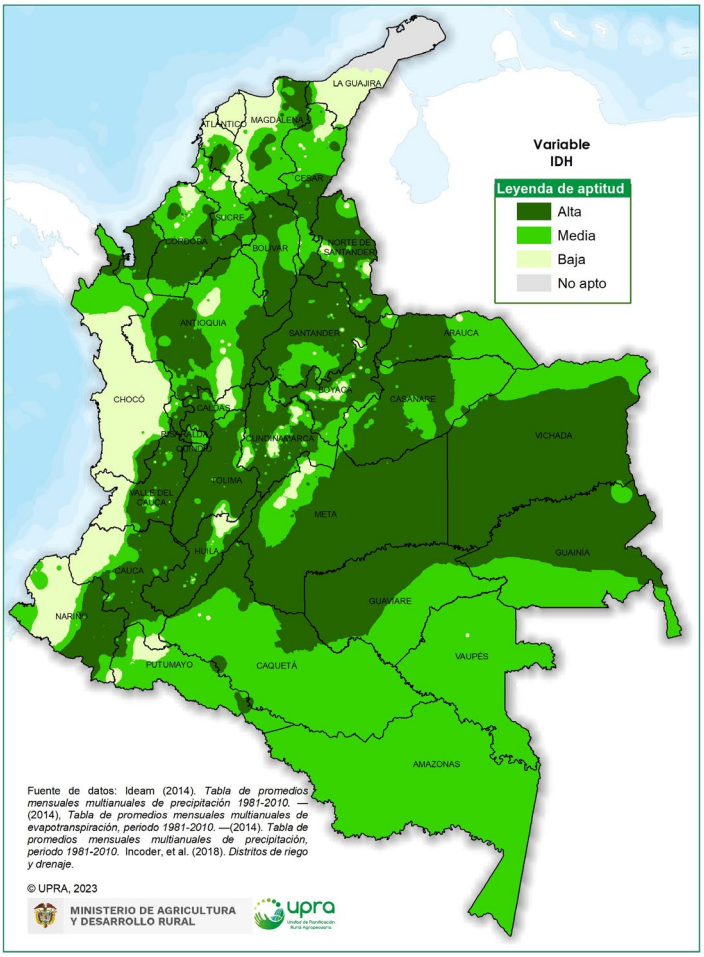
La siguiente tabla presenta los rangos de aptitud para la variable IDHc:

Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)	IDH _ Exceso	Aptitud
0,77-0,99	sin calificación	Alta (A1)
0,705-0,770	2,09-3,2	Media (A2)
0,400-0,705	>3,2	Baja (A3)
<0,4	sin calificación	No apto (N1)

Unidad de análisis	Distribución del IDHc anual

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*)
CRITERIO CONDICIONES CLIMÁTICAS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Campos, D. (2005). Agroclimatología cuantitativa de cultivos. México: Trillas. Recuperado de: < http://www.cenicana.org/investigacion/seica/Compiladolibros2016/Agroclimatologia_cuantitativa_cultivos.pdf>.
- Cuesta et al. ITEA (2005), Metodología operativa para la obtención del coeficiente de cultivo desde imágenes de satélite. España.
- Doorembos, J. y Kassam, A. (1979). Yield response to water. Estudio de riego y drenaje N°33, FAO, Roma, p. 193.
- FAO. (1976). http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es/. (FAO, Editor, & FAO, Producer) Retrieved Mayo 18, 2016, from http://www.fao.org/: http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es.

- FNC-Cenicafé-2006, 2010,2011). guías silviculturales.
- Ideam. (2017). Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación y evapotranspiración de referencia, periodo 1981-2010. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2013). Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000). Bogotá: UPRA.

1.1.3. Variable *meses secos consecutivos*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE:** Climático		
CRITERIO ASOCIADO: Condiciones climáticas		
VARIABLE: meses secos consecutivos	**UNIDAD DE MEDIDA:** meses consecutivos	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Es el período del año en meses consecutivos, cuando el suministro de humedad alimentado por la lluvia es menor que la mitad de la evapotranspiración del cultivo (UNESCO, 2006).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO		
Muestra el comportamiento temporal o estacionalidad de las épocas secas que, para cultivos en secano como el fríjol y el caupí, tienen una incidencia importante en el establecimiento, crecimiento, desarrollo y producción.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
No hay valores de exclusión para esta variable y, los rangos de evaluación se presentan a continuación:		
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 meses secos para los cultivos de estas leguminosas, se centra únicamente en lo climático.		
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 ráster:
Meses secos consecutivos para el fríjol (MSC) se calculó en función de la siguiente ecuación:

MSC = [(P < 0,5ETcmes) + (P < 0,5ETcmes) ……

Donde:

P = precipitación mensual multianual.
ETc = evapotranspiración del cultivo mensual multianual bajo condiciones estándar.

De la base de datos de precipitación (P) y de evapotranspiración de referencia (ETo) del Ideam, de la normal climatológica 1981 al 2010.

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

ETc = Kc * ETo

Donde:

Kc: los coeficientes hídricos del *P. vulgaris* y *V. unguiculata* son 1,05 y 0,85 respectivamente.

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).

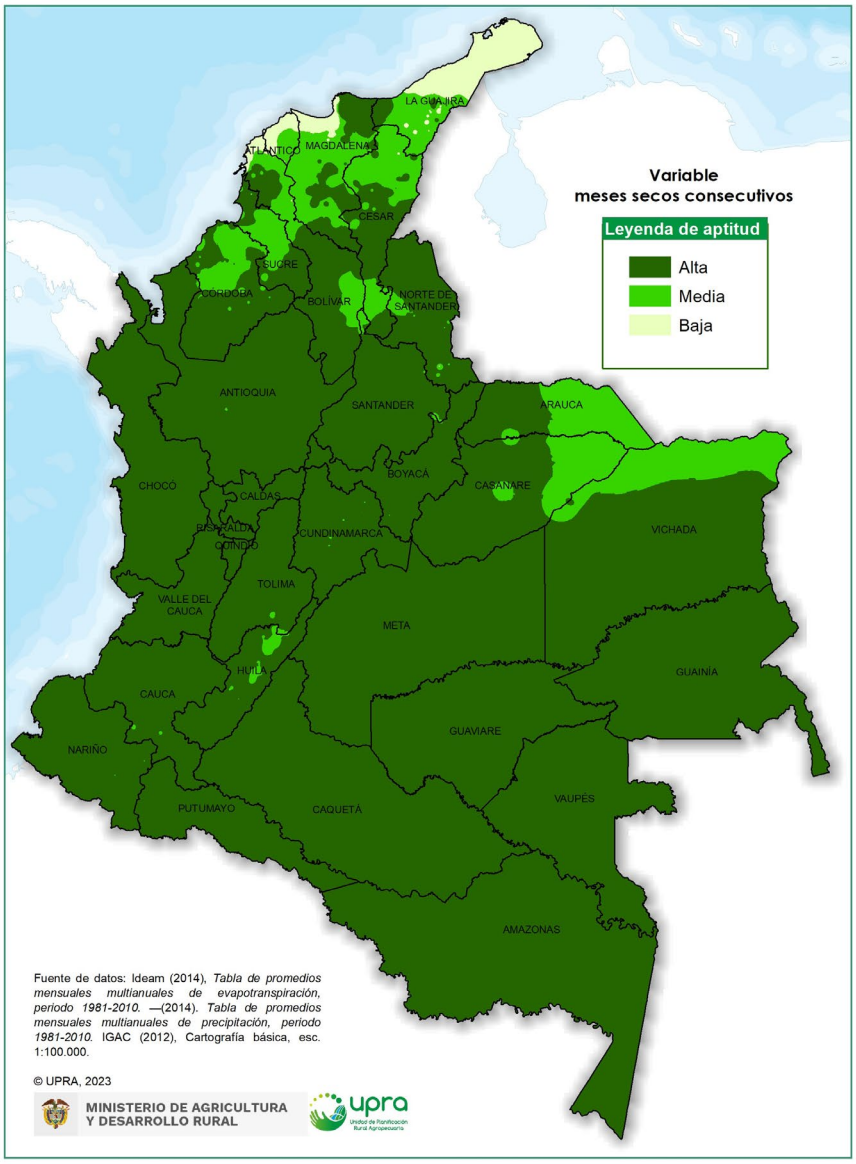
Una vez calculados los valores de MSC mensuales multianuales desde enero hasta diciembre, son sumados; luego son llevados a un periodo anual.
Se presenta en la siguiente tabla los rangos de aptitud de la variable meses secos consecutivos:

Meses secos consecutivos	Aptitud
< 3	Alta (A1)
3-4	Media (A2)
> 4	Baja (A3)
-	No apto (N1)

Unidad de análisis	Distribución de meses secos consecutivos en el territorio nacional

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata*)
CRITERIO CONDICIONES CLIMÁTICAS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Campos, D. (2005). Agroclimatología cuantitativa de cultivos. México: Trillas. Recuperado de: < http://www.cenicana.org/investigacion/seica/Compiladolibros2016/Agroclimatologia_cuantitativa_cultivos.pdf>.
- Cuesta et al. ITEA (2005), Metodología operativa para la obtención del coeficiente de cultivo desde imágenes de satélite. España.

- Doorembos J, y Kassam A. (1979). Yield response to water. Estudio de riego y drenaje N°33, FAO, Roma, p. 193.
- FAO. (1976). http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es/. (FAO, Editor, & FAO, Producer) Retrieved Mayo 18, 2016, from http://www.fao.org/: http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es.
- FNC-Cenicafé (2006, 2010,2011). Guías silviculturales.
- Ideam. (2017). Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación y evapotranspiración de referencia, periodo 1981-2010. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- UNESCO (2006).
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2013). Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000). Bogotá: UPRA.

1.1.4. Variable *brillo solar medio diario anual*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
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	✓
	Restricción 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, 2017).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE PARA EL CULTIVO		
Incide directamente en la eficiencia fotosintética y, en consecuencia, en la tasa de asimilación neta, y en la acumulación de materia seca, es decir, en la producción de fríjol y de caupí.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
No se determinó valor de exclusión técnica (N1) para la variable.		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
No se dispone de una base de datos actualizada de la información de brillo solar de todo el territorio nacional generado por la red de estaciones meteorológicas, ya que la que se tiene normalizada solo está hasta 2010 del Ideam. En consecuencia, el análisis espacial anual, no refleja la condición de insolación actual del país.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		

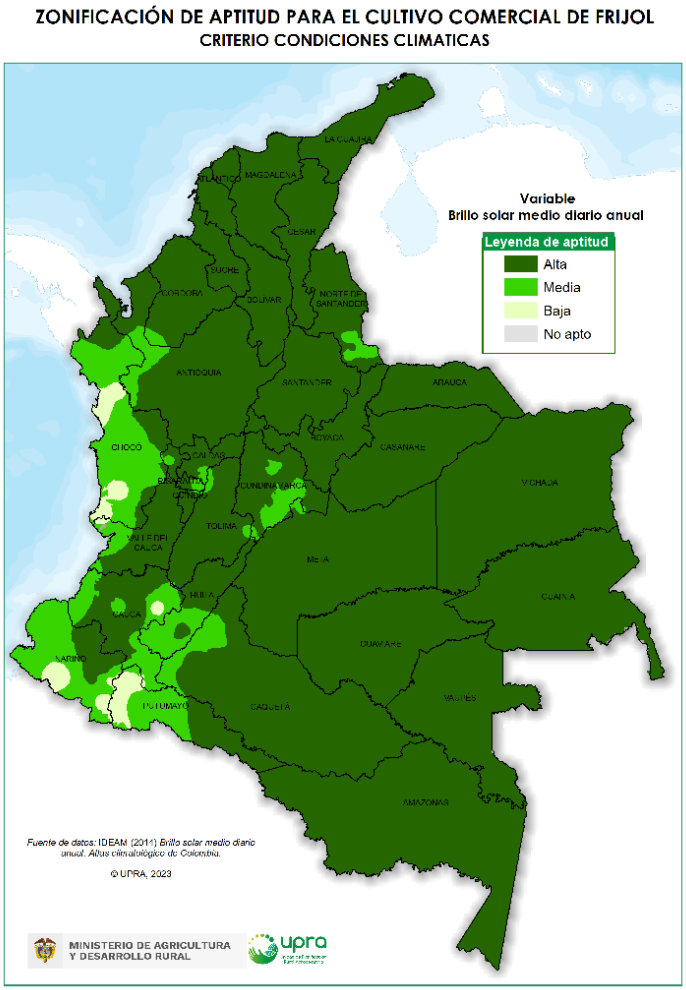
La información utilizada de base para las unidades de brillo solar se toma del mapa de isohelias anuales elaborado por el Ideam (2017) a escala 1:100.000, el cual se basa en una serie histórica de 1981 a 2010.

Se realiza una delimitación espacial del brillo solar, de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo profesional del componente físico. La actividad fue soportada por el grupo TIC de la UPRA.
Los rangos de aptitud para la variable se presentan en la siguiente tabla:

Brillo solar medio diario anual (horas sol/día)	Aptitud
>4	Alta (A1)
3-4	Media (A2)
<3	Baja (A3)
-	No apto (N1)

Unidad de análisis	Distribución del brillo solar medio diario anual

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Campos, D. (2005). Agroclimatología cuantitativa de cultivos. México: Trillas. Recuperado de: < http://www.cenicana.org/investigacion/seica/Compiladolibros2016/Agroclimatologia_cuantitativa_cultivos.pdf>. • Cuesta et al. (2005), Metodología operativa para la obtención del coeficiente de cultivo desde imágenes de satélite. España. • Doorembos J; Kassam A. (1979). Yield response to water. Estudio de riego y drenaje N°33, FAO, Roma, p. 193. • FAO. (1976). http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es/. (FAO, Editor, & FAO, Producer) Retrieved Mayo 18, 2016, from http://www.fao.org/: http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es. • FNC-Cenicafé (2006, 2010,2011). Guías silviculturales. • Ideam. (2017). Mapa distribución del brillo solar medio diario anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000. Bogotá: Ideam. • IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC. • Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2013). Evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios. Metodología a escala general (1:100.000). Bogotá: UPRA.

1.2. Criterio disponibilidad de nutrientes

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE:** Edáfico		
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de nutrientes		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción 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 de un 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).		
IMPORTANCIA DEL CRITERIO		
Considera las relaciones químicas en la zona radicular del suelo, de cara a las posibilidades de absorción de nutrientes disponibles para el crecimiento y desarrollo de las plantas cultivadas. Estas relaciones, según las características de las unidades de tierra a escala 1:100.000, están en función de la acidez o pH, de la capacidad de intercambio catiónico, de la saturación de bases y del contenido de carbono orgánico (FAO, 1976).		

Este criterio contiene las variables que inciden en el aporte y almacenamiento de los nutrientes y está relacionado directamente con los contenidos, en el suelo, de los elementos mayores, secundarios y menores, esenciales para el desarrollo de las plantas de fríjol y de caupí.

En la medida en que los suelos tengan mayores contenidos de nutrientes, es decir, que la saturación de bases y capacidad de intercambio catiónico sean altas y el pH sea adecuado, las plantas tienen la posibilidad de obtener los nutrientes del suelo en forma fácil y oportuna, lo cual se verá reflejado en el buen desarrollo de los cultivos.

LIMITANTES DE 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 pequeñas con aptitud diferente al componente calificado.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Como exclusión se encuentran los suelos denominados Histosoles, los cuales se califican como no aptos (N1), debido a las implicaciones en la liberación de gases de efecto invernadero, especialmente suelos orgánicos de los páramos y humedales que no han sido intervenidos (no han sido drenados ni mecanizados), lo cual también conlleva, a la pérdida de biodiversidad y de sus servicios ecosistémicos de regulación hídrica, reservorios de carbono, fijación de nitrógeno (MinAmbiente, 2020).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

Los valores que definen los rangos de aptitud para cada una de las variables involucradas en el criterio se extrajeron del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

Rangos de las variables para *Phaseolus vulgaris* L.

Variable	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Acidez	pH	≥ 5,0-≤ 6,5	≥4,5-≤4,9 y ≥6,5-≤7,3	< 4,5 y > 7,3	
Saturación de bases	%	≥ 20	≥ 10-≤ 20	< 10	
Carbono orgánico	%	> 1,4 -7,6, Andisoles	0,5-1,4 y > 7,6	< 0,5	Histosoles
Capacidad de intercambio catiónico	cmol/kg de suelo	≥ 20	≥ 10-≤ 20	< 10	

Rangos de las variables para *Vigna unguiculata*

Variable	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Acidez	pH	≥ 5,5-≤ 7,0	≥5,0-≤5,4 y ≥7,1-≤7,8	< 5,0 y > 7,8	

Saturación de bases	%	≥ 35	≥ 10-≤ 35	< 10	
Carbono orgánico	%	> 0,5 -7,6, Andisoles	0,2-0,5 y > 7,6	< 0,2	Histosoles
Capacidad de intercambio catiónico	cmol/kg de suelo	≥ 20	≥ 10-≤ 20	< 10	

Los rangos de aptitud de cada una de las variables están dados de acuerdo con diferentes consultas con el gremio de los cultivadores (Fenalce) y literatura relacionada.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Para discriminar los diferentes niveles de aptitud, se construyó una tabla de ponderación mediante la asignación porcentual a cada una de las variables que conforman el criterio de acuerdo con la limitación que cada una de las variables representan en el desarrollo del cultivo de fríjol (acidez 30 %; capacidad de Intercambio catiónico, 30 %; saturación de bases 10 % y carbono orgánico, 30) y para caupí (acidez 30 %; capacidad de Intercambio catiónico, 10 %; saturación de bases 30 % y carbono orgánico, 30). Los rangos de calificación en la suma ponderada son: A1 >2,5; A2 >2 y <2,5, A3 ≤ 2.

Se determinó que los suelos Andisoles tienen calificación de aptitud alta (A1), ya que, en condiciones naturales tienen altos contenidos de carbono orgánico, mientras que los Histosoles son excluidos por razones ambientales.

Árbol de decisión del criterio para *Phaseolus vulgaris* L.

Acidez (pH)	Saturación de bases	Capacidad de Intercambio catiónico	Carbono orgánico	Aptitud
5,5-6,5	> 20	> 20	> 1,4 -7,6, Andisoles	A1
			0,5-1,4; > 7,6	A1
			< 0,5	A2
		≥ 10-≤ 20	> 1,4 -7,6, Andisoles	A1
			0,5-1,4; > 7,6	A2
			< 0,5	A2
		< 10	> 1,4 -7,6, Andisoles	A2
			0,5-1,4; > 7,6	A2
			< 0,5	A3
	10-20	> 20	> 1,4 -7,6, Andisoles	A1
			0,5-1,4; > 7,6	A1
			< 0,5	A2
		≥ 10-≤ 20	> 1,4 -7,6, Andisoles	A1
			0,5-1,4; > 7,6	A2
			< 0,5	A3
		< 10	> 1,4 -7,6, Andisoles	A2
			0,5-1,4; > 7,6	A3
			< 0,5	A3

	< 10	> 20	> 1,4 -7,6, Andisoles	A1
			0,5-1,4; > 7,6	A2
			< 0,5	A2
		≥ 10-≤ 20	> 1,4 -7,6, Andisoles	A2
			0,5-1,4; > 7,6	A2
			< 0,5	A3
		< 10	> 1,4 -7,6, Andisoles	A2
			0,5-1,4; > 7,6	A3
			< 0,5	A3
4,5-4,9 y 6,5 -7,3	> 20	> 20	> 1,4 -7,6, Andisoles	A1
			0,5-1,4; > 7,6	A2
			< 0,5	A2
		≥ 10-≤ 20	> 1,4 -7,6, Andisoles	A2
			0,5-1,4; > 7,6	A2
			< 0,5	A3
		< 10	> 1,4 -7,6, Andisoles	A2
			0,5-1,4; > 7,6	A3
			< 0,5	A3
	10-20	> 20	> 1,4 -7,6, Andisoles	A1
			0,5-1,4; > 7,6	A2
			< 0,5	A3
		≥ 10-≤ 20	> 1,4 -7,6, Andisoles	A2
			0,5-1,4; > 7,6	A3
			< 0,5	A3
		< 10	> 1,4 -7,6, Andisoles	A3
			0,5-1,4; > 7,6	A3
			< 0,5	A3
	< 10	> 20	> 1,4 -7,6, Andisoles	A2
			0,5-1,4; > 7,6	A2
			< 0,5	A3
		≥ 10-≤ 20	> 1,4 -7,6, Andisoles	A2
			0,5-1,4; > 7,6	A3
			< 0,5	A3
		< 10	> 1,4 -7,6, Andisoles	A3
			0,5-1,4; > 7,6	A3
			< 0,5	A3
< 4,5 y > 7,3	> 20	> 20	> 1,4 -7,6, Andisoles	A2
			0,5-1,4; > 7,6	A2
			< 0,5	A3
		≥ 10-≤ 20	> 1,4 -7,6, Andisoles	A2
			0,5-1,4; > 7,6	A3
			< 0,5	A3

		< 10	> 1,4 -7,6, Andisoles	A3
			0,5-1,4; > 7,6	A3
			< 0,5	A3
	10-20	> 20	> 1,4 -7,6, Andisoles	A2
			0,5-1,4; > 7,6	A3
			< 0,5	A3
		≥ 10-≤ 20	> 1,4 -7,6, Andisoles	A3
			0,5-1,4; > 7,6	A3
			< 0,5	A3
		< 10	> 1,4 -7,6, Andisoles	A3
			0,5-1,4; > 7,6	A3
			< 0,5	A3
	< 10	> 20	> 1,4 -7,6, Andisoles	A2
			0,5-1,4; > 7,6	A3
			< 0,5	A3
		≥ 10-≤ 20	> 1,4 -7,6, Andisoles	A3
			0,5-1,4; > 7,6	A3
			< 0,5	A3
		< 10	> 1,4 -7,6, Andisoles	A3
			0,5-1,4; > 7,6	A3
			< 0,5	A3
			Histosoles	N1

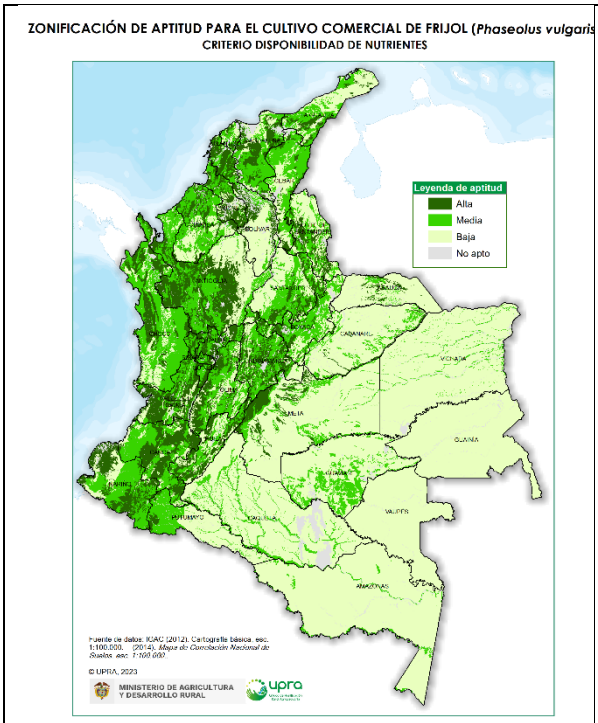
Árbol de decisión del criterio para *Vigna unguiculata*

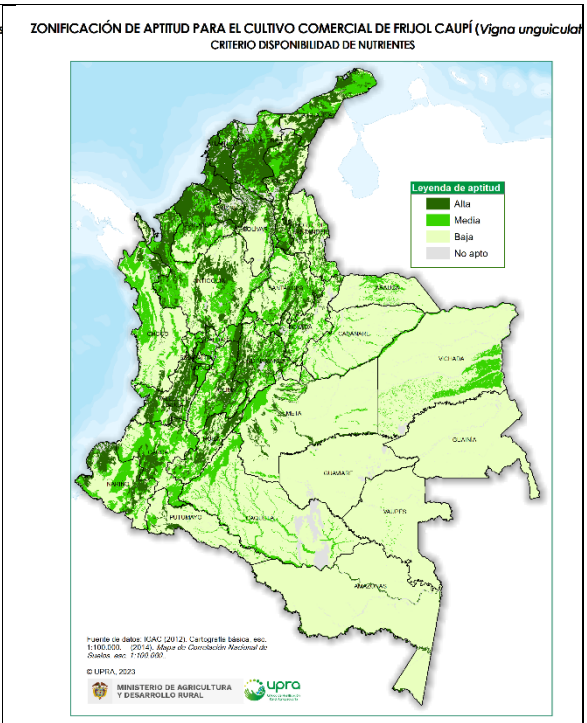
Acidez (pH)	Saturación de bases	Capacidad de Intercambio catiónico	Carbono orgánico	Aptitud
5,5-7,0	> 35	> 20	> 0,5 -7,6, Andisoles	A1
			0,2-0,5; > 7,6	A1
			< 0,2	A2
		≥ 10-≤ 20	> 0,5 -7,6, Andisoles	A1
			0,2-0,5; > 7,6	A1
			< 0,2	A2
		< 10	> 0,5 -7,6, Andisoles	A1
			0,2-0,5; > 7,6	A2
			< 0,2	A2
	10-35	> 20	> 0,5 -7,6, Andisoles	A1
			0,2-0,5; > 7,6	A2
			< 0,2	A2
		≥ 10-≤ 20	> 0,5 -7,6, Andisoles	A1
			0,2-0,5; > 7,6	A2

			< 0,2	A3
		< 10	> 0,5 -7,6, Andisoles	A2
			0,2-0,5; > 7,6	A2
			< 0,2	A3
	< 10	> 20	> 0,5 -7,6, Andisoles	A2
			0,2-0,5; > 7,6	A2
			< 0,2	A3
		≥ 10-≤ 20	> 0,5 -7,6, Andisoles	A2
			0,2-0,5; > 7,6	A3
			< 0,2	A3
		< 10	> 0,5 -7,6, Andisoles	A2
			0,2-0,5; > 7,6	A3
			< 0,2	A3
5,0-5,4 y 7,1 -7,8	> 35	> 20	> 0,5 -7,6, Andisoles	A1
			0,2-0,5; > 7,6	A2
			< 0,2	A2
		≥ 10-≤ 20	> 0,5 -7,6, Andisoles	A1
			0,2-0,5; > 7,6	A2
			< 0,2	A3
		< 10	> 0,5 -7,6, Andisoles	A2
			0,2-0,5; > 7,6	A2
			< 0,2	A3
	10-35	> 20	> 0,5 -7,6, Andisoles	A2
			0,2-0,5; > 7,6	A2
			< 0,2	A3
		≥ 10-≤ 20	> 0,5 -7,6, Andisoles	A2
			0,2-0,5; > 7,6	A3
			< 0,2	A3
		< 10	> 0,5 -7,6, Andisoles	A2
			0,2-0,5; > 7,6	A3
			< 0,2	A3
	< 10	> 20	> 0,5 -7,6, Andisoles	A2
			0,2-0,5; > 7,6	A3
			< 0,2	A3
		≥ 10-≤ 20	> 0,5 -7,6, Andisoles	A3
			0,2-0,5; > 7,6	A3
			< 0,2	A3
		< 10	> 0,5 -7,6, Andisoles	A3
			0,2-0,5; > 7,6	A3
			< 0,2	A3
< 5,0 y > 7,8	> 35	> 20	> 0,5 -7,6, Andisoles	A2
			0,2-0,5; > 7,6	A2

			< 0,2	A3
		≥ 10-≤ 20	> 0,5 -7,6, Andisoles	A2
			0,2-0,5; > 7,6	A3
			< 0,2	A3
		< 10	> 0,5 -7,6, Andisoles	A2
			0,2-0,5; > 7,6	A3
			< 0,2	A3
	10-35	> 20	> 0,5 -7,6, Andisoles	A2
			0,2-0,5; > 7,6	A3
			< 0,2	A3
		≥ 10-≤ 20	> 0,5 -7,6, Andisoles	A3
			0,2-0,5; > 7,6	A3
			< 0,2	A3
		< 10	> 0,5 -7,6, Andisoles	A3
			0,2-0,5; > 7,6	A3
			< 0,2	A3
	< 10	> 20	> 0,5 -7,6, Andisoles	A3
			0,2-0,5; > 7,6	A3
			< 0,2	A3
		≥ 10-≤ 20	> 0,5 -7,6, Andisoles	A3
			0,2-0,5; > 7,6	A3
			< 0,2	A3
		< 10	> 0,5 -7,6, Andisoles	A3
			0,2-0,5; > 7,6	A3
			< 0,2	A3
			Histosoles	N1

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO





FUENTES DE INFORMACIÓN

- FAO. (1976). «A Framework for Land Evaluation». En: Soils Bulletin 32. Roma: FAO.
- IGAC. (2010). Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos). Bogotá: IGAC. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- USDA. (1961). Land-Capability Classification. Agriculture Handbook No. 210. EUA: Soil Conservation Service USDA.

1.2.1. Variable *acidez (pH)*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE:** Edáfico		
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de nutrientes		
VARIABLE: acidez (pH)	**UNIDAD DE MEDIDA: pH**	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		

La acidez, pH o *reacción del suelo* es la designación numérica expresada como pH. Con esta notación, pH 7 es neutral. Valores inferiores a 7 indican acidez y los valores más altos indican alcalinidad (USDA, 2017).

pH: este término fue introducido por Sörensen en 1909 para expresar las actividades de los iones H^+ (αH^+) como una función logarítmica, por lo cual corresponde al logaritmo negativo de la actividad de iones H^+ en la solución o suspensión del suelo (Garavito, 1979).

El pH puede definirse como:

$$\mathrm{pH} = \log \frac{1}{\log(\propto \mathrm{H}^+)} = -\log \propto \mathrm{H}^+ = -\log(\propto \mathrm{H}^+)$$

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

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

El pH del suelo tiene una importancia determinante para la disponibilidad de los iones nutritivos, lo cual incide directamente en el crecimiento vegetal porque afecta principalmente:

- La disponibilidad de los nutrientes. Valores extremos de pH pueden provocar la precipitación de ciertos nutrientes y su permanencia en formas no disponibles para las plantas.

- El proceso fisiológico de absorción de nutrientes por parte de las raíces. Todas las especies vegetales presentan rangos característicos de pH en los que la toma de nutrientes es ideal; fuera de ellos, la absorción se dificulta y si los valores de pH son extremos, puede verse deteriorado el sistema radical o presentarse toxicidades debidas a la excesiva absorción de elementos fitotóxicos (especialmente aluminio).
- La actividad microbiana, indispensable en la transformación de elementos que se presentan en formas no asimilables hacia otras que sí lo son.

- Particularmente, para el cultivo del fríjol y de caupí, lo ideal es que la acidez de los suelos esté cercana a la neutralidad, debido a que, para la buena nodulación de *Rhizobium japonicum*, es muy importante la absorción de molibdeno, el cual tiene buena asimilación con pH de 6,5 en adelante, siendo ideal que se encuentre mayor de 7,0.

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

Para los cultivos del fríjol y de caupí, no se consideraron rangos no aptos (N1), puesto que los valores extremos pueden corregirse mediante el uso de enmiendas, aunque esto representa incrementar los costos de producción.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Debido a que la mayoría de las unidades cartográficas de suelos a escala 1:100.000 son asociaciones y se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; implica que dentro de la unidad existen áreas de diferentes tamaños que tienen pH y clase de aptitud diferentes al componente calificado.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se toman como referencia los rangos de pH del manual codificado de reconocimiento de suelos (IGAC, 2010), donde se clasifica de la siguiente manera:

pH	Clase
< 3,5	Ultra ácido
3,5-4,4	Extremadamente ácido
4,5-5,0	Muy fuertemente ácido
5,1-5,5	Fuertemente ácido
5,6-6,0	Moderadamente ácido
6,1-6,5	Ligeramente ácido
6,6-7,3	Neutro
7,4-7,8	Ligeramente alcalino
7,9-8,4	Moderadamente alcalino
8,5-9,0	Fuertemente alcalino
> 9,0	Muy fuertemente alcalino

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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Basados en los rangos recomendados (Arias et al., 2007; Ávila M., et al, 2014; Cámara de Comercio de Bogotá, 2015; CIAT, 1994; Escoto, 2004; Hernández, 2009; INIA, 2001; IICA, RED SICTA y COSUDE, 2009; Jara y Giraldo, 2016; Universidad de Sonora, 2014), se establecieron los rangos de calificación de esta variable a partir de los datos de laboratorio que aparecen en los perfiles modales tenidos en cuenta en la base de datos.

Rangos para *Phaseolus vulgaris* L.

Acidez (pH)	Aptitud
≥ 5,0-≤ 6,5	Alta (A1)
≥4,5-≤4,9 y ≥6,5-≤7,3	Media (A2)
< 4,5 y > 7,3	Baja (A3)

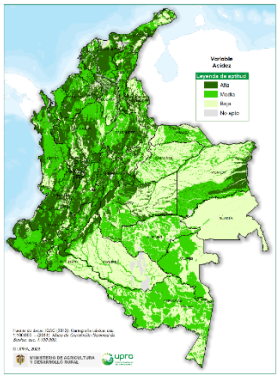
Rangos para *Vigna unguiculata*.

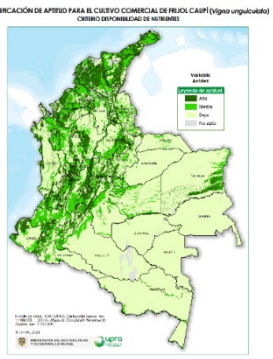
Acidez (pH)	Aptitud
≥ 5,5-≤ 7,0	Alta (A1)
≥5,0-≤5,4 y ≥7,1-≤7,8	Media (A2)
< 5,0 y > 7,8	Baja (A3)

Los rangos de aptitud están dados de acuerdo con diferentes consultas con el gremio de los productores (Fenalce) y la literatura relacionada.

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE





FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arias, J.H., Jaramillo, M. y Rengifo, T. (2007). Manual: Buenas Prácticas Agrícolas, en la Producción de Fríjol Voluble. FAO, Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación "La Selva".
- Ávila M., José et al. (2014). El cultivo del fríjol. Sistemas de producción en el noroeste de México. Universidad de Sonora. División de ciencias biológicas y de la salud. Departamento de agricultura y ganadería.
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). Manual: Fríjol. Programa de apoyo agrícola y agroindustrial. Vicepresidencia de fortalecimiento empresarial. Cámara de comercio de Bogotá.
- CIAT. (1994). Problemas de Producción del Fríjol en los Trópicos. Recuperado de: https://core.ac.uk/download/pdf/132664941.pdf.
- Escoto, G. y Norman D. (2004). El cultivo de fríjol. Secretaría de Agricultura y Ganadería Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. Manual técnico para uso de empresas privadas, consultores individuales y productores. Tegucigalpa M. D. C.
- Garavito, F. (1979). Propiedades químicas de los suelos, 2 ed. Bogotá: IGAC. p. 30 y 128.
- Hernández F., Juan C. 2009. Cultivo de fríjol. Manual de recomendaciones técnicas. San José de Costa Rica.
- IGAC. (2010). Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos). Bogotá: IGAC. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IICA, RED SICTA y COSUDE. (2009). Guía técnica para el cultivo de fríjol en los municipios de Santa Lucía, Teustepe y San Lorenzo del departamento de Boaco, Nicaragua. Proyecto Innovaciones para mejorar la competitividad de la cadena agroindustrial de granos y semillas de fríjol de los socios de ASOPROL.
- INIA. (2001). El cultivo del fríjol en la costa del Perú. Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). Dirección General de Investigación Agraria. Lima-Perú.
- Jara Carlos E. y Giraldo C., Diana. (2016). Manejo agronómico de fríjol. Cartilla 1. CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cambio Climático Agricultura y Seguridad Alimentaria (CGIAR-CCAFS).

- Universidad de Sonora. 2014. El cultivo del fríjol. Sistemas de producción en el noroeste de México. División de ciencias biológicas y de la salud. Departamento de agricultura y ganadería. Recuperado de: https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20FRÍJOL.pdf.
- USDA. (2017). Soil sourvey manual. Recuperado de: https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf.

1.2.2. Variable *saturación de bases*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
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	✓
	Restricción 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 según si la capacidad de intercambio catiónico 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		
Estima la cantidad de los elementos nutrientes (bases) del suelo, la cual determina el manejo químico de las tierras y su productividad natural. El contenido alto de saturación de bases indica que el complejo de cambio está saturado con elementos nutritivos para las plantas. Una mayor saturación de bases indica disponibilidad de nutrientes para las plantas, especialmente cuando la capacidad de intercambio catiónico es elevada. Cuando en condiciones naturales los contenidos de bases son bajos, deben adicionarse fertilizantes, lo cual implica aumento de los costos de producción en el cultivo del fríjol y de caupí. La saturación de bases cambiables, calculada mediante la proporción que ocupan en la CIC, disminuye a medida que aumenta el grado de lavado y el intemperismo de los suelos (Malagón, 1995).		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
No se determinaron áreas no aptas (N1) por esta variable, debido a que, en las unidades de tierras con baja saturación de bases, se pueden aplicar enmiendas para incrementar su contenido, como parte del manejo del cultivo.		

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

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

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

Se toma como base la tabla de evaluación de fertilidad de los suelos (IGAC, 2010).

Porcentaje de saturación de bases					
Rango	< 10	10-35	36-50	51-70	> 70

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

De acuerdo con los requerimientos de contenido de nutrientes o fertilidad de los suelos (Arias et al., 2007; CIAT, 1994; Jara y Giraldo, 2016; Universidad de Sonora, 2014), los rangos estimados de la variable, para los cultivos de fríjol y caupí, son los siguientes:

Rangos de aptitud para *Phaseolus vulgaris* L.

Saturación de bases	Aptitud
≥ 20	Alta (A1)
≥ 10-≤ 20	Media (A2)
< 10	Baja (A3)

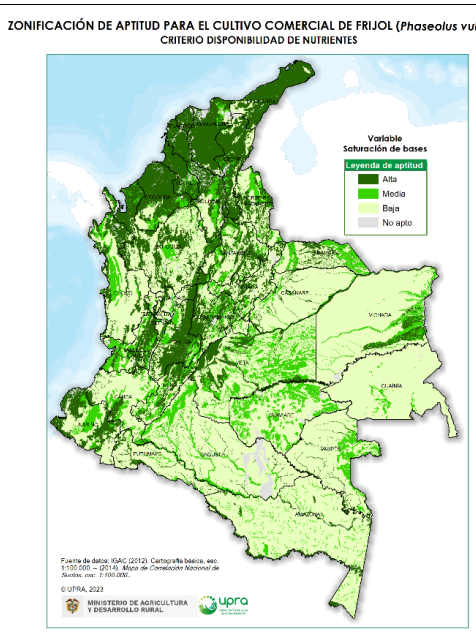
Rangos de aptitud para *Vigna unguiculata*

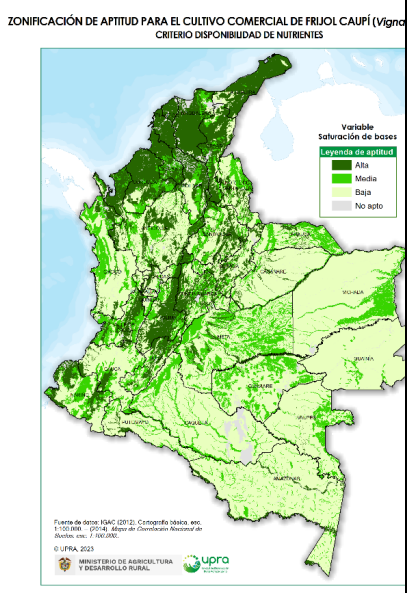
Saturación de bases	Aptitud
≥ 35	Alta (A1)
≥ 10-≤ 35	Media (A2)
< 10	Baja (A3)

Los rangos de aptitud están dados de acuerdo con diferentes consultas con el gremio de los productores (Fenalce) y la literatura relacionada.

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE





FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arias J.H., Jaramillo, M. y Rengifo, T. (2007). Manual: Buenas Prácticas Agrícolas, en la Producción de Fríjol Voluble. FAO, Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación "La Selva".
- CIAT. (1994). Problemas de Producción del Fríjol en los Trópicos. Recuperado de: https://core.ac.uk/download/pdf/132664941.pdf.
- IGAC. (2010). Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos). Bogotá: IGAC. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Jara Carlos E. y Giraldo C., Diana. (2016). Manejo agronómico de fríjol. Cartilla 1. CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cambio Climático Agricultura y Seguridad Alimentaria (CGIAR-CCAFS).
- Malagón, D. (1995). Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Bogotá: IGAC. p. 423-427.
- Soil Science Society of America. (2018). Glossary of Soils Science Terms. Recuperado de: <https://www.soils.org/publications/soils-glossary?ssoContinue=1#>.
- Universidad de Sonora. (2014). El cultivo del fríjol. Sistemas de producción en el noroeste de México. División de ciencias biológicas y de la salud. Departamento de agricultura y ganadería. Recuperado de: https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20FRÍJOL.pdf.

1.2.3. Variable *carbono orgánico*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE	
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y**

<table>
<tr><td></td><td colspan="2">radical; y de caupí (Vigna unguiculata (L.) Walp.)</td></tr>
<tr><td colspan="3">COMPONENTE: Físico SUBCOMPONENTE: Edáfico</td></tr>
<tr><td colspan="3">CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de nutrientes</td></tr>
<tr><td>VARIABLE: carbono orgánico</td><td colspan="2">UNIDAD DE MEDIDA: porcentaje (%)</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>Restricción legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">DEFINICIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="3">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).</td></tr>
<tr><td colspan="3">IMPORTANCIA DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="3">El carbono orgánico del suelo es el principal elemento que forma parte de la materia orgánica, por esto es común que se hable indistintamente de uno u otro. Se relaciona con la cantidad y disponibilidad de nitrógeno en el suelo, cuyo aporte mineral es escaso. La materia orgánica también modifica el grado de acidez hacia valores cercanos a neutros, aumenta la solubilidad de varios nutrientes y proporciona coloides de alta capacidad de intercambio catiónico.

En las propiedades físicas, modifica la estructura y regula la distribución de los poros; en cuanto la parte biológica, el carbono es esencial, 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).

El carbono o la materia orgánica es considerada en los cultivos, además de los efectos positivos anteriores, por el aporte de nitrógeno, fósforo y azufre al suelo, principalmente; en el caso particular del fríjol y caupí, tienen la propiedad de fijar el nitrógeno atmosférico en forma simbiótica a través de la nodulación de la bacteria Rhizobium japonicum, llegando a satisfacer parcial o totalmente las necesidades de la planta, sin tener que recurrir a la fertilización nitrogenada.</td></tr>
<tr><td colspan="3">VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO</td></tr>
<tr><td colspan="3">Como exclusión se encuentran los suelos denominados Histosoles, los cuales se califican como no aptos (N1), debido a las implicaciones en la liberación de gases de efecto invernadero, especialmente suelos orgánicos de los páramos y humedales que no han sido intervenidos (no han sido drenados ni mecanizados), lo cual también conlleva, a la pérdida de biodiversidad y de sus servicios ecosistémicos de regulación hídrica, reservorios de carbono, fijación de nitrógeno (MinAmbiente, 2020).</td></tr>
<tr><td colspan="3">LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="3">La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, escala 1:100.000, son asociaciones y se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad, lo cual significa que, dentro de ésta, existen áreas de diferentes tamaños que tienen variadas cantidades de carbono orgánico y aptitud diferente al componente calificado.</td></tr>
</table>

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La variable se construyó a partir del contenido de carbono orgánico registrado en la información de los resultados de laboratorio de suelos que proporciona la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos, así como los órdenes taxonómicos de suelos que presentan íntima relación con el carbono orgánico, como lo son los Histosoles y Andisoles (IGAC, 2014). Los valores de los contenidos de carbono orgánico del suelo se tomaron de los horizontes superficiales del perfil modal.

Se tiene en cuenta la tabla para el cálculo de la fertilidad de los suelos (IGAC, 2010), la cual discrimina los contenidos de acuerdo con el clima donde se encuentra, considerando que los las especies priorizadas (fríjol y caupí) son de clima cálido y templado y frío.

Rangos de carbono orgánico (%)					
Clima cálido	< 0,2	0,2-0,5	0,51-1,7	1,71-2,9	> 3,0
Clima medio	≤ 0,5	0,6-1,7 >7,6	1,8-2,9 y 6,5-7,6	3,0-4,1 y 5,4-6,5	4,2-5,3

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para asignar los valores de aptitud para la variable se construyen teniendo en cuenta los requerimientos de materia orgánica y de nitrógeno referenciados para el cultivo (Arias et al., 2007; CIAT, 1994; Jara y Giraldo, 2016; Universidad de Sonora, 2014), de la siguiente forma:

Los rangos considerados son bajos, debido a que, como se mencionó anteriormente, las plantas de fríjol y caupí, pueden fijar nitrógeno atmosférico en forma simbiótica.

Rangos de aptitud para *Phaseolus vulgaris* L.

Saturación de bases	Aptitud
> 1,4 -7,6, Andisoles	Alta (A1)
0,5-1,4 y > 7,6	Media (A2)
< 0,5	Baja (A3)
Histosoles	No apto (N1)

Rangos de aptitud para *Vigna unguiculata*

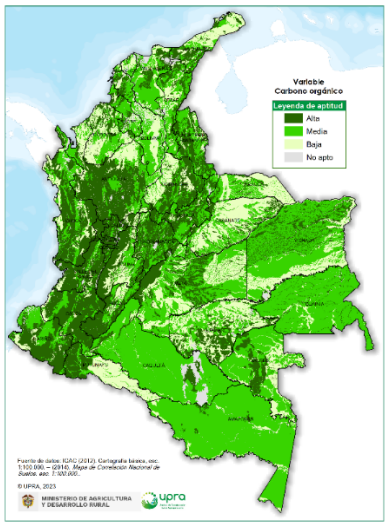
Saturación de bases	Aptitud
> 0,5 -7,6, Andisoles	Alta (A1)
0,2-0,5 y > 7,6	Media (A2)
< 0,2	Baja (A3)
Histosoles	No apto (N1)

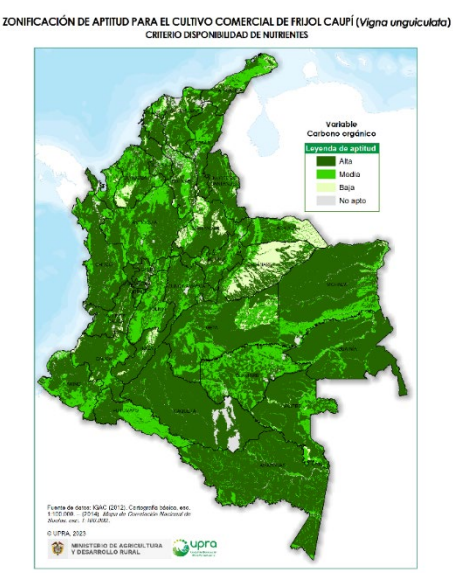
Los Andisoles e Histosoles tienen calificaciones diferentes porque en condiciones naturales tienen altos contenidos de materia orgánica. Se consideró un valor hasta de 7,6, donde el contenido de carbono comienza a afectar la absorción de elementos menores.

Los rangos de aptitud están dados de acuerdo con diferentes consultas con Fenalce y literatura relacionada.

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE





FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arias, J.H., Jaramillo, M. y Rengifo, T. (2007). Manual: Buenas Prácticas Agrícolas, en la Producción de Fríjol Voluble. FAO, Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación "La Selva".
- Borie, G.; Aguilera, S. y Peirano, P. (1999). «Actividad biológica en suelos». En: Frontera Agrícola 5. p. 29-32.
- CIAT. (1994). Problemas de Producción del Fríjol en los Trópicos. Recuperado de: https://core.ac.uk/download/pdf/132664941.pdf.
- IGAC. (2010). Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos). Bogotá: IGAC. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Jackson, M. L. (1958). Soil chemical analysis. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, N.J. p. 205.
- Jara Carlos E. y Giraldo C., Diana. (2016). Manejo agronómico de fríjol. Cartilla 1. CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cambio Climático Agricultura y Seguridad Alimentaria (CGIAR-CCAFS).
- MinAmbiente. (2020). Plan nacional de adaptación al cambio climático. Recuperado en diciembre 15 de 2020. De https://www.minambiente.gov.co/index.php/plan-nacional-de-adaptacion-al-cambio-climatico-pnacc/plan-nacional-de-adaptacion-al-cambio-climatico-pnacc.
- Universidad de Sonora. (2014). El cultivo del fríjol. Sistemas de producción en el noroeste de México. División de ciencias biológicas y de la salud. Departamento de agricultura y ganadería. Recuperado de: https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20FRÍJOL.pdf.

1.2.4. Variable *capacidad de intercambio catiónico*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE:** Edáfico		
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de nutrientes		
VARIABLE: capacidad de intercambio catiónico	**UNIDAD DE MEDIDA:** cm/kg de suelo	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

De acuerdo con Chapman (Malagón, 1995), los cationes retenidos en la superficie de minerales del suelo y dentro del enrejado cristalino de algunos minerales y los que hacen parte de ciertos compuestos orgánicos pueden ser reversiblemente 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.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

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).

La CIC tiene gran influencia en las propiedades químicas, físicas y biológicas de los suelos. Es un indicador de la fertilidad de los suelos, dado que controla la disponibilidad de nutrientes para las plantas del fríjol. Interviene en los procesos de floculación y dispersión de la arcilla y, por consiguiente, en la estructura y estabilidad de los agregados.

El suelo no solamente retiene los elementos denominados mayores (N, P, K) y los secundarios (Ca, Mg y S), sino los elementos menores o micronutrientes (Fe, B, Mn, Zn, Cl, Mo, Cu, Ni), necesarios para la nutrición del fríjol y del caupí, y es un indicativo de la capacidad reguladora de los suelos (capacidad de evitar cambios bruscos en el pH del suelo o capacidad amortiguadora contra ellos).

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

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

No se determinó área con categoría no apto (N1) para esta variable, debido a que en tierras con baja CIC se les puede aplicar enmiendas como la materia orgánica para mejorar la capacidad de intercambio de cationes.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a escala 1:100.000, son asociaciones y se califica el componente taxonómico de mayor representatividad

dentro de la unidad; esto significa que dentro de la unidad existen áreas de diferentes tamaños que tienen CIC de diferente aptitud al componente calificado.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

Para asignar las calificaciones se tiene en cuenta las consideraciones generales para interpretar análisis de suelos (IGAC, 2010).

CIC (cmol ($^{+}$) /kg de suelo)	Apreciación
≥ 20	Alta (A1)
10-20	Media (A2)
< 10	Baja (A3)

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

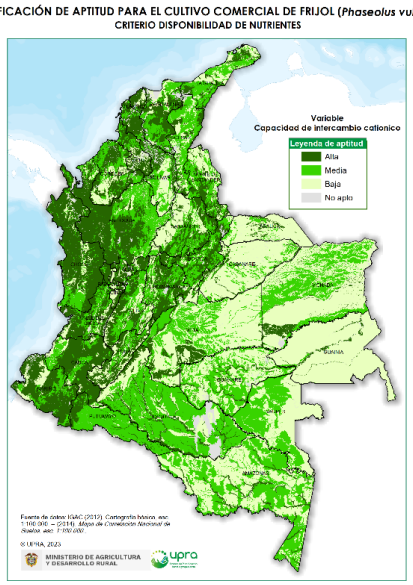
Los límites de variación se conforman tomando los valores considerados en la tabla original, con los siguientes rangos de aptitud:

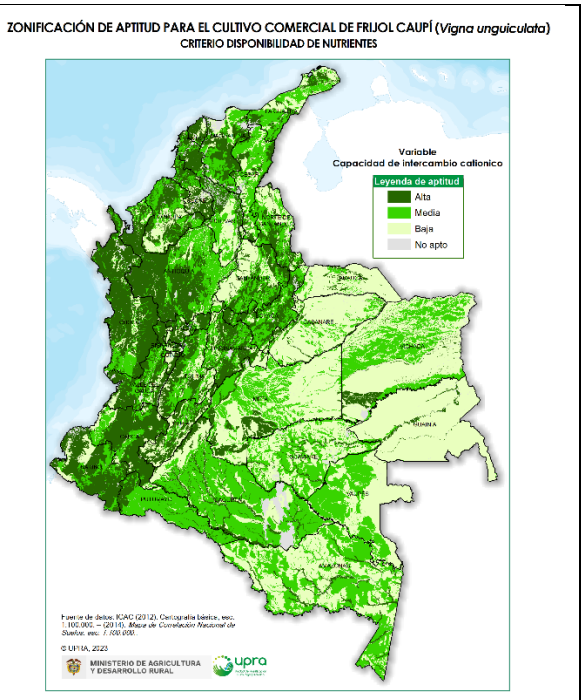
Saturación de bases	Aptitud
≥ 20	Alta (A1)
10-20	Media (A2)
< 10	Baja (A3)

Los rangos de aptitud están dados de acuerdo con diferentes consultas con Fenalce y la literatura relacionada.

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE





FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2010). Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos). Bogotá: IGAC. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Cortés, A. y Malagón, D. (1984). Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples. Bogotá: UJTL. p. 270.
- Malagón, D. (1995). Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso. Bogotá: IGAC. p. 423-427.

1.3. Criterio condiciones de enraizamiento

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE:** Edáfico		
CRITERIO ASOCIADO: Condiciones de enraizamiento		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	

	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Profundidad efectiva, expresada en cm.
- Textura, expresada en clases de texturas.
- Pedregosidad, expresada como fase cartográfica de pedregosidad.

DEFINICIÓN

Conjunto de características físicas del suelo que permiten el establecimiento, fijación y buen desarrollo del sistema radicular y la nodulación del *Rhizobium* en las plantas de fríjol y de caupí, que conllevan a la formación adecuada de las vainas.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

En la medida en que las raíces puedan explorar mayor volumen de suelo y tener un espacio físico adecuado, mayores son las posibilidades para abastecerse de agua y de nutrientes, de lo cual depende el normal desarrollo del sistema de raíces y la abundante nodulación por parte del *Rhizobium*.

Cuando las raíces encuentran un medio propicio para su desarrollo, como buena aireación, distribución de partículas por tamaño en promedios similares, poca pedregosidad que cause daños o impida la multiplicación de las raíces y profundidad radicular adecuada, el desarrollo de las plantas de fríjol y de caupí, y la producción se lleva a cabo satisfactoriamente.

LIMITANTES DE 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 de aptitud diferentes al componente calificado.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Se consideran suelos no aptos (N1), en los cuales no es viable el establecimiento de cultivos de fríjol y de caupí, cuando se presentan contactos líticos o pétricos a menos de 50 cm de profundidad.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La información para las tres variables que conforman este criterio se obtuvieron del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), que corresponde a los límites de variación de las clases de profundidad (cm), fase de pedregosidad y las clases texturales; la calificación de este criterio se da por medio de un árbol de decisión, para cada especie leguminosa:

Rangos de las variables para *Phaseolus vulgaris* L.

Variable	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Profundidad efectiva	Centímetros	Muy profundo, profundo, moderadamente profundo (> 50)	Superficial (25-50)	Muy superficial (< 25)	Subgrupos Lithic, Petroferric, Petrocalcic, Petrogypsic (consociaciones)
Textura	Clases de texturas	F, FL, FA, FArA, FArL, FAr	ArA, A, L, AF	Ar, ArL	-

Pedregosidad	Fase cartográfica	Sin fase de pedregosidad		Con fase de pedregosidad	-

Rangos de las variables para *Vigna Unguiculata*.

Variable	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Profundidad efectiva	Centímetros	Muy profundo, profundo, moderadamente profundo (> 50)	Superficial (25-50)	Muy superficial (< 25)	Subgrupos Lithic, Petroferric, Petrocalcic, Petrogypsic (consociaciones)
Textura	Clases de texturas	F, FL, FA, AF, FArA, L, FArL	FAr, ArA, A	Ar, ArL	-
Pedregosidad	Fase cartográfica	Sin fase de pedregosidad		Con fase de pedregosidad	-

Los subgrupos *Lithic*, *Petroferric*, *Petrocalcic*, *Petrogypsic*, corresponden a suelos con capas coherentes dentro los primeros 50 cm de profundidad, lo suficientemente endurecidas que impide su excavación.

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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Se tomaron las tres variables y se dio calificación de acuerdo con la limitación que cada una representa en el adecuado enraizamiento de las plantas de fríjol.
El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud fue la limitación que cada una de las variables representa en el desarrollo de los cultivos, ya que reduce las posibilidades de una buena formación de raíces, plantas y vainas.

Árbol de decisión del criterio para *Phaseolus vulgaris* L.

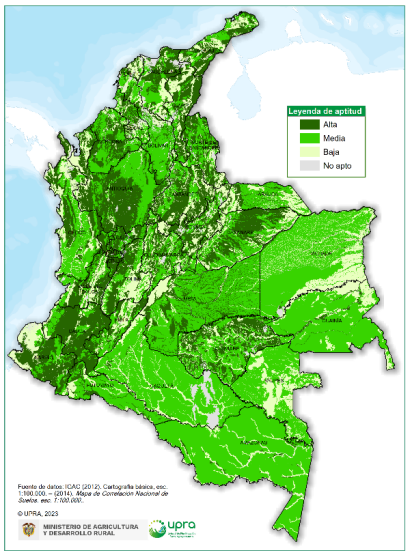
Profundidad efectiva	Textura	Pedregosidad	Aptitud
Muy profundo, profundo, moderadamente profundo (> 50)	F, FL, FA, FArA, FArL, FAr	Sin fase de pedregosidad	A1
		Con fase de pedregosidad	A3
	ArA, A, L, AF	Sin fase de pedregosidad	A1
		Con fase de pedregosidad	A3
	Ar, ArL	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	A3
Superficial (25-50)	F, FL, FA, FArA, FArL, FAr	Sin fase de pedregosidad	A2
		Con fase de pedregosidad	A3
	ArA, A, L, AF	Sin fase de pedregosidad	A2
		Con fase de pedregosidad	A3
	Ar, ArL	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	A3

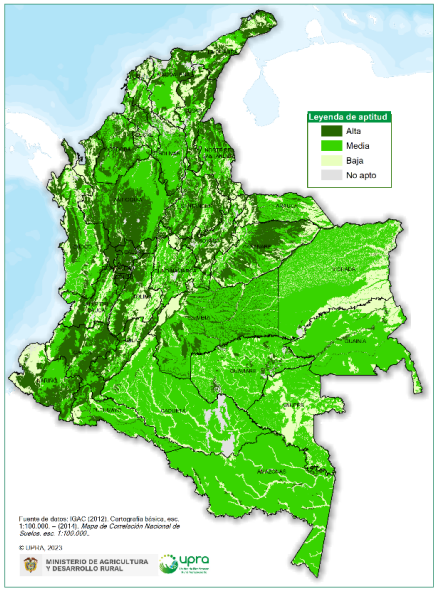
Muy superficial (< 25)	F, FL, FA, FArA, FArL, FAr	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	A3
	ArA, A, L, AF	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	A3
	Ar, ArL	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	A3
Lithic, petroferric, petrocalcic, petrogypsic			N1

Árbol de decisión del criterio para *Vigna Unguiculata*.

Profundidad efectiva	Textura	Pedregosidad	Aptitud
Muy profundo, profundo, moderadamente profundo (> 50)	F, FL, FA, AF, FArA, L, FArL	Sin fase de pedregosidad	A1
		Con fase de pedregosidad	A3
	FAr, ArA, A	Sin fase de pedregosidad	A1
		Con fase de pedregosidad	A3
	Ar, ArL	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	A3
Superficial (25-50)	F, FL, FA, AF, FArA, L, FArL	Sin fase de pedregosidad	A2
		Con fase de pedregosidad	A3
	FAr, ArA, A	Sin fase de pedregosidad	A2
		Con fase de pedregosidad	A3
	Ar, ArL	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	A3
Muy superficial (< 25)	F, FL, FA, AF, FArA, L, FArL	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	A3
	FAr, ArA, A	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	A3
	Ar, ArL	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	A3
Lithic, petroferric, petrocalcic, petrogypsic			N1

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO





FUENTES DE INFORMACIÓN

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

1.3.1. Variable *profundidad efectiva*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE:** Edáfico		
CRITERIO ASOCIADO: Condiciones de enraizamiento		
VARIABLE: profundidad efectiva	**UNIDAD DE MEDIDA:** centímetros	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Espacio en el que las raíces de las plantas pueden penetrar, sin mayores restricciones, para conseguir el agua y los nutrientes indispensables. También se define como el total de la profundidad del perfil del suelo que es favorable para el desarrollo de las raíces (USDA, 1961).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
La profundidad del suelo puede influir mucho en los tipos de plantas que pueden crecer en ellos. Los suelos más profundos generalmente pueden proporcionar más		

agua y nutrientes a las plantas que los suelos más superficiales. Además, la mayoría de las plantas dependen del suelo como soporte mecánico y esto es especialmente cierto para las plantas leñosas altas (Rajakaruna & Boyd, 2008).

Para los cultivos de fríjol y de caupí, se considera que el suelo debe tener una profundidad efectiva mayor a 50 cm, libre de fragmentos gruesos y de contactos (líticos, petroférricos, petrocálcicos), debido a que las raíces necesitan suficiente espacio para su crecimiento.

Otros elementos que afectan la profundidad efectiva son las condiciones de hidromorfismo, los contrastes texturales, las fluctuaciones del nivel freático y los encharcamientos e inundaciones, los cuales se evalúan con otros criterios.

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

Se consideran suelos no aptos (N1) para el establecimiento de cultivos de fríjol y de caupí cuando existen contactos *líticos*, *petroférricos*, *petrocálcicos* o *petrogypsicos* en las capas superiores de los suelos.

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 de mayor representatividad dentro de la unidad. Esto quiere decir que, en la unidad cartográfica, existen algunos sectores con profundidad efectiva y aptitud diferentes al componente calificado.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

En la determinación de los rangos de aptitud para la profundidad efectiva de los suelos, se tuvieron en cuenta las limitaciones absolutas como la presencia de roca continua y compacta, y los contactos pétricos, dado que otras, como los horizontes argílicos y compactados pueden ser perforados con el uso de equipos como subsoladores y cinceles.

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

Clases por profundidad efectiva

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

Las clases de profundidad efectiva se obtuvieron a partir del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

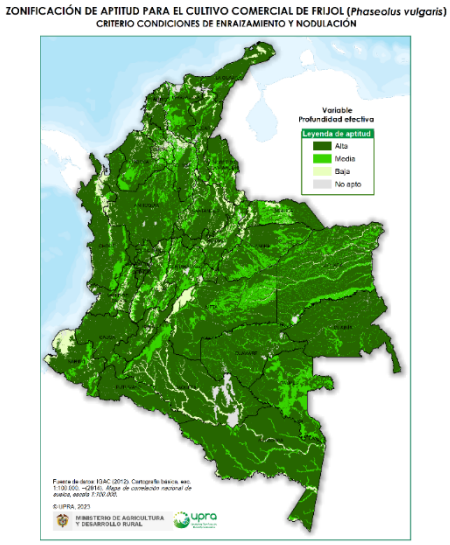
De acuerdo con los requerimientos de profundidad efectiva para el cultivo de fríjoles (Arias et al., 2007; 2014; Jara y Giraldo, 2016; Universidad de Sonora, 2014), se determinaron como tierras con aptitud alta (A1), los suelos con profundidad mayor de 50 cm; aptitud media (A2), entre 25 cm y 50 cm, aptitud baja (A3) menor de 25 cm, y se excluyeron las profundidades menores a 50 cm por contactos líticos y pétricos, porque el espacio físico no es suficiente para el desarrollo del sistema subterráneo de las plantas.

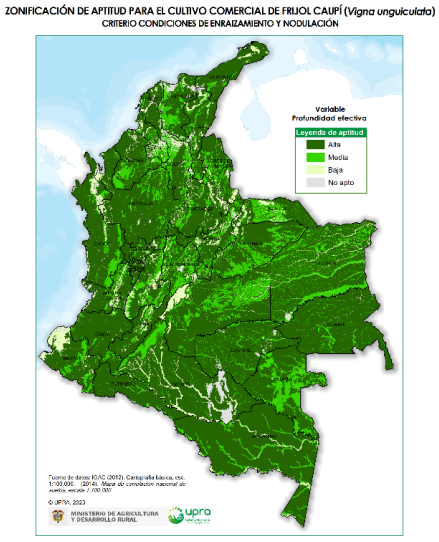
Profundidad efectiva (cm)	Aptitud
Muy profundo, profundo, moderadamente profundo (> 50)	Alta (A1)
Superficial (25-50)	Media (A2)
Muy superficial (< 25)	Baja (A3)
Lithic, petroferric, petrocalcic, petrogypsic (consociaciones)	No apto (N1)

Los rangos de aptitud están dados de acuerdo con diferentes consultas con productores, el gremio de los productores (Fenalce) y la literatura relacionada.

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE





FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arias J.H., Jaramillo, M. y Rengifo, T. (2007). Manual: Buenas Prácticas Agrícolas, en la Producción de Fríjol Voluble. FAO, Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación "La Selva".
- IGAC. (2010). Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos). Bogotá: IGAC. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

- Jara Carlos E. y Giraldo C., Diana. (2016). Manejo agronómico de fríjol. Cartilla 1. CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cambio Climático Agricultura y Seguridad Alimentaria (CGIAR-CCAFS).
- N. Rajakaruna, R.S. Boyd. (2008). Encyclopedia of Ecology. Recuperado de: https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/soil-depth#:~:text=Soil%20depth%20can%20greatly%20influence,e.g.%2C%20shrubs%2C%20trees).
- Universidad de Sonora. (2014). El cultivo del fríjol. Sistemas de producción en el noroeste de México. División de ciencias biológicas y de la salud. Departamento de agricultura y ganadería. Recuperado de: https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20FRÍJOL.pdf.
- USDA. (1961). Land-Capability Classification. Agriculture Handbook no. 210. EUA: Soil Conservation Service.

1.3.2. Variable *textura*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE:** Edáfico		
CRITERIO ASOCIADO: Condiciones de enraizamiento		
VARIABLE: textura	**UNIDAD DE MEDIDA:** clase textural	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la "tierra fina" del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm (Malagón y Montenegro, 1990).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Se relaciona con la consistencia, la permeabilidad y la porosidad del suelo, afectando la penetración de las raíces y el espacio entre partículas permitiendo que circule el oxígeno que favorece la aireación. En suelos de texturas finas, las raíces tienen mayor gasto de energía para penetrarlos y se reduce el espacio para la nodulación, por lo tanto, las plantas de fríjol no se desarrollan satisfactoriamente, mientras que, en los suelos de texturas gruesas, se puede presentar exposición libre de las raíces por desplazamiento de las partículas por acción del agua o el viento. La clase textural propicia los tipos de interacciones que se pueden dar entre el suelo y las plantas, dado que las propiedades físicas de los suelos son determinadas en gran parte por este componente.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
No se excluye alguna clase textural para el desarrollo de los cultivos de fríjol y de caupí, aunque los tipos de textura con altos contenidos de arcilla representan mayor grado de dificultad para el desarrollo de raíces.		

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representan asociaciones o complejos de suelos, donde se califica la clase textural en los horizontes superficiales del perfil más representativo, por lo tanto, es posible tener algunos sectores dentro de cada unidad de suelos con texturas de diferente calificación que no es posible reflejar en la calificación de la unidad.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se tienen en cuenta las clases texturales de los suelos dominantes en las unidades cartográficas de suelos (IGAG, 2014)

Esta variable se califica de acuerdo con el triángulo textural (USDA, 2017), según la siguiente tabla:

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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Teniendo en cuenta las mejores texturas de los suelos para las plantas de fríjol y de caupí (Arias et al., 2007; Ávila et al., 2014; Cámara de Comercio de Bogotá, 2015; Escoto, 2004; Hernández, 2009; INIA, 2001; IICA, RED SICTA y COSUDE, 2009; Universidad de Sonora, 2014; Jara y Giraldo, 2016; Sandez, 2001), las clases texturales donde las raíces con sus respectivos nódulos se desarrollan satisfactoriamente sin implicar deterioro o daños a las propiedades físicas del suelo se determinaron con aptitud alta (A1). Se incluyen los suelos Andisoles por sus buenas propiedades físicas.

Las clases texturales con aptitud media (A2) corresponden a las que presentan bajos contenidos de arcillas que pueden compactar el suelo y generar pegajosidad. Los suelos con dominancia de arcillas 1:1 (*Oxisoles*, Ultisoles y subgrupos *Oxic*) se incluyen en la aptitud media (A2), por su baja pegajosidad y buena porosidad. También se incluyen los subgrupos *Vertic*.

Las clases texturales con aptitud baja (A3) corresponden a las finas, porque su baja porosidad total, dificulta el crecimiento de las raíces, lo cual está asociado con otras propiedades físicas como el movimiento del agua y del aire en el suelo, especialmente cuando ésta tiene proporción mayor del 60 %, lo cual corresponde a suelos *Vertisoles* y, por el caso opuesto de texturas gruesas, los *Psamments*.

Rangos de aptitud para *Phaseolus vulgaris* L.

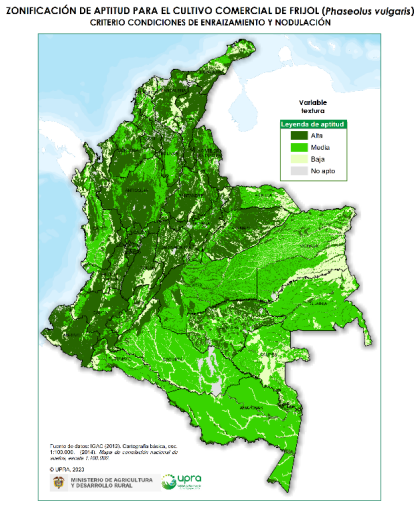
Textura	Aptitud
F, FL, FA, FArA, L, FArL	Alta (A1)
FAr, ArA, AF, A, (Vertic)	Media (A2)
Ar, ArL (Vertisoles)	Baja (A3)

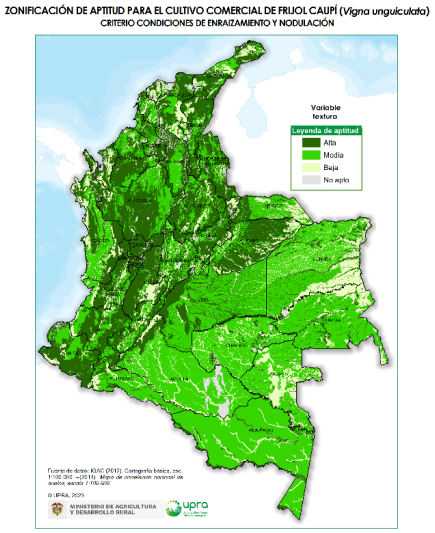
Rangos de aptitud para *Vigna unguiculata*

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

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE





FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arias J.H., Jaramillo, M. y Rengifo, T. (2007). Manual: Buenas Prácticas Agrícolas, en la Producción de Fríjol Voluble. FAO, Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación "La Selva".
- Ávila M., José A., et al. (2014). El cultivo del fríjol. Sistemas de producción en el noroeste de México. Universidad de Sonora. División de ciencias biológicas y de la salud. Departamento de agricultura y ganadería.
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). Manual: Fríjol. Programa de apoyo agrícola y agroindustrial. Vicepresidencia de fortalecimiento empresarial. Cámara de comercio de Bogotá.
- Hernández F., Juan C. (2009). Cultivo de fríjol. Manual de recomendaciones técnicas. San José de Costa Rica.
- Escoto G., Norman D. (2004). el cultivo de fríjol. Secretaría de Agricultura y Ganadería Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. Manual técnico para uso de empresas privadas, consultores individuales y productores. Tegucigalpa M. D. C.
- IGAC. (2010). Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos). Bogotá: IGAC. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

- IICA, RED SICTA y COSUDE. (2009). Guía técnica para el cultivo de fríjol en los municipios de Santa Lucía, Teustepe y San Lorenzo del departamento de Boaco, Nicaragua. Proyecto Innovaciones para mejorar la competitividad de la cadena agroindustrial de granos y semillas de fríjol de los socios de ASOPROL.
- INIA. (2001). El cultivo del fríjol en la costa del Perú. Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). Dirección General de Investigación Agraria. Lima-Perú.
- Jara, Carlos E. y Giraldo C., Diana. (2016). Manejo agronómico de fríjol. Cartilla 1. CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cambio Climático Agricultura y Seguridad Alimentaria (CGIAR-CCAFS).
- Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). Propiedades físicas de los suelos. Bogotá: IGAC, p. 101 y 157.
- Sánchez S., Nohora. (2001). El cultivo del fríjol caupí: producción, almacenamiento, utilización. Manual de capacitación tecnológica Darco-Pronatta. Recuperado de: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/handle/11348/4887.
- Universidad de Sonora. (2014). El cultivo del fríjol. Sistemas de producción en el noroeste de México. División de ciencias biológicas y de la salud. Departamento de agricultura y ganadería. Recuperado de: https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20FRÍJOL.pdf.
- USDA. (2017). Soil sourvey manual. Recuperado de: https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf.

1.3.3. Variable *pedregosidad*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE:** Edáfico		
CRITERIO ASOCIADO: Condiciones de enraizamiento		
VARIABLE: pedregosidad	**UNIDAD DE MEDIDA:** fase cartográfica	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Fragmentos de roca de 2 mm de diámetro o mayores; se reconocen de acuerdo a su tamaño como grava, guijarro, piedra y bloques (Van Wambeke y Forbes, 1987).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Además de limitar las prácticas de laboreo y de disminuir el área útil por unidad de superficie, los altos contenidos de fragmentos de roca en el suelo tienen efectos negativos en los cultivos de fríjol y de caupí, porque disminuyen el área para el almacenamiento de agua, aceleran la infiltración y disminuyen el volumen de suelo que las raíces pueden explorar para proveer de nutrientes a las plantas, al igual que para el desarrollo de los nódulos.		

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

No se determinaron como áreas no aptas (N1), para los cultivos de fríjol y de caupí, para la variable, ya que no en todos los casos se hace mecanización.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La información de pedregosidad en el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), se presenta como fase pedregosa (> 35 % en volumen), estas no están discriminadas en rangos por porcentaje. Por esta razón se asume tácitamente como no pedregoso, cuando no se encuentra la fase cartográfica.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La fase de pedregosidad se obtuvo a partir de las fases cartográficas del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Se determinaron como tierras con aptitud alta (A1), los suelos sin fase de pedregosidad (< 35 % por volumen) y con aptitud (A3) los suelos con presencia > 35 % (fase pedregosa), porque obstaculiza el desarrollo de raíces y, por lo tanto, el desarrollo de las plantas.

Rangos de aptitud

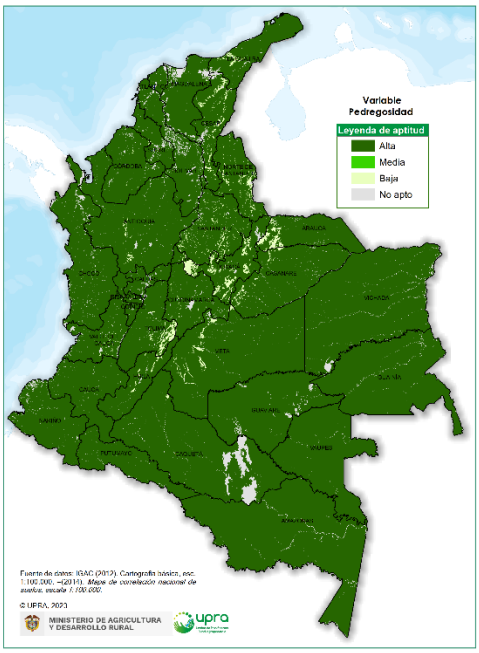
Pedregosidad (fase de pedregosidad)	Aptitud
Sin fase de pedregosidad	Alta (A1)
Con fase de pedregosidad	Baja (A3)

Los rangos de aptitud están dados de acuerdo con diferentes consultas con productores, Fenalce y literatura relacionada.

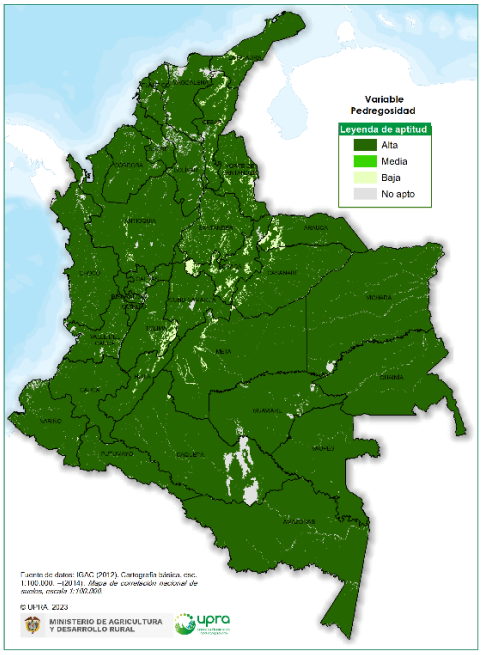
Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*)
CRITERIO CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO Y NODULACIÓN



ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata*)
CRITERIO CONDICIONES DE ENRAIZAMIENTO Y NODULACIÓN



FUENTES DE INFORMACIÓN

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

- Van Wambeke, A. y Forbes, T. (Ed.). (1987). Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas. EUA: SMSS, monografía técnica No. 15. p. 44-46.

1.4. Criterio capacidad de laboreo

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE:** Edáfico		
CRITERIO ASOCIADO: Capacidad de laboreo		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Pendiente, expresada en rangos de pendiente (%).
- Textura, expresada en clases texturales.
- Pedregosidad, expresada como fase cartográfica de pedregosidad.

DEFINICIÓN

Condiciones del terreno para preparar un lecho con los nutrientes adecuados y con unas características que permitan el establecimiento del cultivo para su posterior desarrollo, mantenimiento y cosecha (las labores pueden ser en forma manual, con tracción animal o mecanizadas) (FAO, 2020).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Influye en la realización de las diferentes labores culturales, tanto manuales como mecanizadas; que van desde la preparación del lote, trazado, siembra, (en algunos casos tutorado), limpias, fumigaciones, fertilizaciones y cosecha del fríjol y del caupí, entre otros.

LIMITANTES DE 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 de aptitud diferentes al componente calificado.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Se considera que en pendientes mayores al 75 %, no es viable el establecimiento de estos cultivos, ya que se impiden las actividades, especialmente las que tiene que ver con el uso de la maquinaria, y se dificultan las labores manuales.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

Rangos de las variables

Variable	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Pendiente	Porcentaje (%)	≤ 25	> 25-≤ 50	> 50- ≤75	>75

Textura	Clases de texturas	F, FL, FA, FAr, FArA, FArL	FAr, ArA, ArL, L	A, AF, Ar	-
Pedregosidad	Fase cartográfica	Sin fase de pedregosidad	-	Con fase de pedregosidad	-

Los rangos de aptitud de las variables están dados de acuerdo con diferentes consultas a los productores, con el gremio (Fenalce) y literatura relacionada.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

La determinación de la clase de aptitud se obtiene tomando las tres variables y comparando los rangos de aptitud entre sí, mediante un árbol de decisión.

Los suelos clasificados como *Oxisoles*, *Ultisoles* y los subgrupos *Oxic*, tienen calificación de aptitud media (A2), ya que, al contener arcillas de relación 1:1 y óxidos de Fe y Al, los hacen menos pegajosos y el laboreo se hace en forma más satisfactoria; también se incluyen los subgrupos *Vertic*.

Los suelos *Psamments* se califican con aptitud baja (A3) porque desgastan los implementos y no permiten la construcción de obras como canales o zanjas; los suelos Vertisoles tienen altas cantidades de arcillas que los hacen difíciles de manejar, en cambio los *Andisoles* tienen propiedades que hacen que su laboreo sea muy fácil.

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

Árbol de decisión del criterio para *Phaseolus vulgaris* L.

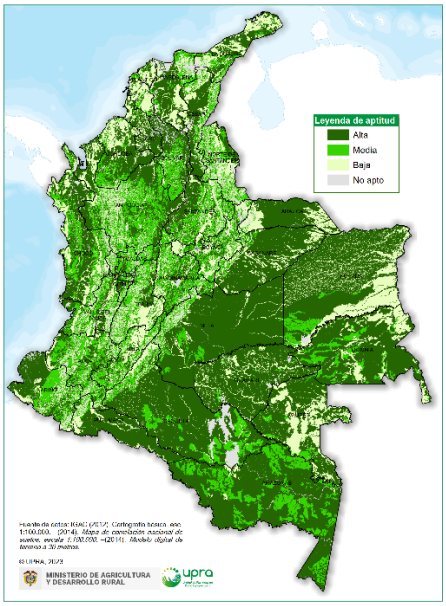
Pendiente	Textura	Pedregosidad	Aptitud
≤ 25	F, FL, FA, FAr, FArA, FArL	Sin fase de pedregosidad	A1
		Con fase de pedregosidad	N1
	FAr, ArA, ArL, L	Sin fase de pedregosidad	A1
		Con fase de pedregosidad	N1
	A, AF, Ar	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	N1
> 25-≤ 50	F, FL, FA, FAr, FArA, FArL	Sin fase de pedregosidad	A2
		Con fase de pedregosidad	N1
	FAr, ArA, ArL, L	Sin fase de pedregosidad	A2
		Con fase de pedregosidad	N1
	A, AF, Ar	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	N1
> 50- ≤75	F, FL, FA, FAr, FArA, FArL	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	N1
	FAr, ArA, ArL, L	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	N1
	A, AF, Ar	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	N1
> 75	Cualquiera	Cualquiera	N1

Árbol de decisión para *Vigna unguiculata*

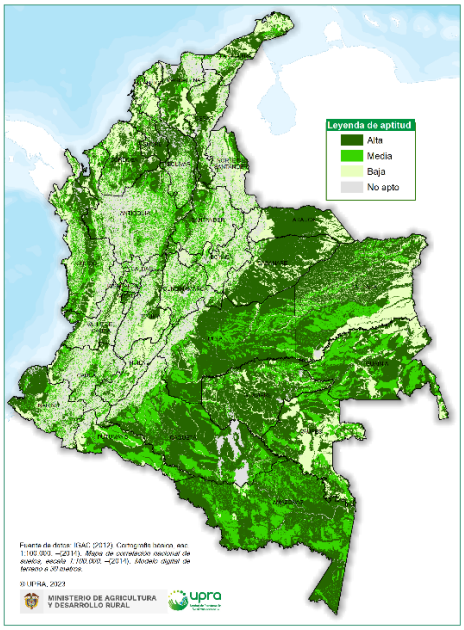
Pendiente	Textura	Pedregosidad	Aptitud
≤ 12	F, FL, FA, FAr, FArA, FArL	Sin fase de pedregosidad	A1
		Con fase de pedregosidad	N1
	FAr, ArA, ArL, L	Sin fase de pedregosidad	A1
		Con fase de pedregosidad	N1
	A, AF, Ar	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	N1
> 12-≤ 25	F, FL, FA, FAr, FArA, FArL	Sin fase de pedregosidad	A2
		Con fase de pedregosidad	N1
	FAr, ArA, ArL, L	Sin fase de pedregosidad	A2
		Con fase de pedregosidad	N1
	A, AF, Ar	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	N1
> 25- ≤75	F, FL, FA, FAr, FArA, FArL	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	N1
	FAr, ArA, ArL, L	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	N1
	A, AF, Ar	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	N1
> 75	Cualquiera	Cualquiera	N1

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*)
CRITERIO CAPACIDAD DE LABOREO



ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata*)
CRITERIO CAPACIDAD DE LABOREO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- FAO. (2020). Mecanización agrícola sostenible. Recuperado de http://www.fao.org/sustainable-agricultural-mechanization/guidelinesoperations/es/.
- IGAC. (2010). Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos). Bogotá: IGAC. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

1.4.1. Variable *pendiente*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE:** Edáfico		
CRITERIO ASOCIADO: Capacidad de laboreo		
VARIABLE: pendiente	**UNIDAD DE MEDIDA**: porcentaje (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción 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		
Afecta directamente la traficabilidad y eficiencia en la adecuación, preparación, mantenimiento y cosecha de los fríjoles. De acuerdo con el desempeño de los tractores con implementos, se puede trabajar en pendientes hasta del 12 % sin dificultades; de aquí en adelante, a medida que aumenta la inclinación del terreno, se dificultan las prácticas culturales, tanto para el establecimiento como para el mantenimiento y posterior cosecha.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
Se considera que la pendiente no es apta (N1) para los cultivos de fríjoles, cuando es mayor de 75 %.		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
El uso de las fases cartográficas por pendiente a la escala 1:100.000, implica que en un polígono determinado se encuentran áreas pequeñas que pueden tener mayor o menor pendiente a la dominante, las cuales indican diferencias en el manejo del suelo.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
La forma de la pendiente y su gradiente se manejaron de acuerdo con los rangos adoptados por el IGAC (2010), según la siguiente tabla:		

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

El proceso de generación del mapa de pendientes consistió en el uso de las fases de pendiente del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), hasta el 50 %, de aquí en adelante se utilizaron los mismos rangos, pero originados del modelo de elevación (DEM) de 30 metros.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

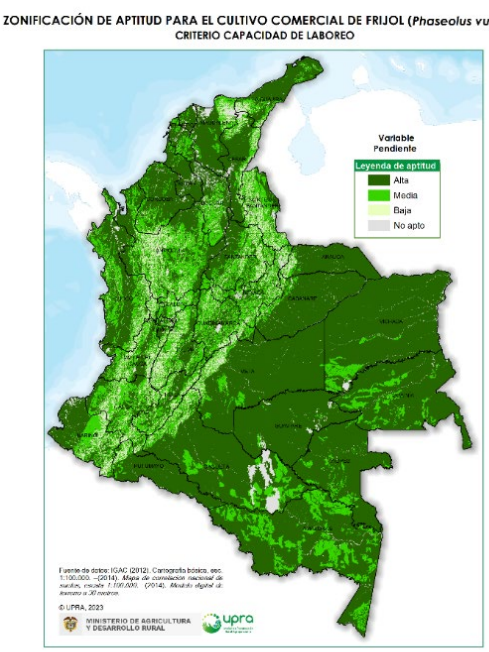
Basados en los datos considerados (Arias J.H., Jaramillo, M., Rengifo, T. 2007; IICA, RED SICTA y COSUDE. 2009; Jara Carlos E., Giraldo C., Diana. 2016; Universidad de Sonora. 2014), se establecieron los rangos de calificación de esta variable a partir de las fases por pendiente de la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), así:

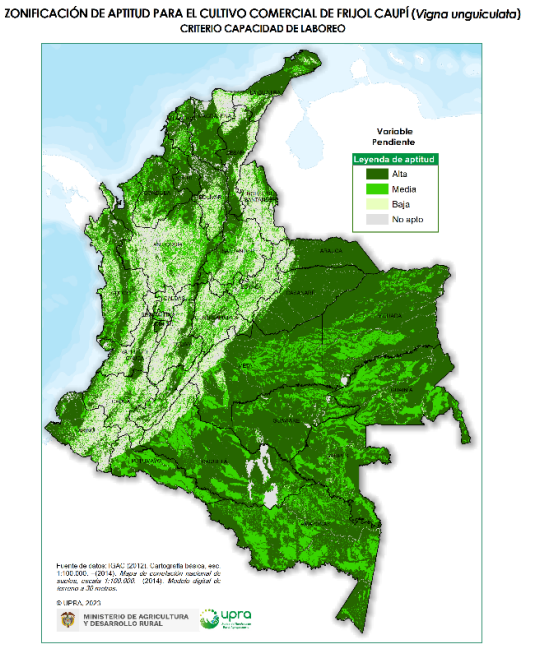
Phaseolus vulgaris	*Vigna unguiculata*	Aptitud
≤ 25	≤ 12	Alta (A1)
> 25-≤ 50	> 12-≤ 25	Media (A2)
> 50- ≤75	> 25- ≤75	Baja (A3)
>75	>75	No apto (N1)

Los rangos de aptitud están dados de acuerdo con diferentes consultas a los productores, el gremio de los productores (Fenalce) y la literatura relacionada.

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE





FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arias, J.H., Jaramillo, M. y Rengifo, T. (2007). Manual: Buenas Prácticas Agrícolas, en la Producción de Fríjol Voluble. FAO, Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación "La Selva".
- Jara, Carlos E. y Giraldo, C., Diana. 2016. Manejo agronómico de fríjol. Cartilla 1. CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cambio Climático Agricultura y Seguridad Alimentaria (CGIAR-CCAFS).
- IGAC. (2010). Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos). Bogotá: IGAC. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IICA, RED SICTA y COSUDE. (2009). Guía técnica para el cultivo de fríjol en los municipios de Santa Lucía, Teustepe y San Lorenzo del departamento de Boaco, Nicaragua. Proyecto Innovaciones para mejorar la competitividad de la cadena agroindustrial de granos y semillas de fríjol de los socios de ASOPROL.
- Soil Science Society of America. (2018). Glossary of Soils Science Terms. Recuperado de: <https://www.soils.org/publications/soils-glossary?ssoContinue=1#>.
- Universidad de Sonora. (2014). El cultivo del fríjol. Sistemas de producción en el noroeste de México. División de ciencias biológicas y de la salud. Departamento de agricultura y ganadería. Recuperado de: https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20FRÍJOL.pdf.

1.4.2. Variable *textura*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE:** Edáfico		
CRITERIO ASOCIADO: Capacidad de laboreo		
VARIABLE: textura	**UNIDAD DE MEDIDA:** clase textural	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la "tierra fina" del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm (Malagón y Montenegro, 1990).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Se relaciona con la consistencia, la cual determina la resistencia del suelo a su ruptura y deformación en los diferentes estados de humedad, afectando los requerimientos de potencia de los implementos utilizados. Para que los implementos penetren con facilidad en el suelo, se necesita una composición en proporciones similares de arena, limo y arcilla. Suelos con altos contenidos de arcilla se vuelven pesados y pegajosos (especialmente cuando las arcillas son de relación 2:1): los suelos arenosos desgastan los filos de las herramientas y no facilitan la construcción de surcos o drenajes.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
Aunque los tipos de textura representan diferentes grados de dificultad para el movimiento del suelo, para el uso de implementos manuales o de maquinaria, no se excluye alguna clase textural.		
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, ya que el criterio utilizado es la dominancia de la clase textural en los horizontes superficiales del mayor componente de la unidad; por lo tanto, es posible tener algunos sectores dentro de la misma con texturas de diferente calificación, que no es posible reflejar en la calificación de la unidad, dada la escala que se determinó para la presente zonificación.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
La información base para determinar la textura de las unidades de suelos es el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). Esta variable se califica de acuerdo con el comportamiento de la textura cuando se remueve el suelo, especialmente en lo relacionado con la pegajosidad, facilidades de labranza y la susceptibilidad a la compactación. Esta variable se califica de acuerdo con la siguiente tabla (USDA, 2017):		

Arenosa (A)
Arenosa franca (AF)

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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Teniendo en cuenta las mejores clases texturales en donde las prácticas de laboreo se pueden hacer satisfactoriamente sin implicar deterioro o daños a las propiedades físicas del suelo ni a los implementos de la maquinaria, se determinaron con aptitud alta (A1). Se incluyen los suelos Andisoles por su facilidad de laboreo.

Las clases texturales con aptitud media (A2) corresponden a las que presentan altos contenidos de arcillas que pueden compactar el suelo y generar pegajosidad. Los suelos con dominancia de arcillas 1:1 (*Oxisoles*, *Ultisoles* y subgrupos *Oxic*) se incluyen en esta aptitud, por su baja pegajosidad. También se incluyen los subgrupos *Vertic*.

Las clases texturales con aptitud baja (A3) corresponden a las gruesas (*Psmments*), porque facilitan la compactación del suelo, desgastan con mayor rapidez las herramientas y no permiten la construcción de surcos, igualmente la clase arcillosa, cuando ésta tiene proporción mayor del 60 %, lo cual corresponde a suelos *Vertisoles*.

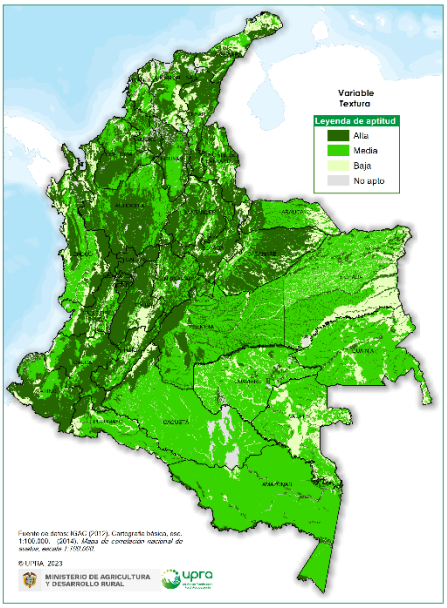
Rangos de aptitud

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

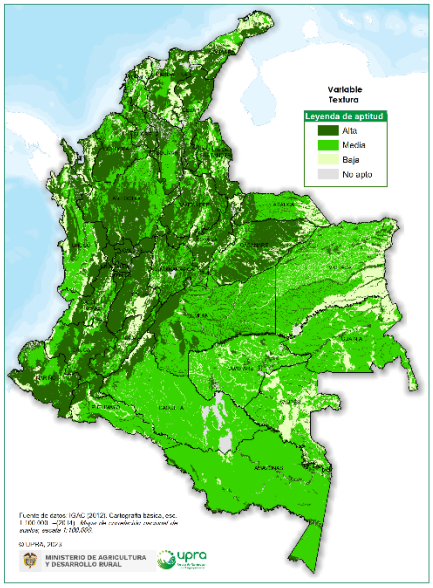
Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*)
CRITERIO CAPACIDAD DE LABOREO



ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata*)
CRITERIO CAPACIDAD DE LABOREO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2010). Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos). Bogotá: IGAC. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). Propiedades físicas de los suelos. Bogotá: IGAC, p. 101 y 157.

- USDA. (2017). Soil sourvey manual. Recuperado de: https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf.

1.4.3. Variable *pedregosidad*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE:** Edáfico		
CRITERIO ASOCIADO: capacidad de laboreo		
VARIABLE: pedregosidad	**UNIDAD DE MEDIDA:** Fase cartográfica	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Fragmentos de roca de 2 mm de diámetro o mayores; se reconocen de acuerdo a su tamaño como grava, guijarro, piedra y bloques (Van Wambeke y Forbes, 1987).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Repercute en la integridad de los implementos agrícolas, limitando las prácticas de laboreo, además de disminuir el área útil por unidad de superficie. En la medida en que aumenta la presencia de fragmentos de roca, se dificultan las labores de adecuación de las tierras y demás prácticas culturales como construcción de los drenajes, surcos, diseño de siembra y la cosecha, entre otros.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
No se considera rango de exclusión (N1) ya que se pueden mejorar las condiciones del suelo removiendo la pedregosidad, sólo que estas prácticas elevan los costos de preparación de las tierras, por otro lado, no todos los cultivos de fríjol son mecanizados.		
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 el mapa nacional de correlación de suelos (IGAC, 2014), solamente aparece la fase pedregosa; no se encuentra discriminada en rangos por porcentaje de recubrimiento.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
Las clases de pedregosidad se obtuvieron a partir de la fase cartográfica de pedregosidad del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). Esta variable se tomó únicamente como aparece en los registros de la información de la base de datos, es decir, fase pedregosa, pero sin especificar rangos por porcentaje de pedregosidad.		
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD		
La asignación de rangos corresponde a misma fase cartográfica de pedregosidad, es decir fase pedregosa y sin fase de pedregosidad (expresión que indica tácitamente que no hay pedregosidad).		

Las tierras con fase pedregosa (más de 35 % por volumen) se califican con aptitud A3, por las limitaciones que presentan en el manejo de los suelos, y en general, en el manejo de los cultivos de fríjol y de caupí.

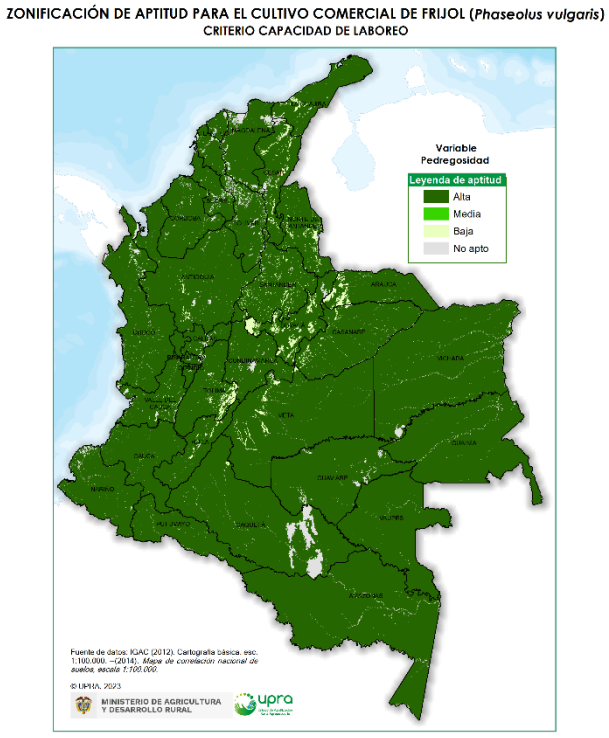
Rangos de aptitud

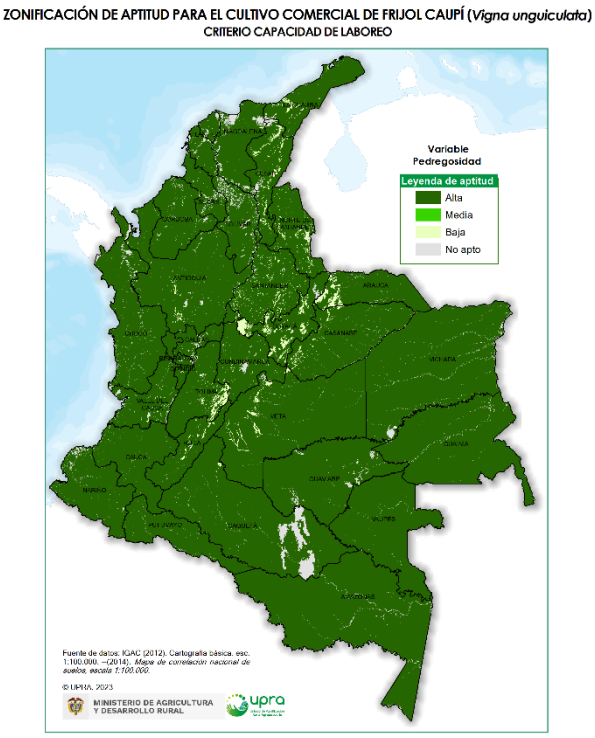
Pedregosidad (fase de pedregosidad)	Aptitud
Sin fase de pedregosidad	Alta (A1)
-	Media (A2)
Con fase de pedregosidad	Baja (A3)

Los rangos de aptitud están dados de acuerdo con diferentes consultas a los productores, con Fenalce y literatura relacionada.

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE





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

1.5. Criterio disponibilidad de oxígeno

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE:** Edáfico		
CRITERIO ASOCIADO: disponibilidad de oxígeno		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• Susceptibilidad a inundaciones, expresada en clases por duración. • Drenaje natural, expresado en clases de drenaje.		
DEFINICIÓN		

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 CO_2 hacia la atmósfera y la entrada del oxígeno del exterior, determinando condiciones de vida aeróbicas.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Incide en la producción de los cultivos de fríjol ya que indica el buen suministro de oxígeno en suelos bien drenados, así como el estrés generado por excesos de agua (anoxia), afectando el metabolismo normal en la nutrición de las plantas.

La aireación del suelo permite el desarrollo de las raíces y de los nódulos del *Rhizobium*; por ende, todas las funciones fisiológicas de las plantas del fríjol y de caupí, que conducen a la formación de las vainas.

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

LIMITANTES DE 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 de aptitud diferentes al componente calificado.

La falta de información de la periodicidad y duración de las inundaciones no permite precisión en la delimitación de las áreas no aptas para los cultivos.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Se consideran tierras sin aptitud (N1) para los cultivos de fríjol, las que tienen drenaje natural muy pobre.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

Rangos de las variables para *Phaseolus vulgaris* L.

Variable	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Susceptibilidad a las inundaciones	Duración	No hay	Cortas	Largas	Muy largas
Drenaje natural	Clase de drenaje	Bueno	Moderado, excesivo, moderadamente excesivo	Imperfecto, pobre	Muy pobre

Para caupí se consideran las inundaciones muy largas con aptitud baja (A3) debido a que, en algunos sectores de influencia aluvial, se siembra una vez pasan las inundaciones.

Rangos de las variables para *Vigna unguiculata*

Variable		Aptitud

	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Susceptibilidad a las Inundaciones	Duración	No hay	Cortas	Largas, muy largas	-
Drenaje natural	Clase de drenaje	Bueno	Moderado, excesivo, moderadamente excesivo	Imperfecto, pobre	Muy pobre

Los rangos de aptitud de las variables están dados de acuerdo con diferentes consultas con productores, Fenalce y la literatura relacionada.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

El argumento para determinar los diferentes niveles de aptitud del criterio fue la limitación que cada una de las variables representa en el desarrollo de los cultivos de fríjol y de caupí, ya que implica bajo desarrollo de las plantas y, en general, disminución de la producción de vainas.

Árbol de decisión del criterio para *Phaseolus vulgaris* L**.**

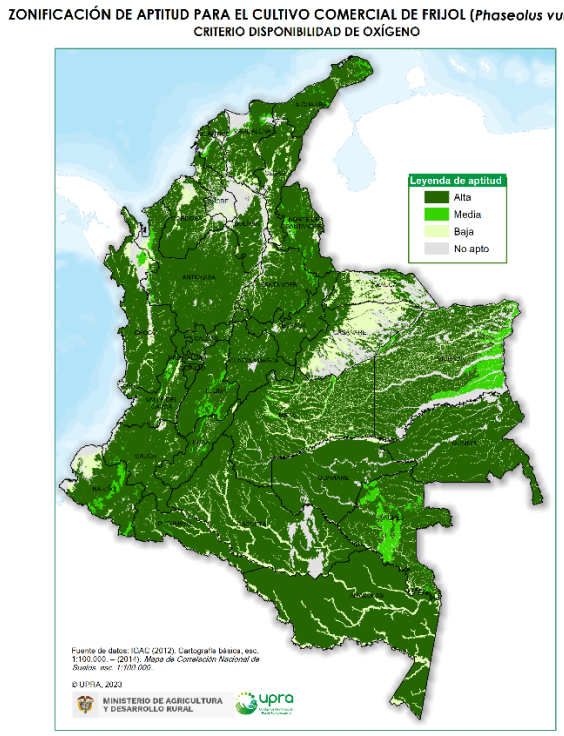
Drenaje natural	Inundaciones	Aptitud
Bueno	No hay	A1
	Cortas	A1
	Largas	A3
	Muy largas	N1
Moderado, excesivo, moderadamente excesivo	No hay	A2
	Cortas	A2
	Largas	A3
	Muy largas	N1
Imperfecto, pobre	No hay	A3
	Cortas	A3
	Largas	A3
	Muy largas	N1
Muy pobre	Cualquiera	N1

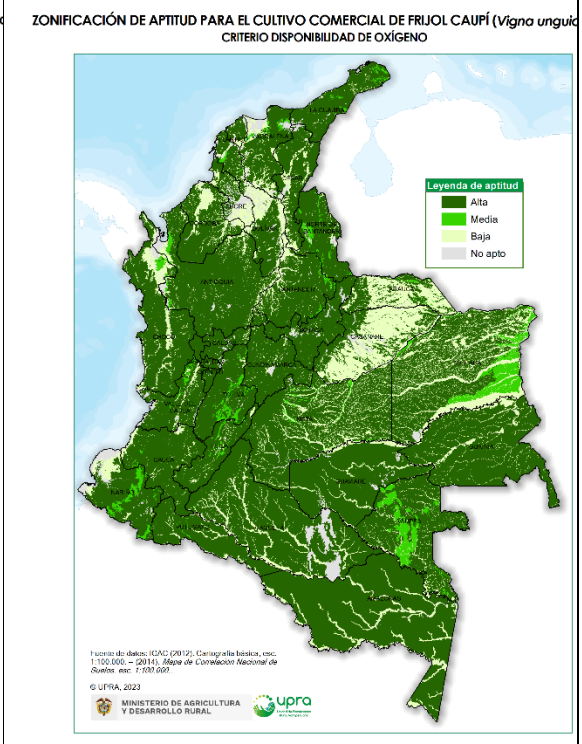
Árbol de decisión del criterio para *Vigna unguiculata*

Drenaje natural	Inundaciones	Aptitud
Bueno	No hay	A1
	Cortas	A1
	Largas, muy largas	A3
Moderado, excesivo, moderadamente excesivo	No hay	A2
	Cortas	A2
	Largas, muy largas	A3

Imperfecto, pobre	No hay	A3
	Cortas	A3
	Largas, muy largas	A3
Muy pobre	Cualquiera	N1

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO





FUENTES DE INFORMACIÓN

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

1.5.1. Variable susceptibilidad a inundaciones

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE:** Edáfico		
CRITERIO ASOCIADO: disponibilidad de oxígeno		
VARIABLE: susceptibilidad a inundaciones	**UNIDAD DE MEDIDA:** duración	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción 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 (OMM y Unesco, 2012).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Las inundaciones generalmente afectan el desarrollo de la mayor parte de las especies vegetales, más aún cuando duran largos periodos de tiempo. La tolerancia a las inundaciones y a encharcamientos depende de cada especie vegetal.

Las plantas de fríjol no toleran encharcamientos ni inundaciones por periodos prolongados, ya que se presentan significativas pérdidas económicas, desde retrasos en el crecimiento, pérdida de vigor, daños por enfermedades, pudriciones radiculares y hasta la muerte de las plantas.

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

No se consideran tierras sin aptitud (N1), porque donde se presentan inundaciones muy largas se puede llevar a cabo al menos un cultivo de fríjol y de caupí con la humedad remanente.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

En la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), la fase por inundación o encharcamientos califica toda la unidad cartográfica de suelos, donde también se presentan áreas pequeñas que no son afectadas por la afectación pero que no se puede representar cartográficamente.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El IGAC (2010), clasifica las inundaciones y encharcamientos de acuerdo con la duración, así:

Clases por duración de las inundaciones o encharcamientos

Clase	Descripción
Extremadamente corta	Menor de un 1 día
Muy corta	De 1 a 2 días
Corta	De 2 a 7 días
Larga	De 7 a 30 días
Muy larga	De 30 a 90 días
Extremadamente larga	De 90 a 180 días

Se tomó como base la duración de las inundaciones y encharcamientos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

De acuerdo con las recomendaciones de manejo del cultivo de fríjol (Arias et al., 2007; CIAT, 1994; 2009; Jara y Giraldo, 2016; Universidad de Sonora, 2014), las unidades cartográficas donde no se registra ocurrencia de inundaciones tienen aptitud alta (A1); las inundaciones cortas tienen aptitud moderada (A2); las largas tienen baja aptitud (A3) y las muy largas no tienen aptitud (N1).

Para el caso del *Vigna unguiculata*, las inundaciones muy largas, presentan aptitud baja (A3), ya que se puede hacer al menos un cultivo con la humedad remanente, en las zonas aluviales, después de las inundaciones.

Rangos de aptitud para *Phaseolus vulgaris* L.

Inundaciones	Aptitud
No hay	Alta (A1)
Cortas	Media (A2)
Largas	Baja (A3)
-	No apto (N1)

Rangos de aptitud para *Vigna unguiculata*

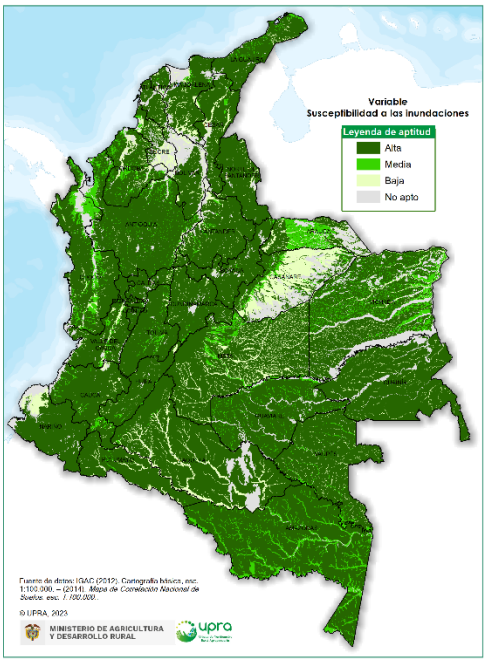
Inundaciones	Aptitud
No hay	Alta (A1)
Cortas	Media (A2)
Largas, muy largas	Baja (A3)

Los rangos de aptitud de la variable están dados con base en diferentes consultas con productores, el gremio (Fenalce) y literatura relacionada.

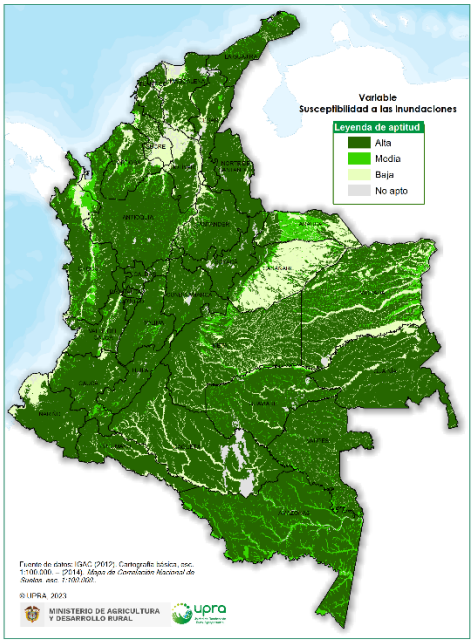
Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*)
CRITERIO DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO



ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL CAUPÍ (*Vigna unguic*
CRITERIO DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arias, J.H., Jaramillo, M. y Rengifo, T. (2007). Manual: Buenas Prácticas Agrícolas, en la Producción de Fríjol Voluble. FAO, Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación "La Selva".
- CIAT. (1994). Problemas de Producción del Fríjol en los Trópicos. Recuperado de: https://core.ac.uk/download/pdf/132664941.pdf.
- IGAC. (2010). Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos). Bogotá: IGAC. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

- IGAC. (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Jara, Carlos E. y Giraldo C., Diana. (2016). Manejo agronómico de fríjol. Cartilla 1. CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cambio Climático Agricultura y Seguridad Alimentaria (CGIAR-CCAFS).
- OMM y Unesco. (2012). Glosario hidrológico internacional. Ginebra: WMO, p. 127.
- Universidad de Sonora. (2014). El cultivo del fríjol. Sistemas de producción en el noroeste de México. División de ciencias biológicas y de la salud. Departamento de agricultura y ganadería. Recuperado de: https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20FRÍJOL.pdf.

1.5.2. Variable drenaje natural

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE:** Edáfico		
CRITERIO ASOCIADO: disponibilidad de oxígeno		
VARIABLE: drenaje natural	**UNIDAD DE MEDIDA:** clases de drenaje	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Rapidez y el grado de remoción de agua del suelo por la escorrentía y el flujo a través del suelo a los espacios subterráneos (USDA, 1961).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
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*, también de la profundidad a la cual aparece el nivel freático (Cortés y Malagón, 1984). Influye sobre la respuesta de las plantas de fríjol y de caupí, a la presencia o ausencia de niveles freáticos a diferentes profundidades dentro de la zona radicular. Los cultivos de fríjol no soportan suelos pobremente drenados. Las condiciones de mal drenaje implican requerimientos de obras de adecuación de tierras que favorezcan el movimiento del agua interna de los suelos y de la escorrentía.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
Para los cultivos de fríjol y de caupí se excluyen como zonas no aptas (N1), las tierras con drenaje muy pobre, ya que se encuentra agua por largos periodos en la zona radicular de las plantas.		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representan asociaciones; por lo tanto, se califica el componente de mayor representatividad, lo que significa que algunos sectores que pueden ser favorables o		

desfavorables para el establecimiento del cultivo, pero no se pueden representar espacialmente.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se tomó como base la duración de las inundaciones y encharcamientos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

De acuerdo con las recomendaciones de manejo y los documentos, un cultivo de fríjol requiere suelos bien drenados (Arias et al., 2007; CIAT, 1994; IICA, RED SICTA y COSUDE, 2009; Jara y Giraldo, 2016; Universidad de Sonora, 2014; Sandez, 2001), por los tanto, los suelos bien drenados tienen aptitud alta (A1), debido a que no hay restricciones por disponibilidad de oxígeno; los drenajes naturales moderado y excesivo tienen aptitud media (A2), por requerir de algunas obras para optimizar el oxígeno disponible. Los drenajes naturales imperfecto y el pobre tienen aptitud baja (A3), por falta de oxígeno disponible temporalmente y, por ende, requerir obras de mayor envergadura para adecuar el drenaje. No se consideran aptos los suelos con drenaje muy pobre debido a la ausencia permanente de oxígeno en las raíces.

Rangos de aptitud

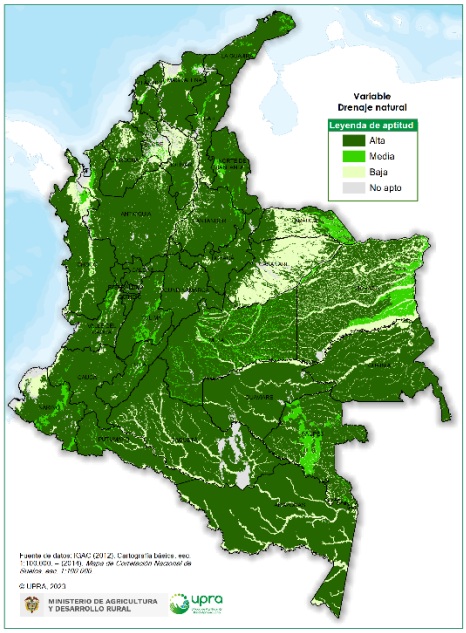
Drenaje natural	Aptitud
Bueno	Alta (A1)
Moderado, excesivo, moderadamente excesivo	Media (A2)
Imperfecto, pobre	Baja (A3)
Muy pobre	No apto (N1)

Los rangos de aptitud de la variable están dados con base en diferentes consultas con productores, el gremio (Fenalce) y literatura relacionada.

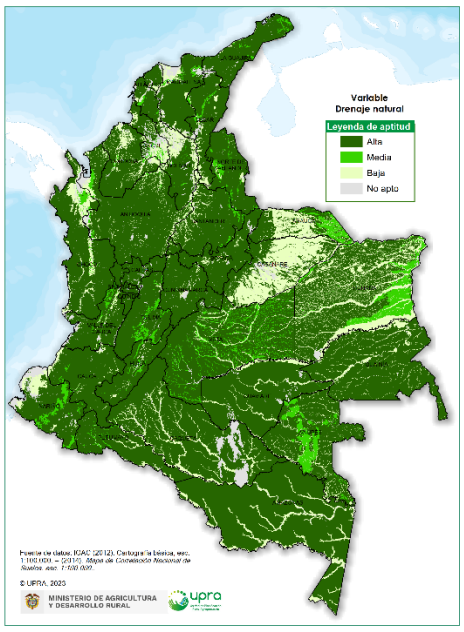
Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*)
CRITERIO DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO



ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL CAUPÍ (*Vigna unguicul*
CRITERIO DISPONIBILIDAD DE OXÍGENO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arias, J.H., Jaramillo, M. y Rengifo, T. 2007. Manual: Buenas Prácticas Agrícolas, en la Producción de Fríjol Voluble. FAO, Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación "La Selva".
- CIAT. (1994). Problemas de Producción del Fríjol en los Trópicos. Recuperado de: https://core.ac.uk/download/pdf/132664941.pdf.
- Cortés, A. y Malagón, D. (1984). Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples. Bogotá: UJTL.
- IGAC. (2010). Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos). Bogotá: IGAC. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IICA, RED SICTA y COSUDE. 2009. Guía técnica para el cultivo de fríjol en los municipios de Santa Lucía, Teustepe y San Lorenzo del departamento de Boaco, Nicaragua. Proyecto Innovaciones para mejorar la competitividad de la cadena agroindustrial de granos y semillas de fríjol de los socios de ASOPROL.
- Jara, Carlos E. y Giraldo C., Diana. 2016. Manejo agronómico de fríjol. Cartilla 1. CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cambio Climático Agricultura y Seguridad Alimentaria (CGIAR-CCAFS).
- Sandez S., Nohora. 2001. El cultivo del fríjol caupí: producción, almacenamiento, utilización. Manual de capacitación tecnológica Darco-Pronatta. Recuperado de: http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/handle/11348/4887.
- Universidad de Sonora. (2014). El cultivo del fríjol. Sistemas de producción en el noroeste de México. División de ciencias biológicas y de la salud. Departamento de agricultura y ganadería. Recuperado de: https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20FRÍJOL.pdf.
- USDA. (1961). Land-Capability Classification. Agriculture Handbook no. 210. EUA: Soil Conservation Service USDA.

1.6. Criterio toxicidad por sales, sodio y aluminio

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE:** Edáfico		
CRITERIO ASOCIADO: toxicidad por sales, sodio y aluminio		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		

- Salinidad y sodicidad: salinidades expresadas en dS/m y sodicidad expresada en porcentaje de saturación de sodio (PSI).
- Saturación de aluminio: expresada en porcentaje de saturación (%).

DEFINICIÓN

La fitotoxicidad es la capacidad de un compuesto para causar daños temporales o de larga duración a las plantas. El daño puede ser general o limitado a determinadas especies o variedades de plantas (FAO, OMS. 2017).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

La presencia de elementos en el suelo en concentraciones mayores a las requeridas, son tóxicos para las plantas, restringiendo el crecimiento y la formación de las dos especies leguminosas, además de efectos adversos sobre algunas propiedades de los suelos.

En general, algunos elementos en cantidades elevadas restringen el uso de las tierras a ciertas plantas tolerantes y/o resistentes, además incrementan los costos para la adecuación y manejo, ya que se requiere la aplicación de enmiendas.

En el ámbito de los suelos colombianos, tienen gran importancia en suelos ácidos de clima húmedo la presencia de altas saturaciones de aluminio, y en suelos básicos o alcalinos, 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. Las sales 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.

El aluminio por su lado (AI) es uno de los elementos que se encuentra comúnmente en suelos ácidos. En plantas susceptibles, se reduce el crecimiento de las raíces y tallos y las hojas pueden tomar un color púrpura (similar a la producida por 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.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, a escala 1:100.000, son asociaciones, donde para cada variable que conforman el criterio se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que dentro de ésta existen áreas de diferentes tamaños que tienen calificaciones de aptitud diferentes al componente calificado.

En cuanto a los contenidos de sales y sodio, la base del mapa nacional de correlación de suelos, no en todos los casos presenta los valores, sino que se refiere a la presencia o no presencia.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

De acuerdo con la fisiología de las plantas y teniendo en cuenta las propiedades de los suelos colombianos, hay variables incluidas en el criterio que tienen rangos donde no es posible los cultivos de fríjol y caupí: se consideran no aptas (N1), las tierras que presentan saturaciones de sodio (PSI) superiores a 15 % y salinidades mayores de 4 dS/m.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Las clases de aptitud de cada una de las variables involucradas en el criterio se extrajeron de la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), y se dio la calificación que técnicamente se consideró en cada una de las variables, así:

Rangos de las variables para *Phaseolus vulgaris* L.

Variable	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Salinidad	Conductividad eléctrica (dS/m)	≤ 1	1-2	3-4	> 4
Sodicidad	Saturación de sodio (PSI)	≤ 15 (No sódico)			> 15 (Sódico, salino sódico)
Saturación de aluminio	Porcentaje (%)	≤ 30 (Andisoles)	30-60	> 60	

Rangos de las variables para *Vigna unguiculata*

Variable	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Salinidad	Conductividad eléctrica (dS/m)	≤ 2	3-4	> 4	-
Sodicidad	Saturación de sodio (PSI)	≤ 15 (No sódico)			> 15 (Sódico, salino sódico)
Saturación de aluminio	Porcentaje (%)	≤ 30 (Andisoles)	30-60	> 60	

Los rangos de aptitud de cada una de las variables están dados de acuerdo con diferentes consultas con productores, el gremio de los cultivadores (Fenalce) y literatura relacionada.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud fue la limitación que cada una de las variables representa en el desarrollo de los cultivos de fríjol, ya que reduce las posibilidades del adecuado desarrollo de las plantas, por lo tanto, bajo nivel de formación de las vainas y, en consecuencia, bajos índices de producción.

Árbol de decisión del criterio para *Phaseolus vulgaris* L.

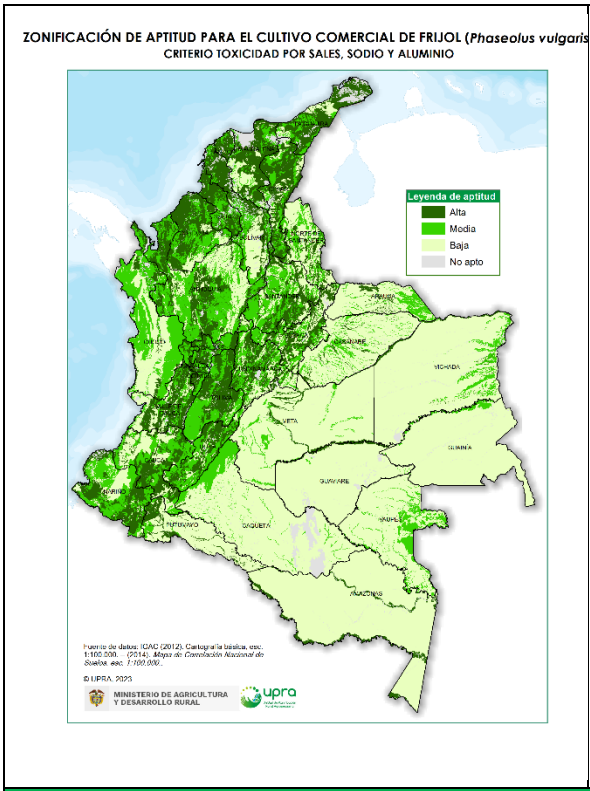
Saturación de aluminio	Salinidad (dS/m)	Sodicidad (PSI)	Aptitud
< 30	< 1	No sódico	A1
		Sódico, salino sódico	N1
	1-2	No sódico	A2
		Sódico, salino sódico	N1
	3-4	No sódico	A3
		Sódico, salino sódico	N1
	> 4	Cualquiera	N1
30-60	< 1	No sódico	A2
		Sódico, salino sódico	N1
	1-2	No sódico	A2

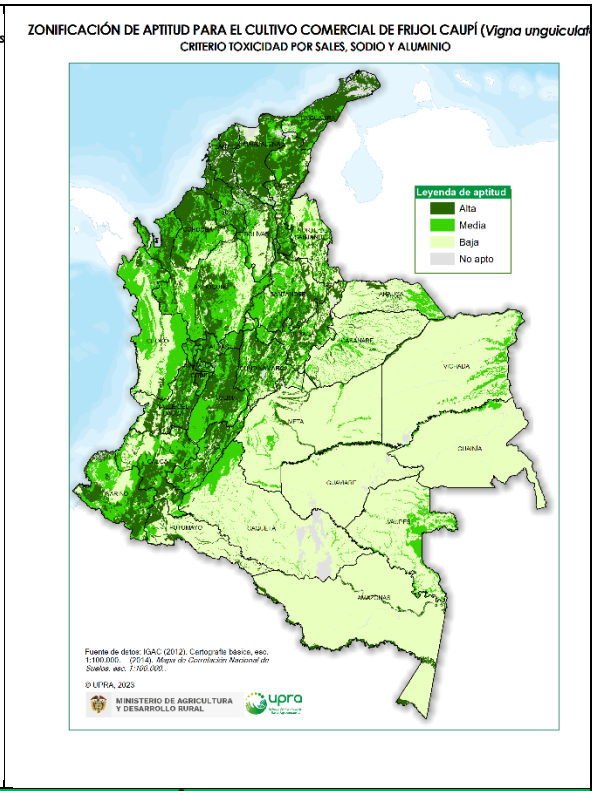
		Sódico, salino sódico	N1
	3-4	No sódico	A3
		Sódico, salino sódico	N1
	> 4	Cualquiera	N1
> 60	< 1	No sódico	A3
		Sódico, salino sódico	N1
	1-2	No sódico	A3
		Sódico, salino sódico	N1
	3-4	No sódico	A3
		Sódico, salino sódico	N1
	> 4	Cualquiera	N1

Árbol de decisión del criterio para *Vigna unguiculata*

Saturación de aluminio	Salinidad (dS/m)	Sodicidad (PSI)	Aptitud
< 30	< 2	No sódico	A1
		Sódico, salino sódico	N1
	3-4	No sódico	A2
		Sódico, salino sódico	N1
	> 4	No sódico	A3
		Sódico, salino sódico	N1
30-60	< 1	No sódico	A2
		Sódico, salino sódico	N1
	1-2	No sódico	A2
		Sódico, salino sódico	N1
	3-4	No sódico	A3
		Sódico, salino sódico	N1
> 60	< 1	No sódico	A3
		Sódico, salino sódico	N1
	1-2	No sódico	A3
		Sódico, salino sódico	N1
	3-4	No sódico	A3
		Sódico, salino sódico	N1

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO





FUENTES DE INFORMACIÓN

- FAO y OMS. (2017). Manual sobre la elaboración y uso de las especificaciones de plaguicidas de la FAO y la OMS. Estudio FAO producción y protección vegetal 228. Roma.
- IGAC. (2010). Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos). Bogotá: IGAC. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

1.6.1. Variable *salinidad y sodicidad*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE:** Edáfico		
CRITERIO ASOCIADO: toxicidad por sales, sodio y aluminio		
VARIABLE: salinidad y sodicidad	**UNIDAD DE MEDIDA:** salinidad (dS/m) y sodicidad (PSI)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		

Contenido alto de sales solubles y 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).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

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 los ascensos del nivel freático, el cual deja en la parte superficial del suelo altos contenidos de sales o de sodio. En forma adquirida, se relaciona con riegos prolongados con aguas de altos contenidos de sales, así como también con aguas de buena calidad, pero mal manejadas en climas con regímenes de humedad *Ústico*.

Los contenidos altos de sales solubles o de sodio intercambiable, afectan en forma significativa los rendimientos de los cultivos de fríjol.

El principal efecto perjudicial de las sales es la alta presión osmótica que se desarrolla en la solución del suelo (Garavito, 1979). El fríjol no tolera excesos de sales en el suelo. Los altos contenidos de sales o de sodio, tienen los siguientes efectos negativos en el desarrollo de las plantas:

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

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

Se considera que unidades de tierra con conductividades eléctricas mayores de 4 dS/m y saturación de sodio mayor de 15 %, no son aptas (N1) para el establecimiento de cultivos de fríjol y de caupí.

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 a escala: 1:100.000, en algunos casos solamente aparece la presencia o no presencia de sales.

Las sales no se presentan de manera uniforme: varía tanto de forma horizontal como vertical y también en el transcurso del año. La presencia se evidencia en forma de manchas y costras (las sales se presentan como afloramientos de costras blancas, mientras que el sodio, en costras negras, debido a la dispersión de la materia orgánica). Estas características dificultan la toma de información por parte de los edafólogos en el campo para realizar su respectivo mapeo.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los suelos salinos y sódicos se obtuvieron a partir de la base del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). La calificación de salino o no salino y de sódico o no

sódico se le dio al mayor componente taxonómico dentro de la unidad cartográfica de suelos.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

De acuerdo con la información (Ávila et al., 2014; Cámara de Comercio de Bogotá, 2015; CIAT, 1994; Escoto, 2004; Hernández, 2009; IICA, RED SICTA y COSUDE, 2009; INIA., 2001; Universidad de Sonora, 2014), para *Phaseolus vulgaris*, los suelos con aptitud alta (A1) son los que presentan conductividad eléctrica menor de 1 dS/m (no salino) y menos del 15 % de Na intercambiable; con aptitud media (A2), se califican los suelos ligeramente salinos (2 a 3 dS/m) y menos de 15 % de saturación de Na; los suelos con baja aptitud (A3) son aquellos que presentan de 3 a 4 dS/m y menos de 15 % de saturación de sodio, mientras que los suelos no aptos técnicamente (N1), son suelos sódicos y salino sódicos, que presentan más del 15 % de saturación de Na y más de 4 dS/m de salinidad.

Para *Vigna unguiculata* se sube un grado más en salinidad y no se tiene un rango donde no se recomienda debido a que no se consigue información de ese umbral; los contenidos de sodio se mantienen iguales.

Rangos de aptitud para *Phaseolus vulgaris* L

Variable	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Salinidad	Conductividad eléctrica (dS/m)	≤ 1	1-2	3-4	> 4
Sodicidad	Saturación de sodio (PSI)	≤ 15 (No sódico)			> 15 (Sódico, salino sódico

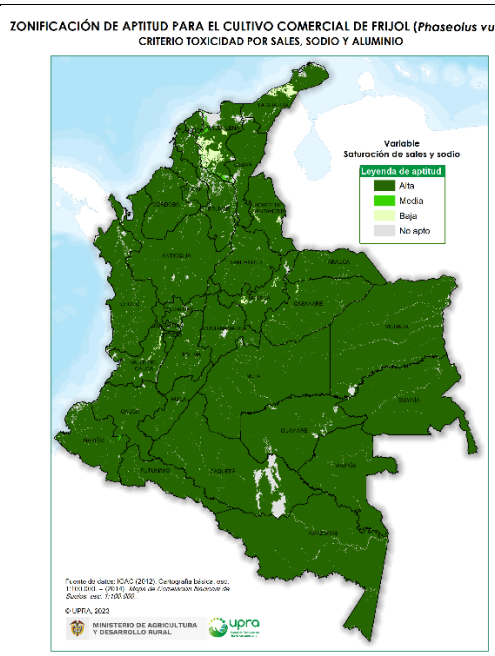
Rangos de aptitud para *Vigna unguiculata*

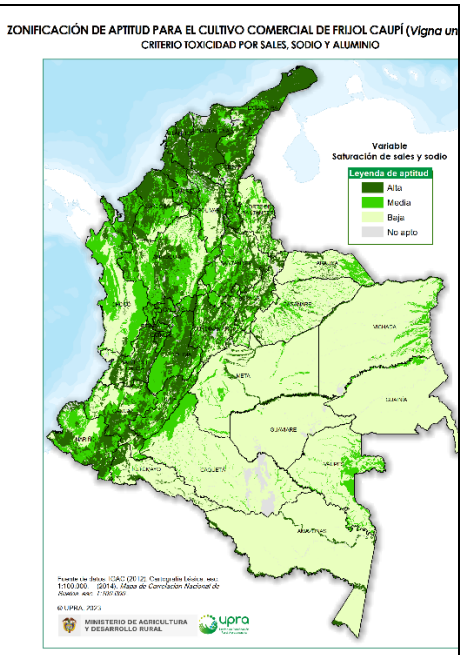
Variable	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Salinidad	Conductividad eléctrica (dS/m)	≤ 2	3-4	>4	-
Sodicidad	Saturación de sodio (PSI)	≤ 15 (No sódico)	-	-	> 15 (Sódico, salino sódico)

Los rangos de aptitud están dados de acuerdo con diferentes consultas con el gremio de los productores (Fenalce) y la literatura relacionada.

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE





FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arias J.H., Jaramillo, M. y Rengifo, T. 2007. Manual: Buenas Prácticas Agrícolas, en la Producción de Fríjol Voluble. FAO, Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación "La Selva".
- Ávila M., José et al. 2014. El cultivo del fríjol. Sistemas de producción en el noroeste de México. Universidad de Sonora. División de ciencias biológicas y de la salud. Departamento de agricultura y ganadería.
- Cámara de Comercio de Bogotá. (2015). Manual: Fríjol. Programa de apoyo agrícola y agroindustrial. Vicepresidencia de fortalecimiento empresarial. Cámara de comercio de Bogotá.
- Escoto G. y Norman D. (2004). el cultivo de fríjol. Secretaría de Agricultura y Ganadería Dirección de Ciencia y Tecnología Agropecuaria. Manual técnico para uso de empresas privadas, consultores individuales y productores. Tegucigalpa M. D. C.
- CIAT. (1994). Problemas de Producción del Fríjol en los Trópicos. Recuperado de: https://core.ac.uk/download/pdf/132664941.pdf.
- Garavito, F. (1979). Propiedades químicas de los suelos, 2 ed. Bogotá: IGAC. p. 30 y 128.
- Hernández F., Juan C. (2009). Cultivo de fríjol. Manual de recomendaciones técnicas. San José de Costa Rica.
- IGAC. (2010). Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos). Bogotá: IGAC. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IICA, RED SICTA y COSUDE. (2009). Guía técnica para el cultivo de fríjol en los municipios de Santa Lucía, Teustepe y San Lorenzo del departamento de Boaco, Nicaragua. Proyecto Innovaciones para

mejorar la competitividad de la cadena agroindustrial de granos y semillas de fríjol de los socios de ASOPROL.
- INIA. (2001). El cultivo del fríjol en la costa del Perú. Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). Dirección General de Investigación Agraria. Lima-Perú.
- Jara, Carlos E. y Giraldo C., Diana. (2016). Manejo agronómico de fríjol. Cartilla 1. CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cambio Climático Agricultura y Seguridad Alimentaria (CGIAR-CCAFS).
- Universidad de Sonora. (2014). El cultivo del fríjol. Sistemas de producción en el noroeste de México. División de ciencias biológicas y de la salud. Departamento de agricultura y ganadería. Recuperado de: https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20FRÍJOL.pdf

1.6.2. Variable *saturación de aluminio*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE:** Edáfico		
CRITERIO ASOCIADO: Toxicidad por sales, sodio y aluminio		
VARIABLE: saturación de aluminio	**UNIDAD DE MEDIDA:** porcentaje (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Proporción de Al^{+++} en el complejo de cambio y en la solución del suelo. La acidez intercambiable se debe a los iones Al^{+++} y H^{+} intercambiables (desplazables) con una sal neutra (KCl); también incluye pequeñas cantidades de hierro, manganeso y zinc intercambiables (Garavito, 1979).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
La saturación de aluminio del suelo (SAl) hace referencia a la acidez debida al ion aluminio (Al^{+++}), que es abundante en suelos ácidos con pH menor de 5,5 el cual afecta el desarrollo de las plantas: inhibe la división celular, causa deficiencias de fósforo e impide la absorción del calcio, magnesio y potasio. Se ha establecido que, cuando se encuentra menos de 1 ppm de Al^{+++} en la solución del suelo, la saturación es menor de 60 % y no hay efecto tóxico en las plantas de tolerancia moderada a Al; cuando es mayor de 60 %, la concentración de Al^{+++} en la solución del suelo aumenta rápidamente (Cortés y Malagón, 1984). 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. En la zonificación de aptitud para el cultivo de fríjol y de caupí, los excesos de aluminio disminuyen la disponibilidad del fósforo, elemento importante en el suministro de energía para las plantas y responsable del buen desarrollo de las raíces.		

Para poder utilizar suelos con altos niveles de Al^{+++} intercambiable es necesario aplicar altas dosis de enmiendas alcalinas, 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

Para los cultivos del fríjol y de caupí no se consideraron algún rango de exclusión, ya que con el uso de enmiendas se puede corregir el exceso de aluminio en el suelo.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

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

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La calificación de aptitud de los diferentes contenidos de aluminio (Al+++) se obtuvo a partir de la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). Los rangos se obtienen a partir de la tabla para la evaluación de la fertilidad de los suelos (IGAC, 2010).

Saturación de aluminio					
Rango	> 60	30-60	29-15	14-5	< 5

La calificación para obtener estos rangos se hace a partir del mayor componente taxonómico dentro de la unidad cartográfica de suelos.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Teniendo como base reportes técnicos en cuanto a las inconvenientes de la saturación de aluminio (Arias et al., 2007; CIAT., 1994; Jara y Giraldo, 2016; Universidad de Sonora, 2014), se determinaron como tierras con aptitud alta (A1), cuando las saturaciones son menores de 30 %; aptitud media (A2), entre 30 y 60 % y aptitud baja (A3), saturaciones de aluminio, con valores que superan el 60 % de saturación.

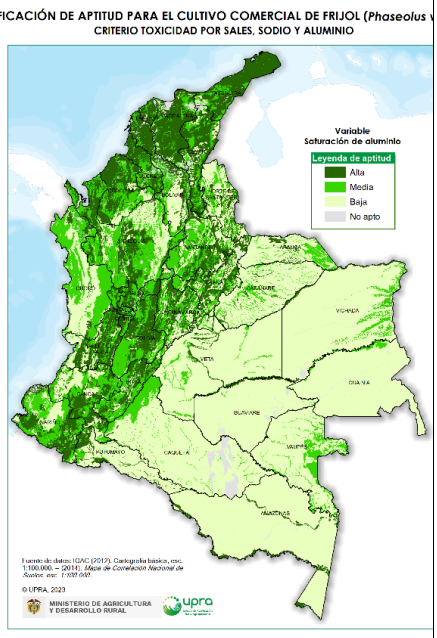
Rangos de aptitud

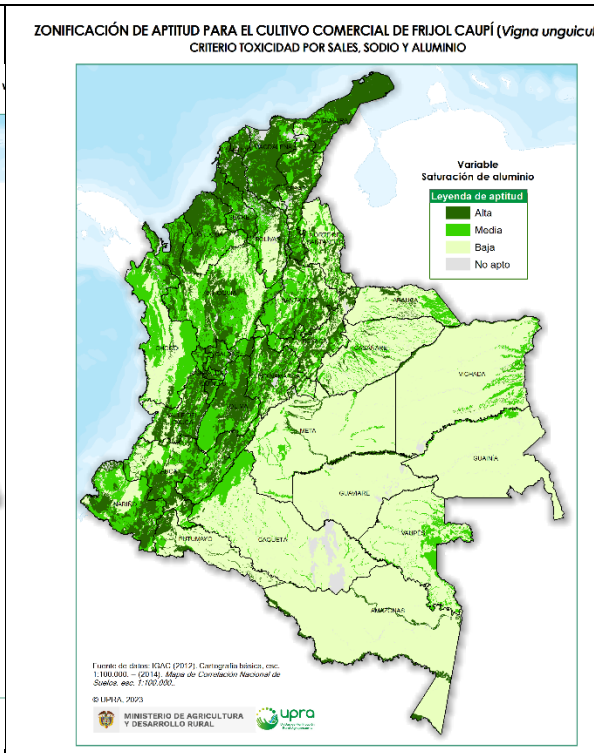
Saturación de aluminio (%)	Aptitud
≤ 30	Alta (A1)
30-60	Media (A2)
> 60	Baja (A3)

Los rangos fueron concertados con cultivadores, el gremio de los cultivadores (Fenalce) y literatura relacionada.

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE





FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arias, J.H., Jaramillo, M. y Rengifo, T. (2007). Manual: Buenas Prácticas Agrícolas, en la Producción de Fríjol Voluble. FAO, Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación "La Selva".
- CIAT. (1994). Problemas de Producción del Fríjol en los Trópicos. Recuperado de: https://core.ac.uk/download/pdf/132664941.pdf.
- Cortés, A. y Malagón, D. (1984). Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples. Bogotá: UJTL.
- Garavito, F. (1979). Propiedades químicas de los suelos. Bogotá: IGAC, p. 128-130.
- IGAC. (2010). Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos). Bogotá: IGAC. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Jara, Carlos E. y Giraldo C., Diana. (2016). Manejo agronómico de fríjol. Cartilla 1. CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cambio Climático Agricultura y Seguridad Alimentaria (CGIAR-CCAFS).
- Universidad de Sonora. (2014). El cultivo del fríjol. Sistemas de producción en el noroeste de México. División de ciencias biológicas y de la salud. Departamento de agricultura y ganadería. Recuperado de: https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20FRÍJOL.pdf.

1.7. Criterio disponibilidad de humedad

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO

TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE:** Edáfico		
CRITERIO ASOCIADO: disponibilidad de humedad		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Régimen de humedad, expresado en clases de regímenes de humedad.
- Textura, expresada en clases de texturas.

DEFINICIÓN

Capacidad que tienen los suelos, en condiciones naturales, de almacenar y suministrar agua para las plantas en cantidades suficientes para su desarrollo.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

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

Se relaciona con el contenido y movimiento interno del agua en el suelo y con la posibilidad de retención de humedad durante el año, la cual depende de las clases texturales de los suelos y de los regímenes pluviométricos.

LIMITANTES DE 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 la misma existen áreas pequeñas que tienen calificaciones de aptitud diferentes al componente calificado.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Se considera que los regímenes de humedad arídico y perácuico no tienen aptitud (N1) para desarrollar cultivos de fríjol ni de caupí, ya que, en el primer caso, no hay condiciones climáticas para el almacenamiento de humedad y el segundo, representa ausencia de oxígeno, lo cual que significa intoxicación en las raíces de las plantas, lo que conlleva a grandes pérdidas en la producción.

La textura no presenta exclusiones para estos cultivos, dado que, en diferentes clases texturales, es posible el establecimiento y desarrollo, con diferentes grados de aptitud.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Las clases de aptitud de cada una de las variables involucradas en el criterio se obtuvieron del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

La buena retención de humedad de los *Andisoles* se da con aptitud alta (A1), mientras que la baja capacidad de retención de humedad de los *Psamments* recibe aptitud baja (A3).

Rangos de las variables

Variable		Aptitud

	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Régimen de humedad	Clases de régimen	Údico, perúdico	Ústico	Ácuico	Arídico, Perácuico
Textura	Clases de texturas	Ar, ArA, ArL, FAr, FArA, FArL, F, FL	FA, L	A, AF	

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

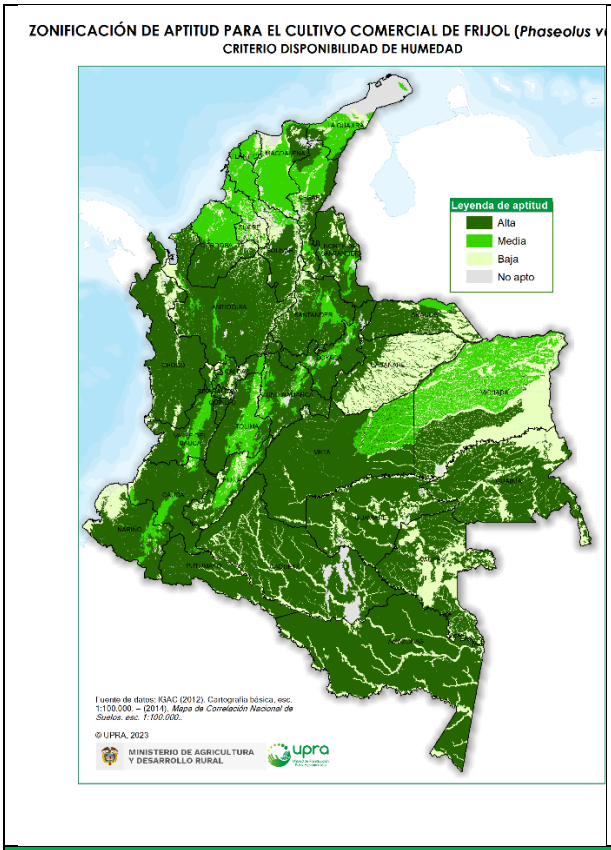
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

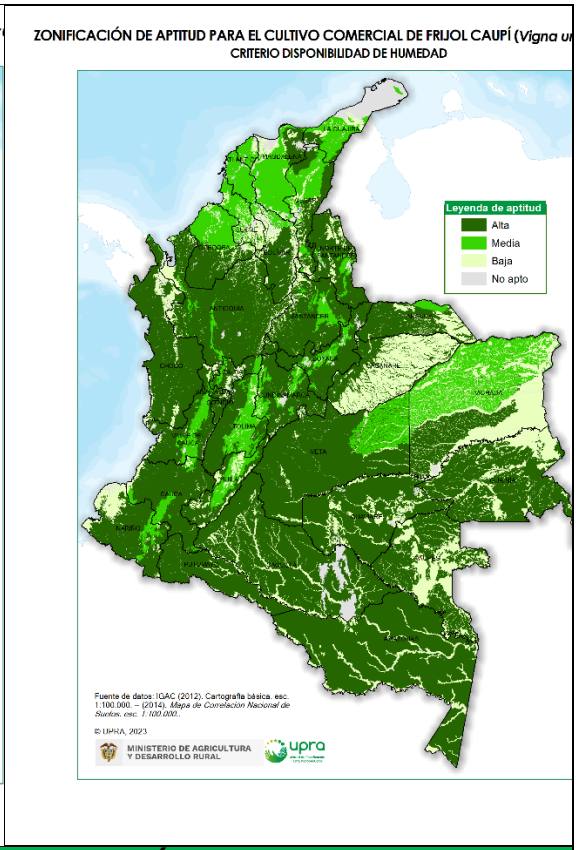
El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud del criterio fue la limitación que cada una de las variables representa en el desarrollo de los cultivos, ya que reduce las posibilidades de un buen desarrollo de las plantas, lo cual es reflejado en la disminución de la producción.

Árbol de decisión del criterio

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO





FUENTES DE INFORMACIÓN

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

1.7.1. Variable *régimen de humedad*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE**: Edáfico		
CRITERIO ASOCIADO: disponibilidad de humedad		
VARIABLE: régimen de humedad	**UNIDAD DE MEDIDA:** clase de régimen	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Se refiere a la presencia o ausencia ya sea de un manto freático o al agua retenida a una tensión menor de 1500 kPa en el suelo o en horizontes específicos por periodos de un año. El agua retenida a una tensión de 1500 kPa o más no está disponible para mantener con vida la mayoría de las plantas mesófilas (USDA y NRCS, 2022). A continuación, se presentan los diferentes regímenes de humedad del suelo:		

Údico: El régimen údico (del lat. *udus*, húmedo) es aquel en el cual la sección control de humedad del suelo no está seca en cualquier parte durante tanto tiempo como 90 días acumulativos en años normales.

Perúdico (del lat. *per*, a lo largo en el tiempo, y del lat. *udus*, húmedo): En climas donde la precipitación supera la evapotranspiración en todos los meses en año normales, la tensión de humedad raramente alcanza 100 kPa en la sección de control de humedad del suelo, aunque hay breves periodos ocasionales, cuando se utiliza un poco de humedad almacenada. El agua se mueve a través del suelo todos los meses cuando no se congela.

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

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

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

Perácuico: Hay suelos, sin embargo, en los que el agua subterránea está siempre en o muy cerca de la superficie. Ejemplos de ello son los suelos de marismas de marea o en el litoral, depresiones cerradas, alimentadas por arroyos perennes.

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

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

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

Húmeda en alguna o en todas partes por menos de 90 días consecutivos, cuando la temperatura del suelo a una profundidad de 50 cm está por encima de 8 °C.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

En condiciones de secano, la disponibilidad natural de agua en el suelo es indispensable para el establecimiento, desarrollo y producción de cultivos de fríjol; el régimen de humedad údico es el óptimo, 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, el normal desarrollo de las plantas.

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

Los regímenes de humedad están condicionados a la distribución de las lluvias de cada una de las regiones y al número de días secos consecutivos durante el año.

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

Se excluyen, como zonas no aptas (N1), los suelos con regímenes de humedad de condiciones extremas por exceso (*perácuico*) o por déficit (*arídico*).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos en los estudios generales representan unidades cartográficas denominadas asociaciones (que tienen dos o más componentes taxonómicos); se calificó el régimen de humedad del componente taxonómico de mayor porcentaje.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se tomó como base la duración de las inundaciones y encharcamientos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Teniendo en cuenta los requerimientos de humedad de los cultivos de fríjol (Arias et al., 2007; CIAT, 1994; Jara y Giraldo, 2016; Universidad de Sonora, 2014) el aporte de humedad por el medio natural y el daño por la permanencia del agua en el suelo para los cultivos, se consideran los siguientes rangos de aptitud:

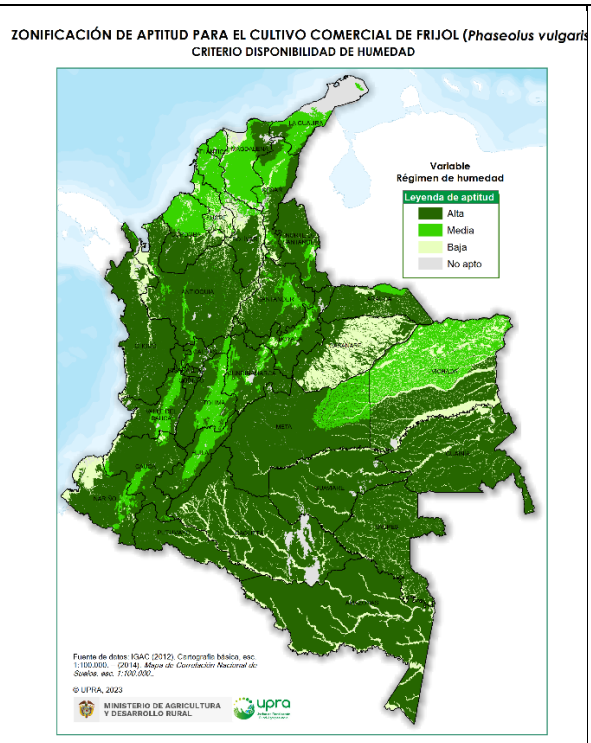
Clases por regímenes de humedad

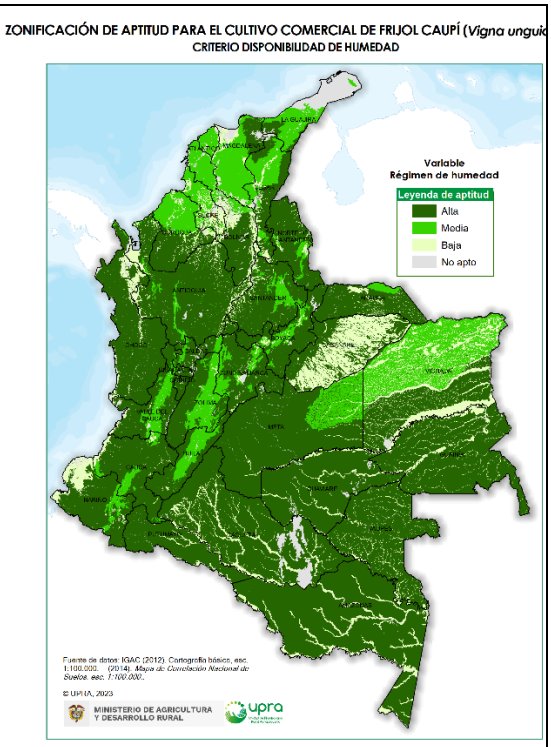
Régimen de humedad	Aptitud
Údico, perúdico	Alta (A1)
Ústico	Media (A2)
Ácuico	Baja (A3)
Arídico, perácuico	No apto (N1)

Los rangos de aptitud de las variables están dados con base en diferentes consultas con el gremio (Fenalce) y literatura relacionada.

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE





FUENTES DE INFORMACIÓN

- Arias, J.H., Jaramillo, M. y Rengifo, T. (2007). Manual: Buenas Prácticas Agrícolas, en la Producción de Fríjol Voluble. FAO, Gobernación de Antioquia, MANA, CORPOICA, Centro de Investigación "La Selva".
- CIAT. (1994). Problemas de Producción del Fríjol en los Trópicos. Recuperado de: https://core.ac.uk/download/pdf/132664941.pdf.
- IGAC. (2010). Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos). Bogotá: IGAC. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Jara, Carlos E. y Giraldo C., Diana. (2016). Manejo agronómico de fríjol. Cartilla 1. CIAT, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cambio Climático Agricultura y Seguridad Alimentaria (CGIAR-CCAFS).
- Universidad de Sonora. (2014). El cultivo del fríjol. Sistemas de producción en el noroeste de México. División de ciencias biológicas y de la salud. Departamento de agricultura y ganadería. Recuperado de: https://agricultura.unison.mx/memorias%20de%20maestros/EL%20CULTIVO%20DEL%20FRÍJOL.pdf.
- USDA y NRCS. (2022). Keys to Soil Taxonomy. Thirteenth edition. Soil Survey Staff.

1.7.2. Variable *textura*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE

TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE: Edáfico**		
CRITERIO ASOCIADO: disponibilidad de humedad		
VARIABLE: textura	**UNIDAD DE MEDIDA:** clases textural	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Proporciones relativas de las partículas o fracciones de arena, limo y arcilla en la "tierra fina" del suelo, es decir, en la tierra tamizada y con diámetro inferior a 2 mm (Malagón y Montenegro, 1990).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

La textura del suelo es una propiedad física que está estrechamente relacionada con otras como la capacidad de retener agua (las texturas finas retienen más agua que las gruesas), la permeabilidad y los índices de plasticidad. Se relaciona con la porosidad, donde el espacio entre partículas permite que se pueda retener y mover el oxígeno, favorece la aireación y la penetración de las raíces a través del suelo.

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

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

No hay exclusión técnica (N1) en razón a que las diferentes clases texturales presentan una amplia gama de retención de humedad en las cuales los cultivos de fríjol y caupí pueden desarrollarse, pero con rendimientos diferenciales.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

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

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se tienen en cuenta las clases texturales, de acuerdo con la siguiente tabla:

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

La información base para determinar la textura asociada a las unidades de tierra fue el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). A partir de esta base de datos se realizó un agrupamiento de clases texturales, de acuerdo con los rangos definidos.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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.

Las clases texturales que presentan aptitud alta (A1), tienen mayores contenidos de arcilla, los cuales favorecen una alta retención de humedad que permite al suelo tener reservas para la época de bajas lluvias. Se incluyen los *Andisoles* por su alta capacidad para retener humedad.

Las texturas con aptitud media (A2), tienen mejor balance entre las partículas finas y las gruesas; por lo tanto, la retención de humedad se encuentra en un nivel intermedio. También se incluyen los horizontes orgánicos en esta calificación debido a la muy alta capacidad que tiene la materia orgánica de retener humedad.

Las clases texturales gruesas se determinaron con aptitud baja (A3), debido a que el dominio de los porcentajes de arena sobre los de limo y arcilla, desfavorece la retención de agua necesaria para el normal crecimiento y desarrollo de los cultivos de fríjol y de caupí. Hacen parte de esta calificación los suelos *Psamments* por estar constituidos por arenas.

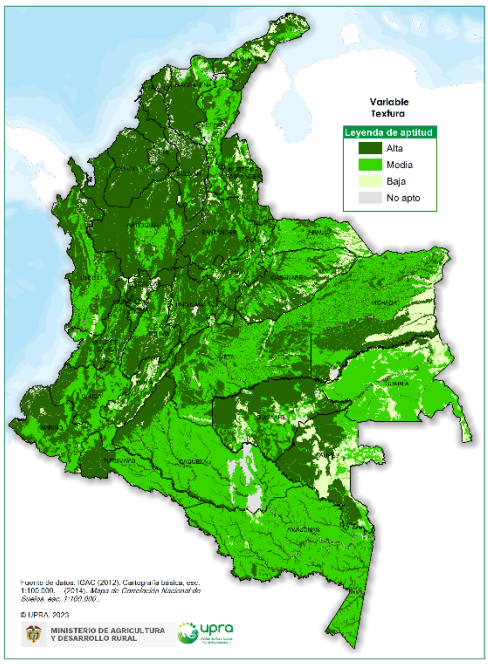
Rangos de aptitud

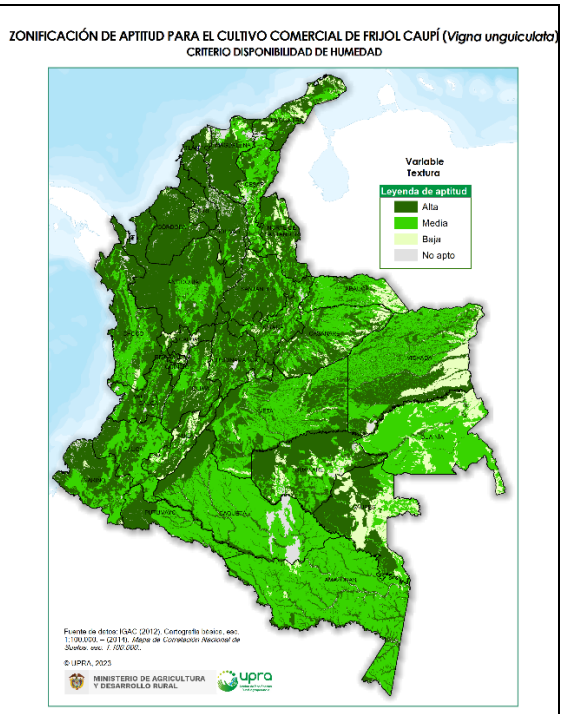
Textura (clases texturales)	Aptitud
Ar, ArA, ArL, FAr, FArA, FArL, F, FL	Alta (A1)
FA, L	Media (A2)
A, AF	Baja (A3)

Esta variable se califica con base en los requerimientos del cultivo de fríjol, consultados con Fenalce y literatura relacionada.

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE





FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2010). Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos). Bogotá: IGAC. 119 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Malagón, D. y Montenegro, H. (1990). Propiedades físicas de los suelos. Bogotá: IGAC. p. 101, 157 y 158.
  USDA. (2017). Soil sourvey manual. Recuperado de: https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf.

1.8. Criterio susceptibilidad a la pérdida de suelos

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Físico **SUBCOMPONENTE**: Edáfico		
CRITERIO ASOCIADO: Susceptibilidad a la pérdida de suelos		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
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 originando una disminución de la productividad (FAO, 1976; FAO, 1991).

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

Fases 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 y/o del viento, que es mediada por los seres humanos, y trae consecuencias ambientales, sociales, económicas y culturales (Ideam, 2015).

Pendiente factor LS: 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 probabilidad de ocurrencia espacial y temporal (SGC, 2016).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Para el establecimiento del cultivo del fríjol y de caupí, lo ideal es que no haya erosión, o que el grado sea ligero o máximo moderado, porque las actividades que implican el cultivo, relacionadas con el suelo en su preparación, mantenimiento y cosecha, lo expone a su pérdida por erosión.

La pérdida de suelo implica disminución de la profundidad y pérdida de la fertilidad, lo cual redunda en el crecimiento de los cultivos.

Por otro lado, el desgaste de suelo significa generación de sedimento que influye en la calidad de las aguas, una vez son contaminadas por el proceso de escorrentía.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Las variables de susceptibilidad a movimientos en masa y de degradación de suelos por erosión, consisten en polígonos que demarcan grandes áreas o regiones, por lo tanto, la representación cartográfica está regida por las fases cartográficas de erosión de suelos a escala 1:100.000, las cuales permiten mayor detalle en la delimitación de las áreas.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Se considera que la susceptibilidad a la pérdida de suelos tiene límites que se califican como no aptos (N1), ya que en algunos casos prácticamente no existe capa productiva y deben estar destinadas a la restauración ecológica.

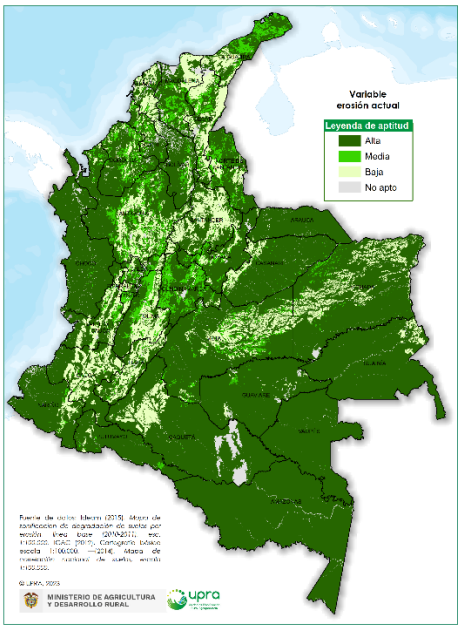
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El criterio se estableció a través de tres etapas: la primera consiste en generar, mediante un árbol de decisión un mapa denominado erosión actual por la fusión de las fases de erosión y la susceptibilidad a la degradación de suelos por erosión; la segunda es generar un mapa de susceptibilidad a las movimientos en masa, mediante un árbol de decisión entre la susceptibilidad relativa a movimientos en masa y el factor LS (inclinación y longitud de la ladera) y finalmente la tercera, es la unión de los dos anteriores mapas mediante otro árbol de decisión en el mapa de susceptibilidad a los movimientos en masa.

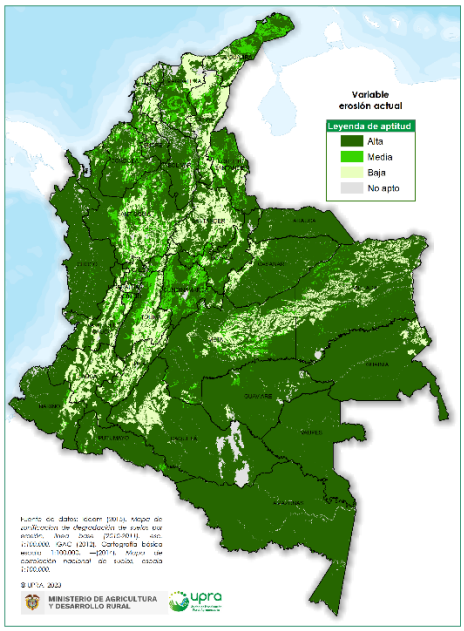
Erosión actual

Fases por erosión, correlación de suelos (IGAC)	Degradación de suelos por erosión (Ideam)	Aptitud
Sin evidencia	No hay, ligera	A1
	Moderada	A1
	Severa	A2
	Muy severa	A2
	No suelo	A1
Ligera	No hay, ligera	A1
	Moderada	A2
	Severa	A2
	Muy severa	A2
	No suelo	A2
Moderada	No hay, ligera	A3
	Moderada	A3
	Severa	A3
	Muy severa	A3
	No suelo	A3
Severa	Muy severa	A3
Muy severa	Cualquiera	N1
Misceláneo erosionado		A3

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*)
CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD A LA PÉRDIDA DE SUELOS



ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata*)
CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD A LA PÉRDIDA DE SUELOS

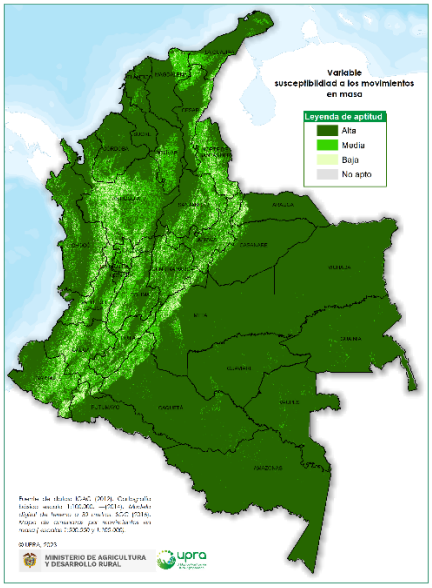


En el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, se utiliza el factor LS con los siguientes rangos:

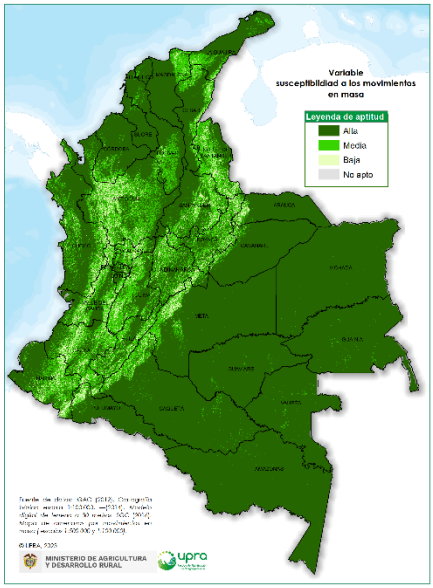
Cuando factor LS: < 5; su calificación en la tabla de movimientos en masa es A1.
Cuando factor LS: 5-10; su calificación en la tabla de movimientos en masa es A2.
Cuando factor LS: > 10; su calificación en la tabla de movimientos en masa es A3.

Susceptibilidad movimientos en masa		
Longitud e inclinación de la pendiente (factor LS)	**Amenaza por movimientos en masa SGC**	**Aptitud**
1	Baja, media	A1
	Alta	A1
	Muy alta	A1
2	Baja, media	A2
	Alta	A2
	Muy alta	A2
3	Baja, media	A2
	Alta	A3
	Muy alta	A3

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL (*Phaseolus vulgaris*)
CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD A LA PÉRDIDA DE SUELOS



ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL CAUPÍ (*Vigna unguiculata*)
CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD A LA PÉRDIDA DE SUELOS



Finalmente se construye el mapa del criterio *susceptibilidad a la pérdida de suelos* mediante el siguiente árbol de decisión:

Erosión actual	Susceptibilidad movimientos en masa	Aptitud
A1	A1	A1
	A2	A1

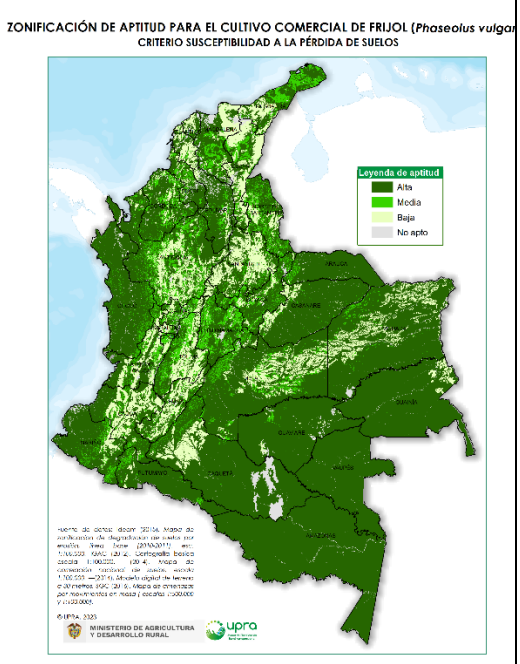
	A3	A2
A2	A1	A2
	A2	A2
	A3	A3
A3	Cualquiera	A3
N1	Cualquiera	N1

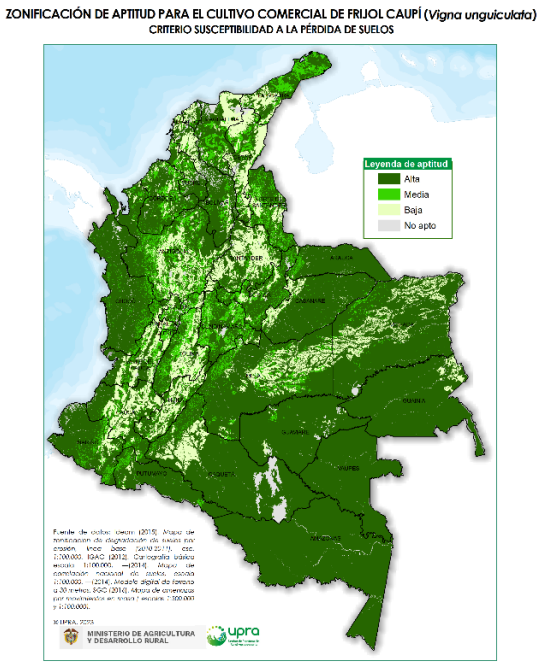
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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 presenta los criterios cualitativos de calificación:

Criterio de calificación	Aptitud
Baja susceptibilidad a la pérdida de suelo, para el establecimiento de cultivos de fríjol y caupí.	Alta (A1)
Condiciones que presentan moderada susceptibilidad a la pérdida de suelo, para el establecimiento de cultivos de fríjol y caupí.	Media (A2)
Condiciones que presentan alta susceptibilidad a la pérdida de suelo, para el establecimiento de cultivos de fríjol y caupí.	Baja (A3)
Restricciones por muy alta susceptibilidad a la pérdida de suelo, que imposibilitan el establecimiento de cultivos de fríjol y caupí.	No apto (N1)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO





FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2015). Degradación de suelos por erosión. Bogotá

- FAO. (1976). http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es/. (FAO, Editor, & FAO, Producer) Retrieved Mayo 18, 2016, from http://www.fao.org/: http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es.
- FAO. (1991). Guidelines: land evaluation for extensive grazing. FAO Soils Bulletin 58. Rome, Italy.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). Mapa de correlación nacional de suelos. Bogotá: IGAC.
- Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2016). Amenaza de movimientos en masa. Bogotá: SGC.
- Soil Science Society of America. Glossary of Soils Science Terms. (2018). Soils sustain life. https://www.soils.org/publications/soils-glossary#.
- USDA. (1961) Land-Capability Classification. Agriculture Handbook no. 210. EUA: Soil Conservation Service USDA.

2. Fichas metodológicas del componente socioecosistémico

2.1. Criterio potencial de aporte de nitrógeno a los agroecosistemas

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Potencial de aporte de nitrógeno a los agroecosistemas		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
No presenta variables asociadas, es un criterio basado en la variación del índice de vegetación de diferencias normalizadas azul.		
DEFINICIÓN		
La producción de cultivos se encuentra fuertemente ligada al nitrógeno, debido a que la cantidad de este elemento en las hojas responde a la intensidad del proceso fotosintético (Salvagiotti et al., 2009). Por lo tanto, este elemento es un limitante en el crecimiento y rendimiento de diversos agroecosistemas (Gordillo, 2018). La medición de nitrógeno en las diferentes coberturas requiere de análisis químicos destructivos que emplean materia orgánica proveniente de las plantas (Balanzategui, 2018). En suelos es también un elemento difícil de monitorear debido a su alta movilidad (Jaramillo, 2002). Teniendo en cuenta que el contenido de nitrógeno se relaciona fuertemente con la tasa de fotosíntesis (Cabrera-Bosquet et al., 2007), y esta responde a la captura de luz por el dosel y el contenido de este elemento en la hoja (Lemaire et al., 2007), el uso de índices de vegetación basados en análisis espectral de imágenes de satélite permite analizar la concentración de nitrógeno en la cobertura actual y la variación de este por la entrada de un cultivo como el de fríjol o de caupí.		
IMPORTANCIA DEL CRITERIO		
Existe una estrecha relación entre el ciclo del carbono y el del nitrógeno, debido a su acumulación en la materia orgánica del suelo en climas templados a subtropicales (Neff et al. 2002, Conant *et al*. 2005). Adicionalmente, la dinámica de estos elementos resume e integra el funcionamiento ecosistémico en gran proporción (Piñeiro, 2006). Siendo el nitrógeno el nutriente que comúnmente limita la productividad de los ecosistemas terrestres (Burke et *al*. 1998 y Johnson y Matchett, 2001). Especies leguminosas como el fríjol y el caupí presentan una alta acumulación de nitrógeno de forma sostenida en todo su ciclo vegetativo (García & Ciampitti, 2009), debido a la relación simbiótica con bacterias de los géneros *Bradyrhizobium* spp. y *Sinorhizobium* spp. pertenecientes a la familia *Rhizobiaceae*, las cuales le permiten la formación de nódulos que aumentan su capacidad de fijación de nitrógeno atmosférico (González, 2015).		

La constante preocupación por el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados que representan una recurrente amenaza a los ecosistemas (Salvador et al., 2020), lleva a pensar en estrategias que permitan minimizar este tipo de prácticas y sus efectos negativos, como la implementación de este tipo de cultivos y el monitoreo del contenido de nitrógeno de la cobertura vegetal, el cual puede facilitarse mediante índices espectrales sensibles a la clorofila que permiten estimar los niveles de nitrógeno (Balanzategui, 2018).

Los índices de vegetación son calculados a partir de valores de reflectancia espectral de distintas longitudes de onda, con el fin de estimar el crecimiento de plantas (Ruiz et al., 2011). Comúnmente estas respuestas espectrales son evaluadas en el rango espectral visible e infrarrojo cercano (NIR), especialmente en el cálculo del índice de vegetación de diferencia normalizada (NDVI), que se basa en las bandas del rojo y NIR, utilizado para la evaluación indirecta de la biomasa y rendimiento de cultivos (Prasad et al., 2007). El NDVI azul ha sido probado por Gordillo (2018), como un indicador de la concentración de nitrógeno en plantas, facilitando así el monitoreo de este elemento en los diferentes ecosistemas.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

La sensibilidad de una variable como el nitrógeno dificulta la certeza del método, puesto que este elemento presenta una alta movilidad y volatilidad, dificultando su monitoreo, adicionalmente es una variable que presenta una sensibilidad alta a la presencia de nubosidad, lo cual dificulta la determinación del NDVI azul, de igual forma las imágenes MODIS, tienen como mayor limitante la resolución espacial y la temporalidad.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

No hay valores de exclusión, ninguna variable presenta límites que califiquen zonas del territorio nacional como no aptas (N1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

De acuerdo con Gordillo (2018), la absorción de nitrógeno por parte de la cobertura de interés se interpreta en relación con su masa, presentándose una disminución de la concentración de este elemento en la planta al aumentar la masa del cultivo (Lemaire & Meynard,1997). Para Farrugia et al. (2004), el contenido de nitrógeno en la capa superior del dosel es más estable, y se encuentra fuertemente relacionado con la absorción de la luz fotosintéticamente activa del espectro rojo y azul (Gates 1980 citado por Gordillo, 2018). Sulik y Long (2016), propusieron analizar el NDVI azul, como indicador del contenido de nitrógeno, debido a que la clorofila absorbe la luz azul, y este índice presenta mayor estabilidad durante todo el ciclo vegetativo del cultivo.

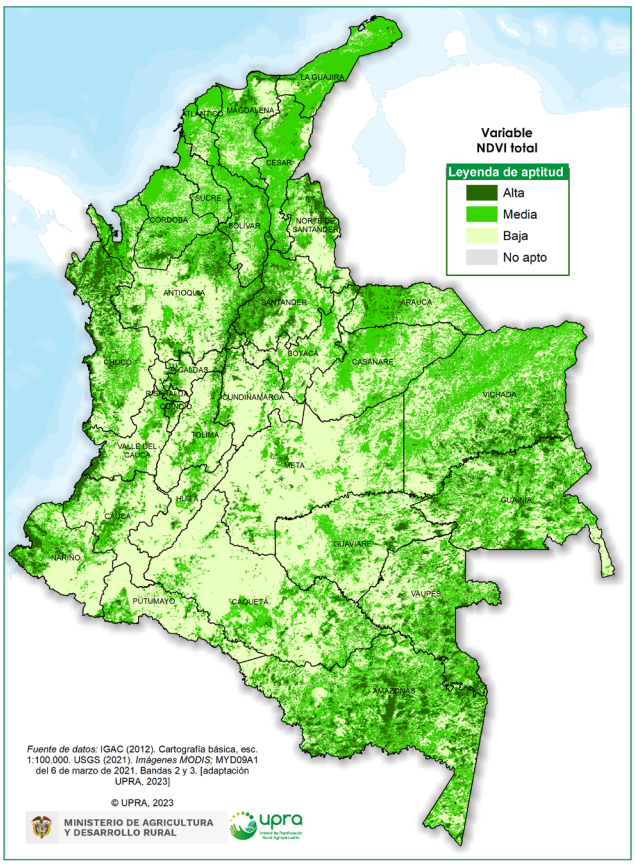
La estimación del potencial de aporte de nitrógeno se basó entonces, en el cálculo del índice de vegetación de diferencia normalizada azul (NDVI Azul), haciendo uso de la fórmula propuesta por Gordillo (2018):

$$\text{NDVI Azul} = \frac{(NIR - BLUE)}{(NIR + BLUE)}$$

Se realizó un mosaico de las bandas 2 (NIR) y 3 (azul) del promedio de imágenes MODIS que cubren el territorio nacional, asociadas al producto MYD09A1, correspondientes a cada trimestre del 2022 y se aplicó la fórmula del NDVI azul:

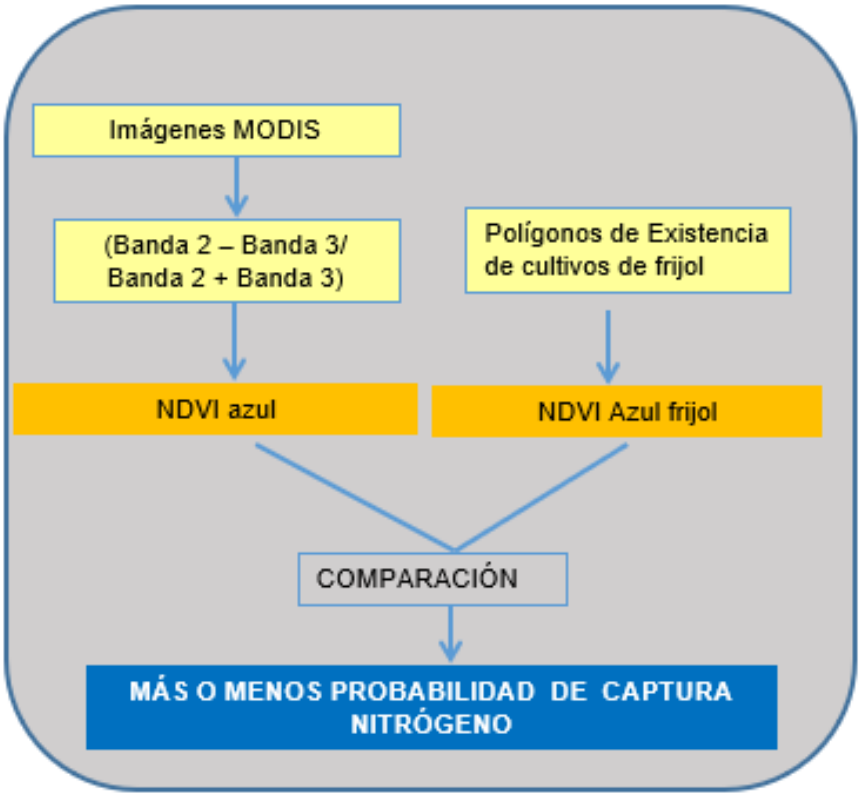
$$\text{NDVI Azul} = \frac{(Banda\ 2 - Banda\ 3)}{(Banda\ 2 + Banda\ 3)}$$

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL
CRITERIO POTENCIAL DE APORTE DE NITRÓGENO A LOS AGROSISTEMAS



Una vez obtenido el índice, se determinó el valor de NDVI azul para el cultivo de fríjol y de caupí, de acuerdo con el promedio del valor de los pixeles asociados a los predios donde se localiza el fríjol y el caupí, para lo cual se usa la información de la variable existencia de cultivos del criterio de infraestructura y logística del componente económico. Posteriormente, se realiza la diferencia entre el valor de NDVI Azul total y el NDVI para el cultivo de fríjol y de caupí, a fin de identificar el impacto sobre el potencial de nitrógeno de la cobertura actual.

A continuación, se presenta un diagrama de flujo que resume la metodología:



Las áreas por fuera de la frontera agrícola definida por la UPRA, se califican con aptitud baja (A3).

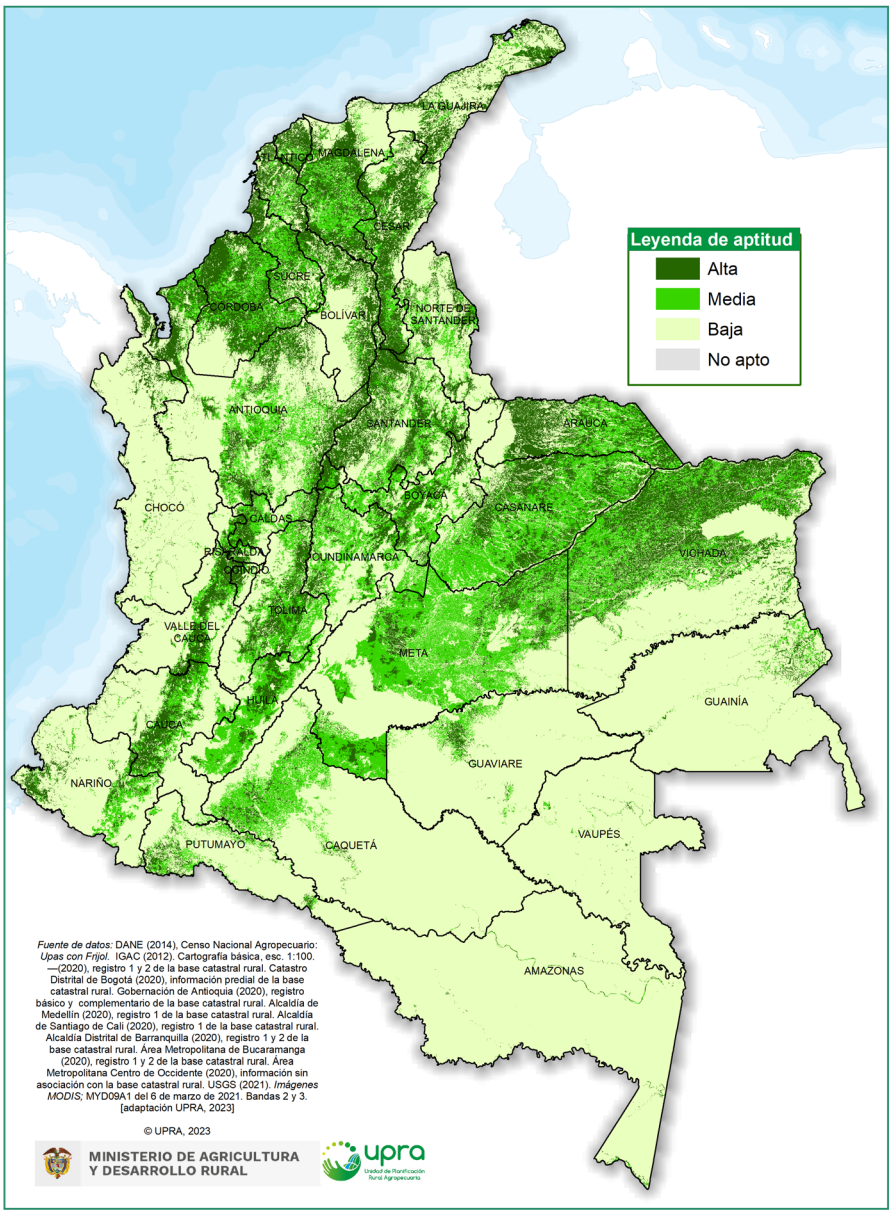
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

La calificación de la aptitud para el cultivo de fríjol y caupí, desde el punto de vista de este criterio se estableció a partir de intervalos por cuantiles:

Descripción	Diferencia NDVI Azul	Aptitud
El cultivo tiene mayor potencial de aporte de nitrógeno	>0,059	Alta (A1)
El cultivo está en equilibrio con el potencial de aporte de nitrógeno de la cobertura actual	-0,326 a 0,059	Media (A2)
El cultivo presenta un menor potencial de aporte de nitrógeno, en relación con la cobertura actual	<-0,326	Baja (A3)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL
CRITERIO POTENCIAL DE APORTE DE NITRÓGENO A LOS AGROSISTEMAS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Balanzategui, J. (2018). Una herramienta para la estimación de concentración de Nitrógeno a partir de imágenes Sentinels. Trabajo de pregrado. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Informáticos.
- Burke, I. C., Lauenroth, W., Vinton, M., Hook, P., Kelly, R., Epstein, H., Aguiar, M., Robles, M., Aguilera, M., Murphy, K. y R. A. Gill. (1998). Plant-soil interactions in temperate grasslands. Biogeochemistry 42:121-143.
- Cabrera-Bosquet, L., Molero, G., Bort, J., Nogues, S. y J. Araus. (2007). The combined effect of constant water deficit and nitrogen supply on WUE, NUE and 13C in durum wheat potted plants, Ann. Appl. Biol. 151, 277-289.
- Conant, R. T., Paustian, K., Del Grosso, S. & W. J. Parton. (2005). Nitrogen

pools and fluxes in grassland soils sequestering carbon. Nutrient Cycling in Agroecosystems 71:239-248.
- Farrugia, A., Gastal, F. y D. Scholefield. (2004). Assessment of nitrogen status of grassland. Grass Forage Sci. 59, 113-120.
- García, F. y Ciampitti, I. (2009). La nutrición del cultivo de soja. In `Manual de manejo del cultivo de soja´ (Eds. Garcia F.O, Ciampitti I.A. & Baigorrí H.E.) pp. 33. Argentina
- Gordillo, V. (2018). Evaluación del estado del nitrógeno y estimación de biomasa en el cultivo de trigo, usando sensores remotos y vehículos aéreos no tripulados (UAV). Tesis de doctorado. Colegio de postgraduados. Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas. Campus Montecillo. Postgrado en Hidrociencias. Montecillo, Texcoco, México.
- González, N. (2015). Fijación de nitrógeno en soja, uso de inoculantes. Apuntes de cátedra, Cereales y Oleaginosas.
- Jaramillo, D. (2002). Introducción a la Ciencia del suelo. Universidad Nacional De Colombia. Facultad de Ciencias. Medellín.
- Johnson, L. C. y J. R. Matchett. (2001). Fire and grazing regulate belowground processes in tallgrass prairie. Ecology 82:3377-3389.
- Lemaire, G. y J. Meynard. (1997). Use of the nitrogen nutrition index for the analysis of agronomical data. In: G. Lemaire (Ed.), Diagnosis of the Nitrogen Status in Crops. Springer-Verlag, Heidelberg, pp. 45–5
- Lemaire, G., Oosterom, E., Sheehy, J., Jeuffroy, M.H., Massignam, A. y L. Rossato. (2007). Is crop N demand more closely related to dry matter accumulation or leaf area expansion during vegetative growth? Field Crop. Res. 100, 91–106.6
- Neff, J. C., Townsend, A., Gleixner, G., Lehman, S., Turnbull, J. y W. D. Bowman. (2002). Variable effects of nitrogen additions on the stability and turnover of soil carbon. Nature 419:915-917.
- Piñeiro, G. (2006). Biogeoquímica del carbono y nitrógeno en los pastizales pastoreados del Río de la Plata: Un análisis basado en modelos de simulación, sensores remotos y experimentos a campo. Tesis de doctorado. Escuela Para Graduados "Alberto Soriano". Facultad de Agronomía. Universidad de Buenos Aires.
- Prasad, B., Carver, B.F., Stone, M.L., Babar, M.A., Raun, W.R. y A. Klatt. (2007). Potential use of spectral reflectance indices as a selection tool for grain yield in winter wheat under great plains conditions. Crop Sci. 47, 1426–1440.
- Ruiz, J., Tijerina, L., Mejia, E., Sandoval, M., Sánchez, P., Vaquera, H. y M. Colinas. (2011). Índices de vegetación para estimar el crecimiento de plantas de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill.) estresadas por deficiencia de agua y nitrógeno. Terra Latinoamericana, Volumen 29, número 1, 2011.
- Salvagiotti, F., Capurro, J. y J. Enrico. (2009). El manejo de la nutrición nitrogenada en soja. Para Mejorar la producción 42. INTA EEA OLIVEROS.
- Salvador, J., Bolaños, M., Palacios, E., Palacios, L., López, A. y J. Muñoz. (2020). Estimación de la fracción de cobertura vegetal y contenido de nitrógeno del dosel en maíz mediante sensores remotos. Terra Latinoamericana, vol. 39, e899, 2021. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo A.C.
- Sulik, John J. y Dan. Long. (2016). Spectral considerations for modeling yield of

canola. Remote Sensing of Environment 184 (2016) 161–174

2.2. Criterio apropiación de agua

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: apropiación de agua		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• Diferencia de uso consuntivo • Diferencia de uso del agua		
DEFINICIÓN		
Representa la cantidad de agua que es retenida del flujo de la cuenca y el agua lluvia, para satisfacer la demanda del cultivo de fríjol y de caupí, tanto para su crecimiento, como materia prima para el sustento y producción de fríjol y de caupí. Del agua captada por este cultivo, una parte queda contenida en la biomasa, otra parte retorna a la cuenca (excesos o menores rendimientos de aprovechamiento de agua), y otra se pierde en el balance hídrico de la cuenca, bien porque queda contenida en el producto que se exporta de la misma para su aprovechamiento, o por vía evapotranspiración de los cultivos. Este requerimiento de agua es suplido en la unidad geográfica de análisis, dependiendo de su oferta hídrica, en primer lugar, a partir del agua contenida naturalmente en el suelo y los aportes de la lluvia, luego desde el agua de drenaje superficial, e incluso desde el aporte de fuentes subterráneas, y en casos excepcionales a partir de transvases desde cuencas circundantes. Así, entre mayor sea la demanda del cultivo de fríjol y de caupí, mayor será la cantidad de elementos involucrados para el suministro, y mayor será la competencia frente a las demás coberturas y los usos establecidos en la unidad de análisis. Este abastecimiento suple diferentes aspectos, como el crecimiento de la especie, la producción agrícola y la neutralización de los principales contaminantes generados por la dinámica de producción, hasta concentraciones aceptables en los cuerpos de agua, de acuerdo con los niveles permitidos por la normativa ambiental del país. Así, ante la prospectiva de una demanda adicional en la unidad de análisis (el cultivo de fríjol o de caupí por establecer) y la situación de un consumo real en cada subzona hidrográfica dada por las coberturas y usos establecidos, se plantea la disyuntiva acerca de la sostenibilidad hídrica del nuevo cultivo, bien por competencia frente a las demás coberturas y usos, o bien por riesgo en el abastecimiento para dichos cultivos. De acuerdo con el ENA (2019), el cultivo de fríjol se encuentra dentro de los cuatro principales cultivos transitorios del país, presentando una demanda hídrica de 292 millones de m^3/año. No se tiene una discriminación entre *Phaseolus vulgaris* y *Vigna unguiculata*; por lo tanto, debido a esta falta de discriminación de la demanda hídrica	

del cultivo, se decidió calcularla considerando el uso consuntivo del cultivo de fríjol para cada una de las especies y llevando los valores a consumo de agua por hectárea mediante la superposición de las subzonas hidrográficas con el área apta para el cultivo, de acuerdo con el resultado del mapa del criterio de cambio de cobertura, obteniendo así el área potencialmente cultivable de cada subzona hidrográfica y la demanda de agua potencial.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Permite estimar la sostenibilidad hídrica de la unidad geográfica de análisis (polígonos de evapotranspiración de referencia (ETo) x subzona hidrográfica (SZH)) en el escenario de establecimiento del cultivo de fríjol y de caupí. De esta forma, es posible identificar si dada la capacidad hídrica de la SZH se configura un riesgo para el abastecimiento del cultivo de las dos especies, o si su establecimiento entra en competencia con los ecosistemas, agrosistemas y demás usos existentes a su interior.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Para la estimación del componente de diferencia de uso consuntivo se determinó el Kc de las coberturas actuales a través de imágenes MODIS, las cuales tienen como mayor limitante la resolución espacial y la temporalidad.

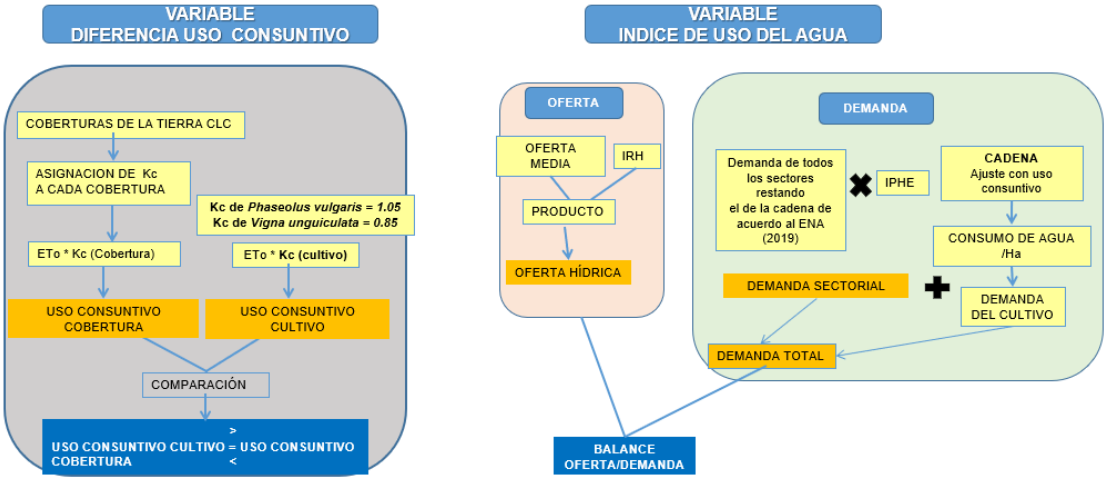
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

No hay valores de exclusión, ninguna variable presenta límites que califiquen zonas del territorio nacional como no aptas (N1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento de la variable de apropiación de agua, se siguió la siguiente metodología:

Metodología para el cálculo de la apropiación de agua



Donde:

CLC: Corine Land Cover,

Kc: coeficiente del cultivo,

IRH: índice de regulación hídrica,

IPHE: índice de presión hídrica de los ecosistemas.

El criterio está compuesto por dos variables, la diferencia del uso consuntivo y el índice de uso del agua. Es importante aclarar que se generaron mapas para cada una de las especies.

De acuerdo con el Ideam (2010) el uso consuntivo se refiere al requerimiento de agua para el arreglo de cultivos, para su cálculo se parte del valor de evapotranspiración y el *coeficiente del cultivo (Kc)*, por tanto, la variable de la diferencia de uso consuntivo está referida a la comparación del *Kc* de las coberturas actuales multiplicado por la evapotranspiración de referencia y el *Kc* del potencial cultivo de fríjol y caupí, a nivel del territorio nacional, multiplicado igualmente por la evapotranspiración de referencia. De acuerdo con lo anterior, es posible realizar una comparación entre la evapotranspiración de las coberturas actuales y las de un cultivo de fríjol y de caupí.

Si el dato de la relación es mayor a 0 es porque es mayor la evapotranspiración del cultivo, a la cobertura actual, por lo cual es mejor continuar con la cobertura actual; si el dato de la relación es menor a 0 es porque es menor la evapotranspiración del cultivo en relación con la cobertura actual, por lo cual un cambio de la cobertura actual por este cultivo sería favorable. Hay un rango intermedio alrededor del 0, donde la variación no es grande, donde las dos coberturas tienen similares evapotranspiraciones.

La variable de diferencia de uso del agua es una relación entre la oferta y la demanda hídrica en una unidad como la subzona hidrográfica. Para esto se toma el dato de oferta media del Estudio Nacional del Agua (Ideam, 2019), y se multiplica por el índice de regulación hídrica, para verificar si esa oferta está bien distribuida o no durante todo el año; con esto se obtiene la oferta total por subzona hidrográfica.

Por otra parte, con relación a la demanda, se toman los datos de la demanda sectorial del Ideam (2019) y se multiplican por el índice de presión de los ecosistemas, para considerar la demanda requerida por los ecosistemas para su sostenibilidad. Posteriormente, se adiciona la demanda hídrica del cultivo, teniendo en cuenta el *Kc* (*P. vulgaris* 1,05 y de *V. unguiculata* 0,85) descrito en la variable de diferencia de uso consuntivo, llevando el dato de milímetros (mm) a litros por hectárea mediante la superposición por subzonas hidrográficas, y ajustando con el valor del área potencialmente apta para el cultivo, de acuerdo con el resultado del mapa del criterio de cambio de cobertura. Esta demanda se multiplica por el índice de presión de los ecosistemas, para considerar la demanda requerida por los ecosistemas para su sostenibilidad. En general, la diferencia del uso del agua en este caso corresponderá a la diferencia entre la oferta y la demanda total.

Finalmente, con los resultados del índice de uso del agua y la diferencia de uso consuntivo, se establece la aptitud por apropiación de agua para el cultivo, para lo cual se utilizó un árbol de decisión que involucra estas dos variables, como se muestra a continuación:

índice de uso del agua	diferencia uso consuntivos	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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Se establece un valor que corresponde a la relación entre la capacidad hídrica de la subzona hidrográfica y el requerimiento del cultivo.

La aptitud varía entre un máximo de aptitud alta (A1) en aquellos lugares de ETo x SZH en donde exista agua disponible como para satisfacer la nueva demanda impuesta por el cultivo, sin poner en riesgo los usos preexistentes o al mismo cultivo. El valor mínimo de aptitud baja (A3), establecido en aquellos lugares en situación de mayor déficit hídrico, en los cuales el establecimiento del cultivo de fríjol y de caupí, pueda generar un riesgo por desabastecimiento tanto para los cultivos, como para los demás usos establecidos en la subzona hidrográfica.

La obtención de los rangos de variación procede del procesamiento entre los rangos de sus mapas constitutivos: diferencia de uso consuntivo y diferencia de uso de agua por el cultivo.

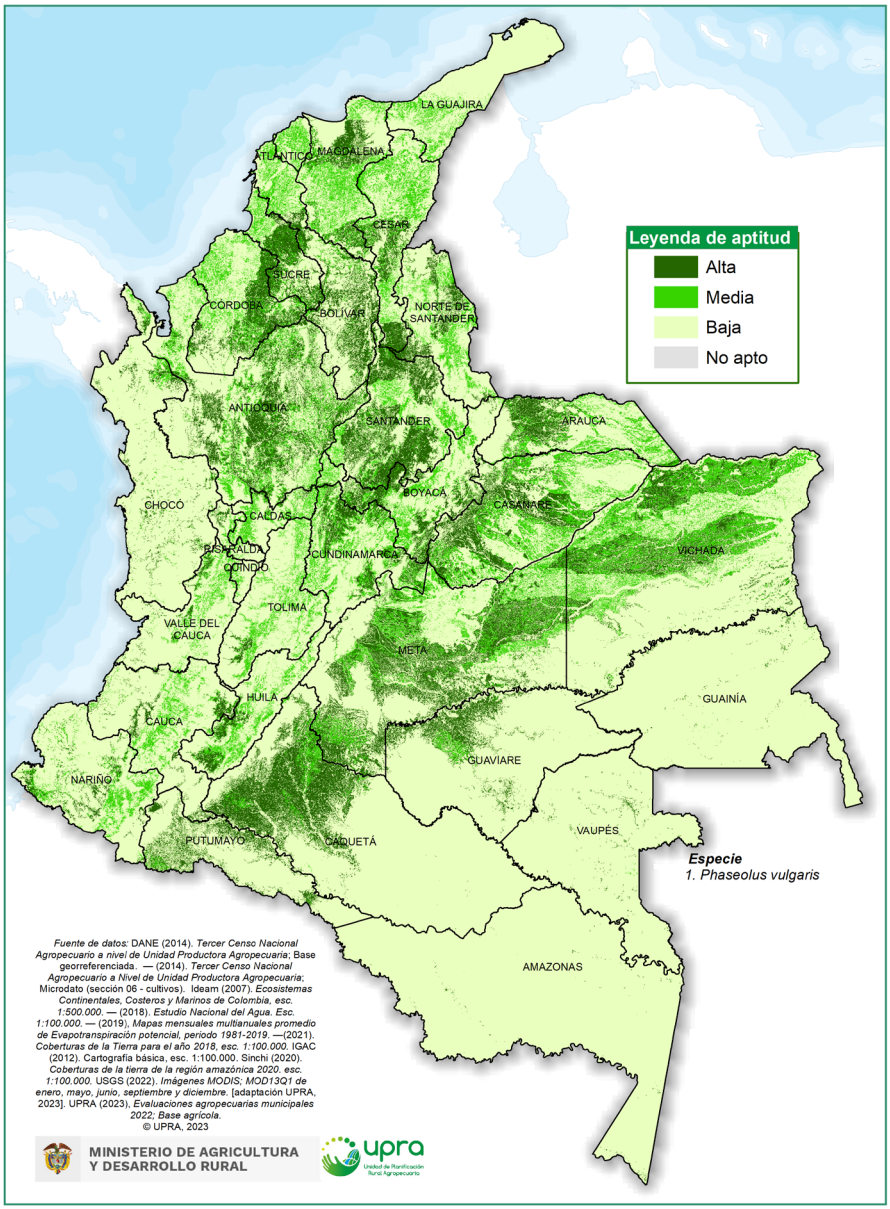
Se aclara que no se realiza comparación con las coberturas naturales, por tanto, estas áreas se mantienen en aptitud baja (A3).

Rango de variación de la aptitud por apropiación de agua para el cultivo de fríjol

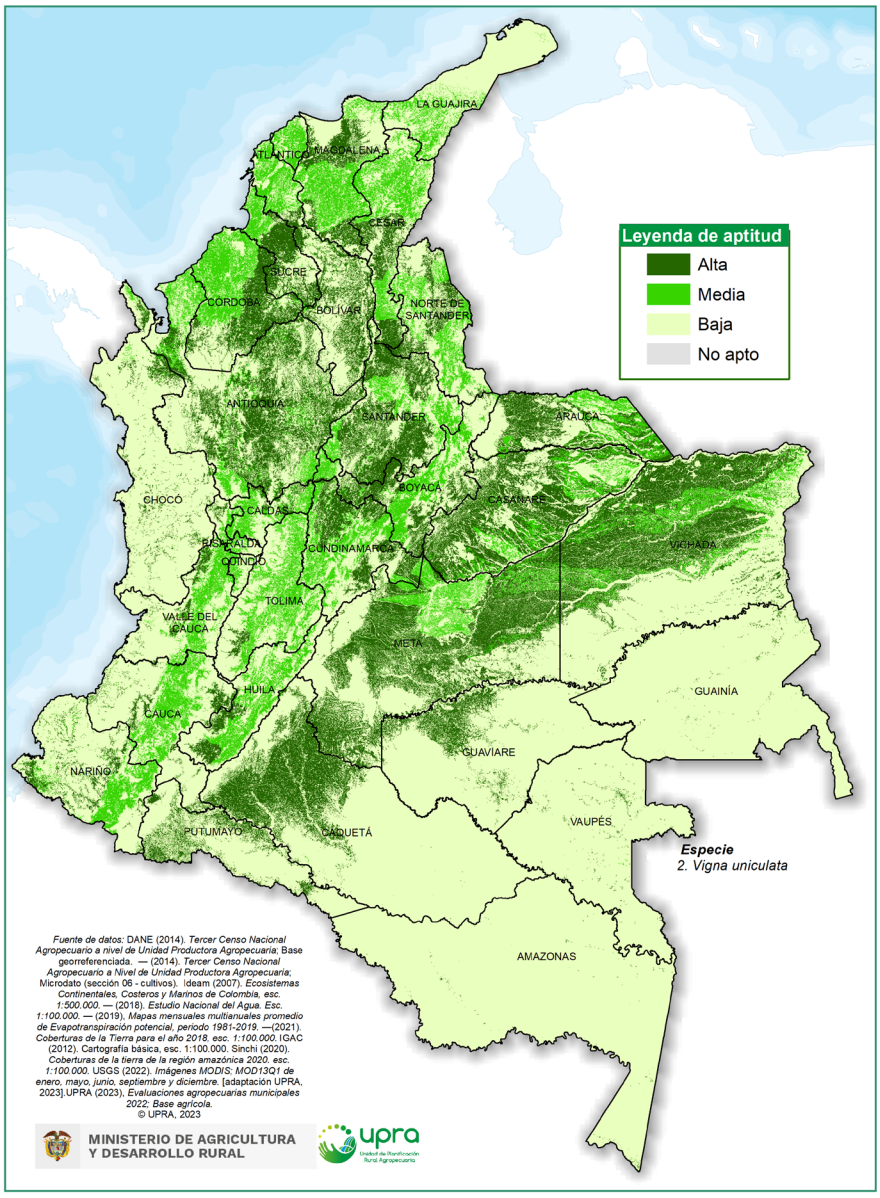
Descripción	Rango de variación	Aptitud
Zonas con sostenibilidad hídrica alta para el abastecimiento de la demanda del cultivo de fríjol y caupí, y los usos preexistentes. Puede implicar niveles bajos de riesgo hídrico para el cultivo, o presión baja por competencia con las coberturas naturales o los usos establecidos en la unidad de análisis.	A1A1 A1A2 A2A1	Alta (A1)
Zonas con sostenibilidad hídrica moderada para el abastecimiento de la demanda del cultivo de fríjol y caupí, y los usos preexistentes. Puede implicar niveles moderados de riesgo hídrico para el cultivo, o presión moderada por competencia con las coberturas naturales o los usos establecidos en la unidad de análisis.	A1A3 A2A2 A3A1	Media (A2)
Zonas con sostenibilidad hídrica baja o nula para el abastecimiento de la demanda del cultivo de fríjol y caupí, y los usos preexistentes. Puede implicar niveles altos de riesgo hídrico para el cultivo, o presión alta por competencia con las coberturas naturales o los usos establecidos en la unidad de análisis.	A2A3 A3A2 A3A3	Baja (A3)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL
CRITERIO APROPIACIÓN DE AGUA



ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL
CRITERIO APROPIACIÓN DE AGUA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2010). Estudio Nacional del Agua 2010. Bogotá, Ideam
- Ideam. (2019). Estudio Nacional del Agua 2018. Bogotá: Ideam. 452 pp.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC

2.2.1. Variable *diferencia de uso consuntivo*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE	
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**

COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: apropiación de agua		
VARIABLE: Diferencia de uso consuntivo	**UNIDAD DE MEDIDA:** Milímetros (mm)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

De acuerdo con el Ideam (2010), el uso consuntivo corresponde al requerimiento de agua neta para el establecimiento de un cultivo, partiendo del agua contenida en el suelo y que está disponible para la cobertura vegetal; es decir, para esta variable no se tiene en cuenta el agua que alimenta los acuíferos superficiales o subterráneos (UPRA, 2016).

Según la FAO (2019), este uso consuntivo abarca la totalidad de agua requerida por un cultivo determinado para realizar la evapotranspiración y la construcción celular, desde la siembra hasta la cosecha, en un régimen climático específico.

Este uso consuntivo está calculado para otras coberturas vegetales, de acuerdo con la metodología de Cuesta et al. (2005). La variable analiza la relación entre el uso consuntivo del cultivo de fríjol y caupí, y las otras coberturas vegetales.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

La FAO (2006) define la evapotranspiración como la relación entre la evaporación y la transpiración. La evaporación entendida como evaporación directa del agua del suelo y la transpiración asociada a la vaporización del agua contenida en los tejidos vegetales.

El cálculo de la evapotranspiración propia de la cobertura y del cultivo de fríjol y caupí, mediante la determinación del uso consuntivo, permite estimar el requerimiento de agua por parte de estas coberturas vegetales.

La variable está referida a la comparación entre la evapotranspiración de las coberturas actuales y la evapotranspiración de un cultivo de fríjol y caupí. Lo que se pretende evaluar es la sostenibilidad del territorio con relación a la evapotranspiración, si es mejor mantener las coberturas actuales o eventualmente, sería mejor tener un cultivo como el de fríjol y de caupí.

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

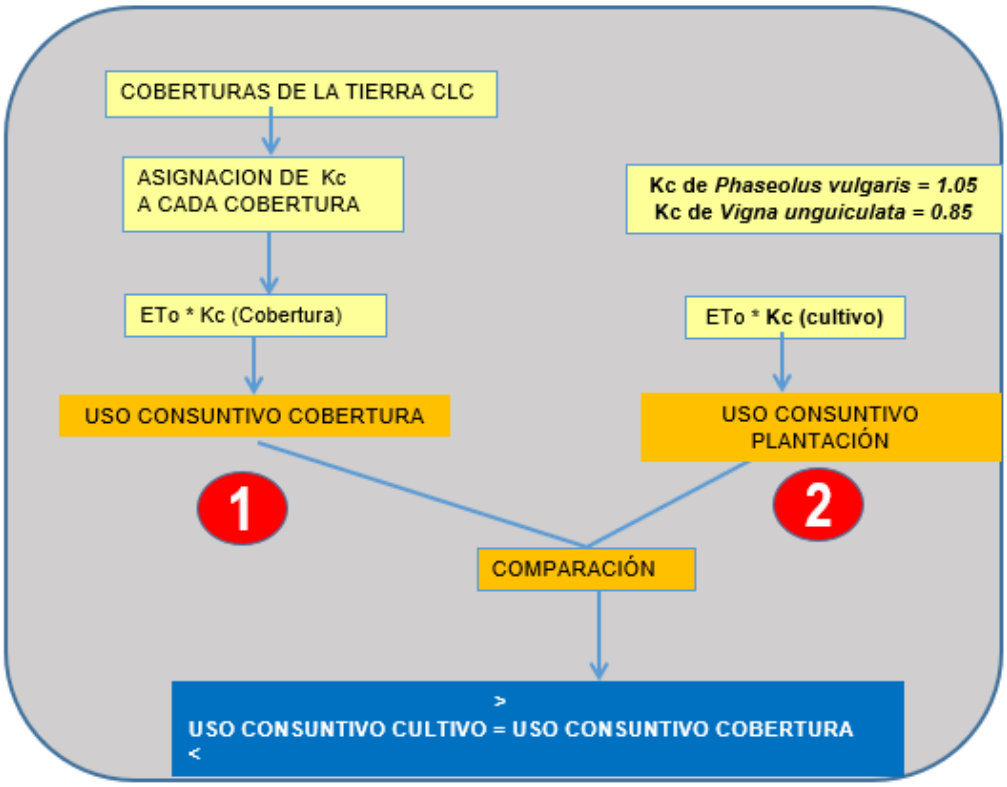
La estimación del *Kc* de las coberturas actuales se realizó a través de imágenes MODIS, las cuales tienen como mayor limitante la resolución espacial y la temporalidad.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El uso consuntivo se obtiene de acuerdo con el Ideam (2010), aplicando el enfoque del *coeficiente del cultivo (Kc)*, el cual corresponde al coeficiente entre la evapotranspiración del cultivo (*Etc.*) y la evapotranspiración del cultivo de referencia (*ETp*) correspondiente a pasto (FAO, 2006). La *ETp* representa un indicador de la demanda climática y el Kc cambia en función de las características principales del cultivo o cobertura vegetal, por tanto, la evapotranspiración del cultivo se obtiene de la multiplicación del *ETp* y el *Kc* correspondiente (FAO, 2006).

Para el procesamiento de la variable diferencia de uso consuntivo para el cultivo de fríjol y de caupí, se siguió la siguiente metodología:

Metodología para el cálculo de la diferencia de uso consuntivo



1. Uso consuntivo de la cobertura**.**

Para el cálculo del uso consuntivo se parte de la información de evapotranspiración potencial (ETP), generada a partir de datos climáticos como la temperatura y el Índice calórico (I), de acuerdo con el Método de Thornthwaite adoptado por el grupo físico del proyecto de zonificación.

De acuerdo con esto:

$$\mathrm{ETP} = 0{,}53\left(\frac{10\mathrm{T}}{\mathrm{I}}\right)^{\propto}$$

Donde:

ETP = evapotranspiración potencial media diaria sin ajustar, medida en mm
T = temperatura media (°C)
I = índice calórico anual.

$$\mathrm{I} = 12\left(\frac{\mathrm{T_{anual}}}{5}\right) \times 1{,}514$$

$$\propto = (675 \times 10^{-9})\mathrm{I}^3 - (771 \times 10^{-7})\mathrm{I}^2 + (179 \times 10^{-4})\mathrm{I} + 0{,}492$$

Los *Kc* de la cobertura actual se determinaron de acuerdo con la ecuación de Cuesta et al. (2005):

Kc= 1,5625 * NDVI-0,05

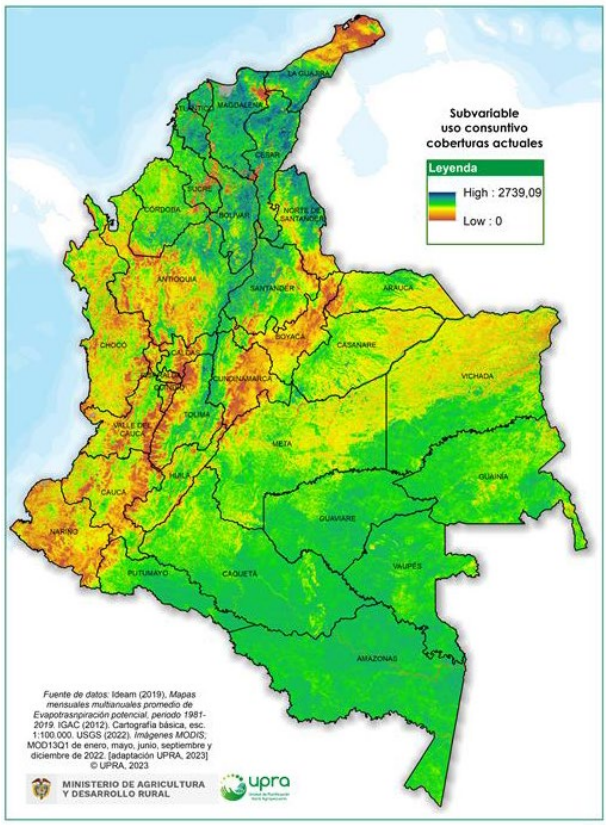
El NDVI se define como el índice de vegetación de diferencia normalizado calculado mediante la expresión:

NDVI= (NIR-RED) / (NIR + RED)

Donde:

NIR corresponde a la banda 2 del infrarrojo cercano de MODIS y RED a la banda 1 del rojo en MODIS.

Se elaboró un promedio de las imágenes MODIS del 2022, elaborando un mosaico para cada trimestre, a través de la selección de imágenes con menor presencia de nubes.



2. Uso consuntivo del cultivo.

Se calculó la *evapotranspiración de referencia del cultivo (ETo)* que representa el uso de agua para los procesos fisiológicos en condiciones de secano, esto es, a partir del agua contenida en el suelo y que está disponible para la vegetación, o sea que no alimenta los acuíferos superficiales o subterráneos. Para esto, el valor obtenido de ETP se corrige por el factor de consumo de agua del cultivo (*Kc*), de la siguiente forma:

$$\mathrm{ETo} = \mathrm{K_c} \times \mathrm{ETP}$$

El valor de *Kc* para el cultivo de fríjol asociado a la especie *Phaseolus vulgaris* se tomó de FAO (2006) correspondiente a 1,05, el cual involucra los hábitos voluble y arbustivo. Para *Vigna unguiculata* se tomó el valor del *Kc* promedio del ciclo de desarrollo reportado por Chavarría et al. (2019), correspondiente a 0,85.

El dato generado para cada especie requirió una conversión por un factor multiplicador de 10, que representa el cambio de unidades de mm de precipitación (de la información climática), a metros cúbicos de agua/ha (para hacerlo compatible con la información de oferta de las subzonas hidrográficas). Así, para cada cultivo se tiene que:

Phaseolus vulgaris: $\mathrm{To} = \mathrm{ETP} \times (1{,}05) \times 10$

Vigna unguiculata: $\mathrm{To} = \mathrm{ETP} \times (0{,}85) \times 10$

Es importante señalar que las coberturas naturales se dejan en aptitud baja (A3), y no se realiza está diferencia de uso consuntivo.

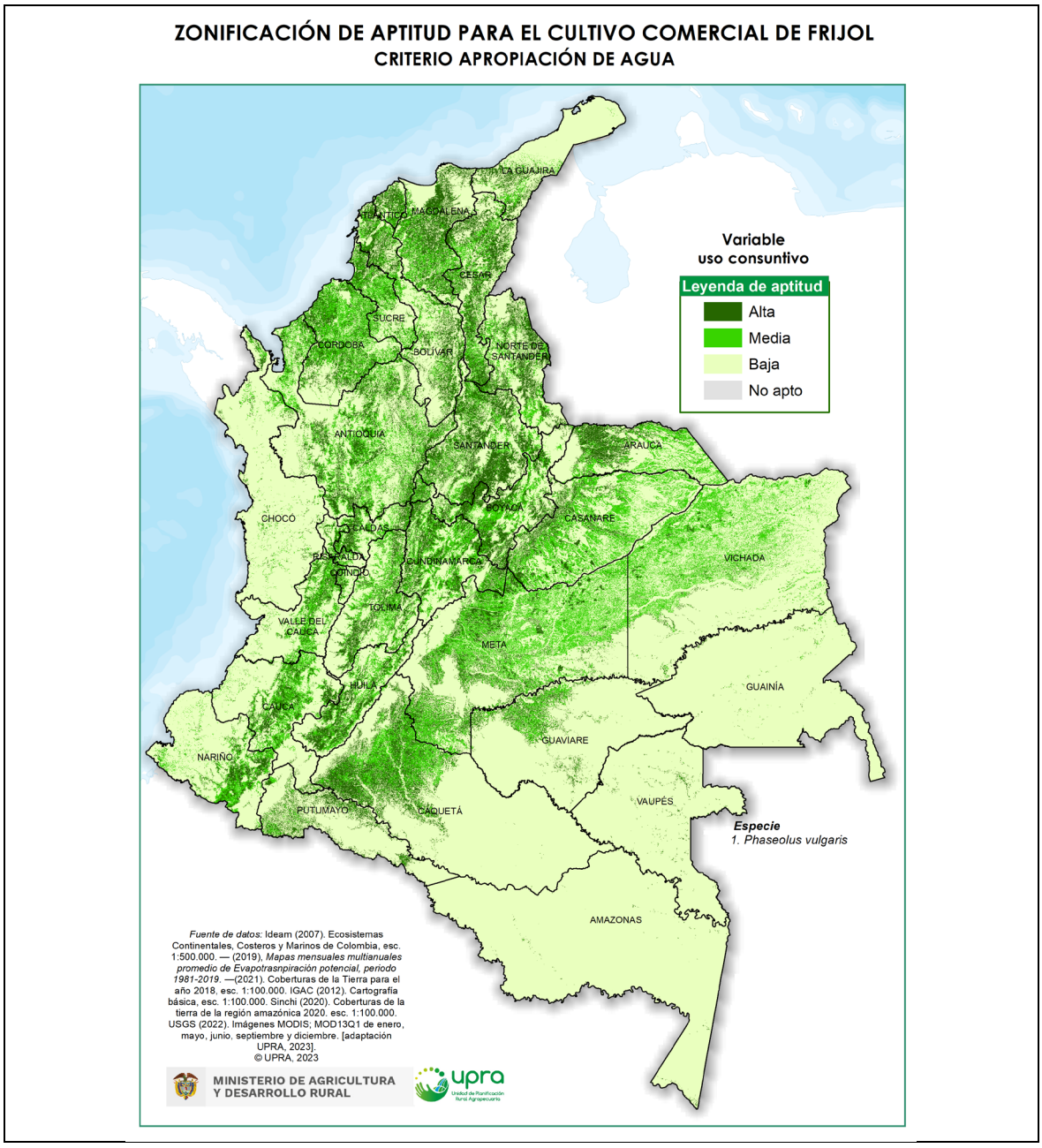
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Aptitud por diferencia de uso consuntivo para el cultivo de fríjol

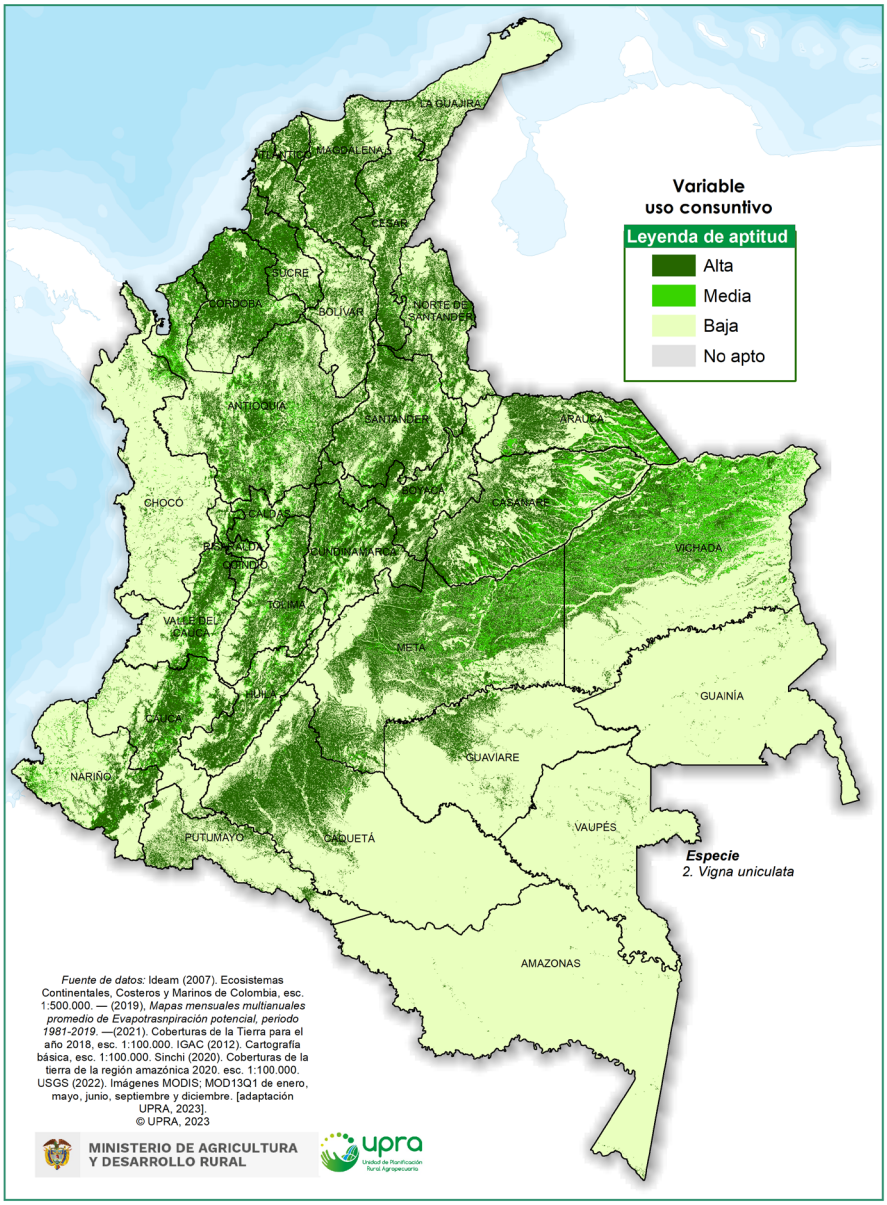
Descripción	Rango ETo (mm)	Aptitud
El cultivo evapotranspira menos que la cobertura actual Uso consuntivo menor	<-23,57	Alta (A1)
La evapotranspiración del cultivo es similar al de la cobertura actual Uso consuntivo moderado	-23,57 a 248,69	Media (A2)
La cobertura actual evapotranspira menos que el cultivo Uso consuntivo alto	> 248,69	Baja (A3)

Unidad de análisis	Unidad de cobertura

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE


ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL
CRITERIO APROPIACIÓN DE AGUA
Variable
uso consuntivo
Leyenda de aptitud
Alta
Media
Baja
No apto
LA GUAJIRA
ATLÁNTICO
MAGDALENA
CESAR
SUCRE
CÓRDOBA
BOLÍVAR
NORTE DE SANTANDER
ANTIOQUIA
SANTANDER
ARAUCA
BOYACÁ
CHOCÓ
CALDAS
CASANARE
RISARALDA
CUNDINAMARCA
VICHADA
QUINDÍO
TOLIMA
VALLE DEL CAUCA
META
HUILA
GUAINÍA
CAUCA
GUAVIARE
NARIÑO
VAUPÉS
PUTUMAYO
CAQUETÁ
Especie
1. Phaseolus vulgaris
AMAZONAS
Fuente de datos: Ideam (2007). Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia, esc. 1:500.000. — (2019), Mapas mensuales multianuales promedio de Evapotrasnpiración potencial, periodo 1981-2019. —(2021). Coberturas de la Tierra para el año 2018, esc. 1:100.000. IGAC (2012). Cartografía básica, esc. 1:100.000. Sinchi (2020). Coberturas de la tierra de la región amazónica 2020. esc. 1:100.000. USGS (2022). Imágenes MODIS; MOD13Q1 de enero, mayo, junio, septiembre y diciembre. [adaptación UPRA, 2023].
© UPRA, 2023
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL
upra

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL
CRITERIO APROPIACIÓN DE AGUA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Chavarría, J., Ugando, M., Sabando, A., Muñoz, J., Bravo, R. y A. Villalón. (2019). Necesidades hídricas del fríjol caupí (*Vigna unguiculata* L. Walp.) calculadas con el coeficiente de cultivo utilizando lisímetro de drenaje. Ciencia y Agricultura Vol. 17(3): 111-121.
- Cuesta, A., Montoro, A., Jochum, A.M., López, P. y Calera, A. (2005). Metodología operativa para la obtención del coeficiente de cultivo desde imágenes de satélite. ITEA (2005), Vol. 101 (3), 212-224
- Ideam. (2010). Estudio Nacional del Agua 2010. Bogotá, IDEAM
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- FAO. 2019. Aquastat web site. Recuperado de: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/glossary/search.html

- FAO. (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Estudio FAO Riego y Drenaje.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. (UPRA). (2016). Cultivo comercial de papa: identificación de zonas aptas en Colombia, a escala 1:100.000. Bogotá (Colombia).

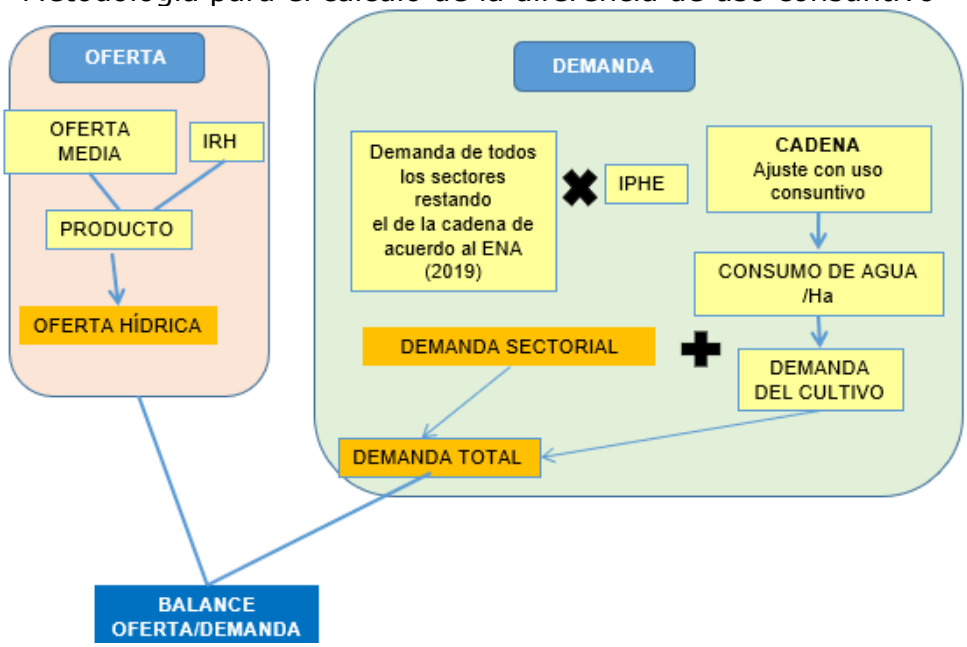
2.2.2. Variable *diferencia de uso del agua*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: SOCIOECOSISTÉMICO		
CRITERIO ASOCIADO: Apropiación de agua		
VARIABLE: Diferencia de uso del agua	**UNIDAD DE MEDIDA:** Millones de m^3	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Representa la cantidad de agua que es retenida del flujo de la cuenca, para satisfacer la demanda de los cultivos de fríjol y de caupí, tanto para su crecimiento, como para materia prima para el sustento del cultivo. De esta agua captada por el cultivo, una parte queda contenida en la biomasa de la especie, otra parte retorna a la cuenca (excesos o menores rendimientos de aprovechamiento del agua), y otra parte se pierde en el balance hídrico de la cuenca, bien porque queda contenida en la producción de biomasa área o por vía evapotranspiración desde el cultivo.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Permite estimar la sostenibilidad hídrica de la unidad geográfica de análisis en el escenario del establecimiento del cultivo de fríjol y caupí. De esta forma, es posible identificar si dada la capacidad hídrica de la SZH se configura un riesgo para el abastecimiento del cultivo, o si el cultivo a establecer entra en competencia con los ecosistemas, agrosistemas y demás usos existentes a su interior.		
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		
La estimación del consumo de agua de fríjol y caupí, se basa en el uso consuntivo y la aptitud potencial proveniente del criterio de cambio de		

cobertura, que se basa en la capa oficial de coberturas de la tierra 2018, 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 2018.
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

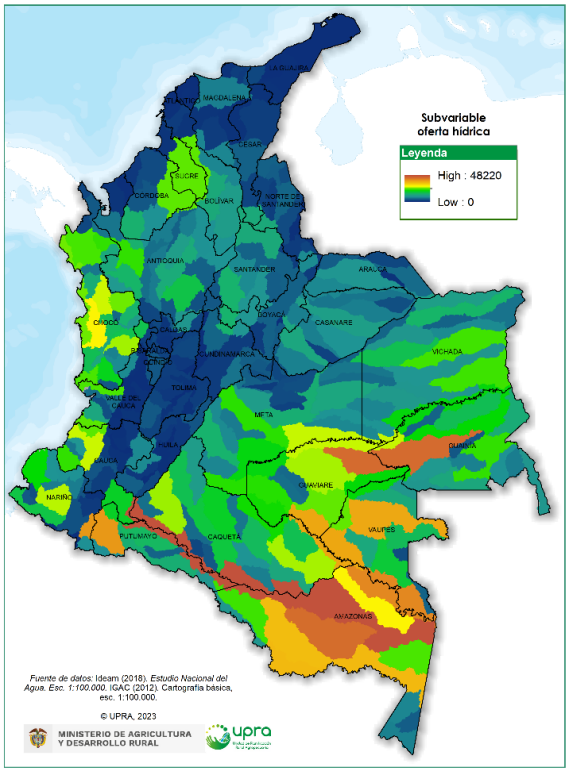
El procesamiento de la variable de índice de uso del agua se presenta en el siguiente diagrama:

Metodología para el cálculo de la diferencia de uso consuntivo



Para este cálculo, se partió de la información sobre oferta y demanda hídrica por subzonas hidrográficas del *Estudio Nacional del Agua* (Ideam, 2019). El procesamiento parte de identificar la oferta hídrica actual de cada subzona hidrográfica, que se multiplica por el índice de regulación hídrica (IRH) para verificar si está bien o no distribuida durante todo el año, con lo cual se obtiene la oferta total por subzona hidrográfica.

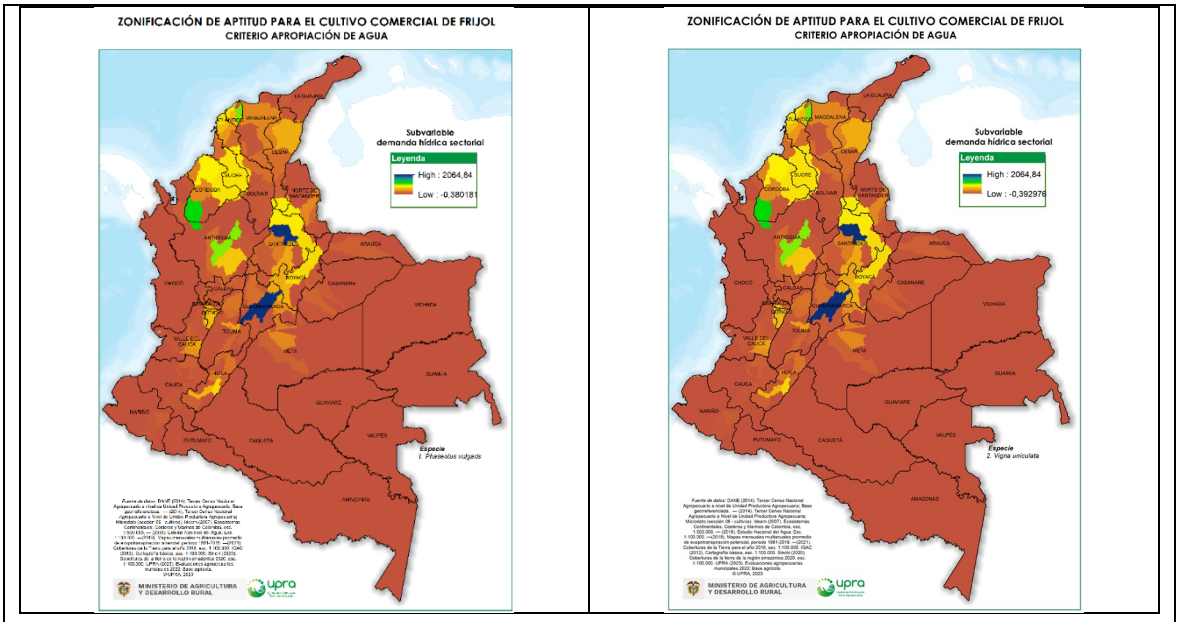
ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL
CRITERIO APROPIACIÓN DE AGUA



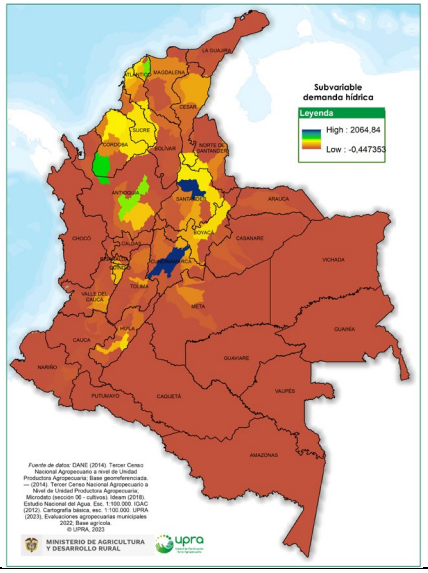
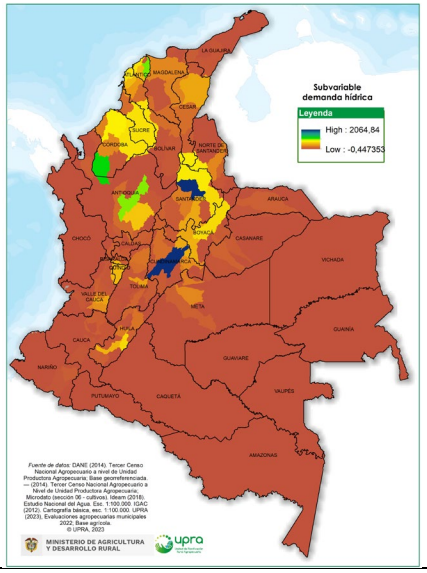
Por otra parte, con relación a la demanda se toman los datos de la demanda sectorial del ENA 2018 (Ideam, 2019) y se multiplica por el índice de presión de los ecosistemas (IPHE), para considerar la demanda requerida por ellos para su sostenibilidad y se resta la demanda de agua de fríjol reportada en el ENA 2018, correspondiente a 292 millones de m^3/año, valor que se reparte en las subzonas hidrográficas que presenten existencia del cultivo.

Se aclara que en esta etapa metodológica no se tienen datos de demanda de agua discriminada para cada especie a nivel nacional, por lo que se observa la misma distribución en los siguientes mapas:

Phaseolus vulgaris	***Vigna unguiculata***



Posteriormente, a esta demanda sectorial, se le incluye la demanda de agua del cultivo de cada cultivo, calculada a partir del uso consuntivo del cultivo de fríjol (*Kc* de *P. vulgaris*= 1,05 y *Kc* de *V. unguiculata*= 0,85) y llevando los valores a consumo de agua por hectárea mediante la superposición de las subzonas hidrográficas con el área apta para cada cultivo, definida del mapa del criterio de cambio de cobertura, obteniendo así el área potencialmente cultivable de cada subzona hidrográfica y la demanda de agua potencial.

Phaseolus vulgaris	***Vigna unguiculata***
	

La diferencia de uso del agua corresponderá entonces a la diferencia entre la oferta y la demanda total.

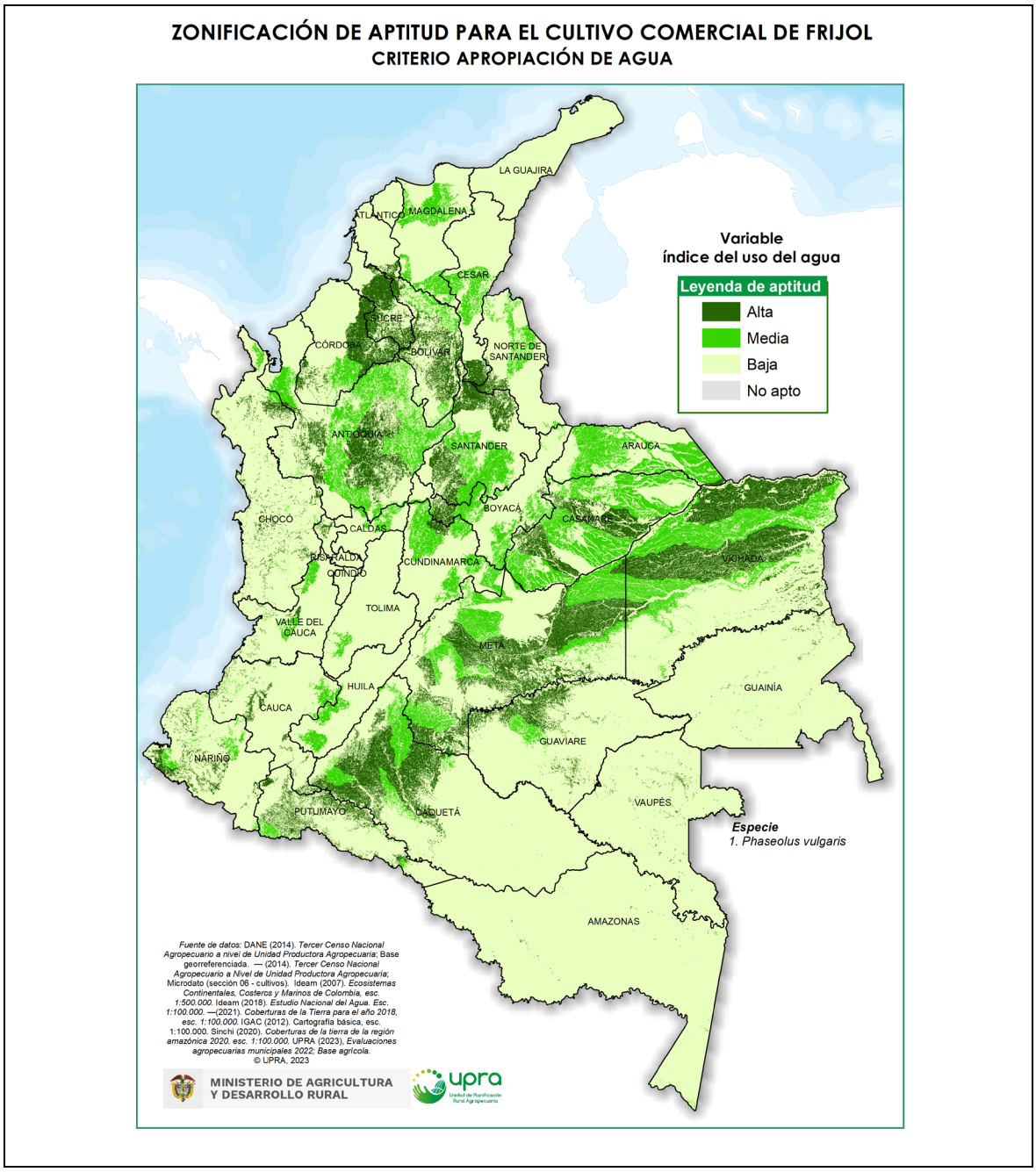
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Aptitud por diferencia de uso de agua

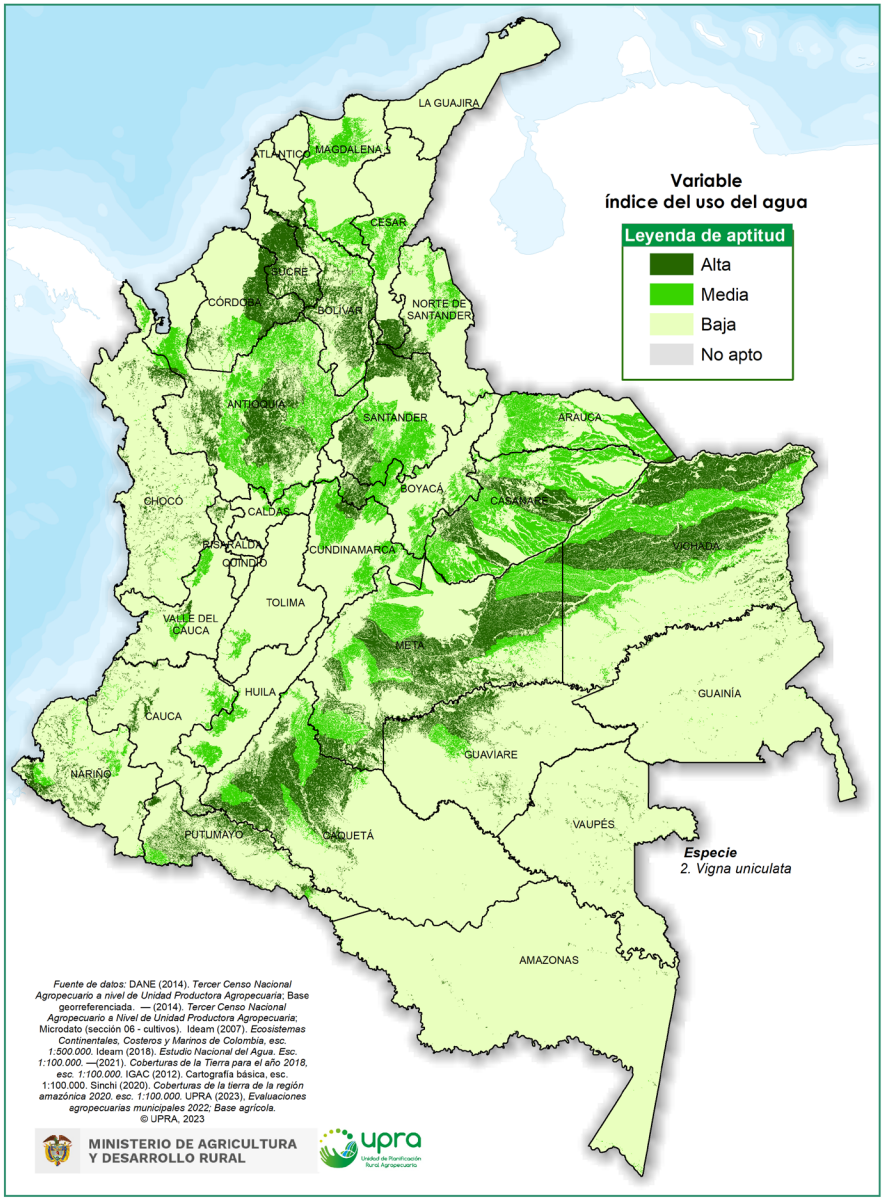
Descripción	Diferencia de uso (Millones m^3)	Aptitud
La subzona hidrográfica se encuentra en superávit hídrico mayor. La oferta hídrica es muy superior en comparación con la demanda hídrica sectorial total incluida la del cultivo de fríjol y de caupí.	<2.106	Alta (A1)
La subzona hidrográfica se encuentra en superávit hídrico moderado. La disponibilidad hídrica real (DHR) es moderadamente superior en comparación con la demanda hídrica sectorial total incluida la del cultivo de fríjol y de caupí.	2.106-5.978	Media (A2)
La subzona hidrográfica se encuentra en déficit hídrico, o la disponibilidad hídrica real (DHR) es menor o ligeramente superior en comparación con la demanda hídrica sectorial total incluida la del cultivo de fríjol y de caupí.	>5.978	Baja (A3)

Unidad de análisis	**Subzonas hidrográficas**

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE


ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL
CRITERIO APROPIACIÓN DE AGUA
Variable
índice del uso del agua
Leyenda de aptitud
Alta
Media
Baja
No apto
LA GUAJIRA
ATLÁNTICO
MAGDALENA
CESAR
SUCRE
CÓRDOBA
BOLÍVAR
NORTE DE SANTANDER
ANTIOQUIA
SANTANDER
ARAUCA
BOYACÁ
CHOCÓ
CALDAS
CASANARE
RISARALDA
QUINDÍO
CUNDINAMARCA
VICHADA
TOLIMA
VALLE DEL CAUCA
META
HUILA
GUAINÍA
CAUCA
GUAVIARE
NARIÑO
VAUPÉS
PUTUMAYO
CAQUETÁ
Especie
1. Phaseolus vulgaris
AMAZONAS
Fuente de datos: DANE (2014). Tercer Censo Nacional Agropecuario a nivel de Unidad Productora Agropecuaria; Base georreferenciada. — (2014). Tercer Censo Nacional Agropecuario a Nivel de Unidad Productora Agropecuaria; Microdato (sección 06 - cultivos). Ideam (2007). Ecosistemas Continentales, Costeros y Marinos de Colombia, esc. 1:500.000. Ideam (2018). Estudio Nacional del Agua. Esc. 1:100.000. —(2021). Coberturas de la Tierra para el año 2018, esc. 1:100.000. IGAC (2012). Cartografía básica, esc. 1:100.000. Sinchi (2020). Coberturas de la tierra de la región amazónica 2020. esc. 1:100.000. UPRA (2023), Evaluaciones agropecuarias municipales 2022; Base agrícola.
© UPRA, 2023
MINISTERIO DE AGRICULTURA Y DESARROLLO RURAL
upra

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL
CRITERIO APROPIACIÓN DE AGUA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2010). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Bogotá: Ideam
- Ideam. (2019). Estudio Nacional del Agua 2018. Bogotá: Ideam. 452 p.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

2.3. Criterio variación del contenido estimado de carbono

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO

TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Variación del contenido estimado de carbono		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

No presentan variables, se basa en la variación del contenido estimado de carbono en la biomasa.

DEFINICIÓN

Este criterio se asocia a los efectos ambientales de las actividades agropecuarias sobre la dinámica de captura y emisión de carbono, por lo cual se fundamenta en la estimación del contenido de carbono, calculado como el balance resultante entre captura y emisiones de CO_2 que se generarían por el desarrollo de cultivos de fríjol y de caupí en diferentes zonas con aptitud potencial para su implementación en el país. Por tanto, el criterio contempla el balance entre el contenido de carbono de la biomasa aérea y subterránea de la cobertura vegetal frente al potencial de cambio debido al establecimiento de cultivos de fríjol y de caupí, permitiendo determinar la sostenibilidad ambiental asociada al almacenamiento de carbono, clasificando áreas que se comportan como sumidero o emisión de carbono (UPRA, 2016).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Permite determinar la sostenibilidad ambiental de un territorio en términos de la prestación del servicio ecosistémico de almacenamiento de carbono. De forma complementaria, esta estimación posibilita incorporar elementos de competitividad ambiental y económica, pues se puede articular a los esfuerzos nacionales e internacionales de reducción de gases de efecto invernadero, los cuales pretenden disminuir la huella de carbono.

Con base en lo anterior, uno de los ejes de atención corresponde a los efectos ambientales de las actividades agropecuarias sobre la dinámica de captura y emisión de carbono.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

De forma consecuente con las metodologías empleadas, la estimación del contenido de carbono en las coberturas a partir de la productividad primaria neta se realizó a través de imágenes MODIS, las cuales tienen como mayor limitante la resolución espacial y la temporalidad

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

No hay valores de exclusión, ninguna variable presenta límites que califiquen zonas del territorio nacional como no aptas (N1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para el procesamiento de la variable de apropiación de agua para fríjol y de caupí, se siguió la siguiente metodología:

El modelo utilizado de estimación del contenido de carbono se fundamenta en lo planteado por Bolaños et al. (2017), quien describe que el carbono en los ecosistemas se distribuye en la biomasa viva por encima del suelo (biomasa aérea), biomasa viva por debajo del suelo (biomasa subterránea), madera muerta sobre el suelo, mantillo y

carbono orgánico del suelo" (IPCC 2006).

a. Contenido de carbono en la biomasa vegetal aérea:

La estimación de la biomasa vegetal aérea (BA) se realizó a partir de la ecuación propuesta por Páramo (2011):

$$Biomasa = 11.2693 + 9.255\ (X)$$

Donde *X* corresponde a la inversa de la banda 7 de imágenes MODIS (producto MOD13Q1 v006), definida por el rango del espectro electromagnético de infrarrojo de onda corta (SWIR).

b. Contenido de carbono en la biomasa vegetal subterránea:

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:

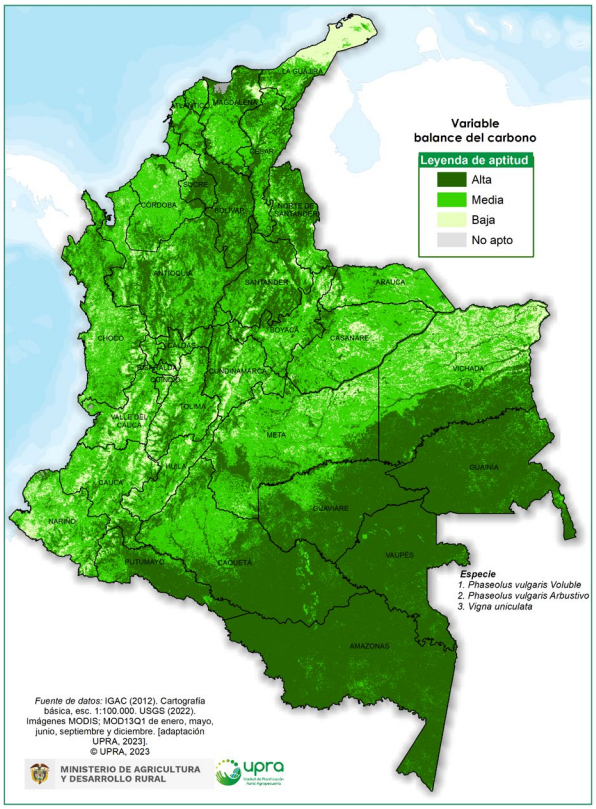
$$Biomasa\ vegetal\ subterránea = e^{(-1,085 + 0,925 \times \ln (BA))}$$

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.



d. Contenido de carbono en el suelo:

El contenido de carbono en el suelo se estimó mediante álgebra de mapas, a partir de la información suministrada por ISRIC (Soil World information, 2015), relacionada con las capas de porcentaje de C orgánico en el suelo, densidad aparente y porcentaje de fragmentos de más de 2 mm, a 30 cm de profundidad, aplicando la ecuación propuesta por Gardi et al. (2014):

Carbono orgánico suelo = % Carbono orgánico × densidad aparente × profundidad (0,3 m) × (1-% fragmentos gruesos)

e. Contenido de carbono total:

El mapa de carbono total se genera a partir de la suma de los mapas de biomasa vegetal subterránea y carbono orgánico en el suelo.

f. Calificación de la aptitud por la variación del contenido estimado de carbono:

Fue necesario determinar la producción de biomasa total y la captura de carbono para *P. vulgaris* y *V. unguiculata*, diferenciado para la primera hábito voluble y arbustivo, debido a la diferencia de producción que se presenta entre estas.

Para *V. unguiculata* se tomaron los datos de producción por planta reportados por Apáez et al. (2016) y considerando una densidad de siembra de 166.000 plantas/ha, se obtuvo un valor de biomasa total de 32.79 t/ha que equivalen a 16,39 t/ha de carbono. Se

consideraron tres ciclos de cultivo al año, para esta especie, obteniendo una producción anual de carbono de 49,17 t/ha.

Para *P. vulgaris*, se tuvo en cuenta las ecuaciones propuestas por Maldonado & Corchuelo (1993), para determinar la producción de biomasa total para el hábito voluble y arbustivo, las cuales dependen del ciclo t:

Biomasa total voluble (g planta) = 3,56-0,29 t + 0,006 t^2
Biomasa total arbustivo (g planta) = 2,08-0,19 t + 0,005 t^2

Para fríjol voluble se consideró un ciclo de 165 días y una densidad de siembra de 44.000 plantas/ha, obteniendo una biomasa total de 65,85 t/ha, equivalente a 32,94 t/ha de carbono. Considerando dos ciclos por año para este tipo de fríjol obtenemos una producción de carbono de 65,88 t/ha/año.

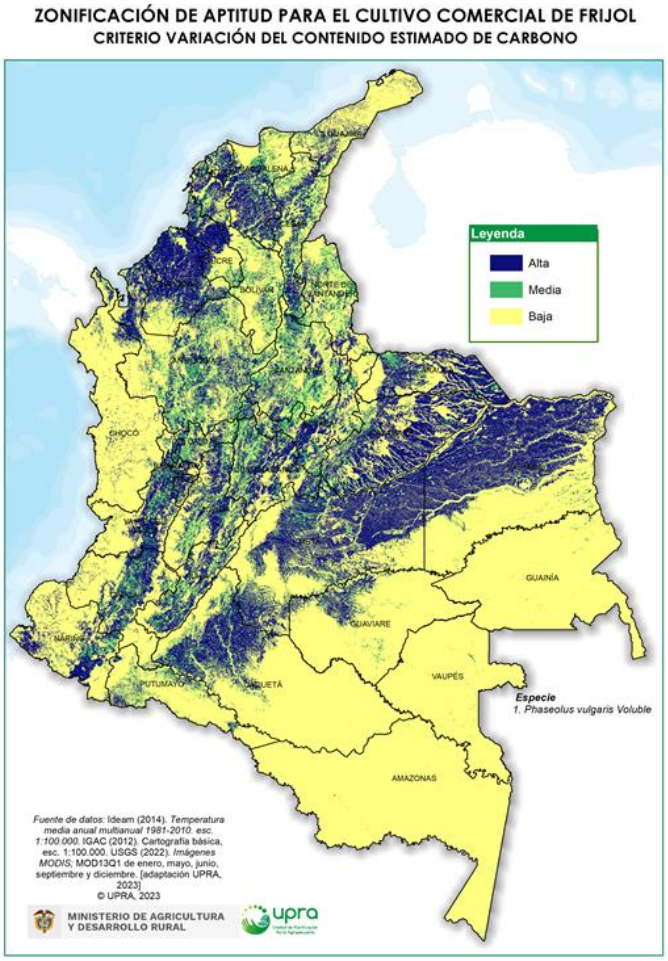
Para fríjol arbustivo se consideró un ciclo de 160 días y una densidad de siembra de 160.000 plantas/ha, obteniendo una biomasa total de 53,16 t/ha, equivalente a 26,58 t/ha de carbono. Considerando dos ciclos por año para este tipo de fríjol obtenemos una producción de carbono de 53,16 t/ha/año.

La calificación de la aptitud se lleva a cabo mediante la comparación del valor estimado de carbono (valor del píxel o de la unidad de análisis espacial), con el valor de referencia estimado de carbono capturado por el cultivo de fríjol con el fin de obtener el mapa de diferencia en carbono total frente al cultivo, mediante la siguiente ecuación aplicada espacialmente a través del álgebra de mapas:

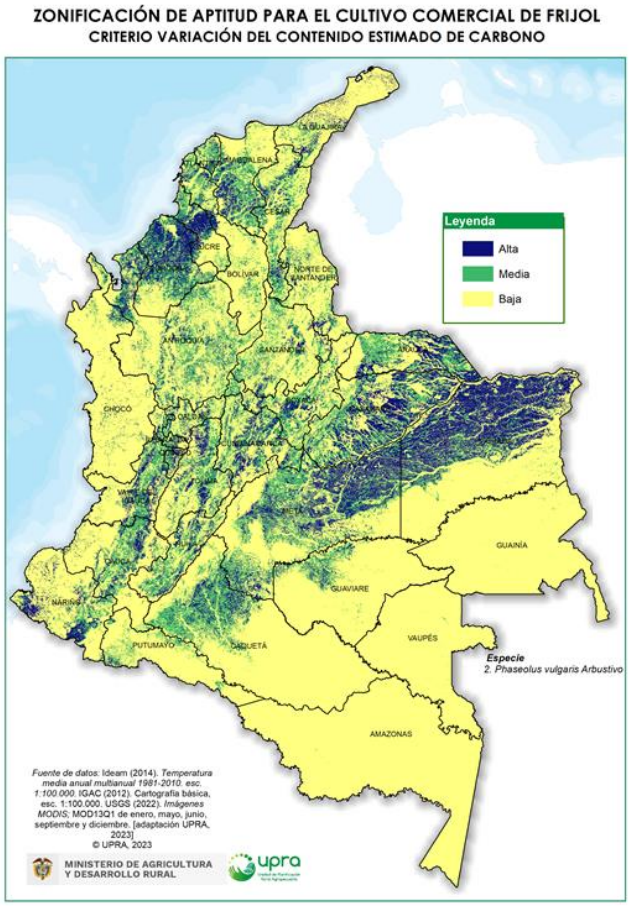
$$\Delta \mathrm{CEC} = \frac{\mathrm{C}_{\mathrm{COBERTURA}} - \mathrm{C}_{\mathrm{Cultivo\ de\ fríjol}}}{\mathrm{C}_{\mathrm{COBERTURA}}}$$

De esta forma, dependiendo de la cobertura existente, el establecimiento de cultivos de fríjol y de caupí, puede representar una mayor cantidad de carbono almacenado en comparación con la cobertura actual, en cuyo caso el reemplazo representa una ganancia en términos de la captura (t de carbono/ha año). En otras circunstancias de cobertura actual, el reemplazo puede representar una cantidad capturada semejante o incluso, en otras condiciones, puede significar una menor cantidad de carbono, en cuyo caso se constituye una pérdida en la acumulación neta por modificación de la cobertura, lo cual se traduce en emisiones de carbono a la atmósfera en forma de CO_2.

Se obtuvieron mapas para *P. vulgaris* voluble y arbustivo, y posteriormente se unieron por el mínimo para obtener solo un mapa de esta especie.

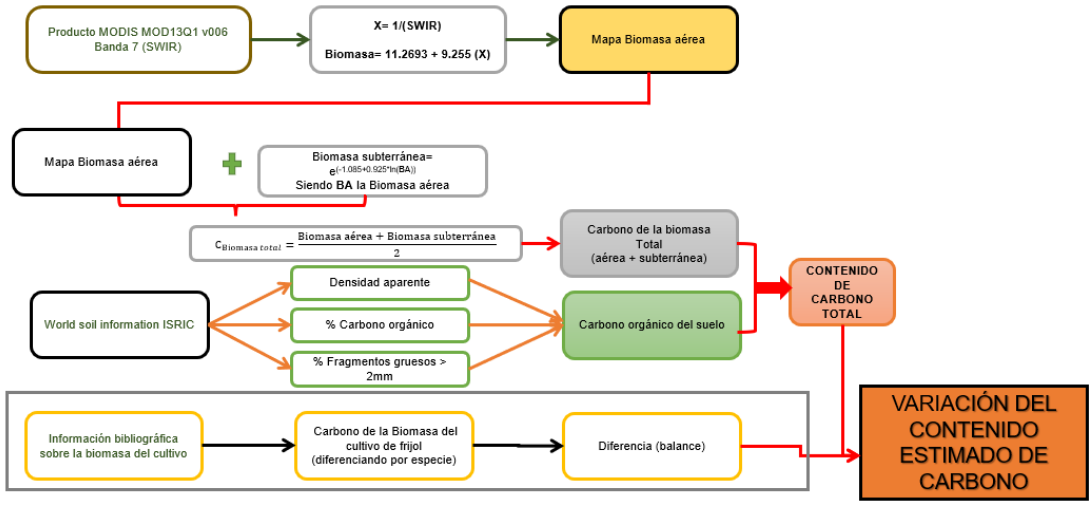


Variación del contenido estimado de carbono para *Phaseolus vulgaris*, hábito voluble



Variación del contenido estimado de carbono para *Phaseolus vulgaris*, hábito arbustivo

A continuación, se presenta un diagrama de flujo que resume la metodología:



Los valores obtenidos en estos mapas se reclasificaron según los rangos de aptitud propuestos en la presente metodología de zonificación.

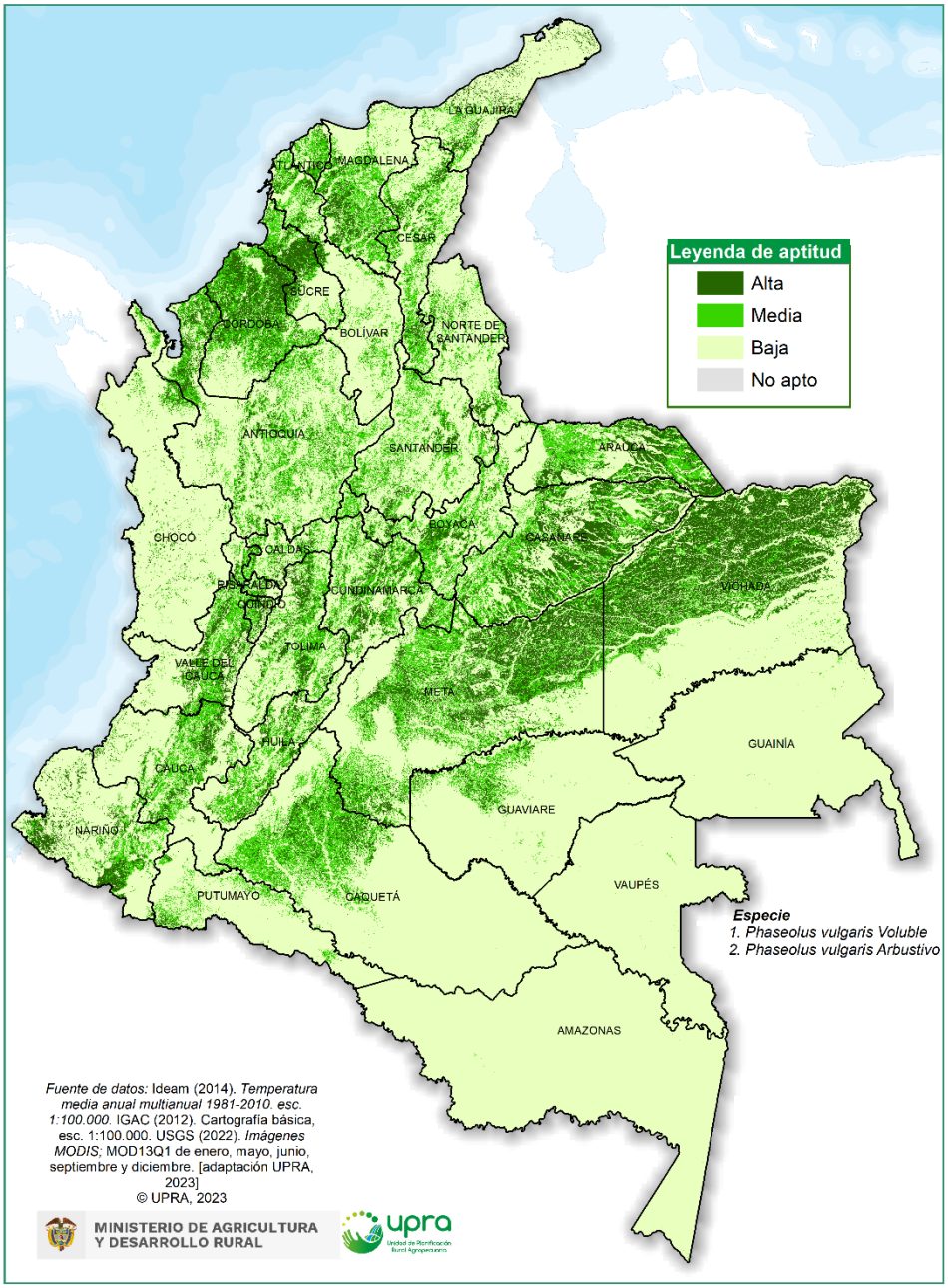
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

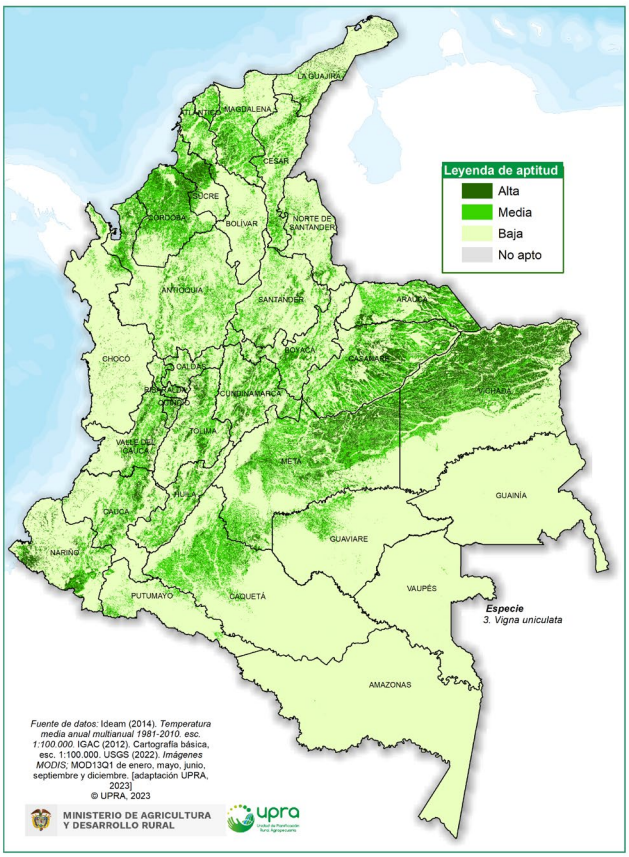
La calificación de la aptitud para los dos cultivos, desde el punto de vista de este criterio se estableció a partir de intervalos por *Natural Breaks*, tomando de base los rangos de caupí (*V. unguiculata*) el cual presenta la menor producción de biomasa en comparación con *P. vulgaris.*

Descripción	Variación del contenido estimado de carbono	Aptitud
El cultivo es sumidero de carbono	<0,103	Alta (A1)
El cultivo está en equilibrio entre emisión y captura de carbono	0,103-0,323	Media (A2)
El cultivo es fuente de emisión de carbono	> 0,323	Baja (A3)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL
CRITERIO VARIACIÓN DEL CONTENIDO ESTIMADO DE CARBONO





FUENTES DE INFORMACIÓN

- Apáez, P., Escalante, J., Montes, E., Apáez, M., Rodríguez, M. y Montaño, Y. 2016. Producción y calidad nutrimental de vaina del fríjol chino, *Vigna unguiculata* (L.) Walp, en función de arreglo topológico y tipo de fertilización. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias. UNCUYO. 48(2): 31-42.
- Bolaños, Y; M, Bolaños y Paz, F. (2017). Estimación de carbono almacenado en bosques de oyamel y ciprés en Texcoco, Estado de México. Terra Latinoam vol.35 no.1 Chapingo ene./mar. 2017
- Brown, S. y Lugo, A. (1992). Above ground biomass estimates for tropical moist forests of the Brazilian Amazon. En: Interciencia 17:8-18.
- Gardi, C., Angelini, M., Barceló, S., Comerma, J., Cruz Gaistardo, C., Encina Rojas, A., Jones, A., Krasilnikov, P., Mendonça Santos Brefin, M.L., Montanarella, L., Muñiz Ugarte, O., Schad, P., Vara Rodríguez y M.I., Vargas. (2014). Atlas de Suelos de América Latina y el Caribe. Dirección General de Cooperación Internacional y Desarrollo (Comisión Europea), FAO Fiat Panis, Instituto de Medio Ambiente y Sostenibilidad (Centro Común de Investigación). https://op.europa.eu/es/publication-detail/-/publication/7e06def6-10cf-4c8f-90f4-b981f410ef68
- Ideam. (2021). Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2018-2020, escala 1:100.000. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Intergovernmental panel on climate change (IPCC). (2006). Directrices del IPCC de 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Eggleston, H.; Buendía, L.; Miwa, K.; Ngara T. y Tanabe K. (Eds). Agricultura, silvicultura y otros usos de la tierra. Vol 4. Japón: IGES. Recuperado de <http://www.ipcc-

nggip.iges.or.jp/public/2006gl/spanish/vol4.html>.
- ISRIC-World Soil Information. (2013). SoilGrids: An Automated System for Global Soil Mapping. Recuperado de: <http://soilgrids1km.isric.org>.
- ISRIC-World Soil Information (2015). SoilGrids: An Automated System for Global Soil Mapping. Recuperado de: <http://soilgrids1km.isric.org>.
- Maldonado, G. y Corchuelo, G. (1993). Dinámica de crecimiento de dos variedades de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) Análisis de crecimiento por periodos fijos. Agronomía Colombiana, 1993. Volumen X, Número 2: 114-121.
- MODIS WEB. (2022). modis.gsfc.nasa.com
- Páramo, G. (2011). Susceptibilidad de las coberturas vegetales de Colombia al fuego. In. Incendios de la cobertura vegetal en Colombia. Tomo I. Álvaro del Campo Parra (Ed). p. 73-142. Universidad Autónoma de Occidente, PNUMA, Cali
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2016). Cultivo comercial de papa: identificación de zonas aptas en Colombia, a escala 1:100.000. Bogotá (Colombia).

2.4. Criterio integridad ecológica

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Integridad ecológica		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

El criterio se evalúa a través de las siguientes variables:

- *Fragmentación y conectividad*, evaluada a través de la medición de métricas de composición, heterogeneidad y conectividad espacial de las coberturas naturales, expresada como categoría de costo-distancia acumulada;

  Subvariables:
  Reclasificación de coberturas
  Métricas de fragmentación
  Conectividad estructural de las coberturas naturales

- *Índice de naturalidad (INAT)*, calculado como la proporción de superficie de coberturas naturales en cada polígono de unidad biogeográfica (varía entre 0-100 %)
- *Áreas de concentración de especies sensibles (ACES).*

  Subvariables:
  Áreas Prioritarias para la Conservación (APC).

Áreas de Importancia para la Conservación de Aves (AICAS).
Áreas Críticas para Aves Migratorias en Agroecosistemas (AC).

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 (Corcoran, 2005; Ciontescu, 2012).

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

La integridad ecológica 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 cultivos de fríjol y de caupí. 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 en respeto de 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 MADR 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 Ministerio del Medio Ambiente".

Finalmente, el modelo parte de la premisa que la aptitud para el establecimiento de cultivos de fríjol y de caupí 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 asociada a las coberturas del periodo 2018 limita una interpretación actualizada de la situación ecosistémica real. Sin embargo, esta 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.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

No hay valores de exclusión, ninguna variable presenta límites que califiquen zonas del territorio nacional como no aptas (N1).

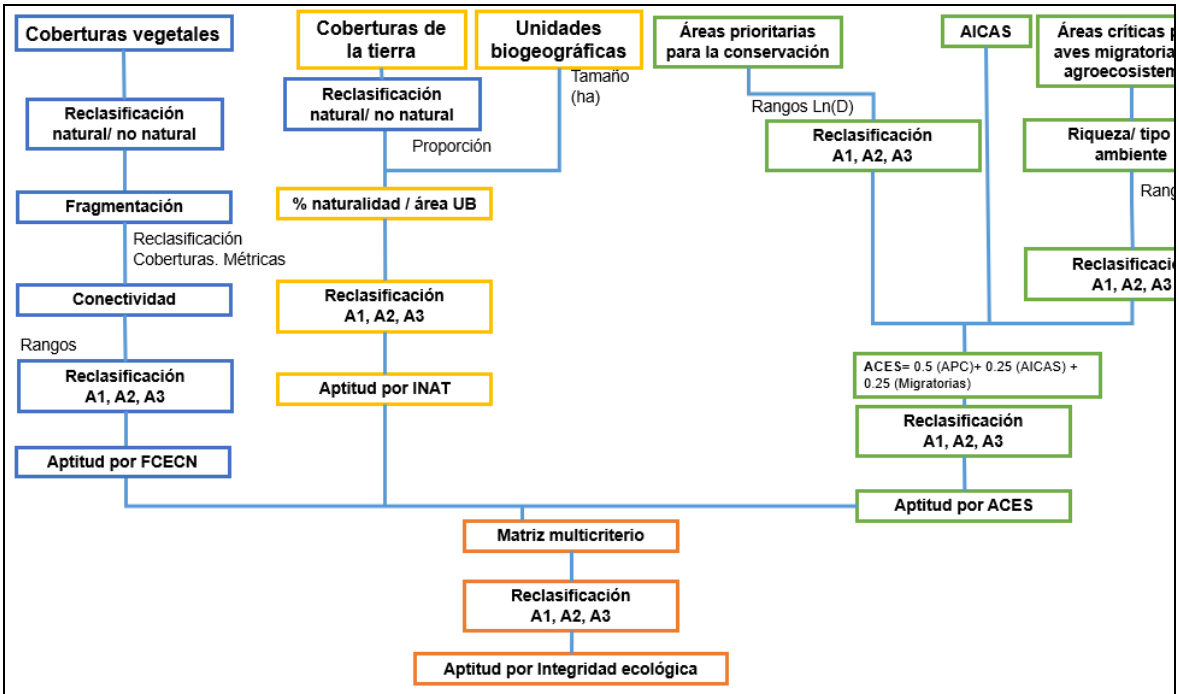
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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:

- *Fragmentación y conectividad*: evaluada a través de la medición de métricas de composición, heterogeneidad y conectividad espacial de las coberturas naturales, expresada como Categoría de costo-distancia acumulada (FCECN)
- *Índice de naturalidad (INAT)*: calculado como la proporción de superficie de coberturas naturales en cada polígono de unidad biogeográfica (varía entre 0-100 %)
- *Áreas de concentración de especies sensibles (ACES).*

Para la evaluación del criterio se realiza el procesamiento independiente de cada una de sus tres variables.

Esquema metodológico para la determinación de la aptitud del criterio *integridad ecológica*



Para la construcción del criterio, se realiza la integración de las variables, mediante la suma ponderada de sus valores de aptitud, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$A_{IE} = \alpha A_{FCECN} + \beta A_{NAT} + \gamma A_{ACES}$$

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 del 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, A1, A2 y A3, como se presentan en la siguiente tabla, empleando los *intervalos geométricos* como método de agrupamiento del software ArcGis:

Criterio	Categorías de aptitud			
	Alta(A1)	Media(A2)	Baja(A3)	No apto (N1)
Integridad ecológica	La actividad productiva irrumpe en baja medida, sobre la conectividad natural, espacios	La actividad productiva irrumpe en grado moderado la conectividad natural, los espacios naturales, o los procesos vitales de especies sensibles. Debe	Lugares en donde la integridad ecológica es mayor. La actividad productiva irrumpe fuertemente la conectividad natural, los espacios naturales, o los procesos vitales de	-

	naturales, o los procesos vitales de especies sensibles. (>2,13)	actuarse con cierta precaución durante el proceso productivo. (1,25-2,13)	especies sensibles. Debe actuarse con mayor precaución durante el proceso productivo. (<1,25)	

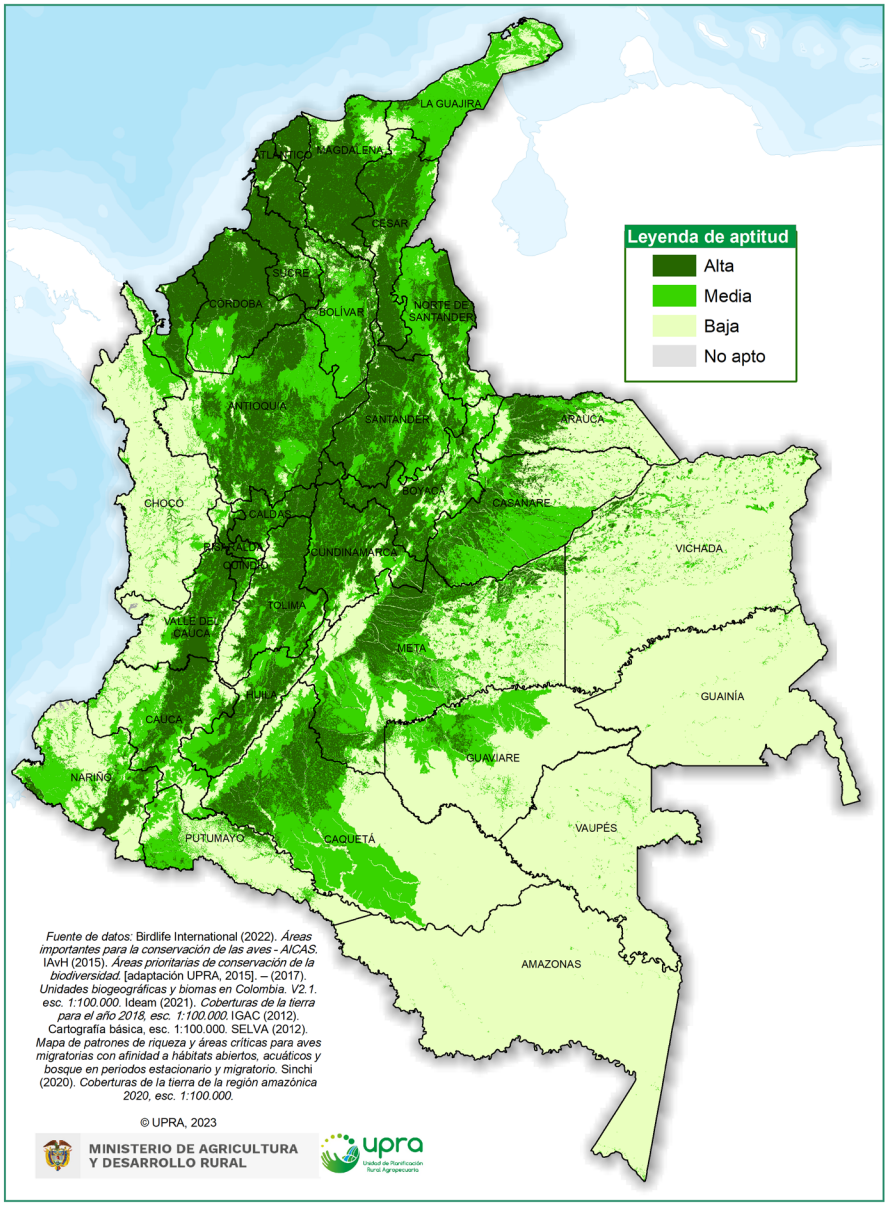
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los siguientes son los rangos de aptitud aplicados para el criterio:

Variables	Unidad de medida	Categorías de aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Fragmentación y conectividad	Categoría de fragmentación y conectividad	Conectividad baja. > 17000000 Mayor número de parches Menor Tamaño medio de los parches Mayor dimensión fractal media del parche >1,45 Parches cortos con menor complejidad de forma	Conectividad media. 300- 17000000 Menor número de parches Moderado Tamaño medio de los parches Moderada dimensión fractal media del parche (1,41-1,45) Parches medios con moderada complejidad de forma	Conectividad alta. < 17000000 Parches asociados a coberturas naturales Mayor tamaño medio de los parches Menor dimensión fractal media del parche (<1,41) Parches largos con mayor complejidad deforma	-
Índice de naturalidad (INAT)	Índice de naturalidad (Varía entre 0-100%)	Naturalidad muy baja-vital (0-5 %) Naturalidad baja-estratégica (5-30 %) Naturalidad moderada (30-50 %)	Naturalidad media-alta (50-75 %)	Naturalidad muy alta-protección (75-100 %)	-

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 AIC * Áreas sin importancia para especies migratorias. >1,32	Zonas de baja densidad de especies sensibles * APC con alta presencia de especies sensibles * Ausencia de AICA * Áreas de importancia moderada o alta para especies migratorias 1,18-1,32	Zonas de Moderada, alta y muy alta densidad de especies. * APC con densidad muy alta asociada a coberturas naturales * Presencia de AICAS * Áreas de importancia muy alta para especies migratorias <1,18	-
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO					

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL
CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Birdlife International. (2022) Important Bird and Biodiversity Area (IBA) digital boundaries: March 2022 version. BirdLife International, Cambridge, UK.
- Ciontescu, N. (2012). Instructivo metodológico para la evaluación de atributos e integridad ecológicos en áreas protegidas. ArcGIS-Fragstats. Bogotá: Parques Nacionales Naturales de Colombia.
- Corcoran, P. (2005). «La integridad ecológica: un compromiso hacia la vida en la Tierra». En: B. Mackey. La carta de la Tierra en acción: hacia un mundo sostenible (pp. 68-71). Ámsterdam: KIT Publishers BV.
- Franco, A. M., Devenish, C., Barrero, M. C. y Romero, M. H. (2009). «Colombia». En: C. Devenish, D. F.; Díaz Fernández, R. P.; Clay, I. Davidson

y Yépez Zabala, I. (Eds.). Important Bird Areas Americas-Priority sites for biodiversity conservation. Quito: Birdlife International (Birdlife Conservation Series num. 16), pp. 135-148.
- IAvH y ANH. (2010). Áreas prioritarias para la conservación, escala 1:250.000. Bogotá: IAvH y ANH.
- Ideam. (2010). Leyenda nacional de coberturas de la tierra: metodología Corine Land Cover, adaptada para Colombia, escala 1:100.000. Bogotá: IDEAM, 72 pp.
- Ideam. (2010). Estudio Nacional del Agua: capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000.
- Ideam. (2021). Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2017-2018, escala 1:100.000.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000.
- SELVA. (2012). «Modelamiento del 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. 165 p. Bogotá, Colombia.
- Vélez Restrepo, L. y A. Gómez Sal. (2008). "Un marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje." Arbor CLXXXIV 729: 31-44

2.4.1. Variable *fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales (FCECN)*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Integridad ecológica		
VARIABLE: Fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales (FCECN)	**UNIDAD DE MEDIDA:** Categoría cualitativa de fragmentación y conectividad estructural	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
La heterogeneidad espacial del paisaje se analiza a partir de la conectividad y la fragmentación (MacArthur y Wilson, 1967, Tischendorf y Fahrig, 2000; Correa, 2009), y 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, así como el grado de estabilidad geométrica y espacial que permita la permanencia de cada uno de los parches y		

corredores contenidos en las diferentes matrices del paisaje.

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 tanto 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, como del grado de estructuración y mantenimiento de cada uno de los fragmentos naturales o fragmentación.

De esta forma, en términos de la aplicación en el presente estudio, en áreas de transición entre la matriz de parches transformados, los parches o fragmentos naturales mejor consolidados, la matriz de mayor conectividad de las coberturas naturales, permiten evaluar la aptitud para establecimiento de cultivos de fríjol y de caupí, siendo menor, cuando los resultados de las métricas de fragmentación nos arrojan mejor estabilidad estructural de los parches y mayores conectividades, puesto que los cultivos de fríjol pueden aumentar la matriz del áreas transformadas y afectar la continuidad de los procesos naturales.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Contribuye a estimar la sostenibilidad ambiental, mediante la favorabilidad del hábitat para el desplazamiento de la biodiversidad, mantenimiento de poblaciones tanto animales como vegetales, flujos viables e información necesaria 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

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

Al basarse en la capa de Coberturas de la tierra 2018, a escala 1:100.000 la información puede contener cierto nivel de discrepancia con la realidad, en función de los errores asociados a la escala cartográfica.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

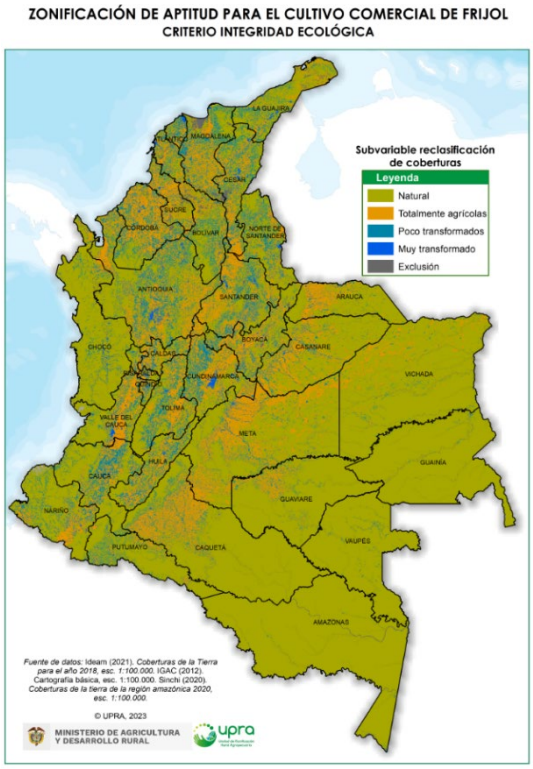
Para el procesamiento de esta variable, se partió de la realización de una reclasificación de las categorías de cobertura Corine Land Cover del mapa de coberturas de la tierra generado por el Ideam (2021).

Esta reclasificación se hace necesaria para poder obtener precisión sobre el grado de artificialización de las coberturas y así reconocer el probable impacto positivo o negativo que puedan tener los cultivos de fríjol y de caupí sobre los diferentes ecosistemas, sean naturales o artificiales existentes en el país. De esta manera se reclasificaron las coberturas para obtener los grupos de coberturas que se muestran a continuación:

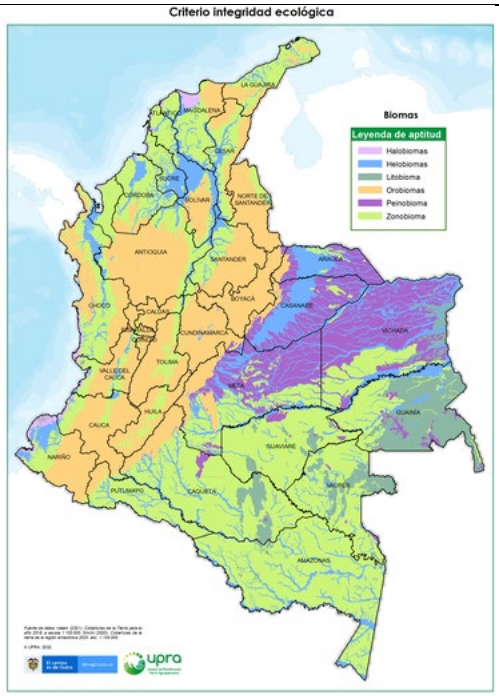
- Ecosistemas naturales
- Poco transformados

- Totalmente agrícolas
- Muy Transformados

A partir de esta reclasificación se obtuvo la siguiente cartografía



Adicionalmente, se realizó para cada grupo, una segmentación en relación con los biomas, para evitar alteración de las métricas de fragmentación.



Sobre cada segmento se calcularon las diferentes métricas del paisaje con la ayuda del software *Patc Analyst* y *Arc Gis*. Las métricas evaluadas corresponden a dos grupos: Índices descriptores de la geometría espacial de los parches (tamaño medio de parches y número de parches), y métricas de forma o índices de forma (dimensión fractal y complejidad de forma).

Los índices descriptores generan información relevante sobre el tamaño y la cantidad de parches (considerando como parche cada uno de los polígonos de cada una de las diferentes coberturas reclasificadas), de esta manera, mediante este cálculo se puede deducir que cuando una categoría determinada de cobertura posee pocos parches y parches de una extensión importante, este tipo de cobertura presenta menos fragmentación y viceversa.

Por otro lado, con la medición de los índices de forma basados en geometría de fractales (dimensión fractal y complejidad de forma), se puede establecer el grado de mantenimiento y consolidación geométrica de los parches frente a la probabilidad de ruptura o fragmentación de estos.

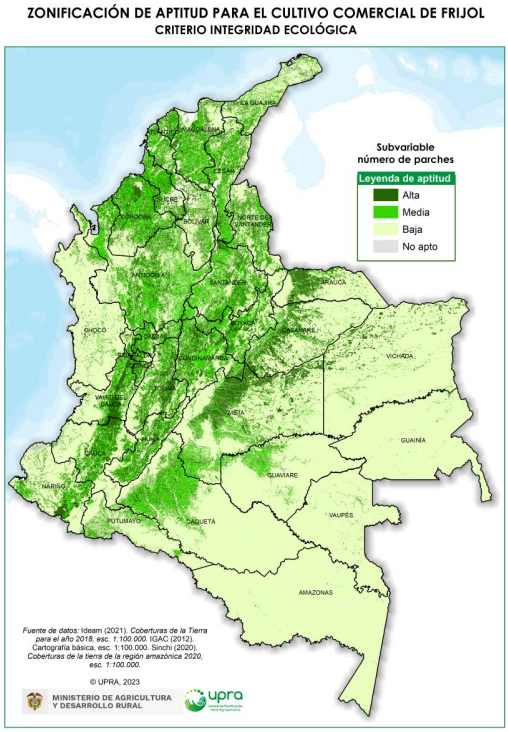
La dimensión fractal a partir de una relación área/perímetro, nos indica que tan probable es que un determinado parche pueda fraccionarse, siendo los valores cercanos a 1 los de mayor estabilidad geométrica (formas circulares o cuadradas) y los valores que más se alejen de 1 son parches de menor estabilidad geométrica los cuales por lo general presentan cada vez más formas ameboides, formas que muestran gran probabilidad de partición o fragmentación.

El otro índice calculado, complejidad de forma, muestran similares resultados

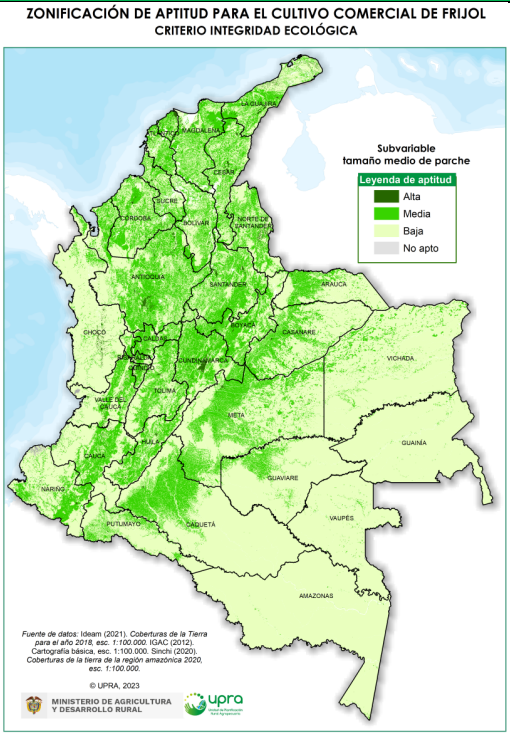
a la dimensión fractal, diferenciándose en que este genera una relación entre la forma de cada uno de los parches frente al total de la clase (suma de todos los polígonos) de cada una de las coberturas reclasificadas.

A continuación, se presentan los diferentes mapas de cada uno de los índices calculados:

Índices descriptores

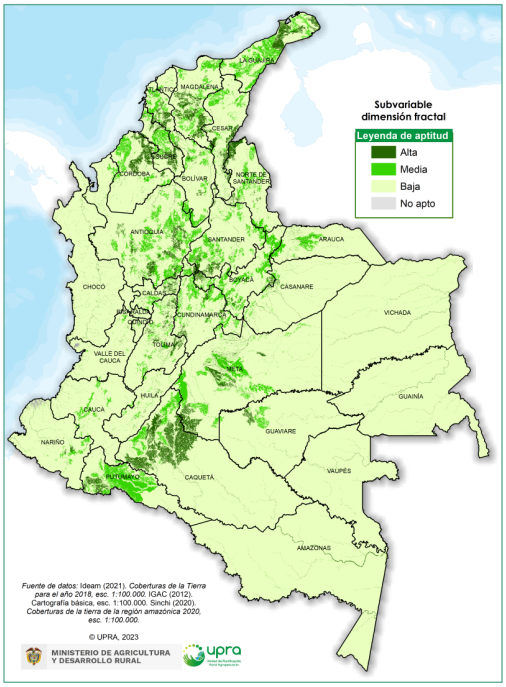


Número de parches

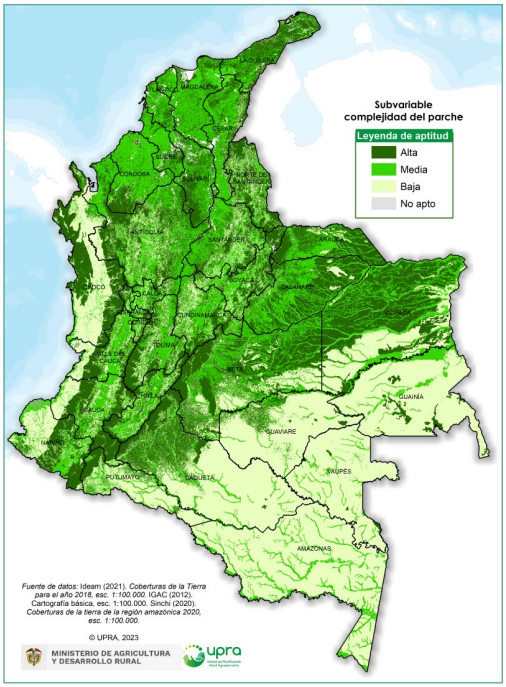


Tamaño medio del parche

Índices de forma



Dimensión fractal



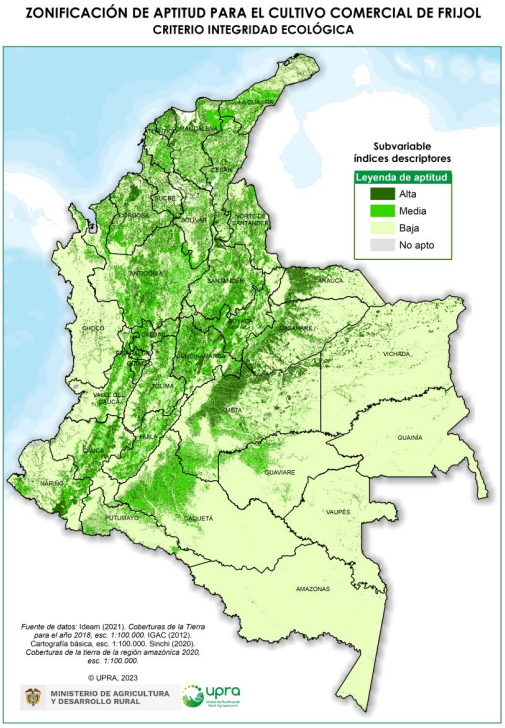
Complejidad de forma

Tanto los índices descriptores como los de forma se fusionaron en un solo mapa para obtener un mapa de índices descriptores y un mapa de índices de forma, respectivamente, a través de la aplicación de árboles de decisión, como se observa a continuación:

Índices descriptores

Tamaño medio	Número de parches	Índices descriptores
A1	A1	A1
A1	A2	A1
A1	A3	A2
A2	A1	A1
A2	A2	A2
A2	A3	A1
A3	A1	A3
A3	A2	A3
A3	A3	A3

A partir de la aplicación del árbol de decisión se obtuvo el siguiente mapa para este grupo de índices:

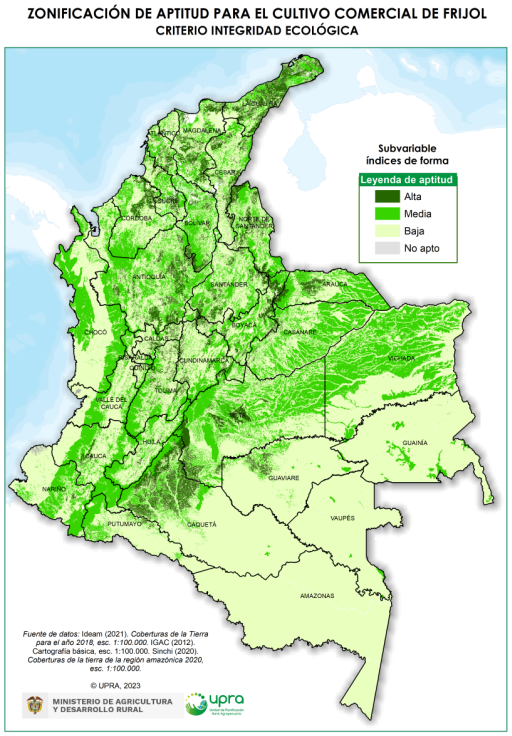


Índices de forma

Dimensión fractal	Complejidad forma	Índices forma
A1	A1	A1
A1	A2	A1
A1	A3	A2
A2	A1	A1
A2	A2	A2
A2	A3	A3
A3	A1	A2

A3	A2	A3
A3	A3	A3

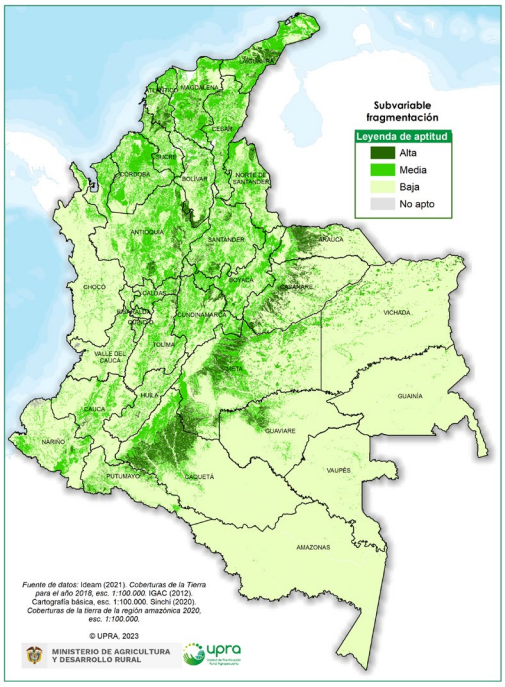
A partir de la aplicación del árbol de decisión se obtuvieron los siguientes mapas para el grupo de índices de forma:



A partir de los mapas construidos (índices de forma y descriptivos), y bajo la aplicación de un árbol de decisión se unieron para así obtener el mapa de la subvariable fragmentación, como se aprecia a continuación.

Índices descriptores	Índices forma	Fragmentación
A1	A1	A1
A1	A2	A1
A1	A3	A2
A2	A1	A1
A2	A2	A2
A2	A3	A3
A3	A1	A2
A3	A2	A3
A3	A3	A3

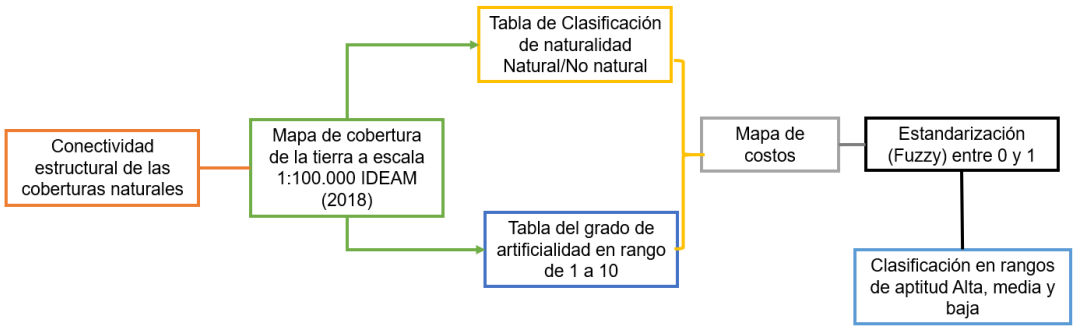
Mapa de la subvariable de fragmentación



La otra subvariable estudiada para la conformación de la variable fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales (FCECN), del criterio de integridad ecológica, corresponde a la conectividad estructural de las coberturas naturales (CECN), la cual 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, adaptado para Colombia (Ideam, 2010). 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 esto se determina el costo de desplazamiento de las especies haciendo uso de la herramienta costes del programa *ArcGis*.

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, su calificación es 10.

La resistencia de las coberturas se califica 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 lo 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 10.

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.

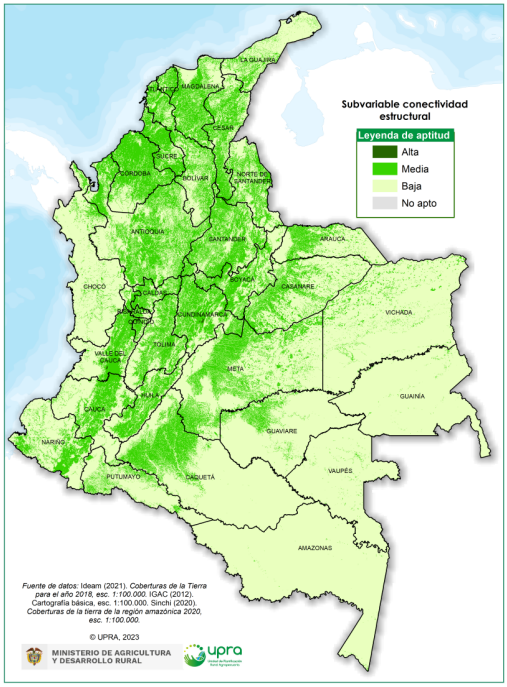
Calificación de costos para el criterio conectividad estructural

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).

Identificadas las coberturas naturales del territorio, con la calificación de la artificialidad, se realizó el mapa de costo de distancia (costo de distancia) a través del análisis del sistema de información geográfica SIG. Así, de forma general, la conectividad media para este ejercicio, tendrá la mayor aptitud, conectividad baja aptitud media, y a una alta conectividad una menor aptitud.

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL
CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA



Por último, se integraron las subvariables fragmentación y conectividad, a través del siguiente árbol de decisión.

Aptitud Fragmentación	Aptitud Conectividad	Aptitud Variable
A1	A1	A1
A1	A2	A1
A1	A3	A2
A2	A1	A1
A2	A2	A2
A2	A3	A2
A3	A1	A2
A3	A2	A2
A3	A3	A3

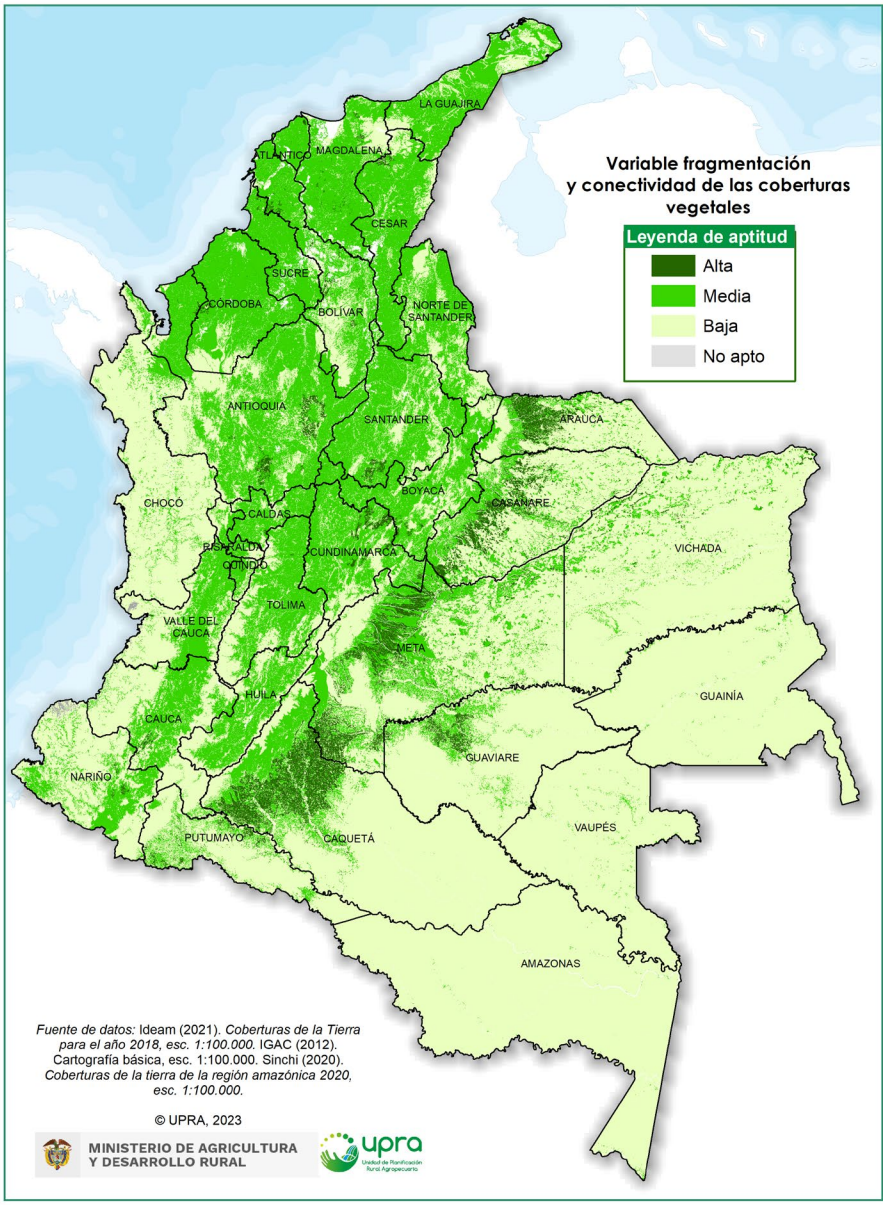
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Calificación de la variable Fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales (FCECN)

Categorías de aptitud	Descripción (categoría cualitativa de fragmentación y conectividad estructural por unidad de cobertura)
Alta (A1)	Conectividad baja > 17.000.000 Mayor número de parches. Menor tamaño medio de los parches.

	Mayor dimensión fractal media del parche (>1,45). Parches cortos con menor complejidad de forma
Media (A2)	Conectividad media. 300- 17.000.000 Menor número de parches. Moderado tamaño medio de los parches moderada dimensión fractal media del parche (1,41-1,45) Parches medios con moderada complejidad de forma
Baja (A3)	Conectividad alta. < 17.000.000 Parches asociados a coberturas naturales. Mayor tamaño medio de los parches. Menor dimensión fractal media del parche (<1,41). Parches largos con mayor complejidad de forma
No apto (N1)	-
Unidad de análisis	Unidad de cobertura
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL
CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Correa A., C. A. (2009). Análisis del estado actual de conectividad de las coberturas vegetales de la cuenca media del río Tunjuelo. En: Revista Pérez-Arbelaezia No. 19: 115-139.
- 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., 72p.
- MacArthur, R. H. y Wilson, E. O. (1967). La teoría de la biogeografía de la isla. Princeton, New Jersey: Presión de la universidad de Princeton.
- Tischendorf, L. y Fahrig, L. (2000). How should we measure landscape connectivity? Landscape Ecology 15: 633-641.

2.4.2. Variable *índice de naturalidad (INAT)*

<table>
<tr><th colspan="4">FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE</th></tr>
<tr><td colspan="2">TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="2">Cultivos comerciales de fríjol (Phaseolus vulgaris L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (Vigna unguiculata (L.) Walp.)</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: índice de naturalidad por subzona hidrográfica (INAT)</td><td colspan="2">UNIDAD DE MEDIDA: proporción del área de la unidad biogeográfica (%)</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>Restricción legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
<tr><th colspan="4">DEFINICIÓN</th></tr>
<tr><td colspan="4">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, 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). 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 cultivos de fríjol y de caupí, 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 estos cultivos, por cuanto no interrumpe los procesos naturales, e incluso potenciaría la prestación de algún servicio ecosistémico en comparación con la cobertura existente.</td></tr>
<tr><th colspan="4">IMPORTANCIA DE LA VARIABLE</th></tr>
<tr><td colspan="4">Contribuye en la estimación de 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.</td></tr>
<tr><th colspan="4">VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO</th></tr>
<tr><td colspan="4">Esta variable no genera exclusión técnica (N1). Se identifica un rango de variación porcentual respecto al área de la unidad biogeográfica, y se establece un descriptor de dicha presencia del áreas naturales.</td></tr>
</table>

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Al tener de base la capa oficial de Coberturas de la tierra 2018, 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 2018.

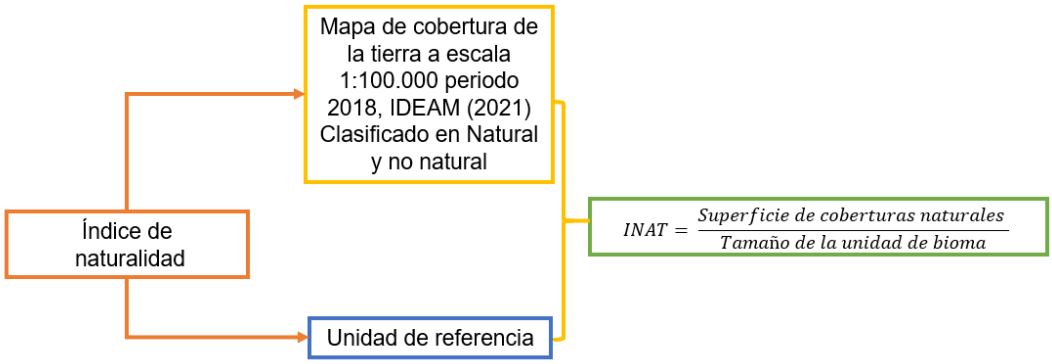
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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, 2021).

Para esto, se realizó el cruce cartográfico de la capa de cobertura de la tierra con el de Unidades biogeográficas facilitado por el IAVH (2017).

$INAT$ = Superficie de coberturas naturales (ha)/tamaño de unidad biogeográfica (ha)

Esquema metodológico de la variable índice de naturalidad



RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Se establecieron los siguientes rangos, de acuerdo con los parámetros de Márquez (2003) y se reclasificaron en términos de su aporte a la aptitud para el establecimiento de cultivos de fríjol y de caupí.

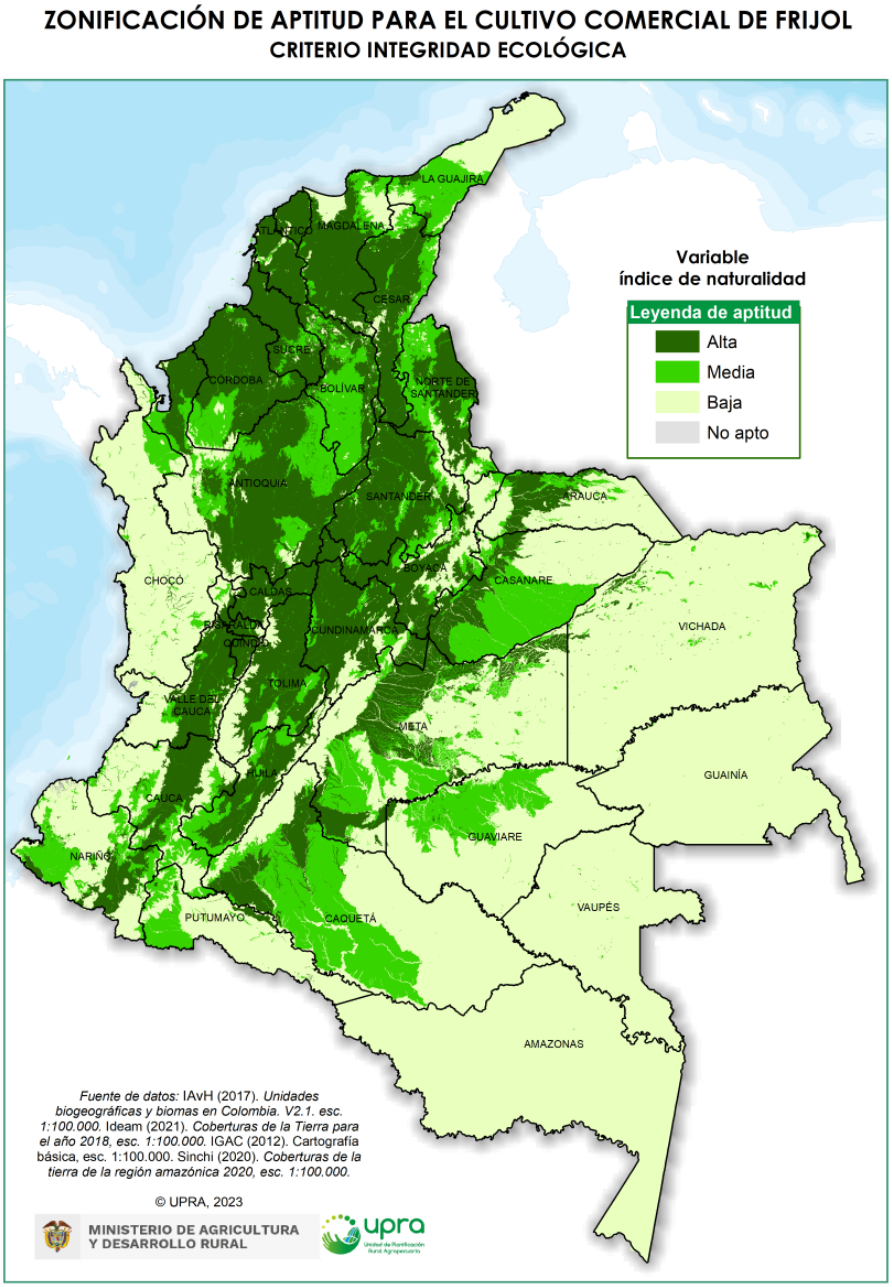
Calificación de la variable índice de naturalidad por subzona hidrográfica (INAT). (Adaptado de Márquez, 2003)

Descripción	Rango (%) Proporción del área de la unidad biogeográfica	Aptitud
INAT muy baja-vital, INAT baja-estratégica, INAT moderada	< 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



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2010). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Bogotá: Ideam.
- Márquez C., G. (2003). Ecosistemas estratégicos de Colombia. Sociedad Geográfica de Colombia. Recuperado de:

http://www.sogeocol.edu.co/documentos/07ecos.pdf.
- IAvH. (2017). Unidades biogeográficas
- Vélez Restrepo, L. y A. Gómez (2008). "Un marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje." Arbor CLXXXIV 729: 31-44

2.4.3. Variable *áreas de concentración de especies sensibles (ACES)*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: integridad ecológica		
VARIABLE: áreas de concentración de especies sensibles (ACES)	**UNIDAD DE MEDIDA:** requiere asignación de pesos para integrar especies sensibles en AICAS y APC; riqueza potencial de especies migratorias.	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Establece lugares donde 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).

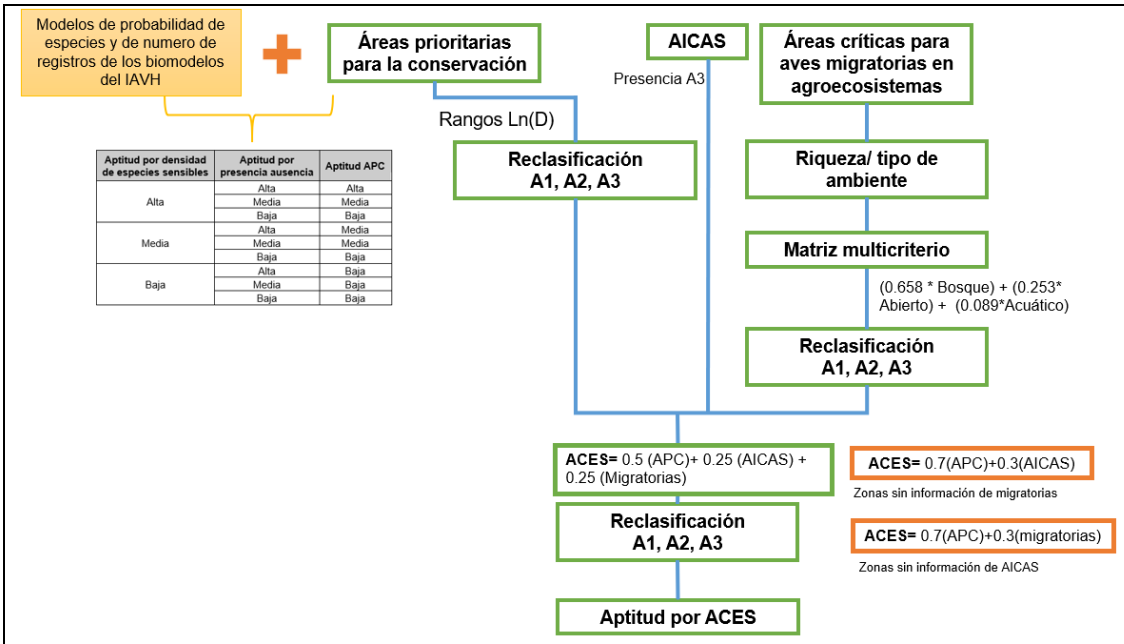
La representatividad ecosistémica en el Sistema Nacional del áreas Protegidas (Sinap) es reducida y con ello el potencial para la conservación de la biodiversidad del país. Por esta razón, existen en el territorio nacional, áreas que, sin presentar figuras de protección, cuentan con altos valores para 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).

Estas áreas son de importancia debido a que constituyen sitios de refugio para elementos de la biodiversidad sensible, los cuales prestan servicios ecosistémicos como la 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, entre otros.

De esta forma, entre mayor sea la concentración de estas especies, dada su sensibilidad, es menor la aptitud para el establecimiento de cultivos de fríjol, 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 cultivos de fríjol y de caupí, es mayor.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite identificar áreas en donde el establecimiento de cultivos de fríjol y de caupí, pueden 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 otras), de tal forma que entre mayor sea la concentración de especies sensibles, menor es la aptitud para el establecimiento de cultivos de fríjol y de caupí, 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 en todo el país hay biodiversidad con valor de conservación, se destacan algunos lugares del territorio debido a la concentración de esta biodiversidad. Por tanto, la variable supone una menor concentración en las áreas no mencionadas, pero puede corresponder en realidad a estudios no elaborados, por lo que ha de complementarse a medida que se incorpore nueva información al respecto.
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
Esta variable se construye a partir de los siguientes insumos: mapas de polígonos y bases de datos asociadas del 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 áreas de importancia para la conservación de aves (AICAS), y riqueza potencial para aves migratorias en agroecosistemas. Se emplea la información sobre biodiversidad asociada a las APC (IAvH y ANH, 2013), AICAS (*BirdLife*, 2022), 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 de conservación (APC):*

En el estudio, esta subvariable se mide a través de la densidad de especies sensibles por kilómetro cuadrado, en áreas prioritarias de conservación (APC) no declaradas en el SINAP, para lo cual se toma de base la información generada por el Instituto Alexander von Humboldt y la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) en 2013 en el portafolio del áreas Prioritarias de Conservación (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 del áreas prioritarias de conservación (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 con relación al tamaño del área que las contiene (sitios de mayor concentración o densidad de especies), menor será la compatibilidad del territorio con el establecimiento de cultivos de fríjol y de caupí.

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) APCs con densidad baja de especies sensibles (ln (D) = -5,71 a -2,77)	Media (A2)
APCs con densidad moderada de especies sensibles (ln (D) = -2,76 a -1,42) APCs con densidad alta de especies sensibles (ln (D) = -1,42 a -0,06) APCs con densidad muy alta de especies sensibles (ln (D) = -0,05 a 6,42)	Baja (A3)
-	No apto (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 contabiliza 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* 10.4. y se obtiene una tabla que indica la cantidad de especies amenazadas o endémicas para cada unidad, luego se realizó 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 densidad de especies sensibles	Aptitud por presencia ausencia	Aptitud APC
A1	A1	A1
	A2	A2
	A3	A3
A2	A1	A2
	A2	A2
	A3	A3
A3	A1	A3
	A2	A3
	A3	A3

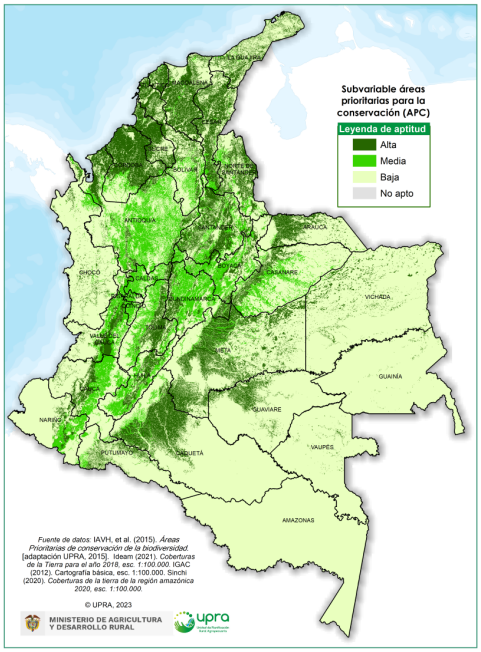
Una vez obtenido este mapa, se realizó una comparación con las áreas naturales y aquellas que contenían áreas naturales se calificaron con aptitud baja (A3), es decir

todas las áreas naturales se mantuvieron con aptitud baja y los APC se clasifican en aptitud media (A2) y alta (A1), en aquellas zonas donde no existen coberturas naturales.

Los rangos de aptitud para APC finalmente son:

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)

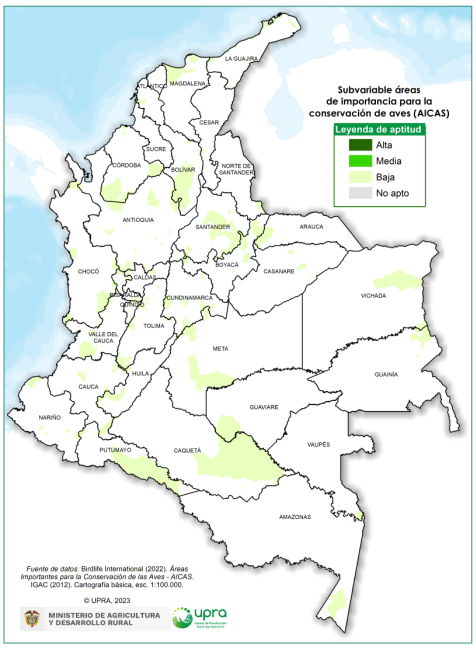
ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL
CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA



- *Áreas de importancia para la conservación de aves silvestres (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 (*BirdLife*, 2022) de acuerdo con la información publicada en la página BirdLife International, tomando las categorías de especies vulnerables y amenazadas de cada AICA. Teniendo en cuenta la importancia de cada AICA, se define la aptitud baja (A3) para la totalidad de estos polígonos.

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL
CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA

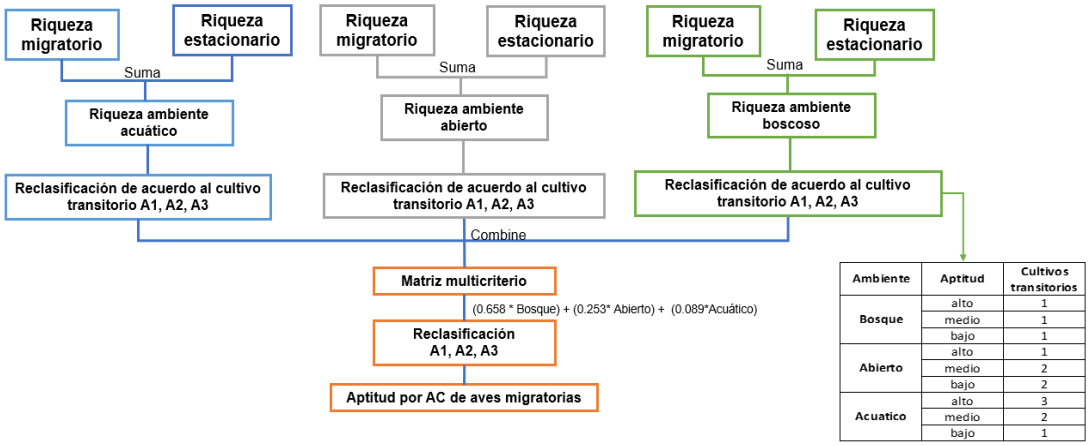


- *Áreas críticas (AC) para aves migratorias en paisajes agropecuarios:*

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 cultivos de fríjol y de caupí (cultivos transitorios), 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:



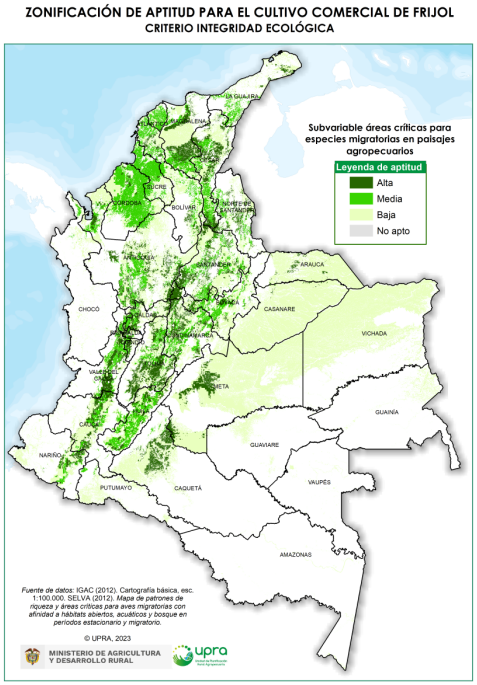
Ambiente	Aptitud	Cultivos transitorios
Bosque	alto	1
	medio	1
	bajo	1
Abierto	alto	1
	medio	2
	bajo	2
Acuatico	alto	3
	medio	2
	bajo	1

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
> 1,32	Alta (A1)
1,18-1,32	Media (A2)
< 1,18	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 (AC Migratorias)

Para aquellas áreas que no presentan información de especies migratorias se manejó la siguiente integración:

ACES= 0,7(APC) + 0,3 (AICAS)

Para aquellas áreas que no presentan información de AICAS se manejó la siguiente integración:

ACES= 0,7 (APC) + 0,3 (migratorias)

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

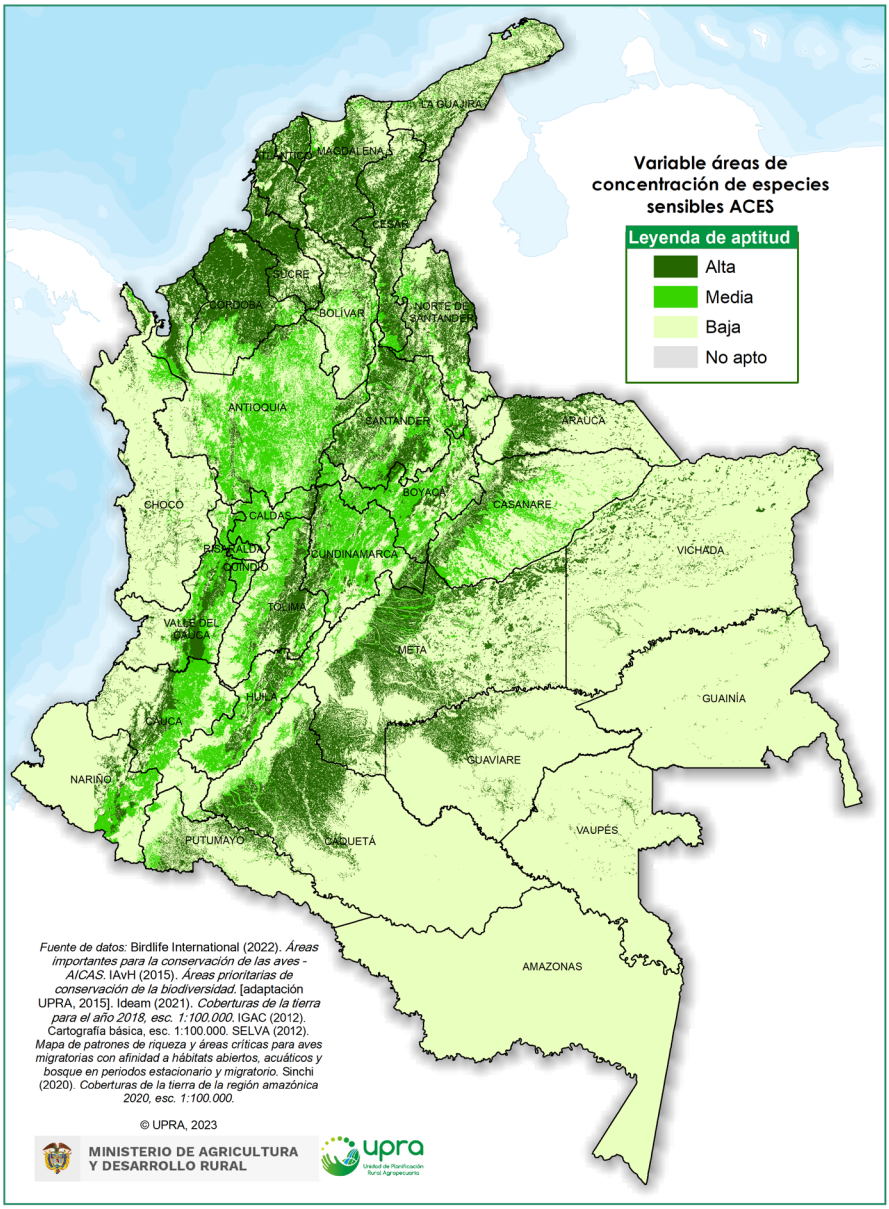
Se establecieron los siguientes rangos de aptitud para las ACES, calculados por intervalos iguales.

Rango	Aptitud
> 2,33	Alta (A1)
1,67-2,33	Media (A2)
< 1,67	Baja (A3)

Unidad de análisis	Intervalos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL
CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Birdlife International (2022). Important Bird and Biodiversity Area (IBA) digital boundaries: March 2022 version. BirdLife International, Cambridge, UK.
- Franco, A. Devenish, C., Barrero, M. C. y Romero, M. H. (2009). Colombia. En: Devenish, C.; Díaz Fernández, D; Clay, R.; Davidson I. y Yépez Zabala I. (Eds). *Important Bird Areas Americas-Priority sites for biodiversity conservation*. (pp 135 –148). Quito, BirdLife International (BirdLife Conservation Series No. 16).
- García-Márquez, J. R.; Moreno, I. y Sacharow, O. (2012). Modelamiento del 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 y Agencia Nacional de Hidrocarburos. (IAvH y ANH). (2013). Áreas prioritarias para la conservación. Escala 1:250.000
- Selva. (2012). Mapas de Modelamiento del áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia. Convenio No. 044 del 2012 entre SELVA y UPRA. Bogotá.

2.5. Criterio cambio de cobertura

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: cambio de cobertura		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

Este criterio no cuenta con variables, se basa en la clasificación Corine Land Cover (CLC) adaptada para Colombia y Biomas de Colombia, Ideam, 2021.

La unidad de medida corresponde a la categoría de favorabilidad del cambio de cobertura para el establecimiento de los cultivos de *Phaseolus vulgaris* y *Vigna unguiculata*.

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.

Este criterio determina la aptitud del territorio al cambio de cobertura producido por el establecimiento de los cultivos de fríjol y de caupí, definiendo la favorabilidad o no del cambio de la cobertura, en el marco de la sostenibilidad del territorio, bajo los principios del grado de antropización y transformación de las coberturas, la importancia ecológica y ambiental de cada tipo de cobertura de acuerdo con sus diferentes características y la importancia de la cobertura frente a la producción alimentaria.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Permite identificar áreas con vegetación natural sujeta a exclusiones y áreas transformadas donde es favorable establecer cultivos comerciales de fríjol y de caupí, bajo una visión integral del territorio, identificando las zonas donde el cambio propuesto genera menor y mayor impacto en la dinámica ecológica.

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, ésta 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 cambio de cobertura fueron definidas bajo los siguientes parámetros:

A. Coberturas naturales y territorios artificiales que son incompatibles con el TUT:

1.1.1. Tejido urbano continuo	1.4.1.6. Rondas de cuerpos de agua de zonas urbanas	3.2.1.1.2.3. Arracachal
1.1.2. Tejido urbano discontinuo	1.4.2. Instalaciones recreativas	3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso
1.2.1. Zonas industriales o comerciales	1.4.2.1. Áreas culturales	3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso
1.2.1.1. Zonas industriales	1.4.2.2. Áreas deportivas	3.2.2.1. Arbustal denso
1.2.1.2. Zonas comerciales	1.4.2.3. Áreas turísticas	3.2.2.2. Arbustal abierto
1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme	3.2.2.2.2. Arbustal abierto mesófilo
1.2.2.1. Red vial y territorios asociados	3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta
1.2.3. Zonas portuarias	3.1.1.1.2.1. Bosque denso alto Inundable heterogéneo	3.3.1. Zonas arenosas naturales
1.2.3.1. Zonas portuarias fluviales	3.1.1.1.2.2. Manglar denso alto	3.3.1.1. Playas
1.2.4. Aeropuertos	3.1.1.1.2.3. Palmares	3.3.1.2. Arenales
1.2.4.1. Aeropuerto con infraestructura asociada	3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme	3.3.1.3. Campos de dunas
1.2.4.2. Aeropuerto sin infraestructura asociada	3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable	3.3.2. Afloramientos rocosos
1.2.5. Obras hidráulicas	3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme	4.1.1. Zonas pantanosas
1.3.1. Zonas de extracción minera	3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable	4.1.2. Turberas
1.3.1.1. Otras explotaciones mineras	3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua
1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable	4.2.1. Pantanos costeros
1.3.1.3. Explotación de carbón	3.1.3. Bosque fragmentado	4.2.2. Salitral
1.3.1.4. Explotación de oro	3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos	4.2.3. Sedimentos expuestos en bajamar
1.3.1.5. Explotación de materiales de construcción	3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria	5.1.1. Ríos

1.3.1.6. Explotación de sal	3.1.4. Bosque de galería y ripario	5.2.1. Lagunas costeras
1.3.2. Zona de disposición de residuos	3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado	5.2.3. Estanques para acuicultura marina
1.3.2.1. Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto	3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales
1.3.2.4. Relleno sanitario	3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos	5.1.3. Canales
1.4.1. Zonas verdes urbanas	3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales
1.4.1.1. Otras zonas verdes urbanas	3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado	5.1.4.1. Embalses
1.4.1.2. Parques cementerio	3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado	5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental

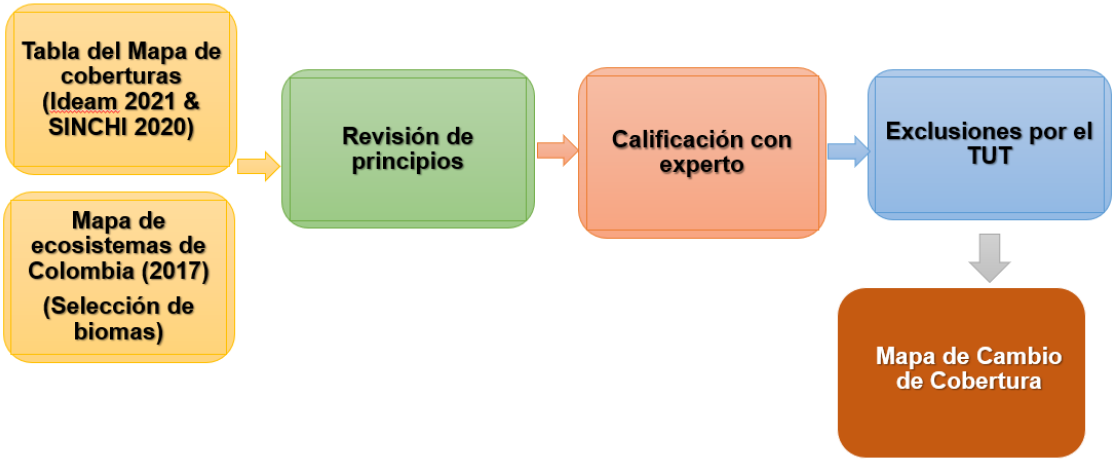
B. Se excluyen las coberturas asociadas al bioma insular del caribe

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El criterio se construyó a partir de la reclasificación de la "Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia", 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.

Esquema metodológico del criterio cambio de cobertura



Los análisis de ambas fuentes se realizaron a escala 1:100.000. El procesamiento incluye una unión de los insumos cartográficos nombrados con anterioridad, lo cual permite obtener polígonos de cobertura-bioma, que posteriormente son categorizados de acuerdo con su aptitud.

Este procedimiento implica analizar las características de cada bioma y su importancia ambiental, así como las cualidades de cada tipo de cobertura, con el fin de determinar el grado de aptitud o establecer si por sus características ambientales (sensibilidad, singularidad, rareza y distribución geográfica), hacen favorable o no el establecimiento de los cultivos de fríjol y de caupí.

La calificación de las unidades de cobertura-bioma se muestra en la siguiente tabla:

Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
211 Otros cultivos transitorios	221 Cultivos permanentes herbáceos	212 Cereales
212 Cereales	222 Cultivos permanentes arbustivos	214 Hortalizas
213 Oleaginosas y leguminosas	231 Pastos limpios	221 Cultivos permanentes herbáceos
214 Hortalizas	233 Pastos enmalezados	222 Cultivos permanentes arbustivos
215 Tubérculos	241 Mosaico de cultivos	223 Cultivos permanentes arbóreos
221 Cultivos permanentes herbáceos	242 Mosaico de pastos y cultivos	224 Cultivos agroforestales
231 Pastos limpios	243 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	225 Cultivos confinados
232 Pastos arbolados	2211 Otros cultivos permanentes herbáceos	231 Pastos limpios
233 Pastos enmalezados	2222 Café	232 Pastos arbolados
241 Mosaico de cultivos		233 Pastos enmalezados
242 Mosaico de pastos y cultivos		241 Mosaico de cultivos
334 Zonas quemadas		242 Mosaico de pastos y cultivos
2121 Arroz		243 Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales
2122 Maíz		244 Mosaico de pastos con espacios naturales
2123 Sorgo		245 Mosaico de cultivos con espacios naturales
2131 Algodón		315 Plantación forestal
2134 Soya		334 Zonas quemadas
2141 Cebolla		2121 Arroz
2151 Papa		2122 Maíz
2211 Otros cultivos permanentes herbáceos		2123 Sorgo
2212 Caña		2134 Soya
2241 Pastos y árboles plantados		2211 Otros cultivos permanentes herbáceos
22121 Caña de azúcar		2212 Caña

22122 Caña panelera		2213 Plátano y banano 2221 Otros cultivos permanentes arbustivos 2222 Café 2223 Cacao 2224 Viñedos 2231 Otros cultivos permanentes arbóreos 2232 Palma de aceite 2233 Cítricos 2234 Mango 2241 Pastos y árboles plantados 2242 Cultivos y árboles plantados 3151 Plantación de coníferas 3152 Plantación de latifoliadas 32112 Herbazal denso inundable 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

En lo referente a las coberturas naturales, una vez interpretada la reclasificación coberturas-biomas, se estableció que los siguientes herbazales:

32112 Herbazal denso inundable
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

Los localizados en los *Helobiomas* de la Amazonia y Orinoquia, *Litobiomas* de la Amazonia y Orinoquia y *Peinobiomas* de la Amazonia y Orinoquia, no son totalmente excluyentes y pueden ser áreas con alguna categoría de aptitud. Por lo tanto, fueron calificados con aptitud baja (A3).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

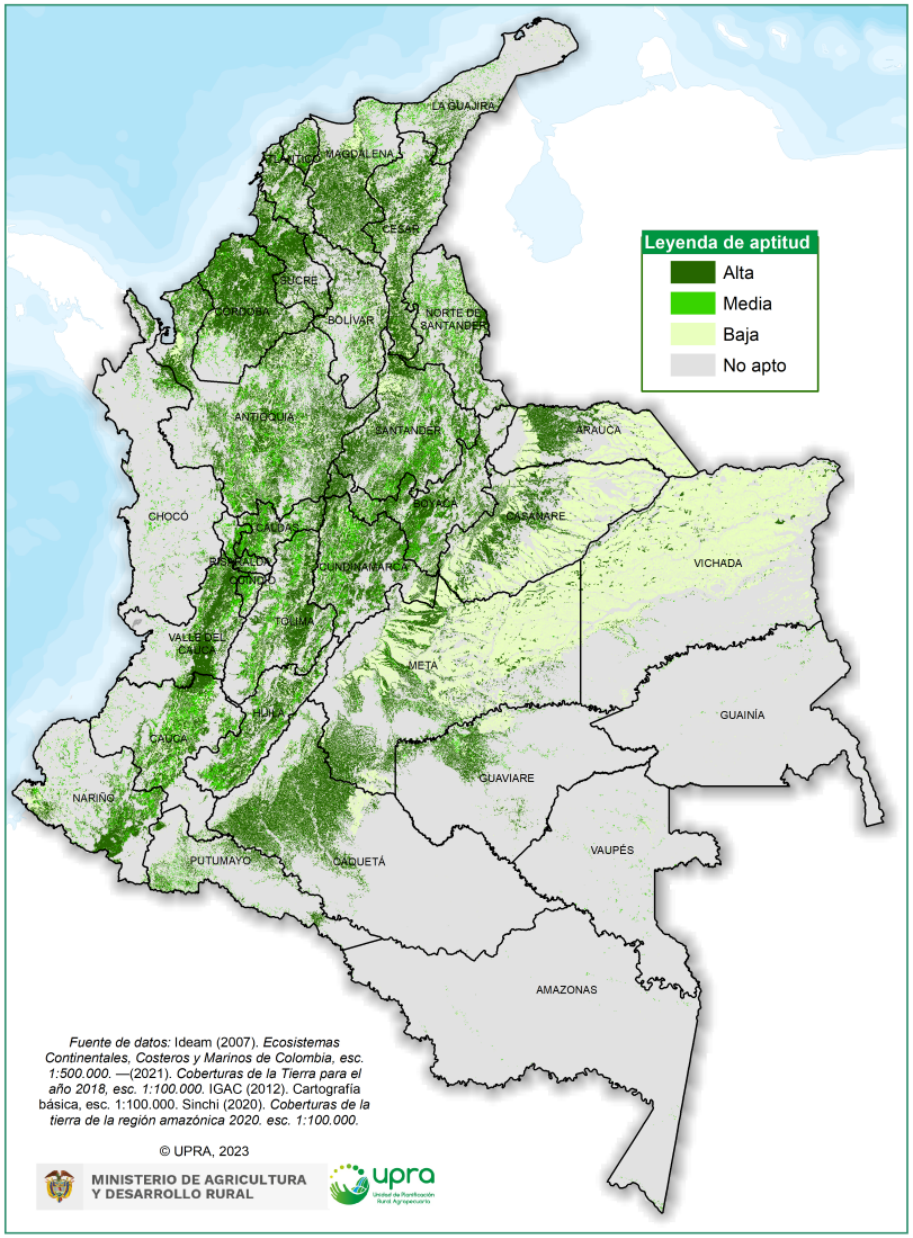
Los siguientes son los rangos de aptitud aplicados para el criterio:

Descripción	Aptitud
Zonas de alta favorabilidad para el establecimiento de cultivos de fríjol y de caupí, donde predominan las áreas de pastos (limpios, enmalezados y arbolados), los cultivos transitorios dedicados para la	Alta (A1)

producción de alimentos como arroz, maíz, papa, hortalizas, cultivos dedicados a la producción industrial como caña, palma, algodón, zonas quemadas, pastos y árboles plantados, cultivos permanentes herbáceos	
Zonas de moderada favorabilidad para el establecimiento de cultivos de fríjol y de caupí, donde predominan algunos cultivos permanentes herbáceos, algunos pastos limpios y enmalezados, café, mosaicos de cultivos, mosaicos de pastos y cultivos y mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales	Media (A2)
Zonas con favorabilidad baja para el establecimiento de cultivos de fríjol y de caupí, donde predominan cultivos confinados, mosaicos de cultivos,, pastos y espacios naturales, mosaicos de pastos y cultivos, mosaicos de pastos con espacios naturales, mosaicos de cultivos con espacios naturales algunos cultivos dedicados a la producción de alimentos humanos como arroz, maíz, hortalizas, entre otros; cultivos permanentes herbáceos, arbóreos y arbustivos, plantaciones forestales, algunas áreas de pastos y también agrupa algunas unidades de coberturas naturales que pueden ser marginalmente aptas como algunas categorías de los herbazales densos	Baja (A3)
Zonas no favorables para el establecimiento de cultivos de fríjol y de caupí, están referidas principalmente a las coberturas naturales y seminaturales, áreas húmedas, las superficies de agua y los territorios artificializados.	No apto (N1)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL
CRITERIO CAMBIO DE COBERTURA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Aguilera, I.; Monteagudo, S.; Castaños, J.; González-Jiménez, A., y Escudero, R. (2009). Teledetección: Agua y Desarrollo sostenible. XIII Congreso de la Asociación Española de Teledetección. (S. M. Fornos, Ed.) Recuperado de: <http://www.aet.org.es/congresos/xiii/cal99.pdf>
- Di Gregorio, A. (2005). Sistema de Clasificación de la Cobertura de la Tierra-Conceptos de Clasificación y manual para el usuario. Roma, Italia: Food and Agriculture Organizations of the United Nations.
- Ideam. (2010). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Bogotá: Ideam.
- Ideam, IGAC, IAvH, Invemar, I. Sinchi e IIAP. (2015). Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios

Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacifico Jhon von Neumann, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andreis e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Bogotá, D. C, 276 p. + 37 hojas cartográficas.

- Lambin, E. y Gesit, H. (2006). Land-Use and Land-Cover Change: Local Processes and Global Impacts. Berlín. Springer-Verlag

2.6. Criterio susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

El fenómeno de incendios de las coberturas vegetales es multicausal, altamente dinámico en tiempo y espacio y generador de impactos de alcance variable sobre el medio natural y social. Para su evaluación, este criterio se compone de dos variables:

Condiciones de pirogenicidad de las coberturas: evalúa la capacidad de que una determinada cobertura pueda tener mayor o menor capacidad combustible y se analiza a partir de las siguientes subvariables:

- *Tipo de combustible (Tc)*: Hace referencia a las características fisionómico-estructurales de la vegetación presente, las cuales denotan su condición pirogénica.
- *Duración del combustible (Dc)*: Evalúa el tiempo en el cual un tipo de combustible en particular puede estar en estado de ignición
- *Carga de combustible (Cc)*: califica la cantidad de biomasa combustible que la vegetación tiene en un área definida

Influencia del fuego sobre los ecosistemas (If): Desde el punto de vista de la ecología del fuego, esta variable define que tan adaptados están los diferentes ecosistemas y coberturas para soportar y tener capacidad resiliente frente al fuego.

DEFINICIÓN

La susceptibilidad de la vegetación frente a los incendios de la cobertura vegetal se define como las características intrínsecas de la vegetación y los ecosistemas (carga de combustibles, disposición y combustibilidad), que le brindan cierto grado de probabilidad de incendiarse, propagar y mantener el fuego.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

La evaluación y cartografía de la susceptibilidad a incendios de la cobertura vegetal, dentro del análisis y la zonificación de aptitud para el cultivo de fríjol y de caupí, es de crucial importancia ya que permite prever e incorporar en los rangos de aptitud, la probabilidad de que un cultivo pueda verse afectado por este tipo de incidentes, ya sea por la cercanía a coberturas y tipos de vegetación que puedan propagar el fuego e incidir y afectar directamente al cultivo de fríjol y de caupí, o porque el cultivo tiene características muy favorables para que por acción humana o natural puedan verse expuestos a fenómenos de esta naturaleza.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

La temporalidad de la información de Corine Land Cover asociada a las coberturas del periodo 2018 limita una interpretación actualizada de la situación ecosistémica real. Sin embargo, esta es la última información oficial generada y disponible.

Adicionalmente, la estimación de la biomasa se realizó a través de imágenes MODIS, las cuales tienen como mayor limitante la resolución espacial y la temporalidad.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

No hay valores de exclusión técnica, ninguna variable presenta límites que califiquen zonas del territorio nacional como no aptas (N1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios se evalúa mediante la identificación y valoración de la condición pirogénica de la vegetación, según lo propuesto en el modelo de combustibles desarrollado para Colombia por Páramo (2011).

Un modelo de combustibles representa la condición pirogénica de la vegetación, como un aspecto clave en la evaluación del comportamiento de nuestros ecosistemas frente al fuego, tanto en el inicio de un incendio, como en la modelación del comportamiento del fuego, en caso de presentarse eventos de esta índole (IDEAM, 2011).

El modelo de combustibles propuesto tiene una estructura jerárquica y está compuesto por los siguientes factores o variables:

Tipo de combustible vegetal (Tc), predominante por bioma y ecosistema: se estimó a partir de la metodología del IDEAM (2011) y se actualizó a las coberturas Corine Land Cover de Colombia 2018.

Duración del tipo de combustible dominante (Dc): duración en horas de cada tipo de combustible, definidos en horas de ignición (1 hora, 10 horas, 100 horas), se estimó de acuerdo con la metodología del Ideam (2011), actualizando la información de acuerdo con las coberturas Corine Land Cover 2018.

Carga total de combustibles (Cc): caracterización cuali-cuantitativa dependiente de la cantidad de biomasa presente en cada tipo de cobertura expresada como biomasa aérea en t/ha.

Su estimación se realizó a partir de la aplicación de las ecuaciones expresadas por Páramo (2011) que tiene en cuenta:

- Biomasa determinada sobre el *Índice normalizado del infrarrojo*, obtenido a partir de imágenes MODIS del año 2021 (MODIS MOD13Q1 v006 Banda 7 (SWIR)
- Altura promedio de cada uno de los tipos de cobertura de acuerdo

con el mapa de CLC de Colombia (Ideam, 2021)

- Cobertura expresada como porcentaje de proyección de la vegetación sobre el sustrato, a partir de una imagen MODIS (MOD44B-v006) del 2021 del producto Vegetation Continuos Field (VCF)
- Déficit de agua (Da), medida indirecta de la humedad media de la vegetación obtenida a través de una distribución cualitativa de los valores estimados de precipitación y de meses secos continuos en una zona dada, realizada a partir de la clasificación de rangos propuesta por la Unesco.

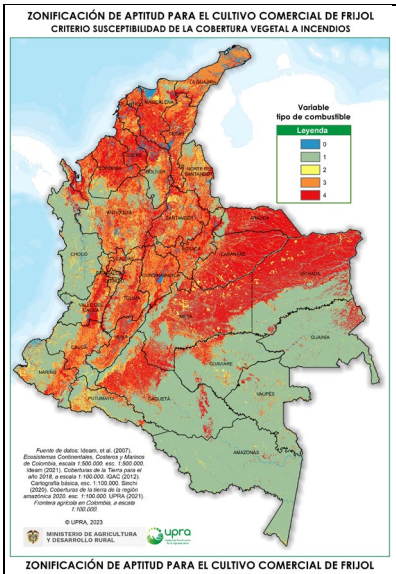
A partir de la evaluación individual de cada una de las variables: tipo de combustibles (Tc), duración del tipo de combustible dominante (Dc) y carga total de combustibles (Cc), se produce un mapa intermedio el cual muestra el grado de pirogenicidad de la cobertura a partir de la aplicación de un análisis multicriterio y una matriz *AHP*, para la obtención de los factores de peso que ponderan cada una de las variables.

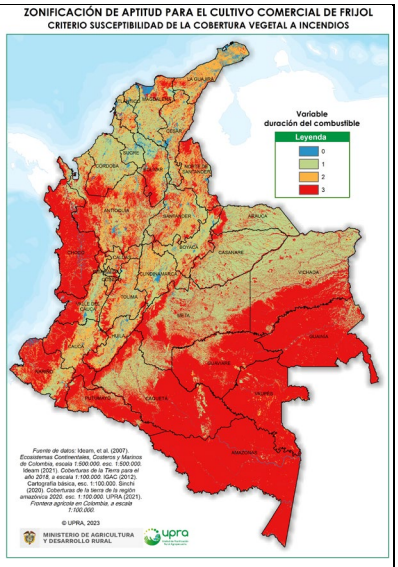
Con dichos factores de ponderación, a través del modelamiento espacial (álgebra de mapas) realizado con el sistema de información geográfico *ArcGis*, se lleva a cabo una suma ponderada para obtener el mapa resultante del cruce de las variables anotadas.

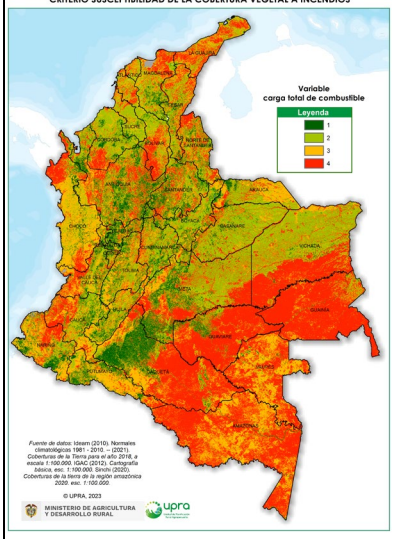
Los factores de ponderación son los siguientes:

$$\Sigma[(Tc*0,35) + (Dc*0,35) + (Cc*0,30)]$$

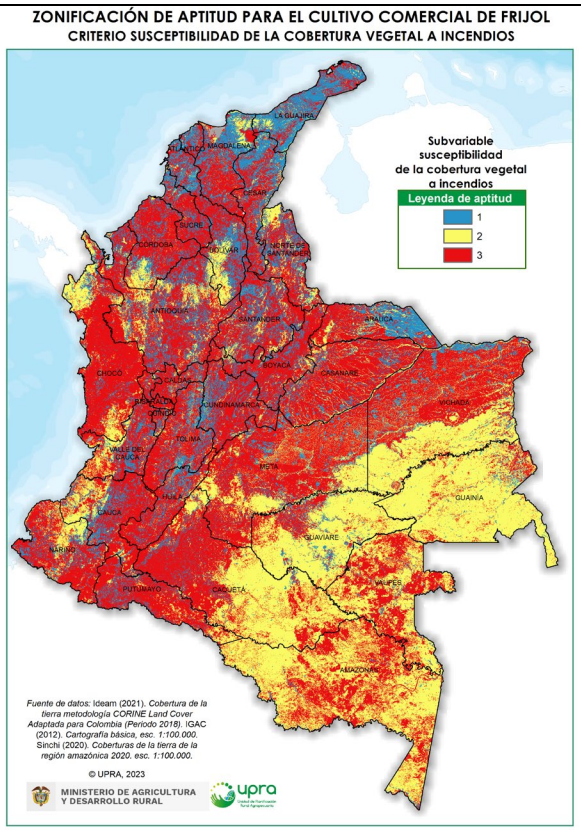
Grado de pirogenicidad de la cobertura





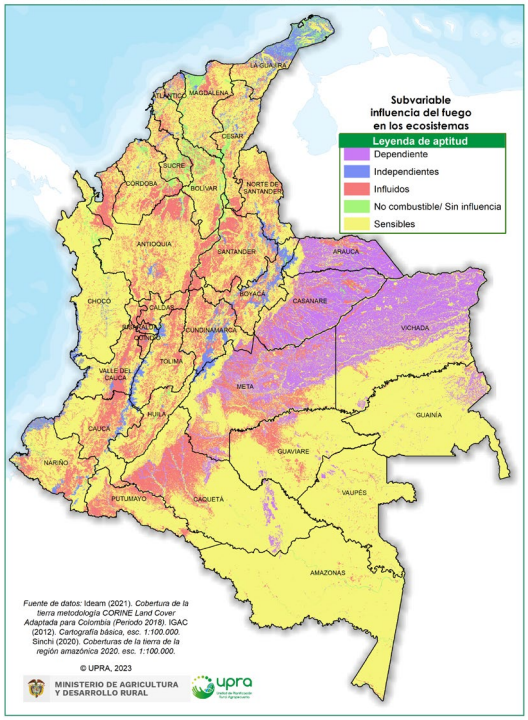


$$[(Tc*0,35) + (Dc*0,35) + (Cc*0,30)]$$

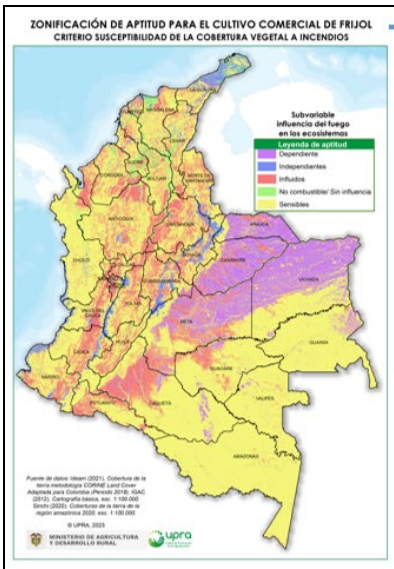


La otra variable utilizada en la construcción del criterio es conocida como la *influencia del fuego sobre los ecosistemas (If)*. Los ecosistemas pueden ser descritos en términos de regímenes de fuego típicos, que operan dentro de un rango conocido o esperado de variación de los atributos o características clave de los regímenes del fuego. Por lo general, los ecosistemas y los principales tipos de hábitat pueden clasificarse como pertenecientes a categorías amplias de regímenes de fuego: dependientes del fuego, influidos por el fuego, sensibles al fuego o independientes del fuego, o como no combustibles (The Nature Concervancy, S.F; Páramo, 2011). Para su cualificación se partió de una reclasificación por tipo de ecosistema y bioma obtenidos del mapa general de ecosistemas de Colombia (Ideam et al., 2015).

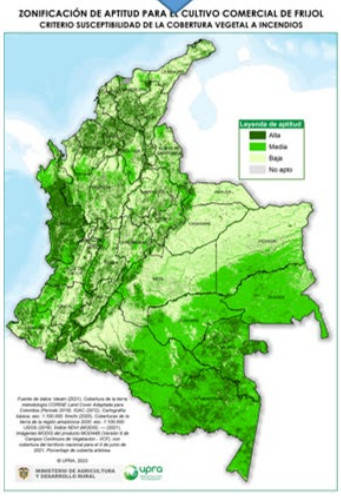
ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL
CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD DE LA COBERTURA VEGETAL A INCENDIOS

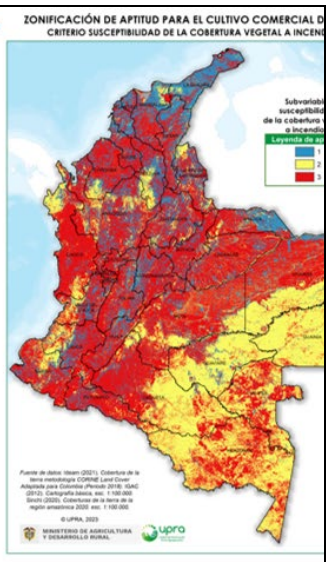


Por último, se construyó el mapa del criterio de *susceptibilidad a los incendios* mediante la unión del mapa de pirogenicidad de las coberturas y el de influencia del fuego en los ecosistemas, mediante la aplicación de un árbol de decisión y su posterior clasificación en categorías de aptitud.



Susceptibilidad incendios	Influencia en ecosistemas	Aptitud Final
A1	Dependientes	A3
	Independientes	A2
	Influidos	A3
	No combustible	A1
	Sin influencia	A1
	Sensibles	A1
A2	Dependientes	A3
	Independientes	A2
	Influidos	A3
	No combustible	A1
	Sin influencia	A2
	Sensibles	A2
A3	Dependientes	A3
	Independientes	A3
	Influidos	A3
	No combustible	A1
	Sin influencia	A3
	Sensibles	A3





RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

La calificación de la aptitud para la susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios se realizó a través de un árbol de decisión:

Susceptibilidad a incendios	Influencia en ecosistemas	Aptitud final
A1	Dependientes	A3
	Independientes	A2
	Influidos	A3
	No combustible/ Sin influencia	A1
	Sensibles	A1
A2	Dependientes	A3
	Independientes	A2
	Influidos	A3
	No combustible/ Sin influencia	A1
	Sensibles	A2
A3	Dependientes	A3
	Independientes	A3

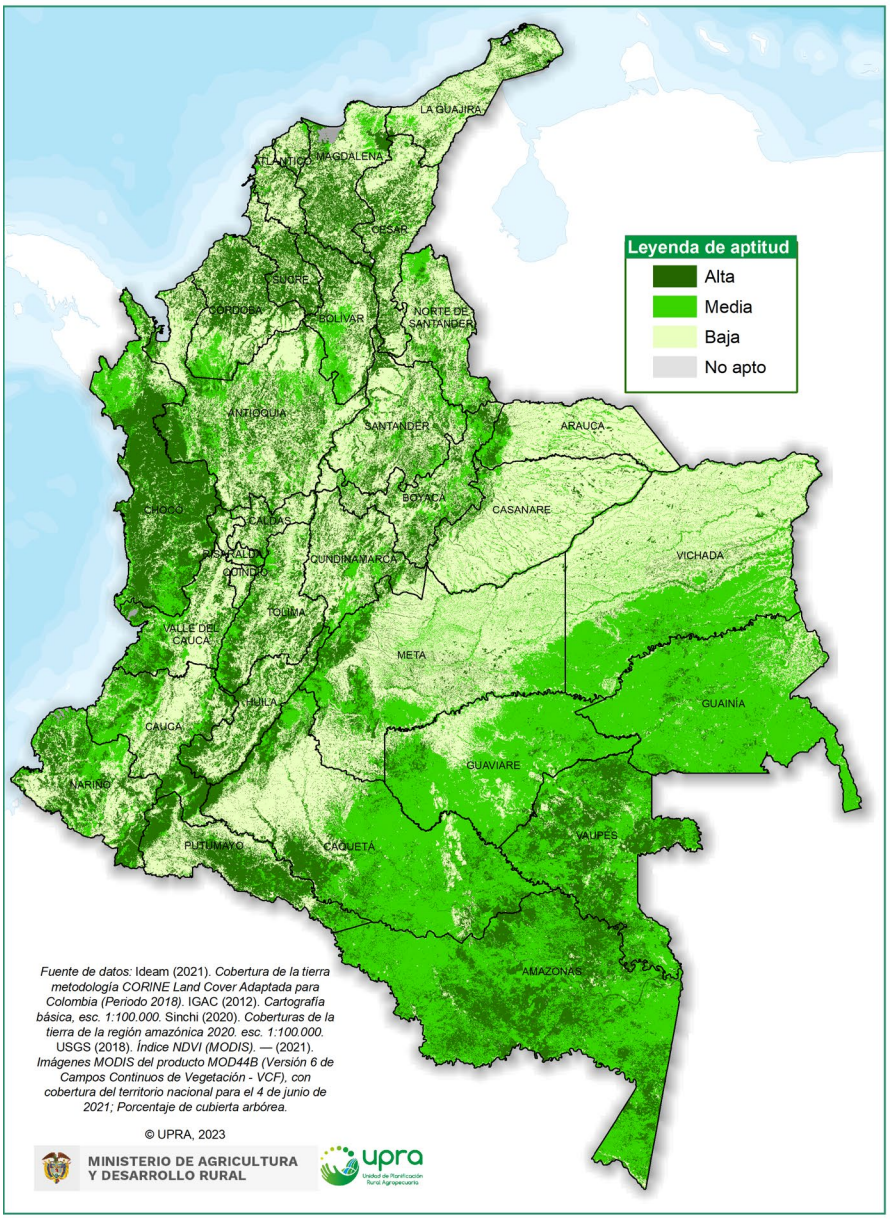
	Influidos	A3
	No combustible/ Sin influencia	A1
	Sensibles	A3

Rango de variación de la aptitud por susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios para el cultivo de fríjol y de caupí

Descripción	Aptitud
Zonas con susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios baja, con ecosistemas no influidos por el fuego o no combustibles (áreas con predominancia alta de humedad y/o muy alteradas y desprovistas de vegetación) y ecosistemas sensibles al fuego (bosque, matorral, herbazal y pastizal presentes en los pisos subandino y andino)	Alta (A1)
Zonas con susceptibilidad de la cobertura a incendios baja, pero con presencia de ecosistemas independientes (ecosistemas bastante fríos y húmedos o demasiado secos, vegetación xerofítica, de páramo y altoandina), zonas con susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios media con ecosistemas independientes y sensibles.	Media (A2)
Zonas con susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios baja con ecosistemas dependientes (sabanas de la Orinoquia, conformada principalmente por coberturas de tipo pastizal y herbazal), zonas con susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios media con ecosistemas dependientes, influidos (agroecosistemas asociados a prácticas culturales de tala y quema o roza y quema) y zonas con susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios alta con ecosistemas dependientes, independientes, influidos y sensibles.	Baja (A3)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL
CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD DE LA COBERTURA VEGETAL A INCENDIOS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2011). Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal-Escala 1:100.000, Comité de Comunicaciones y Publicaciones del Ideam., Bogotá
- Ideam, IGAC, IAVH, INVEMAR, I. Sinchi e IIAP. (2015). Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacifico Jhon von Neumann, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andreis e Instituto Amazónico de Investigaciones Científicas Sinchi. Bogotá, D. C,

276 p. + 37 hojas cartográficas.
- Ideam. (2021). Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2018-2020, escala 1:100.000. Bogotá: Ideam.
- MODIS WEB. (2021). modis.gsfc.nasa.com
- Páramo, G. (2011). Susceptibilidad de las coberturas vegetales de Colombia al fuego. In. Incendios de la cobertura vegetal en Colombia. Tomo I. Álvaro del Campo Parra (Ed). Pp. 73-142. Universidad Autónoma de Occidente, PNUMA, Cali

2.6.1. Variable *condiciones de pirogenicidad de las coberturas*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios		
VARIABLE: Condiciones de pirogenicidad de las coberturas	**UNIDAD DE MEDIDA:** Categoría cualitativa de pirogenicidad de las coberturas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		

La caracterización de la condición pirogénica de la vegetación, aspecto conocido normalmente como modelo de combustibles, define que tan probable es que un determinado tipo de cobertura vegetal pueda encenderse dada su capacidad de ignición. Las características de combustibilidad de una determinada cobertura están dadas por tres parámetros fundamentales, los cuales son:

- *Carga de combustible (Cc)*: definida como la cantidad de combustible por unidad del área, es decir la cantidad de biomasa viva (vegetación en pie) y muerta (ramas, hojarasca, material en descomposición, mantillo y humus), que se encuentra en determinada superficie. Esta carga de combustible se caracteriza a través de:

- *Altura*: relacionada con la forma y tamaño del combustible, es decir la altura de la cobertura, así como la forma dominante analizada a través de la fisionomía y la estructura vertical de la vegetación, representa en gran parte las posibilidades de que las coberturas puedan llegar a tener mayor sensibilidad al fuego.
- *Cobertura o disposición espacial del combustible*: La manera como un tipo de vegetación está distribuida espacialmente en un terreno determinado, considerada a partir de la proyección del follaje sobre el suelo, en otras palabras, la estructura horizontal de la vegetación y cómo esta se presenta

ya sea cerrada (copas y follaje se traslapan o están en alta proximidad) o abierta (individuos y componentes de la vegetación aislados entre sí), generan mayor o menor grado de susceptibilidad, ya que el espaciamiento de las plantas aumenta o disminuye la susceptibilidad como también influyen directamente en el tipo de incendio que podría ocurrir.

- *Biomasa*: Cantidad de biomasa de la cobertura en una determinada área, de acuerdo con ella es posible establecer cuánta de esta biomasa quemarse en un evento determinado.
- *Humedad del combustible*: Factor de alta importancia para que una cobertura pueda tener mayor o menor grado de combustibilidad. Coberturas que, en general, permanecen húmedas tienen menor susceptibilidad a los incendios y viceversa.
- *Duración del material combustible (Dc)*: Los diferentes tipos de plantas que caracterizan una cobertura, de acuerdo con su biotipo o hábito de crecimiento y a su composición dada por el grado de materiales combustibles (lignina y sustancias altamente ignífugas como resinas y exudados), hacen que esta pueda encenderse de una manera más rápida y que su quema pueda durar más o menor tiempo.
- *Tipo de combustible (Tc)*: Hace referencia a las características fisionómico-estructurales de la vegetación presente, las cuales denotan su condición pirogénica, teniendo en cuenta que los combustibles vegetales son cualquier material vegetal vivo o muerto que puede entrar en combustión al aplicársele calor.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

La caracterización de la condición pirogénica de la cobertura vegetal define las características intrínsecas a los tipos de vegetación y cobertura, que depende de factores como las estructuras horizontal y vertical de la vegetación, la composición (especies presentes), más el grado de fragmentación y la conectividad entre parches de vegetación.

Atendiendo a ello, esta caracterización brinda información relativa a la probabilidad de ocurrencia de incendios, para lo cual considera factores inherentes al tipo de vegetación, variable que en general tiene poca variabilidad temporal.

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

Esta variable no genera exclusión (N1). 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 tener como base la capa oficial de Coberturas de la Tierra 2018, y su leyenda adaptada para Colombia (Ideam, 2010), su información tiene cierto nivel de discrepancia con la realidad, en función de los errores asociados a la escala cartográfica.

Adicionalmente, la estimación de la biomasa se realizó a través de imágenes MODIS, las cuales tienen como mayor limitante la resolución espacial y la

temporalidad.
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El modelo de combustibles desarrollado se estructuró mediante una clasificación jerárquica, conformada por los siguientes factores:

- Tipo de combustible vegetal (Tc), predominante por bioma y ecosistema: tipo de cobertura vegetal y biotipo dominante, esta variable se estimó a partir de la altura promedio de cada uno de los tipos de cobertura de acuerdo con el mapa de CLC de Colombia (Ideam, 2021).

La calificación de tipos de combustible se realiza mediante la reclasificación del mapa de coberturas y se asignan los calificativos de aptitud presentados en la siguiente tabla:

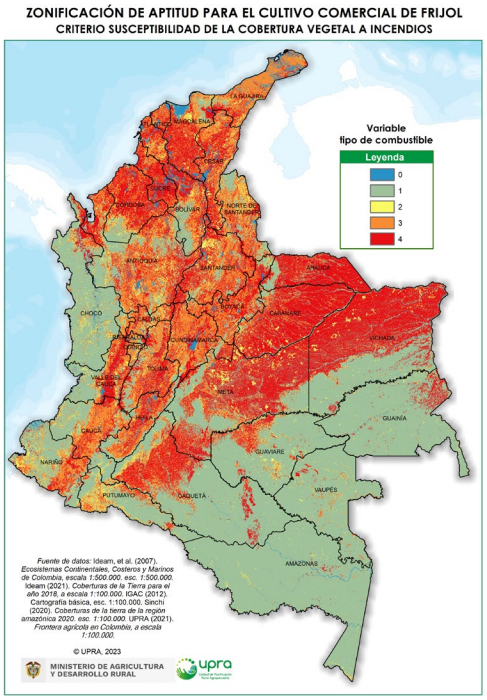
Tipo combustible predominante	Leyenda	Calificación	Categoría de susceptibilidad
Árboles	2.2.2.3. Cacao	2	Baja
	2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	2	Baja
	2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos	2	Baja
	2.2.3.2. Palma de aceite	2	Baja
	2.2.3.3. Cítricos	2	Baja
	2.2.3.4. Mango	2	Baja
	3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme	1	Baja
	3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable	1	Baja
	3.1.1.1.2.1. Bosque denso alto Inundable heterogéneo	1	Baja
	3.1.1.1.2.2. Manglar denso alto	1	Baja
	3.1.1.1.2.3. Palmares	1	Baja

	3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme	1	Baja
	3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable	1	Baja
	3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme	1	Baja
	3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable	1	Baja
	3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme	1	Baja
	3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable	1	Baja
	3.1.3. Bosque fragmentado	2	Baja
	3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos	2	Baja
	3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria	2	Baja
	3.1.4. Bosque de galería y ripario	1	Baja
	3.1.5. Plantación forestal	2	Baja
	3.1.5.1. Plantación de coníferas	2	Baja
	3.1.5.2. Plantación de latifoliadas	2	Baja
	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	2	Baja
	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	2	Baja
Árboles y arbustos	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	3	Moderada
Árboles / hierbas	2.2.4. Cultivos agroforestales	3	Moderada
Arbustos	2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos	3	Moderada
	2.2.2.2. Café	3	Moderada
	2.2.2.4. Viñedos	3	Moderada
	3.2.2.1. Arbustal denso	3	Moderada
	3.2.2.2. Arbustal abierto	3	Moderada
	3.2.2.2.2. Arbustal abierto mesófilo	3	Moderada
Hierbas	1.4.1.1. Otras zonas verdes urbanas	5	Alta
	1.4.1.2. Parques cementerio	5	Alta
	2.1.1. Otros cultivos transitorios	4	Alta
	2.1.2. Cereales	4	Alta
	2.1.2.1. Arroz	4	Alta
	2.1.2.2. Maíz	4	Alta
	2.1.2.3. Sorgo	4	Alta
	2.1.3. Oleaginosas y leguminosas	4	Alta
	2.1.3.1. Algodón	4	Alta
	2.1.3.4. Soya	4	Alta
	2.1.4. Hortalizas	4	Alta
	2.1.4.1. Cebolla	4	Alta
	2.1.5. Tubérculos	4	Alta
	2.1.5.1. Papa	4	Alta
	2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	4	Alta

	2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos	4	Alta
	2.2.1.2. Caña	4	Alta
	2.2.1.2.1. Caña de azúcar	4	Alta
	2.2.1.2.2. Caña panelera	4	Alta
	2.2.1.3. Plátano y banano	4	Alta
	2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	3	Moderada
	2.4.1. Mosaico de cultivos	4	Alta
	3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado	4	Alta
	3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado	4	Alta
	3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos	4	Alta
	3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable	4	Alta
	3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado	4	Alta
	3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado	4	Alta
	3.2.1.1.2.3. Arracachal	4	Alta
	3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso	4	Alta
	3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso	4	Alta
	3.3.4. Zonas quemadas	5	Alta
	4.1.1. Zonas pantanosas	5	Alta
	4.1.2. Turberas	4	Alta
	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	3	Moderada
No combustible	1.1.1. Tejido urbano continuo	0	Sin riesgo
	1.1.2. Tejido urbano discontinuo	0	Sin riesgo
	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	0	Sin riesgo
	1.2.1.1. Zonas industriales	0	Sin riesgo
	1.2.1.2. Zonas comerciales	0	Sin riesgo
	1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	0	Sin riesgo
	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados	0	Sin riesgo
	1.2.3. Zonas portuarias	0	Sin riesgo
	1.2.3.1. Zonas portuarias fluviales	0	Sin riesgo
	1.2.4. Aeropuertos	0	Sin riesgo
	1.2.4.1. Aeropuerto con infraestructura asociada	0	Sin riesgo
	1.2.4.2. Aeropuerto sin infraestructura asociada	0	Sin riesgo
	1.2.5. Obras hidráulicas	0	Sin riesgo
	1.3.1. Zonas de extracción minera	0	Sin riesgo
	1.3.1.1. Otras explotaciones mineras	0	Sin riesgo
	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	0	Sin riesgo
	1.3.1.3. Explotación de carbón	0	Sin riesgo
	1.3.1.4. Explotación de oro	0	Sin riesgo

	1.3.1.5. Explotación de materiales de construcción	0	Sin riesgo
	1.3.1.6. Explotación de sal	0	Sin riesgo
	1.3.2. Zona de disposición de residuos	0	Sin riesgo
	1.3.2.1. Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto	0	Sin riesgo
	1.3.2.4. Relleno sanitario	0	Sin riesgo
	1.4.1. Zonas verdes urbanas	0	Sin riesgo
	1.4.1.6. Rondas de cuerpos de agua de zonas urbanas	0	Sin riesgo
	1.4.2. Instalaciones recreativas	0	Sin riesgo
	1.4.2.1. Áreas culturales	0	Sin riesgo
	1.4.2.2. Áreas deportivas	0	Sin riesgo
	1.4.2.3. Áreas turísticas	0	Sin riesgo
	2.2.5. Cultivos confinados	0	Sin riesgo
	3.3.1. Zonas arenosas naturales	0	Sin riesgo
	3.3.1.1. Playas	0	Sin riesgo
	3.3.1.2. Arenales	0	Sin riesgo
	3.3.1.3. Campos de dunas	0	Sin riesgo
	3.3.2. Afloramientos rocosos	0	Sin riesgo
	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	0	Sin riesgo
	4.2.1. Pantanos costeros	0	Sin riesgo
	4.2.2. Salitral	0	Sin riesgo
	4.2.3. Sedimentos expuestos en bajamar	0	Sin riesgo
	5.1.1. Ríos	0	Sin riesgo
	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	0	Sin riesgo
	5.1.3. Canales	0	Sin riesgo
	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	0	Sin riesgo
	5.1.4.1. Embalses	0	Sin riesgo
	5.1.4.2. Lagunas de oxidación	0	Sin riesgo
	5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental	0	Sin riesgo
	5.2.1. Lagunas costeras	0	Sin riesgo
	5.2.3. Estanques para acuicultura marina	0	Sin riesgo
Pastos	2.3.1. Pastos limpios	5	Alta
	2.3.2. Pastos arbolados	5	Alta
	2.3.3. Pastos enmalezados	5	Alta
Pastos y árboles	2.2.4.1. Pastos y árboles plantados	3	Moderada
Pastos / hierbas	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	3	Moderada
	2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	3	Moderada
	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	3	Moderada
	2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	3	Moderada

La reclasificación resultante se presenta en el mapa de tipo de combustibles:



- *Duración del tipo de combustible dominante (Dc)*: duración en horas de cada tipo de combustible, definidos en horas de ignición (1 hora, 10 horas, 100 horas), se estimó de acuerdo con la metodología del Ideam (2011), actualizando la información a las coberturas Corine Land Cover 2018.

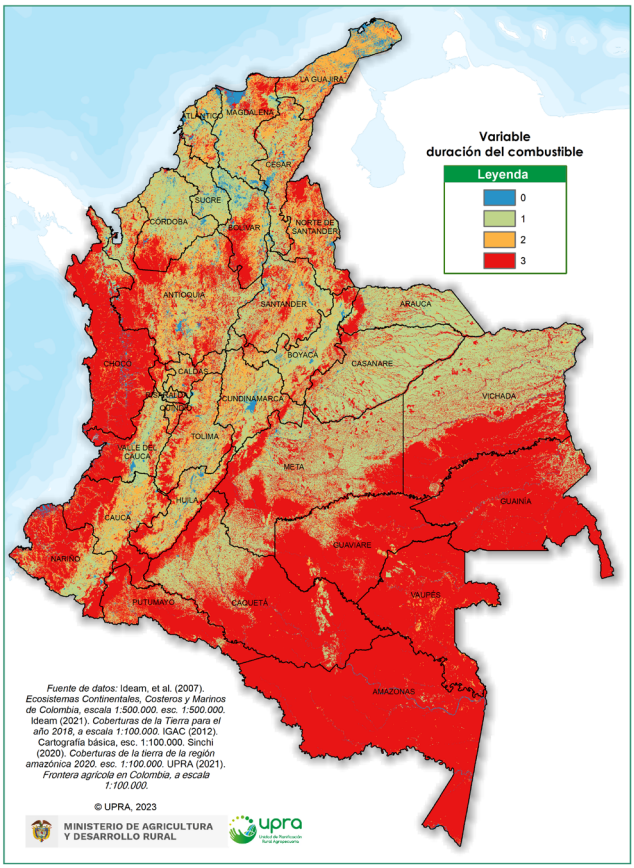
Las tablas que se presentan a continuación muestran la forma de reclasificación de las variables y su cualificación en términos de mayor o menor probabilidad de susceptibilidad, dada por esta subvariable, y el mapa los resultados de dicho análisis.

Duración combustible	Leyenda	Calificación	Categoría de susceptibilidad
1 hora	1.4.1.1. Otras zonas verdes urbanas	1	Baja
	1.4.1.2. Parques cementerio	1	Baja
	2.1.1. Otros cultivos transitorios	1	Baja
	2.1.2. Cereales	1	Baja
	2.1.2.1. Arroz	1	Baja
	2.1.2.2. Maíz	1	Baja
	2.1.2.3. Sorgo	1	Baja
	2.1.3. Oleaginosas y leguminosas	1	Baja
	2.1.3.1. Algodón	1	Baja
	2.1.3.4. Soya	1	Baja
	2.1.4. Hortalizas	1	Baja
	2.1.4.1. Cebolla	1	Baja
	2.1.5. Tubérculos	1	Baja

	2.1.5.1. Papa	1	Baja
	2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	1	Baja
	2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos	1	Baja
	2.2.1.2. Caña	1	Baja
	2.2.1.2.1. Caña de azúcar	1	Baja
	2.2.1.2.2. Caña panelera	1	Baja
	2.2.1.3. Plátano y banano	1	Baja
	2.2.4.1. Pastos y árboles plantados	1	Baja
	2.3.1. Pastos limpios	1	Baja
	2.3.2. Pastos arbolados	1	Baja
	2.3.3. Pastos enmalezados	1	Baja
	2.4.1. Mosaico de cultivos	1	Baja
	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	1	Baja
	3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado	1	Baja
	3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado	1	Baja
	3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos	1	Baja
	3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable	1	Baja
	3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado	1	Baja
	3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado	1	Baja
	3.2.1.1.2.3. Arracachal	1	Baja
	3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso	1	Baja
	3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso	1	Baja
	3.3.4. Zonas quemadas	1	Baja
	4.1.1. Zonas pantanosas	1	Baja
	4.1.2. Turberas	1	Baja
10 horas	2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	2	Moderada
	2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos	2	Moderada
	2.2.2.2. Café	2	Moderada
	2.2.2.4. Viñedos	2	Moderada
	2.2.4. Cultivos agroforestales	2	Moderada
	2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	2	Moderada
	2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	2	Moderada
	2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	2	Moderada
	3.2.2.1. Arbustal denso	2	Moderada
	3.2.2.2. Arbustal abierto	2	Moderada
	3.2.2.2.2. Arbustal abierto mesófilo	2	Moderada
	3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	2	Moderada
	4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	2	Moderada
100 horas	2.2.2.3. Cacao	3	Alta
	2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	3	Alta

	2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos	3	Alta
	2.2.3.2. Palma de aceite	3	Alta
	2.2.3.3. Cítricos	3	Alta
	2.2.3.4. Mango	3	Alta
	3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme	3	Alta
	3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable	3	Alta
	3.1.1.1.2.1. Bosque denso alto Inundable heterogéneo	3	Alta
	3.1.1.1.2.2. Manglar denso alto	3	Alta
	3.1.1.1.2.3. Palmares	3	Alta
	3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme	3	Alta
	3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable	3	Alta
	3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme	3	Alta
	3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable	3	Alta
	3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme	3	Alta
	3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable	3	Alta
	3.1.3. Bosque fragmentado	3	Alta
	3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos	3	Alta
	3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3	Alta
	3.1.4. Bosque de galería y ripario	3	Alta
	3.1.5. Plantación forestal	3	Alta
	3.1.5.1. Plantación de coníferas	3	Alta
	3.1.5.2. Plantación de latifoliadas	3	Alta
	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	3	Alta
	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	3	Alta
No combustible	1.1.1. Tejido urbano continuo	0	Sin riesgo
	1.1.2. Tejido urbano discontinuo	0	Sin riesgo
	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	0	Sin riesgo
	1.2.1.1. Zonas industriales	0	Sin riesgo
	1.2.1.2. Zonas comerciales	0	Sin riesgo
	1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	0	Sin riesgo
	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados	0	Sin riesgo
	1.2.3. Zonas portuarias	0	Sin riesgo
	1.2.3.1. Zonas portuarias fluviales	0	Sin riesgo
	1.2.4. Aeropuertos	0	Sin riesgo
	1.2.4.1. Aeropuerto con infraestructura asociada	0	Sin riesgo
	1.2.4.2. Aeropuerto sin infraestructura asociada	0	Sin riesgo
	1.2.5. Obras hidráulicas	0	Sin riesgo
	1.3.1. Zonas de extracción minera	0	Sin riesgo
	1.3.1.1. Otras explotaciones mineras	0	Sin riesgo
	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	0	Sin riesgo

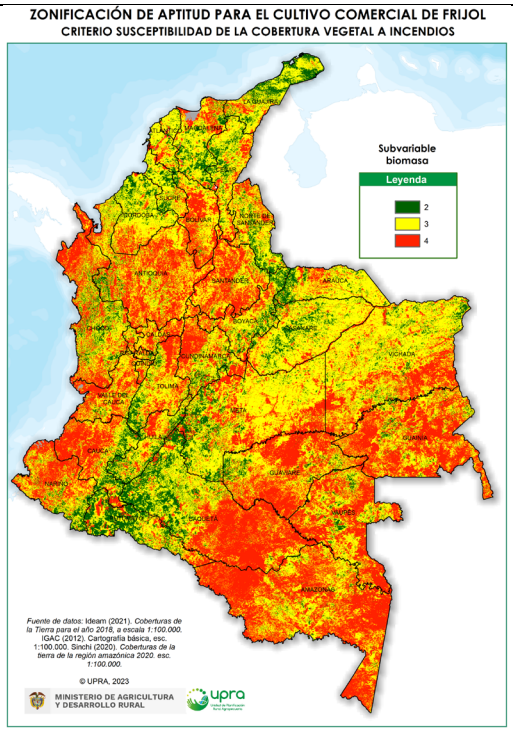
	1.3.1.3. Explotación de carbón	0	Sin riesgo
	1.3.1.4. Explotación de oro	0	Sin riesgo
	1.3.1.5. Explotación de materiales de construcción	0	Sin riesgo
	1.3.1.6. Explotación de sal	0	Sin riesgo
	1.3.2. Zona de disposición de residuos	0	Sin riesgo
	1.3.2.1. Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto	0	Sin riesgo
	1.3.2.4. Relleno sanitario	0	Sin riesgo
	1.4.1. Zonas verdes urbanas	0	Sin riesgo
	1.4.1.6. Rondas de cuerpos de agua de zonas urbanas	0	Sin riesgo
	1.4.2. Instalaciones recreativas	0	Sin riesgo
	1.4.2.1. Áreas culturales	0	Sin riesgo
	1.4.2.2. Áreas deportivas	0	Sin riesgo
	1.4.2.3. Áreas turísticas	0	Sin riesgo
	2.2.5. Cultivos confinados	0	Sin riesgo
	3.3.1. Zonas arenosas naturales	0	Sin riesgo
	3.3.1.1. Playas	0	Sin riesgo
	3.3.1.2. Arenales	0	Sin riesgo
	3.3.1.3. Campos de dunas	0	Sin riesgo
	3.3.2. Afloramientos rocosos	0	Sin riesgo
	3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	0	Sin riesgo
	4.2.1. Pantanos costeros	0	Sin riesgo
	4.2.2. Salitral	0	Sin riesgo
	4.2.3. Sedimentos expuestos en bajamar	0	Sin riesgo
	5.1.1. Ríos	0	Sin riesgo
	5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	0	Sin riesgo
	5.1.3. Canales	0	Sin riesgo
	5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	0	Sin riesgo
	5.1.4.1. Embalses	0	Sin riesgo
	5.1.4.2. Lagunas de oxidación	0	Sin riesgo
	5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental	0	Sin riesgo
	5.2.1. Lagunas costeras	0	Sin riesgo
	5.2.3. Estanques para acuicultura marina	0	Sin riesgo



- *Carga total de combustible (Cc)*: caracterización cuali-cuantitativa dependiente de:

- Cantidad de biomasa presente en cada tipo de cobertura expresada como biomasa aérea en t/ha. Su estimación se realizó a partir de la aplicación de las ecuaciones expresadas por Páramo (2011), sobre el *Índice normalizado del infrarrojo*, obtenido a partir de imágenes MODIS del año 2021. (MODIS MOD13Q1 v006 Banda 7 (SWIR). Los rangos de calificación se describen en la siguiente tabla:

Carga total (toneladas/ha)	Calificación
No combustible (menos 10 t/ha)	1
10-50 t/ha	2
50-100 t/ha	3
más de 100 t/ha	4



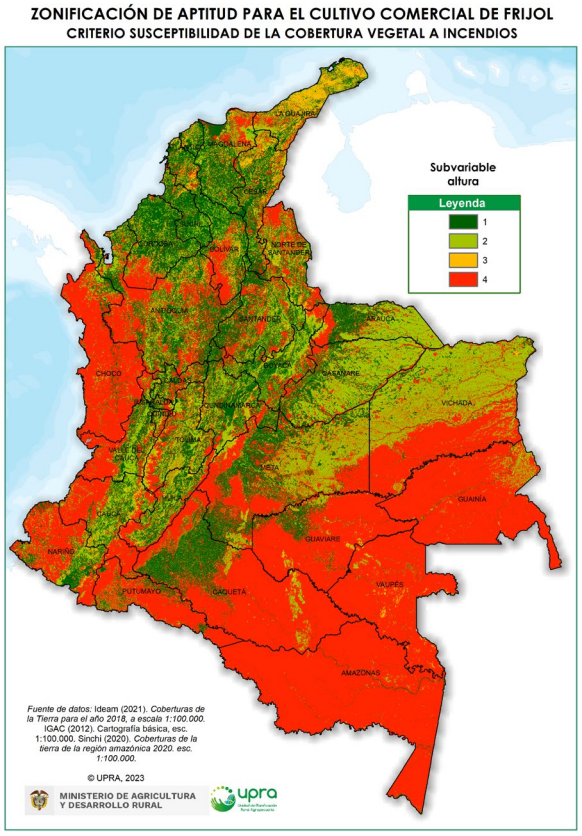
- Altura promedio de cada uno de los tipos de cobertura de acuerdo con el mapa de CLC de Colombia (IDEAM, 2021).

Grupo	Leyenda	Calificación
1	1.1.1. Tejido urbano continuo	0
	1.1.2. Tejido urbano discontinuo	0
	1.2.1. Zonas industriales o comerciales	0
	1.2.1.1. Zonas industriales	0
	1.2.1.2. Zonas comerciales	0
	1.2.2. Red vial, ferroviaria y terrenos asociados	0
	1.2.2.1. Red vial y territorios asociados	0
	1.2.3. Zonas portuarias	0
	1.2.3.1. Zonas portuarias fluviales	0
	1.2.4. Aeropuertos	0
	1.2.4.1. Aeropuerto con infraestructura asociada	0
	1.2.4.2. Aeropuerto sin infraestructura asociada	0
	1.2.5. Obras hidráulicas	0
	1.3.1. Zonas de extracción minera	0
	1.3.1.1. Otras explotaciones mineras	0
	1.3.1.2. Explotación de hidrocarburos	0
	1.3.1.3. Explotación de carbón	0
	1.3.1.4. Explotación de oro	0
	1.3.1.5. Explotación de materiales de construcción	0
	1.3.1.6. Explotación de sal	0
	1.3.2. Zona de disposición de residuos	0
	1.3.2.1. Otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto	0
	1.3.2.4. Relleno sanitario	0
	1.4.1. Zonas verdes urbanas	0

		1.4.1.6. Rondas de cuerpos de agua de zonas urbanas	0
		1.4.2. Instalaciones recreativas	0
		1.4.2.1. Áreas culturales	0
		1.4.2.2. Áreas deportivas	0
		1.4.2.3. Áreas turísticas	0
		2.2.5. Cultivos confinados	0
		2.3.1. Pastos limpios	0
		2.3.3. Pastos enmalezados	0
		2.4.1. Mosaico de cultivos	0
		2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos	0
		3.3.1. Zonas arenosas naturales	0
		3.3.1.1. Playas	0
		3.3.1.2. Arenales	0
		3.3.1.3. Campos de dunas	0
		3.3.2. Afloramientos rocosos	0
		3.3.3. Tierras desnudas y degradadas	0
		4.1.1. Zonas pantanosas	0
		4.1.2. Turberas	0
		4.1.3. Vegetación acuática sobre cuerpos de agua	0
		4.2.1. Pantanos costeros	0
		4.2.2. Salitral	0
		4.2.3. Sedimentos expuestos en bajamar	0
		5.1.1. Ríos	0
		5.1.2. Lagunas, lagos y ciénagas naturales	0
		5.1.3. Canales	0
		5.1.4. Cuerpos de agua artificiales	0
		5.1.4.1. Embalses	0
		5.1.4.2. Lagunas de oxidación	0
		5.1.4.3. Estanques para acuicultura continental	0
		5.2.1. Lagunas costeras	0
		5.2.3. Estanques para acuicultura marina	0
	2	1.4.1.1. Otras zonas verdes urbanas	1
		1.4.1.2. Parques cementerio	1
		2.1.1. Otros cultivos transitorios	1
		2.1.2. Cereales	1
		2.1.2.1. Arroz	1
		2.1.2.2. Maíz	1
		2.1.2.3. Sorgo	1
		2.1.3. Oleaginosas y leguminosas	1
		2.1.3.1. Algodón	1
		2.1.3.4. Soya	1
		2.1.4. Hortalizas	1
		2.1.4.1. Cebolla	1
		2.1.5. Tubérculos	1
		2.1.5.1. Papa	1
		2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	1
		2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos	1
		2.2.1.2. Caña	1
		2.2.1.2.1. Caña de azúcar	1
		2.2.1.2.2. Caña panelera	1
		2.2.1.3. Plátano y banano	1

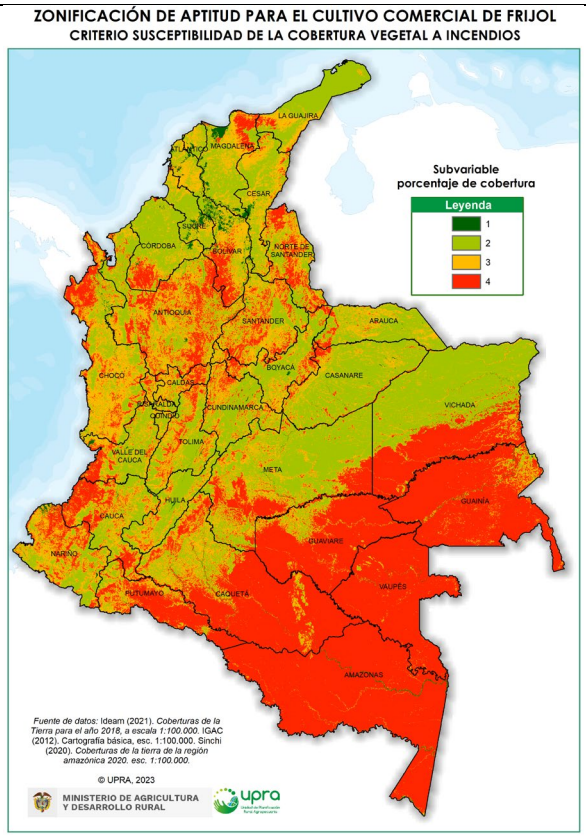
		2.3.2. Pastos arbolados	1
		2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	1
		2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales	1
		2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales	1
		3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado	1
		3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado	1
		3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos	1
		3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable	1
		3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado	1
		3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado	1
		3.2.1.2.1. Herbazal abierto arenoso	1
		3.2.1.2.2. Herbazal abierto rocoso	1
		3.3.4. Zonas quemadas	1
	3	2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	2
		2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos	2
		2.2.2.2. Café	2
		2.2.2.4. Viñedos	2
		2.2.4.1. Pastos y árboles plantados	2
		3.2.1.1.2.3. Arracachal	2
		3.2.2.1. Arbustal denso	2
		3.2.2.2. Arbustal abierto	2
		3.2.2.2.2. Arbustal abierto mesófilo	2
		3.2.3.2. Vegetación secundaria baja	2
	4	2.2.2.3. Cacao	3
		2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos	3
		2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos	3
		2.2.3.2. Palma de aceite	3
		2.2.3.3. Cítricos	3
		2.2.3.4. Mango	3
		2.2.4. Cultivos agroforestales	3
		3.1.1.1.1. Bosque denso alto de tierra firme	3
		3.1.1.1.2. Bosque denso alto inundable	3
		3.1.1.1.2.1. Bosque denso alto Inundable heterogéneo	3
		3.1.1.1.2.2. Manglar denso alto	3
		3.1.1.1.2.3. Palmares	3
		3.1.1.2.1. Bosque denso bajo de tierra firme	3
		3.1.1.2.2. Bosque denso bajo inundable	3
		3.1.2.1.1. Bosque abierto alto de tierra firme	3
		3.1.2.1.2. Bosque abierto alto inundable	3
		3.1.2.2.1. Bosque abierto bajo de tierra firme	3
		3.1.2.2.2. Bosque abierto bajo inundable	3
		3.1.3. Bosque fragmentado	3
		3.1.3.1. Bosque fragmentado con pastos y cultivos	3
		3.1.3.2. Bosque fragmentado con vegetación secundaria	3
		3.1.4. Bosque de galería y ripario	3
		3.1.5. Plantación forestal	3
		3.1.5.1. Plantación de coníferas	3

	3.1.5.2. Plantación de latifoliadas	3
	3.2.3. Vegetación secundaria o en transición	3
	3.2.3.1. Vegetación secundaria alta	3

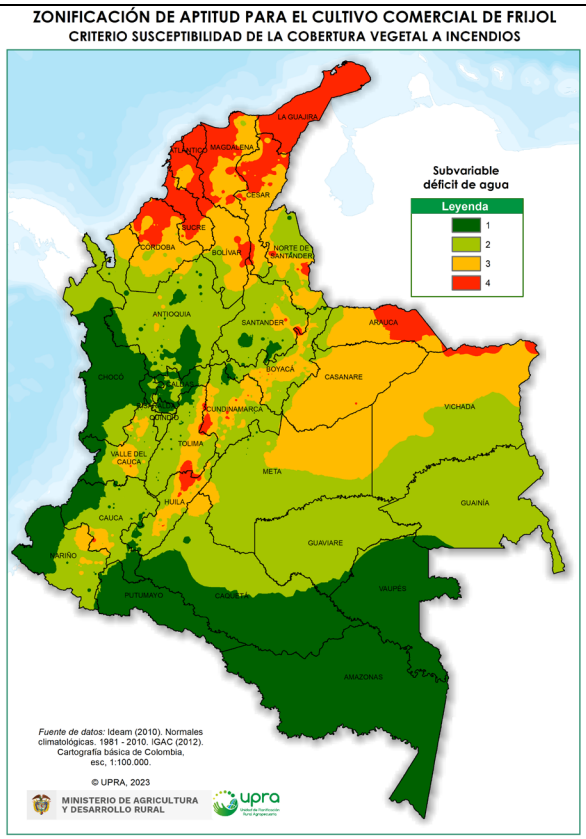


Cobertura expresada como porcentaje de proyección de la vegetación sobre el sustrato, a partir de una imagen MODIS (MOD44B-v006) del 2021 del producto Vegetation Continuos Field (VCF). se definen las siguientes categorías:

1-30 % =1
30-60 %= 2
60-100 %= 3
>100 % (no combustible) =0



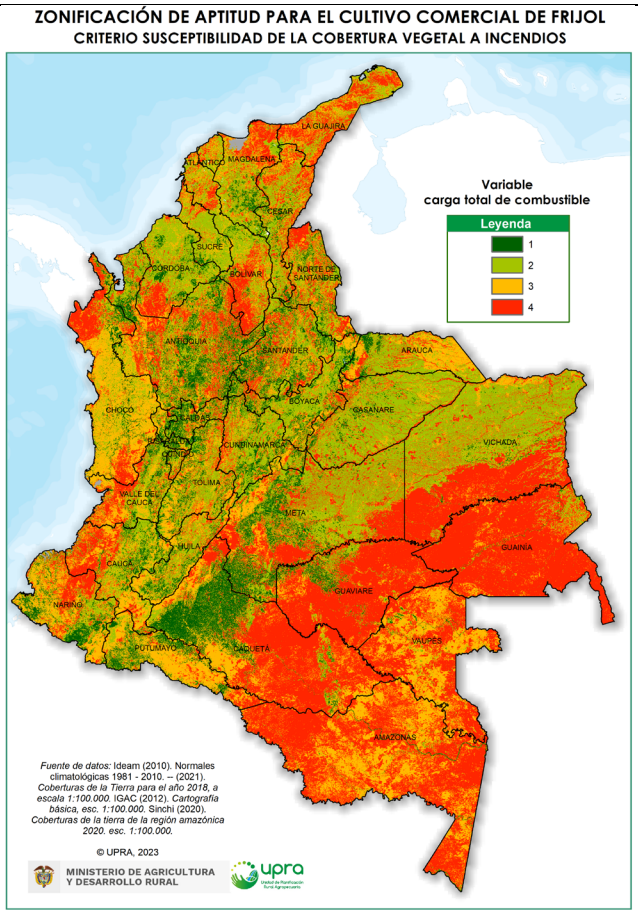
- Déficit de agua (Da), medida indirecta de la humedad media de la vegetación obtenida a través de una distribución cualitativa de los valores estimados de precipitación y de meses secos continuos en una zona dada, realizada a partir de la clasificación de rangos propuesta por la Unesco.



Se realiza la integración de las subvariables de carga total de combustible a partir de la expresión:

Carga total de combustible= (Altura*0,3235) + (Cobertura*0,1452) + (Biomasa*0,2137) + (Humedad*0,1074).

Se obtiene el siguiente mapa a partir de la reclasificación basada en intervalos geométricos.



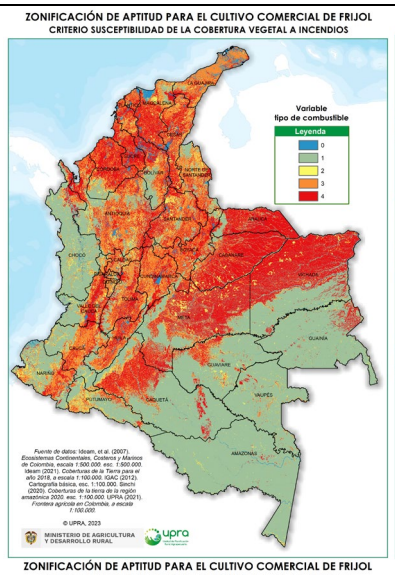
Posteriormente, se realiza la integración de las subvariables *tipo de combustibles (Tc)*, *duración del tipo de combustible dominante (Dc)* y *carga total de combustibles (Cc)*, para producir el mapa del grado de pirogenicidad de la cobertura a partir de factores de peso que ponderan cada una de las variables, a través del modelamiento espacial (álgebra de mapas) realizado con el sistema de información geográfico *ArcGis*.

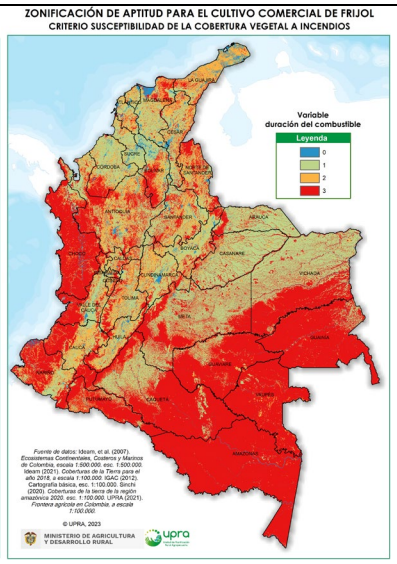
Los factores de ponderación son los siguientes:

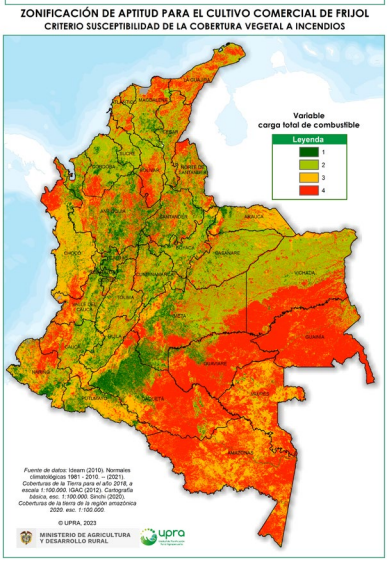
$$\Sigma[(Tc*0,35) + (Dc*0,35) + (Cc*0,33)]$$

La figura presentada a continuación muestra la conjugación de las diferentes subvariables para la obtención del mapa final de la variable *condiciones de pirogenicidad de las coberturas*

Grado de pirogenicidad de la cobertura







[(Tc*0,35) + (Dc*0,35) + (Cc*0,30)]

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

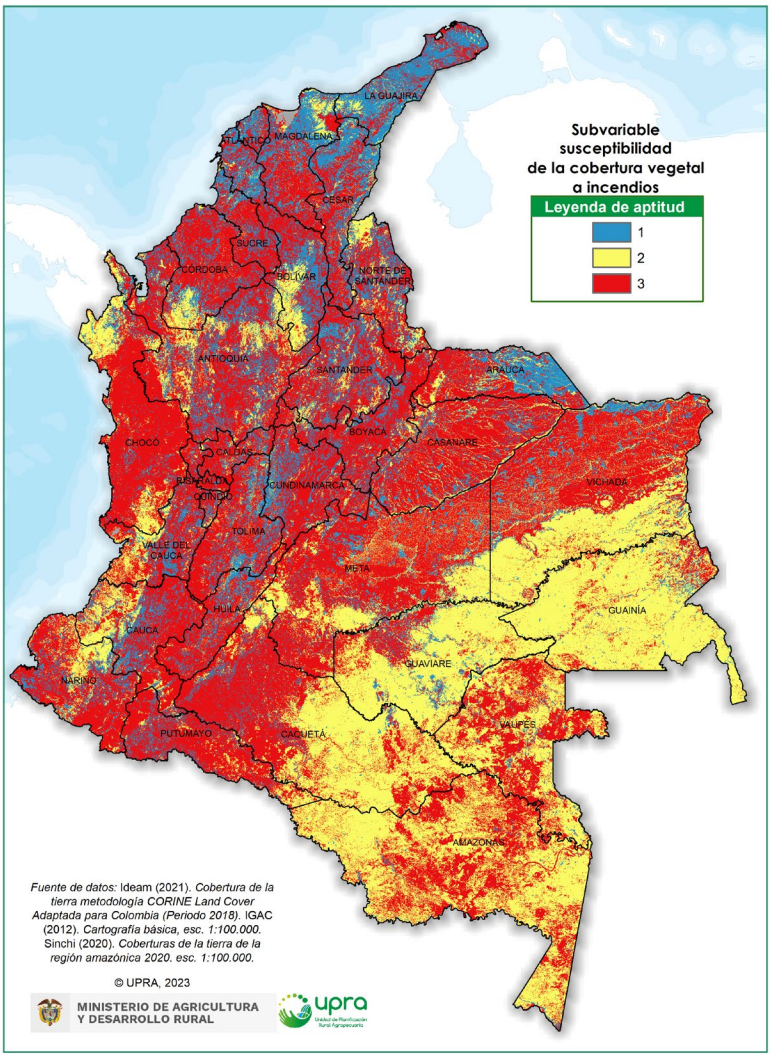
Aptitud por condiciones de pirogenicidad de las coberturas para el cultivo de fríjol y de caupí

Descripción	Rango de susceptibilidad	Aptitud
Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios baja por condiciones bajas de pirogenicidad	0,3-2,35	Alta (A1)
Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios media por condiciones moderadas de pirogenicidad	2,35-5,6	Media (A2)
Susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios alta por condiciones altas de pirogenicidad	>2,6	Baja (A3)

Unidad de análisis	Polígonos de condiciones de pirogenicidad

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL
CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD DE LA COBERTURA VEGETAL A INCENDIOS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2010). Leyenda Nacional de Coberturas de la Tierra. Metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia Escala 1:100.000. Bogotá: Ideam.
- Ideam. (2011). Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal-Escala 1:100.000, Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM., Bogotá
- Ideam. (2021). Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2018-2020, escala 1:100.000. Bogotá: Ideam.
- MODIS WEB. (2021). modis.gsfc.nasa.com
- Páramo, G. (2011). Susceptibilidad de las coberturas vegetales de Colombia al fuego. En: Incendios de la cobertura vegetal en Colombia. Tomo I. Álvaro del Campo Parra (Ed). p. 73-142. Universidad Autónoma de Occidente, PNUMA, Cali

2.6.2. Variable *influencia del fuego sobre los ecosistemas*

<table>
<tr><th colspan="4">FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE</th></tr>
<tr><td colspan="2">TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="2">Cultivos comerciales de fríjol (Phaseolus vulgaris L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (Vigna unguiculata (L.) Walp.)</td></tr>
<tr><td colspan="4">COMPONENTE: Socioecosistémico</td></tr>
<tr><td colspan="4">CRITERIO ASOCIADO: susceptibilidad de la cobertura vegetal a incendios</td></tr>
<tr><td colspan="2">VARIABLE: Influencia del fuego sobre los ecosistemas</td><td colspan="2">UNIDAD DE MEDIDA: Categoría cualitativa de clasificación de los ecosistemas por su adaptación al fuego</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>Restricción legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
<tr><th colspan="4">DEFINICIÓN</th></tr>
<tr><td colspan="4">De acuerdo con TNC (2006), citado por Páramo (2011) e IDEAM (2011), "Los ecosistemas pueden ser descritos en términos de regímenes de fuego típicos, que operan dentro de un rango conocido o esperado de variación de los atributos o características clave de los regímenes del fuego.

Por lo general, los ecosistemas y los principales tipos de hábitat pueden clasificarse como pertenecientes a categorías amplias de regímenes de fuego: dependientes, influidos por el fuego, sensibles o independientes del fuego, o como no combustibles.

Ecosistemas independientes del fuego. Estos ecosistemas se caracterizan porque el fuego juega un papel muy pequeño en la dinámica del ecosistema, es decir, son ecosistemas en los cuales no se requiere del fuego como un factor detonante para que se generen los mecanismos propios de sucesión.

Ecosistemas sensibles al fuego. Corresponden a esta categoría aquellos ecosistemas que no se han desarrollado con intervención del fuego como un proceso natural. Son altamente sensibles al fuego, ya que no están adaptados para resistir las quemas, pero son más resistentes que los independientes del fuego.

Ecosistemas influidos por el fuego. Estos ecosistemas se encuentran frecuentemente en la zona de transición entre los ecosistemas dependientes del fuego, los sensibles al fuego o los independientes del fuego.

Ecosistemas dependientes del fuego. En estos ecosistemas el fuego es un proceso absolutamente esencial. En ellos las especies han desarrollado adaptaciones para responder positivamente al fuego y para facilitar su propagación, configurando regímenes que varían en frecuencia, intensidad e</td></tr>
</table>

impacto.”

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Los regímenes del fuego son esenciales para determinar si la influencia de un incendio, de origen natural o antrópico, puede ser beneficiosa, benigna o dañina para los ecosistemas y cómo operan sus diferentes atributos o características de adaptabilidad al fuego, dentro de un rango conocido o esperado.

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

Al tener como base la capa oficial de Coberturas de la tierra 2018, y su leyenda adaptada para Colombia (Ideam, 2010), su información tiene cierto nivel de discrepancia con la realidad, en función de los errores asociados a la escala cartográfica

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El proceso metodológico llevado a cabo para el establecimiento de la influencia del fuego en los ecosistemas se basó en el análisis de cada una de las categorías definidas en el Mapa de Ecosistemas Continentales y Marinos de Colombia (Ideam et al., 2015) de acuerdo con las características que cada uno de los ecosistemas presentados pueden tener frente a la resistencia y adaptabilidad al fuego. Posteriormente, se desarrolló una reclasificación en términos de influencia del fuego teniendo en cuenta las tablas descritas por Páramo (2011).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Calificación de la variable influencia del fuego sobre los ecosistemas.
(Adaptado de Páramo, 2011)

Fuego	Bioma	Coberturas
Dependiente	Helobiomas de la Amazonia y Orinoquia	Herbazal denso de tierra firme arbolado, herbazal denso de tierra firme con arbustos, herbazal denso de tierra firme no arbolado, herbazal abierto arenoso, herbazal abierto rocoso, herbazal denso de tierra firme arbolado, herbazal denso de tierra firme con arbustos, herbazal denso de tierra firme no arbolado, herbazal denso inundable, herbazal denso inundable arbolado, herbazal denso inundable no arbolado, pastos arbolados, pastos
	Litobiomas de la Amazonia y Orinoquia	
	Peinobiomas de la Amazonia y Orinoquia	

		enmalezados, pastos limpios.
Independientes	Bioma insular del Caribe	Herbazal denso de tierra firme arbolado, herbazal denso de tierra firme con arbustos, herbazal denso de tierra firme no arbolado, aeropuerto con infraestructura asociada, aeropuerto sin infraestructura asociada, aeropuertos, arbustal abierto, arbustal abierto mesófilo, arbustal denso, áreas culturales, áreas deportivas, áreas turísticas, bosque abierto alto de tierra firme, bosque abierto alto inundable, bosque abierto bajo de tierra firme, bosque abierto bajo inundable, bosque de galería y ripario, bosque denso alto de tierra firme, bosque denso alto inundable, bosque denso bajo de tierra firme, bosque denso bajo inundable, bosque fragmentado, bosque fragmentado con pastos y cultivos, bosque fragmentado con vegetación secundaria, explotación de carbón, explotación de hidrocarburos, explotación de materiales de construcción, explotación de oro, explotación de sal, herbazal abierto arenoso, herbazal abierto rocoso, herbazal denso de tierra firme arbolado, herbazal denso de tierra firme con arbustos, herbazal denso de tierra firme no arbolado, herbazal denso inundable, herbazal denso inundable arbolado, herbazal denso
	Halobioma del Caribe	
	Halobiomas del Pacífico	
	Helobioma de La Guajira	
	Helobiomas andinos	
	Helobiomas de la Amazonia y Orinoquia	
	Helobiomas del Magdalena y Caribe	
	Helobiomas del Pacífico y Atrato	
	Helobiomas del Río Zulia	
	Helobiomas del Valle del Cauca	
	Litobiomas de la Amazonia y Orinoquia	
	Orobioma alto de Santa Marta	
	Orobioma bajo de Santa Marta y Macuira	
	Orobioma de La Macarena	
	Orobioma de San Lucas	
	Orobioma del Baudó y Darién	
	Orobiomas altos de los Andes	
	Orobiomas azonales de Cúcuta	
	Orobiomas azonales del Río Sogamoso	
	Orobiomas azonales del Valle del Patía	
	Orobiomas azonales Río Dagua	
	Orobiomas bajos de los Andes	
	Orobiomas medios de los Andes	
	Peinobiomas de la Amazonia y Orinoquia	
	Zonobioma alternohígrico y/o subxerofitico 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	

		inundable no arbolado, instalaciones recreativas, jardines botánicos, manglar denso alto, obras hidráulicas, otras explotaciones mineras, otras zonas verdes urbanas, otros sitios de disposición de residuos a cielo abierto, parques cementerio, parques urbanos, pastos enmalezados, pastos limpios, plantación de latifoliadas, plantación forestal, red vial y territorios asociados, red vial, ferroviaria y terrenos asociados, relleno sanitario, rondas de cuerpos de agua de zonas urbanas, tejido urbano continuo, tejido urbano discontinuo, vegetación secundaria alta, vegetación secundaria baja, zona de disposición de residuos, zona de extracción minera, zonas comerciales, zonas de extracción minera, zonas industriales, zonas industriales o comerciales, zonas portuarias, zonas portuarias fluviales, zonas portuarias marítimas, zonas verdes urbanas
Influidos	Bioma insular del Caribe	Herbazal denso de tierra firme arbolado, herbazal denso de tierra firme con arbustos, herbazal denso de tierra firme no arbolado, algodón, arbustal abierto, arbustal denso, arracachal, arroz, bosque abierto alto de tierra firme, bosque abierto bajo de tierra firme, bosque abierto bajo inundable, bosque
	Halobioma del Caribe	
	Halobiomas del Pacífico	
	Helobiomas andinos	
	Helobiomas de la Amazonia y Orinoquia	
	Helobiomas del Magdalena y Caribe	
	Helobiomas del Pacífico y Atrato	
	Helobiomas del Río Zulia	
	Helobiomas del Valle del Cauca	
	Litobiomas de la Amazonia y Orinoquia	
	Orobioma alto de Santa Marta	

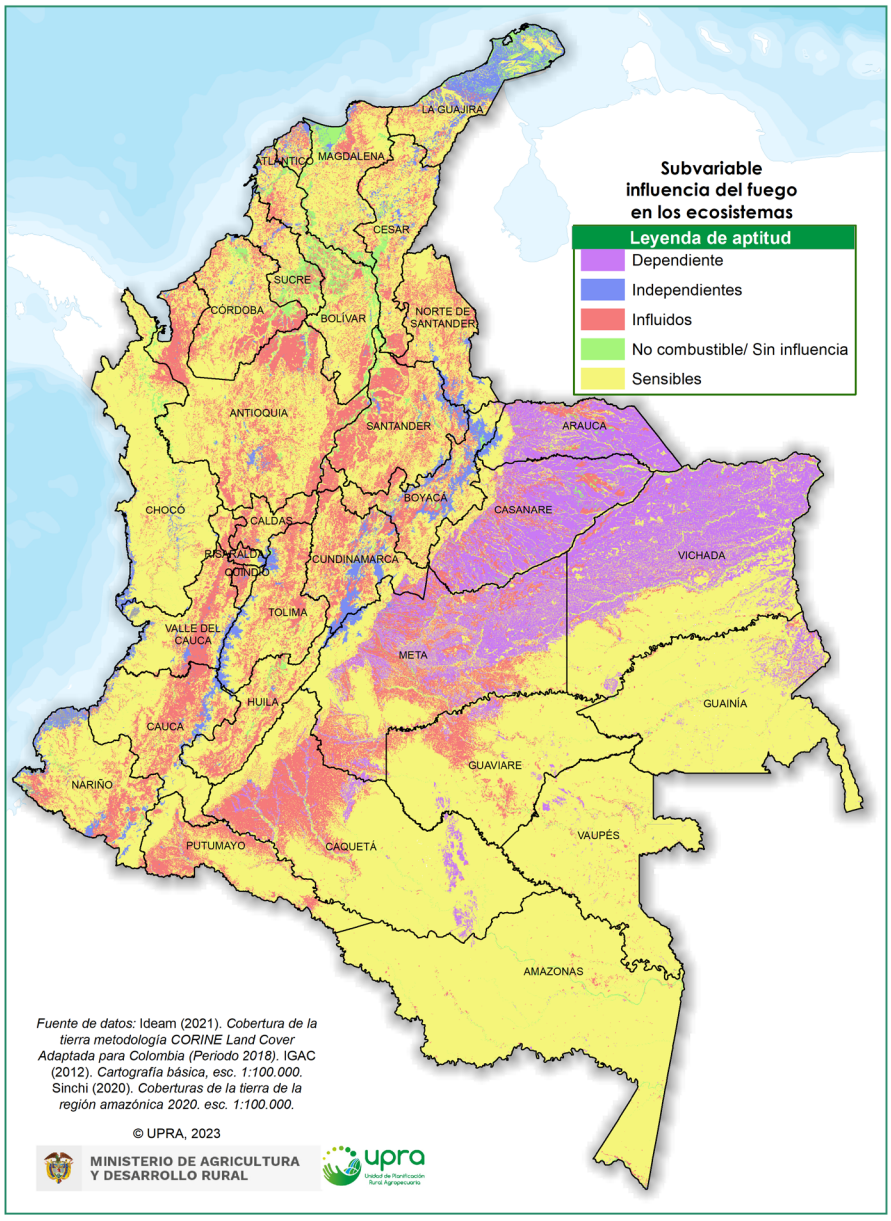
	Orobioma bajo de Santa Marta y Macuira	de galería y ripario, bosque denso alto de tierra firme, bosque denso alto inundable, bosque denso bajo de tierra firme, bosque denso bajo inundable, bosque fragmentado con pastos y cultivos, bosque fragmentado con vegetación secundaria, cacao, café, caña, caña de azúcar, caña panelera, cebolla, cereales, cítricos, cultivos agroforestales, cultivos confinados, cultivos permanentes arbóreos, cultivos permanentes arbustivos, cultivos permanentes herbáceos, cultivos y árboles plantados, herbazal abierto arenoso, herbazal abierto rocoso, herbazal denso de tierra firme arbolado, herbazal denso de tierra firme con arbustos, herbazal denso de tierra firme no arbolado, herbazal denso inundable, herbazal denso inundable arbolado, herbazal denso inundable no arbolado, hortalizas, maíz, mango, mosaico de cultivos, mosaico de cultivos con espacios naturales, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, mosaico de pastos y cultivos, oleaginosas y leguminosas, otros cultivos permanentes arbóreos, otros cultivos permanentes arbustivos, otros cultivos permanentes herbáceos, otros cultivos transitorios, palma de
	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 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 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	

		aceite, papa, pastos arbolados, pastos enmalezados, pastos limpios, pastos y árboles plantados, plátano y banano, sorgo, soya, tubérculos, vegetación secundaria alta, vegetación secundaria baja, vegetación secundaria o en transición, viñedos
No combustible/ Sin influencia	Halobioma del Caribe	Afloramientos rocosos, arenales, campos de dunas, canales, cuerpos de agua artificiales, embalses, estanques para acuicultura continental, estanques para acuicultura marina, lagunas costeras, lagunas de oxidación, lagunas, lagos y ciénagas naturales, pantanos costeros, playas, ríos (50 m), salitral, sedimentos expuestos en bajamar, tierras desnudas y degradadas, turberas, vegetación acuática sobre cuerpos de agua, zonas arenosas naturales, zonas glaciares y nivales, zonas pantanosas
	Halobiomas del Pacífico	
	Helobioma de La Guajira	
	Helobiomas andinos	
	Helobiomas de la Amazonia y Orinoquia	
	Helobiomas del Magdalena y Caribe	
	Helobiomas del Pacífico y Atrato	
	Helobiomas del Río Zulia	
	Helobiomas del Valle del Cauca	
	Litobiomas de la Amazonia y Orinoquia	
	Orobioma alto de Santa Marta	
	Orobioma bajo de Santa Marta y Macuira	
	Orobioma de La Macarena	
	Orobioma de San Lucas	
	Orobioma del Baudó y Darién	
	Orobioma medio de Santa Marta	
	Orobiomas altos de los Andes	
	Orobiomas azonales de Cúcuta	
	Orobiomas azonales del Río Sogamoso	
	Orobiomas azonales del Valle del Patía	
	Orobiomas azonales 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	
Sensibles	Bioma insular del Caribe	Herbazal denso de tierra firme arbolado, herbazal denso de tierra firme con arbustos, herbazal denso de tierra firme no arbolado, arbustal abierto, arbustal abierto mesófilo, arbustal denso, arenales, arracachal, bosque abierto alto de tierra firme, bosque abierto alto inundable, bosque abierto bajo de tierra firme, bosque abierto bajo inundable, bosque de galería y ripario, bosque denso alto de tierra firme, bosque denso alto inundable, bosque denso alto inundable heterogéneo, bosque denso bajo de tierra firme, bosque denso bajo inundable, bosque fragmentado con pastos y cultivos, bosque fragmentado con vegetación secundaria, cultivos confinados, cultivos permanentes arbustivos, cultivos permanentes herbáceos, herbazal abierto arenoso, herbazal abierto rocoso, herbazal denso de tierra firme arbolado, herbazal denso de tierra firme con arbustos, herbazal denso de tierra firme no arbolado, herbazal denso inundable, herbazal denso inundable arbolado, herbazal denso inundable no arbolado, manglar denso alto,
	Halobioma del Caribe	
	Halobiomas del Pacífico	
	Helobioma de La Guajira	
	Helobiomas andinos	
	Helobiomas de la Amazonia y Orinoquia	
	Helobiomas del Magdalena y Caribe	
	Helobiomas del Pacífico y Atrato	
	Helobiomas del Río Zulia	
	Helobiomas del Valle del Cauca	
	Litobiomas de la Amazonia y Orinoquia	
	Orobioma alto de Santa Marta	
	Orobioma bajo de Santa Marta y Macuira	
	Orobioma de La Macarena	
	Orobioma de San Lucas	
	Orobioma del Baudó y Darién	
	Orobioma medio de Santa Marta	
	Orobiomas altos de los Andes	
	Orobiomas azonales de Cúcuta	
	Orobiomas azonales del Río Sogamoso	
	Orobiomas azonales del Valle del Patía	
	Orobiomas azonales 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	mosaico de cultivos, mosaico de cultivos con espacios naturales, mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales, mosaico de pastos con espacios naturales, mosaico de pastos y cultivos, palmares, pastos arbolados, pastos enmalezados, pastos limpios, plantación de coníferas, plantación de latifoliadas, plantación forestal, vegetación secundaria alta, vegetación secundaria baja, vegetación secundaria o en transición
	Zonobioma seco tropical del Caribe	
Unidad de análisis	Polígono de cobertura	
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE		

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL
CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD DE LA COBERTURA VEGETAL A INCENDIOS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2011). Protocolo para la realización de mapas de zonificación de riesgos a incendios de la cobertura vegetal-Escala 1:100.000, Comité de Comunicaciones y Publicaciones del IDEAM., Bogotá
- Ideam. (2021). Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2018-2020, escala 1:100.000. Bogotá: Ideam.
- Ideam, IGAC, IAVH, INVEMAR, I. Sinchi e IIAP. (2015). Ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Instituto de Investigaciones Ambientales del Pacifico

Jhon von Neumann, Instituto de Investigaciones Marinas y Costeras José Benito Vives De Andreis e Instituto Sinchi. Bogotá, D. C, 276 p. + 37 hojas cartográficas.

- MODIS WEB. (2021). modis.gsfc.nasa.com
- Páramo, G. (2011). Susceptibilidad de las coberturas vegetales de Colombia al fuego. In. Incendios de la cobertura vegetal en Colombia. Tomo I. Álvaro del Campo Parra (Ed). p. 73-142. Universidad Autónoma de Occidente, PNUMA, Cali

3. Fichas metodológicas del componente socioeconómico

3.1. Criterio infraestructura productiva

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Socioeconómico. **SUBCOMPONENTE:** económico		
CRITERIO ASOCIADO: infraestructura productiva		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Existencia de cultivos, expresada en predios.
- Distritos de adecuación de tierras, expresada en polígonos.

DEFINICIÓN

Espacios delimitados que albergan servicios, actividades productivas y/o de comercio interno propias del cultivo comercial de fríjol y de caupí.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Incide en la percepción de los agentes económicos respecto la infraestructura específica al servicio del cultivo, como distritos de adecuación de tierras, así como la ubicación de los cultivos, impulsando la productividad y rendimiento de los cultivos. Existe una relación directa entre la infraestructura productiva y la aptitud de los cultivos.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Para la variable sólo se cuenta con información de UPA georreferenciada del Censo nacional agropecuario, donde se ubica el centroide para generar el análisis.

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 dos variables, posteriormente, teniendo en cuenta el software PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se calcularán las ponderaciones de cada variable dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

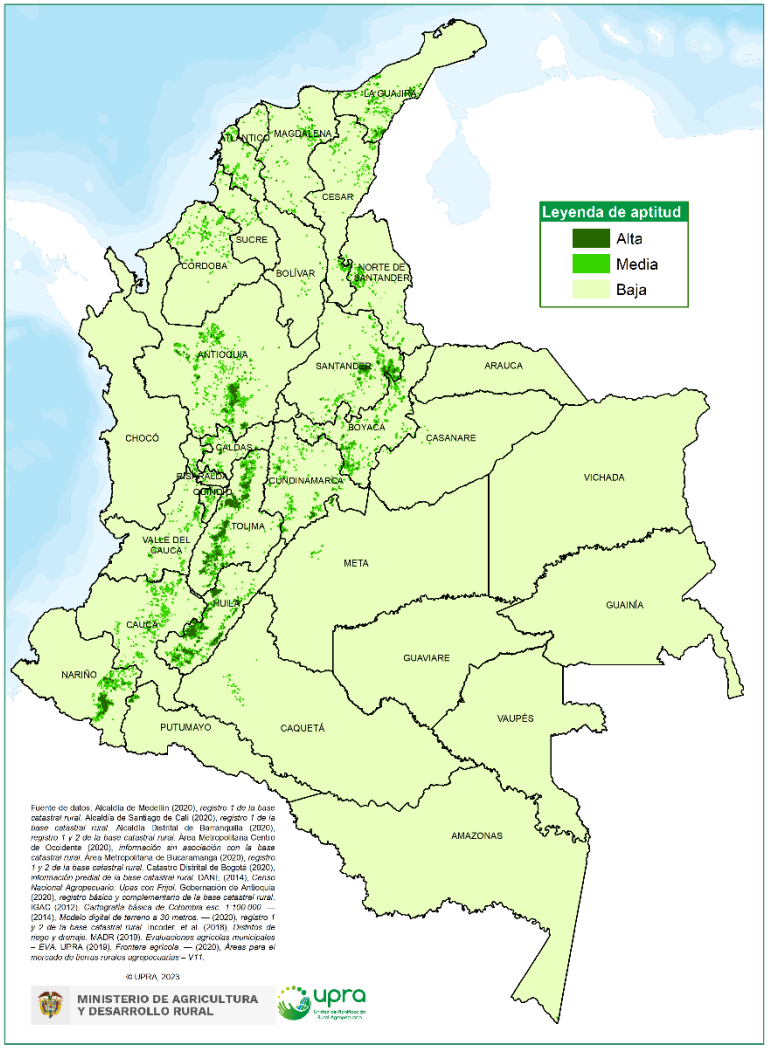
Criterio	Variables	Existencia de cultivos	Distritos de adecuación de tierras	Ponderación de la variable (%)
Infraestructura productiva	**Existencia de cultivos**	1		75,0
	Distritos de adecuación de tierras	1/3	1	25,0

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 importantes importante				**Igual en importancia**	**Más importante**			

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD					
Los siguientes son los rangos de aptitud aplicados para el criterio	**Variables**	**Unidad de medida**	**Aptitud**		
			Alta (A1)	**Media (A2)**	**Baja (A3)**
Infraestructura productiva	Existencia de cultivos	Predio	Con cultivo	El colindante al predio con cultivo	–
	Distritos de adecuación de tierras	Polígonos	Distritos activos	Distritos inactivos	Sin distrito
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO					

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE FRIJOL
CRITERIO INFRAESTRUCTURA PRODUCTIVA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agencia Nacional de Desarrollo Rural (2018). *Base de datos de distritos de adecuación de tierras del país. Adaptación UPRA 2018.*
- Alcaldía de Barranquilla. (2020). *Base catastral, Registros 1 y 2.*
- Alcaldía de Cali. (2020). Información predial rural
- Alcaldía de Medellín. (2020). *Base de datos catastral.*
- ANI (2020). Red vial concesionada.
- Catastro Distrital Bogotá. (2020). *Información predial jurídica, física y económica.*
- CAR. (2016). Información georrefenciada de distritos de riego
- DANE. (2014), *Censo nacional de agricultura, Upas con fríjol*
- DANE. (2018), *Censo Nacional de Población y vivienda. Total, cabecera por municipio 2020.*

- Gobernación de Antioquia. (2020). *Predial Rural Antioquía.*
- IGAC *(2012). Base catastral, Registros 1 y 2*.
- IGAC. (2014). *Modelo digital de elevación 30 m*
- IGAC. (2018). *Georreferenciación de los distritos de adecuación de tierras de mediana y gran escala*
- IGAC. (2020). *Cartografía básica, vías escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2020). *Registro 1 y 2 de la base catastral rural*
- Incoder. (2016). Base de datos distritos de adecuación de tierras del país
- Incoder. (2020). *Red de vial departamental y nacional*
- MADR. (2019). *Evaluaciones agrícolas municipales EVA*
- Mintransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables.*
- Mintransporte. (2020). Red vial nacional
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2024) *Frontera agrícola actualizada.*
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2020). Tipología de condicionamientos legales del mercado de tierras V10_ Cancha mercado de tierras V10.

3.1.1. Variable *existencia de cultivos*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** económico		
CRITERIO ASOCIADO: infraestructura productiva		
VARIABLE: existencia de cultivos	**UNIDAD DE MEDIDA:** predios	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Corresponde a predios georreferenciados con presencia de cultivos de fríjol y de caupí y su colindante, siendo este último un predio con propiedad privada, sin exclusiones para el mercado de tierras y cuyo destino económico está relacionado con la actividad agropecuaria.		
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 mano de obra calificada o empírica, la facilidad de conseguir insumos, maquinaria y demás requeridos para el desarrollo de la actividad. Los predios y su colindante, donde se registran cultivos de fríjol y de caupí, se consideran más competitivos porque ya 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 existen registros de cultivos georreferenciados en las entidades de índole nacional relacionadas con la actividad productiva, lo que dificulta tener una identificación predial más completa y así garantizar que se tenga la totalidad de predios dedicados a esta actividad.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Información

DANE. (2014), Censo nacional agropecuario: Upas con fríjol.
MADR (2022), Evaluaciones agrícolas municipales: Municipios productores de fríjol.
Alcaldía de Medellín. (2020). Base de datos catastral.
Alcaldía Distrital de Barranquilla. (2020). Base de datos catastral, registros 1 y 2.
Alcaldía de Santiago de Cali. (2020). Base de datos catastral.
Área Metropolitana de Bucaramanga (2020). Registro 1 y 2 base catastral rural.
Área Metropolitana Centro de Occidente (2020). Información sin asociación con la base catastral rural.
Catastro Distrital Bogotá. (2020). Información predial jurídica, física y económica.
Gobernación de Antioquia. (2020). Predial rural Antioquía.
IGAC. (2012). Cartografía básica escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
IGAC. (2020). Base catastral, registros 1 y 2.

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 concha 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 cuyo tipo de propietario y categoría de propietario sea "*null*".
g.) Predios sin información y que estén excluidos de la cancha de MT.
h.) Cuando el predio exceda las 10.000 hectáreas (solo para los colindantes_A2).
i.) Predios colindantes que esté en un municipio diferente al municipio del predio con cultivo clasificado en aptitud alta (A1).
j.) Predios marcados como baldíos.
k.) Predios que estén fuera de frontera agrícola.

Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se tomó como base la información de las UPA del censo nacional agropecuario 2014, ubicando cada uno de los centroides allí reportados en las bases catastrales rurales, realizando el supuesto de que las coordenadas del centroide le corresponden al predio con el que cruza, una vez realizado este proceso se cruza con los municipios productores de fríjol reportados por las EVA, con el fin de realizar a nivel municipal la actualización de la información del censo. Una vez identificados los predios donde se ubican los cultivos, se procedió a marcarlos en aptitud alta (A1) y se tomó como parte de la representación cartográfica de esta ubicación el colindante, marcando este último en aptitud media (A2).

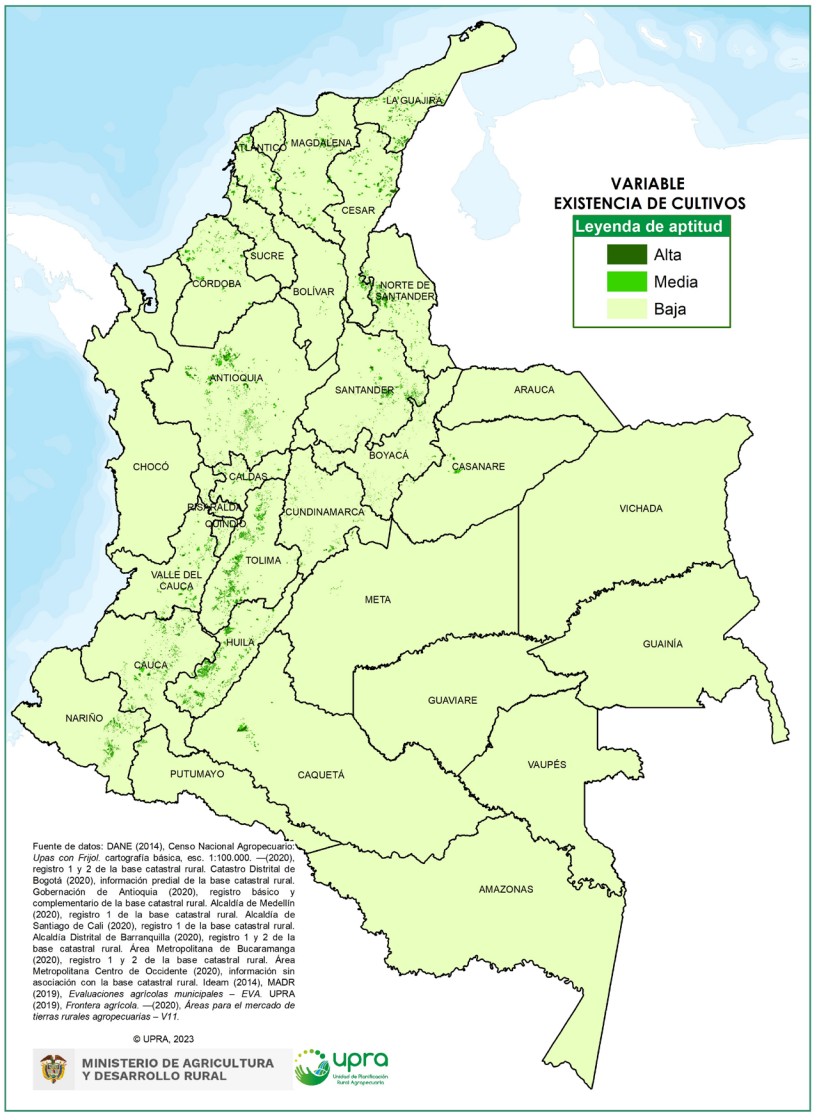
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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	Aptitud
Con cultivos	Alta (A1)
El colindante al predio con cultivos	Media (A2)
Resto	Baja (A3)

Unidad de análisis	Predios

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía Distrital de Barranquilla. (2020). Registro 1 y 2 de la base catastral rural.
- Alcaldía de Medellín. (2020). Base de datos catastral.
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2020). Registro 1 de la base catastral rural.
- Área Metropolitana de Bucaramanga. (2020). Registro 1 y 2 base catastral rural.
- Área Metropolitana Centro de Occidente. (2020). Información sin asociación con la base catastral rural.
- Catastro Distrital Bogotá. (2020). Información predial jurídica, física y económica.

- DANE. (2014). Censo nacional agropecuario: Upas con fríjol. Bogotá: DANE.
- Gobernación de Antioquia. (2020). Información Predial Rural Antioquía.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2020). Base Catastral, Registros 1 y 2. Bogotá: IGAC.
- MADR (2022), Evaluaciones agrícolas municipales: Municipios productores de fríjol. Bogotá: MADR.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2022) Clasificación del áreas para el mercado de Tierras rurales agropecuarias-V11. Bogotá: UPRA.

3.1.2. Variable *distritos de adecuación de tierras*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** económico		
CRITERIO ASOCIADO: infraestructura productiva		
VARIABLE: distritos de adecuación de tierras	**UNIDAD DE MEDIDA:** polígonos	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Área de influencia de obras civiles y de infraestructura destinadas a proporcionar riego, drenaje y protección contra inundaciones para el desarrollo de actividades agropecuarias (Ley 41 de 1993).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Incide en la toma de decisiones de los agentes económicos con respecto a la posibilidad de disponer de infraestructura de riego suplementario o drenaje, que mejore las condiciones del uso eficiente del recurso suelo y agua para la producción del cultivo comercial del fríjol.		
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 sobre distritos de riego, no permite identificar las zonas donde se hace riego suplementario como parte del manejo agronómico que aumenta la productividad del cultivo del fríjol y de caupí.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
1. Información. ADR. (2018). Base de datos DAT. CAR. (2016). Información georreferenciada de distritos de riego.		

INCODER. (2015). Base de datos DAT del país.
IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000
IGAC. (2018). Georreferenciación de distritos de adecuación de tierras de mediana y gran escala.
MinAgricultura. (2015). Documentos e información georreferenciada de distritos de riego.

2. Precisiones de la información.

Registro de polígonos activos y no activos de distritos de riego de usuarios del Incoder.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Clasificación de los distritos.

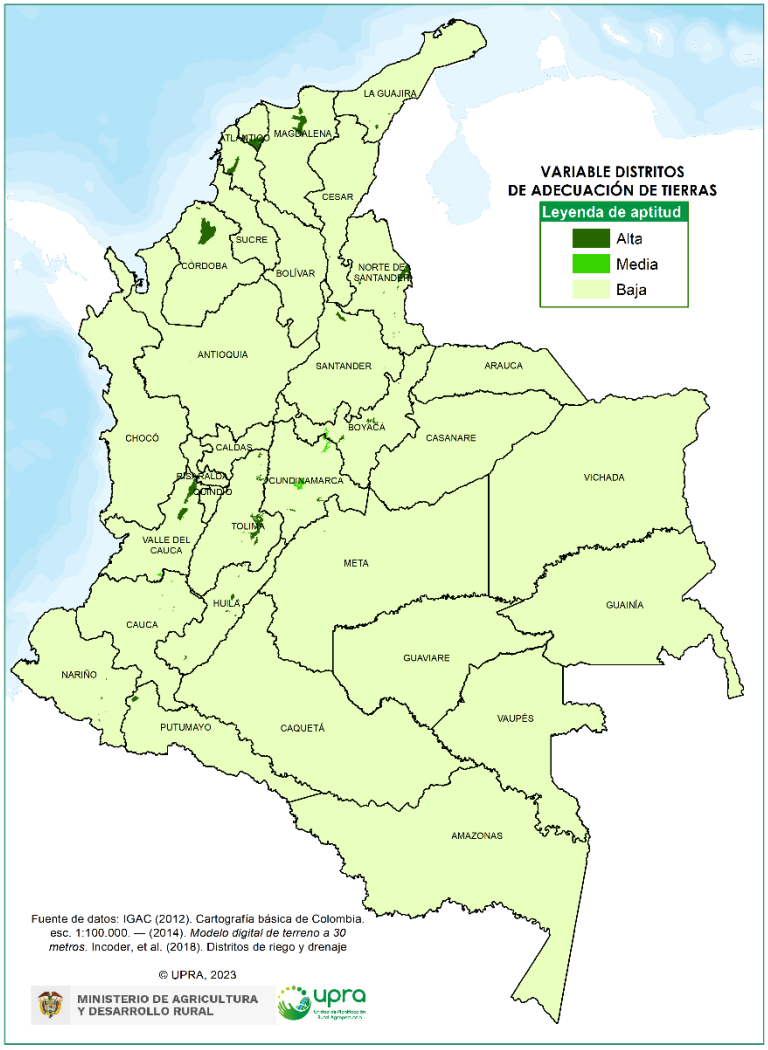
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Polígonos	Aptitud
Distritos de adecuación de tierras activos	Alta (A1)
Distritos de adecuación de tierras inactivos	Media (A2)
Sin distritos	Baja (A3)

Unidad de análisis	Polígonos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- ADR. (2018). *Base de datos DAT.*
- CAR. (2016). *Información georreferenciada de distritos de riego*.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2018). *Georreferenciación de distritos de adecuación de tierras de mediana y gran escala.*
- Incoder. (2015). *Base de datos DAT del país*.
- MinAgricultura. (2015). *Documentos e información georreferenciada de Distritos de riego.*

3.2. Criterio infraestructura, bienes y servicios

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO

TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** económico		
CRITERIO ASOCIADO: infraestructura, bienes y servicios		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Centros mayoristas, expresados en tiempo de desplazamiento en horas.
- Centros de servicios, expresados en tiempo de desplazamiento en horas.
- Puertos marítimos, expresados en tiempo de desplazamiento en horas.
- Cobertura de internet móvil, expresada en tecnología y número de antenas/10 km^2

DEFINICIÓN

Bienes de uso colectivo que se requieren en la actividad productiva, así como los canales que intervienen en el desarrollo y funcionamiento de los mercados nacionales e internacionales.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Incide en la percepción de los agentes económicos respecto al conjunto de elementos, dotaciones y/o servicios necesarios de uso colectivo, garantizando el buen funcionamiento de los mercados, la disponibilidad de tecnología e instalaciones de servicios públicos y la cercanía a los centros de servicios.

Regiones con mayores facilidades para la movilidad y capacidad técnica del aparato productivo, ofrecen mejores condiciones para que la producción agrícola se desarrolle en forma eficiente.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

No se cuenta con información actualizada de los datos del volumen transportado y/o comercializado.

La selección de los centros de servicios se realizó con base en las proyecciones de la población realizadas por el DANE para el año 2022, 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 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 cuatro variables, posteriormente, teniendo en cuenta el software PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se calcularán las ponderaciones de cada variable dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Centros mayoristas	Centros de servicios	Puertos marítimos	Cobertura internet móvil	Ponderación de la variable (%)
Infraestructura, bienes y servicios	**Centros mayoristas**	1				55,3

	Centros de servicios	1/3	1			24,8
	Puertos marítimos	1/5	1/3	1		12,6
	Cobertura de internet móvil	1/5	1/3	1/3	1	7,3

La escala de importancia dentro del proceso *AHP* tiene en cuenta la valoración entre pares de variables:

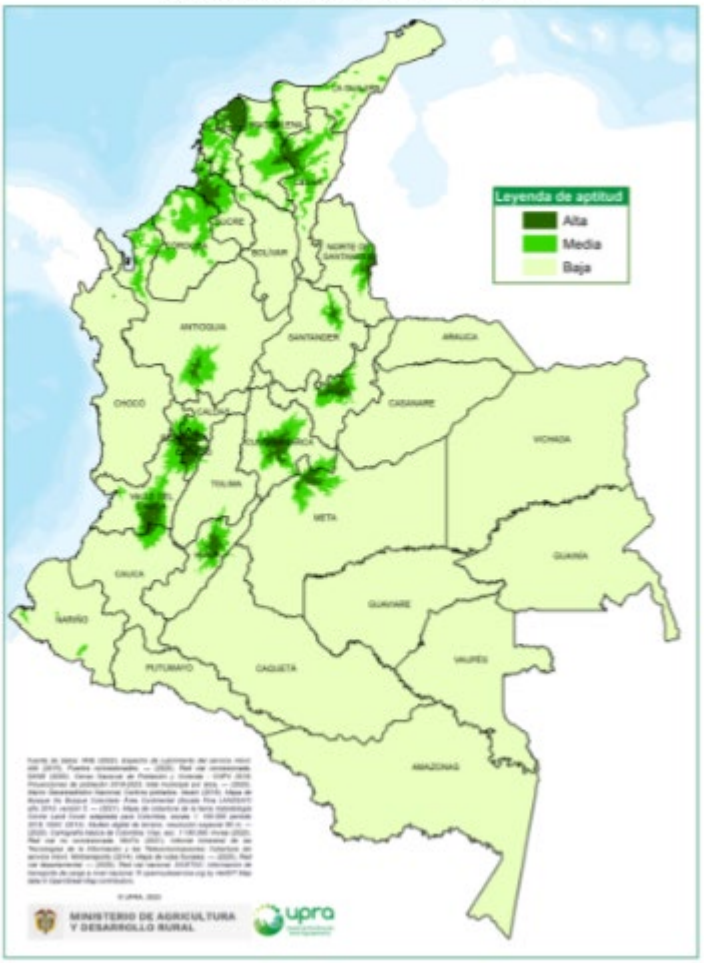
1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Sumamente	Muy fuertemente	Fuertemente	Moderadamente	Igualmente	Moderadamente	Fuertemente	Muy fuertemente	Sumamente
Menos importante				**Igual en importancia**	**Más importante**			

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los siguientes son los rangos de aptitud aplicados para el criterio:

Criterios	**Variables**	**Unidad de medida**	**Aptitud**		
			Alta (A1)	**Media (A2)**	**Baja (A3)**
Infraestructura, bienes y servicios	Centros mayoristas	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
	Centros de servicios	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
	Puertos marítimos	Tiempo de desplazamiento en horas	< 3	3-6	> 6
	Cobertura de internet móvil	Número de antenas/ radio de cobertura en km^2	> 2 antenas/10 km^2	<2 antenas/10 km^2	Sin cobertu

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía de Medellín. (2020). *Registro 1 de la base catastral rural*.
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2020). *Registro 1 de la base catastral rural*.
- Alcaldía Distrital de Barranquilla. (2020). *Registro 1 y 2 de la base catastral rural*.
- ANE (2022). *Espectro de cubrimiento del servicio móvil.*
- ANI. (2015). *Puertos concesionados*.
- ANI. (2020). *Red vial concesionada*
- Área Metropolitana de Bucaramanga (2020). *Registro 1 y 2 base catastral rural.*
- Área Metropolitana Centro de Occidente (2020). *Información sin asociación con la base catastral rural.*
- DANE. (2020). *Censo Nacional de Población y Vivienda-CNPV 2018. Proyección de población 2018-2023*, total municipal por área.
- DANE. (2020). *Marco geoestadístico nacional, centros poblados*
- Gobernación de Antioquia (2020). *Registros básicos y complementarios de la información rural.*
- IGAC. (2014). *Modelo digital de elevación a 30 m.*
- IGAC. (2020). *Cartografía básica; vías, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC

- INVIAS. (2020). *Red vial no concesionada*
- IPSE (2022). *Estado de prestación del servicio de energía eléctrica en zonas no interconectadas.*
- MinTic (2021). *Informe trimestral de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones; cobertura del servicio móvil*.
- MinTransporte. (2014*). Mapa de tramos fluviales navegables.* Bogotá: MinTransporte.
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental.* Bogotá: MinTransporte.
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional.* Bogotá: MinTransporte.
- Supertransporte. (2018). *Puertos no concesionados.* Bogotá: Supertransporte.

3.2.1. Variable *centros mayoristas*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** económico		
CRITERIO ASOCIADO: Infraestructura, bienes y servicios		
VARIABLE: centros mayoristas	**UNIDAD DE MEDIDA:** tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Unidades comerciales de distribución de productos alimenticios, que proporcionan a la población servicios de abastecimiento de productos básicos al mayoreo, sus instalaciones permiten concentrar los productos provenientes de diferentes centros de producción, para surtir de éstos a los comerciantes especializados.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Son la principal forma de abastecimiento de los distintos tipos de alimentos y de diferentes productos que en ella se encuentran. Facilitan al pequeño productor el acceso desde cualquier punto de las fincas del país a la comercialización, favoreciendo su cercanía, en cuanto a costos y conservación de los productos.		
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		
No existe información de volúmenes ingresados/transados/comercializados a los centros de abastecimientos y por lo tanto la representación cartográfica no permite identificar los de mayor importancia para la comercialización de fríjol y de caupí.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
• **Información.** Centros mayoristas. (2022). base de datos • **Precisiones de la información.** La metodología de isocronas empleadas por la UPRA es un proceso, a través del cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales, tramos fluviales navegables, senderos y coberturas de la tierra, teniendo en		

cuenta la pendiente calculada con el modelo digital de terreno (resolución espacial de 90 metros) y su influencia sobre la velocidad de desplazamiento.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isocronas:

Tipo 1: vías que conectan capitales departamentales.
Tipo 2: vías que conectan cabeceras municipales.
Tipo 3: vías que conectan veredas con cabeceras o veredas entre sí.

- **Análisis de la consistencia y preparación de la información.**

Estas vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de transporte, la ANI, el Invias, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invias y se le asignaron velocidades a través de muestreos de información por departamento a través de *Open Route Service* para viajes en automóvil, adicionalmente se realizó un ajuste a las velocidades para transporte de carga teniendo en cuenta la información obtenida del servicio *Sicetac* del Ministerio de Transporte.

Para completar la superficie de costos de desplazamiento a nivel nacional, se usaron los insumos de tramos fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.

Finalmente, con la capa de costos de desplazamiento nacional, se calcula un costo acumulado de desplazamiento desde diferentes puntos de interés en el territorio, obteniendo las isocronas, las cuales se clasifican en horas y representan las áreas de igual valor en tiempo a las cuales se puede llegar desde los centros mayoristas.

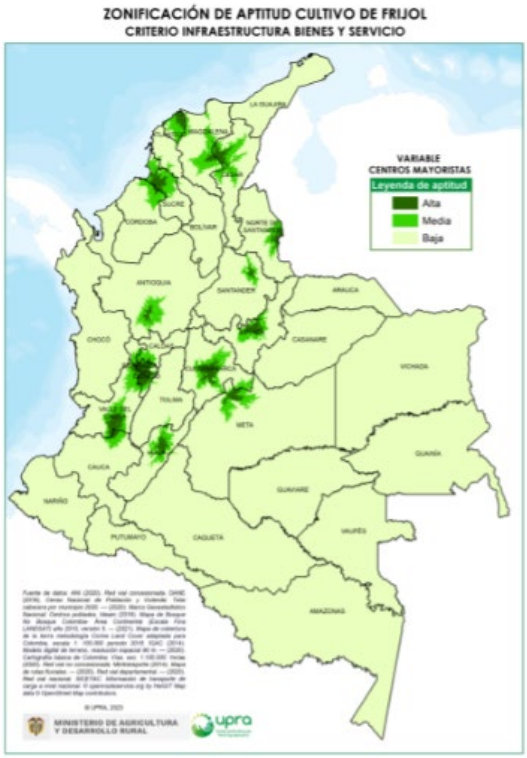
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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 en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1-2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN
• IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC. • IGAC. (2020). *Cartografía básica de Colombia*, vías. Bogotá: IGAC.

3.2.2. Variable *centros de servicios*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** económico		
CRITERIO ASOCIADO: Infraestructura, bienes y servicios		
VARIABLE: Centros de servicios	**UNIDAD DE MEDIDA:** tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		

Áreas donde existe oferta de bienes y servicios para abastecer las necesidades de los cultivos de fríjol y de caupí. El centro de servicios se define como poblaciones con más de 30.000 habitantes.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en la competitividad para el desarrollo de la producción comercial del fríjol y de caupí, 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, 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 2022, 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

- **Información.**

DANE. (2018). Total población del municipio proyectada a 2022.

- **Precisiones de la información.**

La metodología de isocronas empleadas por la UPRA es un proceso, a través del cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales, tramos fluviales navegables, senderos y coberturas de la tierra, teniendo en cuenta la pendiente calculada con el modelo digital de terreno (resolución espacial de 90 metros) y su influencia sobre la velocidad de desplazamiento.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isocronas:

Tipo 1: vías que conectan capitales departamentales.
Tipo 2: vías que conectan cabeceras municipales.
Tipo 3: vías que conectan veredas con cabeceras o veredas entre sí.

- **Análisis de la consistencia y preparación de la información**.

Estas vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de transporte, la ANI, el Invias, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invias y se le asignaron velocidades a través de muestreos de información por departamento a través de *Open Route Service* para viajes en automóvil, adicionalmente se realizó un ajuste a las velocidades para transporte de carga teniendo en cuenta la información obtenida del servicio *Sicetac* del Ministerio de transporte.

Para completar la superficie de costos de desplazamiento a nivel nacional, se usaron los insumos de tramos fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.

Finalmente, con la capa de costos de desplazamiento nacional, se calcula un costo acumulado de desplazamiento desde diferentes puntos de interés en el territorio, obteniendo las isocronas, las cuales se clasifican en horas y representan las áreas de igual valor en tiempo a las cuales se puede llegar desde la cabecera municipal, donde los centros de servicios se definen como los municipios que cuentan con una población mayor a treinta mil habitantes para el año 2022.

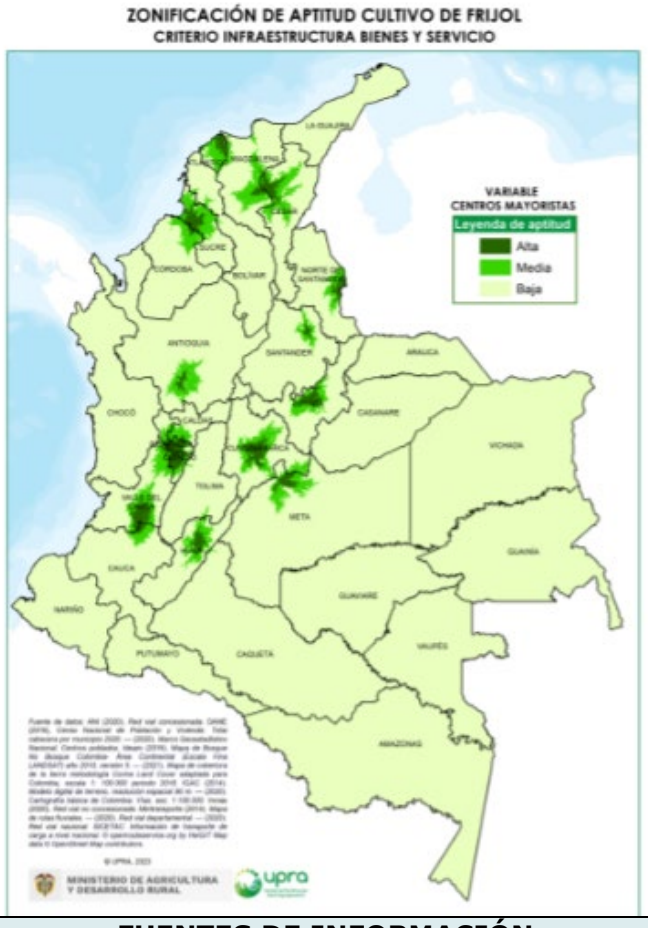
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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 en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1-2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- ANI. (2020). *Red vial concesionada*
- DANE. (2020). *Censo Nacional de Población y Vivienda*-CNPV 2018. Proyecciones de población 2018-2023, *Total municipal por área.*

- DANE. (2020). *Marco geoestadístico nacional, centros poblados*
- IGAC. (2012). *Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). *Método digital de elevación a 30 m.*
- IGAC. (2020). Cartografía básica; vías, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- INVIAS. (2020). *Red vial no concesionada.*
- MinTransporte (2014). *Mapa de tramos fluviales*. Bogotá: Mintransporte
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental.* Bogotá: MinTransporte.
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional.* Bogotá: MinTransporte.

3.2.3. Variable *puertos marítimos*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** económico		
CRITERIO ASOCIADO: infraestructura, bienes y servicios		
VARIABLE: Puertos marítimos	**UNIDAD DE MEDIDA:** tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Espacio que, situado en una orilla o en la costa, permite que las embarcaciones desarrollen operaciones de descarga y carga y/o de desembarco y embarque, para realizar operaciones de comercio internacionales.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Incide en la percepción de los agentes económicos frente a la potencialidad de realizar operaciones de ingreso de insumos, de tecnología, de productos, entre otros, al comercio internacional que beneficien la competitividad de la cadena. En este sentido, los puntos del territorio nacional 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 apto (N1).		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
No contar con la temporalidad de la información, y aunque no se puede medir, lo que sucede con algunas alteraciones en las vías como derrumbes, daños en puentes, paros entre otros aspectos.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		

- **Información.**

ANI. (2015). Puertos concesionados

- **Precisiones de la información.**

La metodología de isocronas empleadas por la UPRA es un proceso, a través del cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales, tramos fluviales navegables, senderos y coberturas de la tierra, teniendo en cuenta la pendiente calculada con el modelo digital de terreno, (resolución espacial de 90 metros) y su influencia sobre la velocidad de desplazamiento.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isocronas:

Tipo 1: vías que conectan capitales departamentales.
Tipo 2: vías que conectan cabeceras municipales.
Tipo 3: vías que conectan veredas con cabeceras o veredas entre sí.

- **Análisis de la consistencia y preparación de la información.**

Estas vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de transporte, la ANI, el Invias, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invias y se le asignaron velocidades a través de muestreos de información por departamento a través de *Open Route Service* para viajes en automóvil, adicionalmente se realizó un ajuste a las velocidades para transporte de carga teniendo en cuenta la información obtenida del servicio *Sicetac* del Ministerio de Transporte.

Para completar la superficie de costos de desplazamiento a nivel nacional, se usaron los insumos de tramos fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.

Finalmente, con la capa de costos de desplazamiento nacional, se calcula un costo acumulado de desplazamiento desde diferentes puntos de interés en el territorio, obteniendo las isocronas, las cuales se clasifican en horas y representan las áreas de igual valor en tiempo a las cuales se puede llegar desde los puertos marítimos donde se concentran los flujos 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).

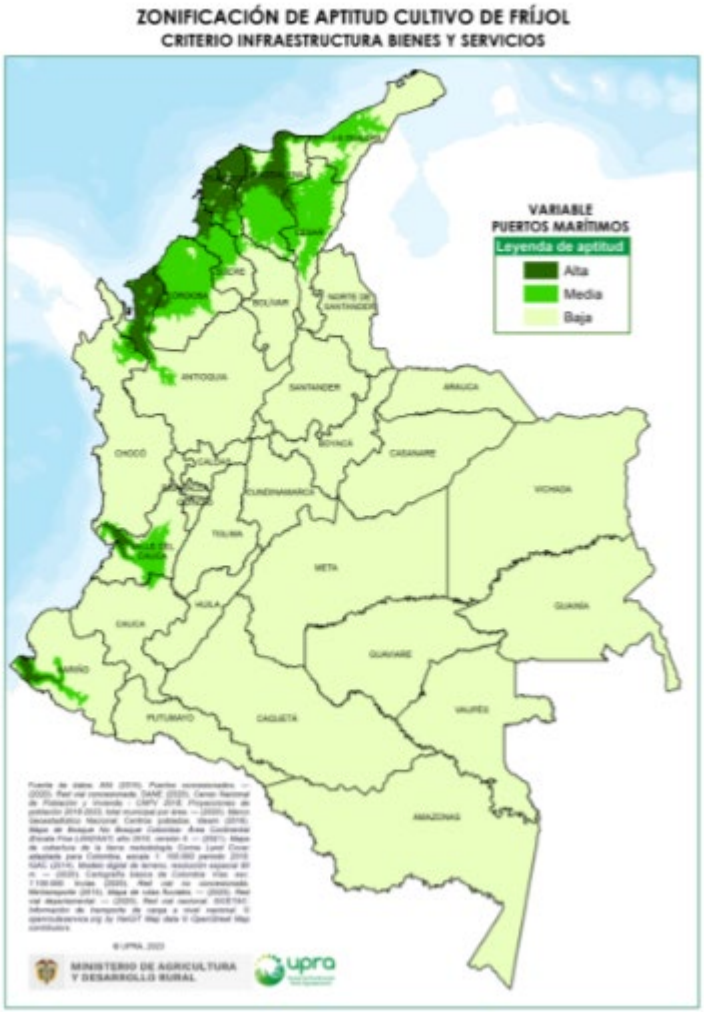
Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 3	Alta (A1)
3- 6	Media (A2)
> 6	Baja (A3)

La región Caribe muestra la mayor aptitud competitiva por su cercanía a los puertos marítimos ubicados en Bolívar, Atlántico y Magdalena. El puerto de Buenaventura y el de Tumaco reflejan una gran incidencia para la región Andina. Regiones como la Orinoquia y la Amazonia tienen la menor 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), Tumaco (Nariño) 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 en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN
• ANI. (2015). *Puertos concesionados* • ANI. (2020). *Red vial concesionada* • DANE. (2020). *Censo Nacional de Población y Vivienda-CNVP 2018*. Proyecciones de población 2018-2023, total municipal por área. • DANE. (2020). *Marco geoestadístico nacional, centros poblados.* • IGAC. (2014). *Modelo digital de elevación a 30 m.* • IGAC. (2020). *Cartografía básica de Colombia; escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC • INVIAS. (2020). *Red vial no concesionada.* • MinTransporte. (2014). *Mapa de rutas fluviales.* Bogotá: Mintransporte • MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. Bogotá: Mintransporte • MinTransporte. (2020). *Red vial nacional.* Bogotá: Mintransporte

3.2.4. Variable *cobertura de internet móvil*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** económico		
CRITERIO ASOCIADO: Infraestructura, bienes y servicios		
VARIABLE: cobertura internet móvil	**UNIDAD DE MEDIDA:** Tecnología y número de antenas/10 km^2	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO:	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Área geográfica en la que se dispone del servicio, para realizar llamadas de voz y utilizar datos móviles para navegar por internet.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
La creciente necesidad de comunicación en tiempos más cortos y entre puntos remotos, ha posicionado la comunicación móvil como la principal forma de intercambio y tránsito de datos de forma inalámbrica, lo que permite a las comunidades acceder de forma más inmediata a información que, en algunos casos, puede advertir sobre alguna situación de emergencia en una zona determinada, comunicar y compartir datos gráficos y alfanuméricos, realizar planeación territorial gracias al acceso a datos de geolocalización, entre otros diversos usos de consulta que optimizan y contribuyen a la mejora de procesos, productos y servicios.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
En el análisis de la variable no se presentan límites que se califiquen como No apto (N1).		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
La elección del ancho de banda de Kernel responde a criterios cartográficos, entendiéndose que, a mayor ancho de banda, los resultados son más suavizados y generalizados y a menor ancho de banda, hay mayor detalle en el mapa. Igualmente, la temporalidad de la información dado el avance en la ampliación de		

cobertura y el desarrollo de nuevas tecnologías.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Agencia Nacional de Espectro. (2020). Espectro del cubrimiento del servicio móvil.
MinTIC. (2021). cobertura municipal del servicio móvil de los proveedores de redes y servicios

2. Precisiones de la información.

Para el desarrollo de esta variable, se establecieron las siguientes subvariables:

a. *Subvariable densidad de antenas activas para cubrimiento de servicio móvil*, se construyó a partir de los siguientes insumos:

Insumo módulo de cubrimiento (Servicio móvil), para la construcción, se siguieron los siguientes pasos:

- Se tomó como punto de partida la información disponible mediante descarga del cubrimiento de antenas de servicio móvil disponible en el Visor de Espectro a cargo de la Agencia Nacional de Espectro y disponible en la URL: https://espectro-co.ane.gov.co/ en el módulo Cubrimiento-visor del espectro cubrimiento.

Allí se realizó la consulta del cubrimiento para todo el país, obteniéndose una base datos espacializable con 39.508 registros con 14 atributos como son ID estación, tipo, banda, Frecuencia, potencia, altura, departamento, municipio, coordenada, entre otros.

El objetivo de esta subvariable es obtener la distribución de densidad de antenas en el territorio nacional, para ello se realizó una depuración de la información con el objetivo de identificar los lugares en los cuales se reporta más de una antena y se procedió a realizar un conteo numérico de las antenas presentes en un mismo sitio, con el objetivo de conformar una base de datos y obtener el parámetro de población para realización de un análisis de densidad apropiado.

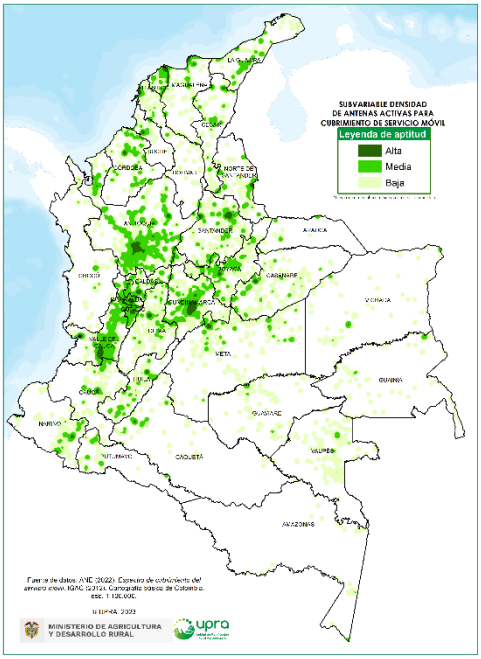
Con tal análisis y distribución se procedió a realizar un análisis de densidad de Kernel o mapa de calor con el objetivo de obtener una distribución de las antenas en el territorio colombiano. Para el análisis de densidad de Kernel, se utilizaron los parámetros: población hallada y ancho de banda de Kernel de 10 km^2.

- Los valores de densidad de antenas se estimaron mediante una clasificación por intervalos geométricos, obteniéndose la siguiente tabla:

Densidad de antenas de servicio móvil	Tecnología y número de antenas/ 10 km^2	Calificación
Alto	HSPA y LTE > 2 antenas	Alta (A1)
Medio	Tecnología 3G < 2 antenas	Media (A2)
Bajo	Sin cobertura	Baja (A3)

Se generó la siguiente salida gráfica:

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO FRIJOL
CRITERIO INFRAESTRUCTURA Y LOGÍSTICA



b. Subvariable *tipo de cobertura móvil*, se construyó a partir de los siguientes insumos:

Informe trimestral de las TIC-tabla 16

Se siguieron los siguientes pasos:

- Para la construcción de esta subvariable se tomó como punto de partida la información disponible mediante descarga de la tabla 16 del informe trimestral de las TIC, disponible en https://www.colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-article-178487.html el cual contiene la información de cobertura del servicio móvil desagregada por municipio/centro y por tipo de tecnología y/o generación móvil (2G, 3G, HSPA y LTE).

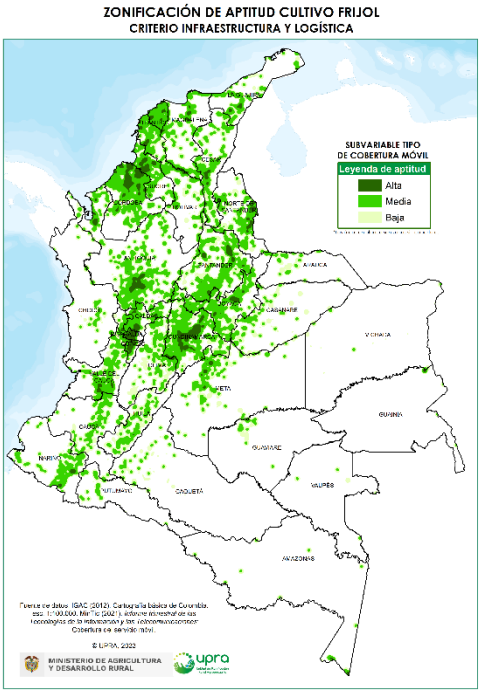
Con dicha información se realizó el enlace de información a la capa de centros poblados DANE (2021), posteriormente se halló el centroide de cada centro poblado con el objetivo de realizar un análisis de densidad apropiado, y se eligió la densidad de Kernel o mapa de calor con la finalidad de obtener una distribución del cubrimiento nacional por tipo de tecnología. Para el análisis de densidad de Kernel, se utilizaron los siguientes parámetros de población según la tecnología: A1=100, A2=50, A3=10; y ancho de banda de Kernel de 10 km^2.

- Los valores de densidad hallados se calificaron mediante una clasificación por intervalos geométricos de tres niveles:

Densidad de antenas de servicio móvil	Rango	Calificación
Alto	Tecnología HSPA y LTE	Alta (A1)
Medio	Tecnología 3G	Media (A2)

Bajo	Tecnología 2G-Sin cobertura	Baja (A3)

- Se generó la siguiente salida gráfica:



3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Para generar el mapa de la variable, se realizó una integración de las dos subvariables expuestas anteriormente mediante una matriz de ponderación aritmética con pesos 70/30, en el cual la subvariable tipo de cobertura móvil reporta un peso del 70 % y la subvariable densidad de antenas activas para cubrimiento de servicio móvil reporta un peso del 30 %.

	Densidad de antenas activas para cubrimiento de servicio móvil (30 %)			
Tipo de cobertura móvil (70 %)		A1	A2	A3
	A1	A1	A1	A2
	A2	A1	A2	A3
	A3	A2	A3	A3

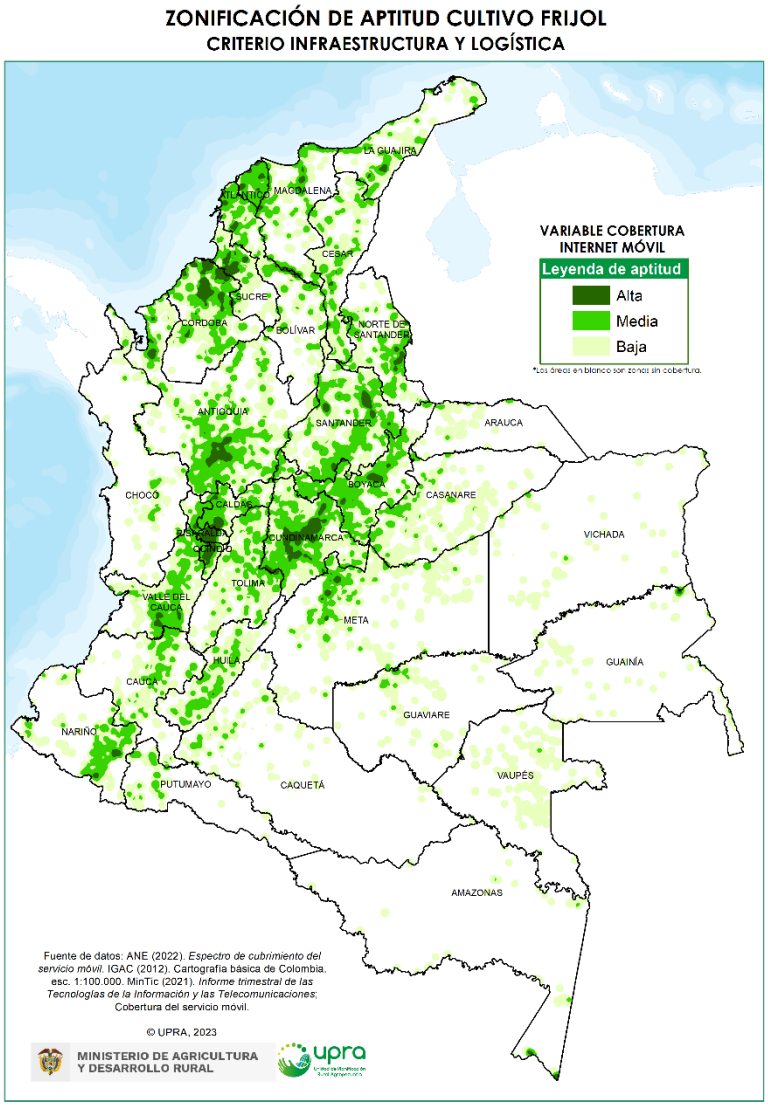
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los puntos de corte para establecer los rangos de aptitud se definieron teniendo en cuenta la matriz de paso, así: Aptitud alta (A1): Tecnología HSPA y LTE, > 2 antenas / 10 km^2. Aptitud media (A2): Tecnología 3G, < 2 antenas / 10 km^2. Aptitud baja (A3): Sin cobertura.

Tecnología y número de antenas/10 km^2	Aptitud
Tecnología HSPA y LTE, > 2 antenas	Alta (A1)
Tecnología 3G, < 2 antenas	Media (A2)
Sin cobertura	Baja (A3)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

Unidad de análisis	Número de antenas/km^2



FUENTES DE INFORMACIÓN

- ANE. (2022). *Espectro del cubrimiento del servicio móvil.*
- IGAC. (2012). *Cartografía básica de Colombia escala 1:100.000.*
- MinTic. (2021). *Informe trimestral de las Tecnologías de la información y las Telecomunicaciones. Cobertura del servicio móvil*

3.3. Criterio disponibilidad de mano de obra

<table>
<tr><th colspan="3">FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO</th></tr>
<tr><td>TIPO DE UTILIZACIÓN D LA TIERRA (TUT))</td><td colspan="2">Cultivos comerciales de fríjol (Phaseolus vulgaris L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (Vigna unguiculata (L.) Walp.)</td></tr>
<tr><td colspan="3">COMPONENTE: socioeconómico SUBCOMPONENTE: social</td></tr>
<tr><td colspan="3">CRITERIO ASOCIADO: disponibilidad de mano de obra</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>Restricción 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">• Densidad de la población rural en edad de trabajar, expresada como el número de habitantes rurales en edad de trabajar por km^2.
• Oferta educativa técnica y tecnológica, expresada en tiempo de desplazamiento en horas.
• Oferta educativa universitaria, expresada en tiempo de desplazamiento en horas.</td></tr>
<tr><th colspan="3">DEFINICIÓN</th></tr>
<tr><td colspan="3">Identifica la disponibilidad de mano de obra en los municipios con base en la densidad poblacional en edad de trabajar (PET) y a los requerimientos del cultivo de fríjol y de caupí. Evalúa además las zonas cercanas, en horas de desplazamiento, a la oferta de capacitación y cualificación existente en el territorio.</td></tr>
<tr><th colspan="3">IMPORTANCIA DEL CRITERIO</th></tr>
<tr><td colspan="3">Brinda información sobre la suficiente disponibilidad de mano de obra rural de un municipio para atender la demanda de trabajadores requeridos en el cultivo de fríjol y de caupí. Tiene en cuenta el número de habitantes en edad de trabajar y las capacidades institucionales para dotar de habilidades y conocimientos a los trabajadores (oferta de programas de formación académica en la zona). Estos elementos hacen posible que las unidades productivas agrícolas incrementen su productividad y la competitividad al implementar de mejor manera procesos técnicos sin estar limitados por la insuficiencia de personal capacitado

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.</td></tr>
<tr><th colspan="3">LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO</th></tr>
<tr><td colspan="3">La información disponible para determinar la población rural en edad de trabajar corresponde a las proyecciones de población para el año 2022 realizadas por el DANE, ajustadas luego del COVID-19, por distribución etárea (entre 15 y 62 años de edad) y ubicación entre áreas urbanas o rurales de los municipios. Así las cosas, los resultados obedecen a la población proyectada para el año 2022, dejando de lado la dinámica que se reflejará en años posteriores como consecuencia de la eventual mayor proporción de población en los rangos etarios más altos (50 años en adelante,</td></tr>
</table>

por ejemplo), lo que limita la capacidad de análisis del municipio en cuanto a oferta de mano de obra en el mediano y largo plazo.

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, quedando así al margen la oferta de cursos no formales que ofrece entidades como por ejemplo el SENA o gremios y asociaciones. Así mismo, no se tiene en cuenta el eventual uso de las nuevas metodologías de la información y la comunicación que posibilitan que la ubicación real de sus estudiantes pueda 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 (*Analytic Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de tres variables, posteriormente, teniendo en cuenta el software PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se calcularán las ponderaciones de cada variable dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Densidad de población rural en edad de trabajar	Oferta educativa técnica y tecnológica	Oferta educativa universitaria	Ponderación de la variable (%)
Disponibilidad de mano de obra	**Densidad de población rural en edad de trabajar**	1			63,7
	Oferta educativa técnica y tecnológica	1/3	1		25,8
	Oferta educativa universitaria	1/5	1/3	1	10,5

La escala de importancia dentro del proceso *AHP* tiene cuenta la valoración entre pares de variables:

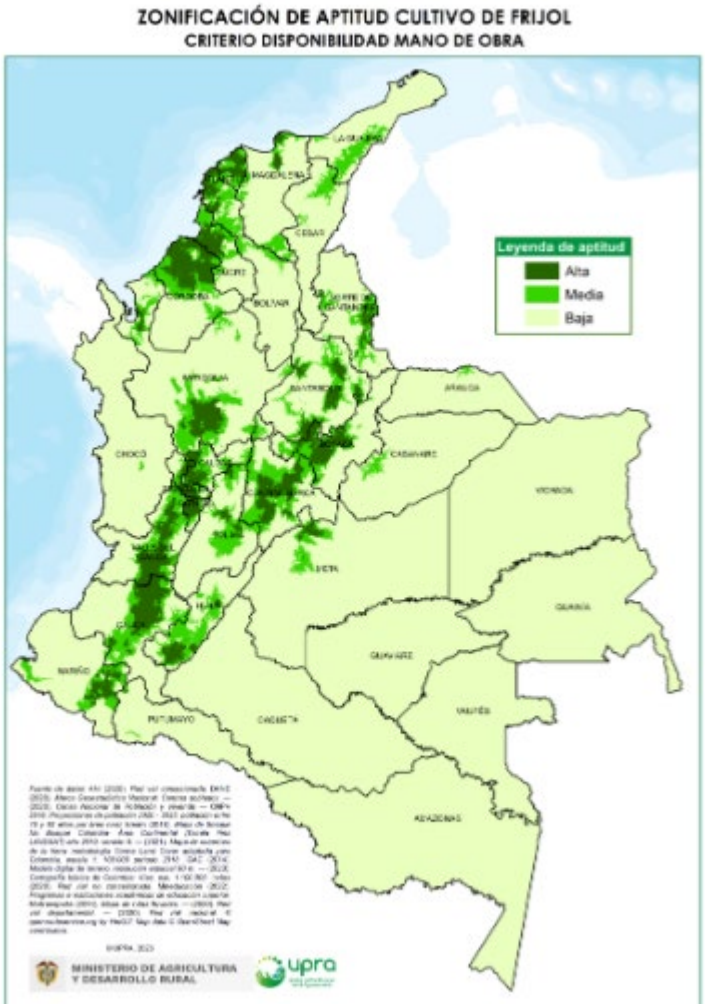
1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Sumamente	Muy fuertemente	Fuertemente	Moderadamente	Igualmente	Moderadamente	Fuertemente	Muy fuertemente	Sumamente
Menos importante				**Igual en importancia**	**Más importante**			

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 por km^2	≥ 32,7	13,16-32,77	< 13,16
Oferta educativa técnica y tecnológica	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
Oferta educativa universitaria	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



FUENTES DE INFORMACIÓN
• ANI. (2020). *Red vial concesionaria* • DANE. (2023). Actualización post covid-19. Proyecciones de población municipal por área, sexo y edad para el periodo 2020-2035, *población entre 15 y 62 años por área rural (centros poblados y rural disperso)* • DNP. (2023). Sistema de estadísticas territoriales (Terridata). Recuperado de: <https://terridata.dnp.gov.co/#/.> Bogotá: DNP • DNP. (2022). Portal Terridata. *Sistema de Estadísticas Territoriales.* Recuperado de: <https://terridata.dnp.gov.co/#/.> Bogotá: DNP • IGAC. (2012). *Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC. • IGAC. (2014). *Modelo digital de elevación a 30 m.* Bogotá: IGAC. • IGAC. (2020). *Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC • Invias. (2020). *Red vial no concesionada* • MinEducación (2023). *Programas activos e instituciones académicas de educación superior*. • MinTransporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables.* Bogotá: MinTransporte. • MinTransporte. (2020). *Red vial departamental*. Bogotá: MinTransporte. • MinTransporte. (2020). *Red vial nacional.* Bogotá: MinTransporte.

3.3.1. Variable *densidad poblacional rural en edad de trabajar*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** social		
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de mano de obra		
VARIABLE: densidad de población en edad de trabajar	**UNIDAD DE MEDIDA:** número de habitantes rurales/km^2	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Compara el número de personas rurales en edad de trabajar/km^2 presente en los municipios, frente a las necesidades técnicas del cultivo de fríjol y de caupí (mano de obra necesaria por hectárea). La población en edad de trabajar (PET) se define por el rango etario de 15 a 62 años de acuerdo con la población proyectada por el DANE (2022).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Se establece una relación directa entre el número de personas en edad de trabajar/km^2 en la zona rural y la oferta potencial de mano de obra en el territorio, que se traduce en la aptitud productiva del municipio para desarrollar los cultivos de fríjol y de caupí, de acuerdo con la mano de obra que estos requieren.		

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 agrícolas.

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 encuentren la mano de obra necesaria para sus iniciativas productivas. Lo anterior permite que los productores e inversionistas, así como los hacedores de política, identifiquen las mejores opciones en la oferta laboral, según el nivel de intensidad en el uso de este factor productivo por parte del cultivo de fríjol y de caupí.

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.

Aunque la definición de población en edad de trabajar para las áreas rurales se define por convención estadística a partir de los 10 años, se decide establecer el rango etario desde los 15 años para excluir población infantil que puede ver vulnerados sus derechos al vincularse muy tempranamente al mercado laboral.

Del mismo modo, se establece como rango superior los 62 años que es la edad de retiro para los hombres en el sistema provisional de prima media. Los dos anteriores supuestos, aunque necesarios, pueden distorsionar la realidad de la oferta laboral en algunos territorios en los que dichas poblaciones no contabilizadas pueden jugar un papel importante para la producción agrícola familiar.

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. Otro limitante resulta al no poder establecer el nivel de interés real de los individuos en vincularse a este sistema productivo agrícola como opción y alternativa productiva 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. No obstante, aquí se contabiliza la población rural (en centros poblados y rural disperso) con el fin de evitar una sobre estimación de la población dispuesta a vincularse en las actividades rurales.

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. 2023. Actualización post covid-19. Proyecciones de población municipal por área, sexo y edad para el periodo 2020-2035, población entre 15 y 62 años por área rural (centros poblados y rural disperso).

DNP. 2023. Extensión territorial municipal. Información obtenida del portal Territata.

2. **Precisiones de la información.**

La fuente para la estimación de la Población en edad de trabajar ($PET_{15\text{-}62}$) rural son las proyecciones de población municipal para 2022 por área, sexo y edad. La información se procesa considerando hombres y mujeres entre 15 y 62 años, habitantes de centros poblados y áreas rurales dispersas, los que se suman para estimar la población municipal rural 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 Territata.

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, según la población en la zona rural, 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 utilizar el método de k-medias.

4. Clasificación de los municipios por aptitud.

Para definir los rangos de aptitud se estableció un punto de corte inicial definido por el requerimiento técnico de mano de obra por hectárea para los cultivos de fríjol y de caupí, en los que se consideró lo siguiente:

Se realizó un modelo representativo de la actividad agrícola nacional (la tecnología usada, por ejemplo), estimando el uso de mano de obra en las labores de preparación del terreno, siembra y cosecha de fríjol y de caupí en máximo 60 jornales por hectárea/ciclo. Lo que lleva a suponer una demanda de 120 jornales al año por hectárea. Así las cosas, se estima como requerimiento técnico de mano de obra 32,7 jornales km^2/día.

Vale la pena resaltar que en la etapa de cosecha y por algunos días la demanda de mano de obra es más alta, no obstante, en la medición de 32,7 jornales km^2/día se contempla esta alta demanda coyuntural, computada con la demanda de mano de obra en otras etapas del cultivo para para todo el ciclo productivo.

Este es el punto de corte es el que determina los municipios con aptitud alta (A1), por tener una mayor densidad y sobre los cuales se espera que tengan 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 Danelius.

El método estadístico Dalenuis-Hodges, permite realizar agrupamiento de datos con el objetivo que sean muy similares entre los individuos del grupo y lo más disímiles posibles entre grupos, para la clasificación por aptitud se calcularon tres clústeres (k=3).

El método Dalenuis-Hodges consiste en la formación de estratos de manera que la varianza obtenida sea mínima para cada estrato. Se aplica en el caso de una sola variable. El método se compone de los siguientes pasos:

1. Ordenar las observaciones de manera ascendente.
2. Agrupar las observaciones en J clases, donde J = min (L*10, n).
3. Calcular los límites de los intervalos que son abiertos a la izquierda y cerrados a la derecha a excepción del primero que es cerrado por ambos lados, para cada clase de la siguiente manera:

$$Lim\inf Ck = \min\{X(i)\} + (K-1) * \frac{\max\{X(i)\} - \min\{X(i)\}}{J}$$

$$Lim\sup Ck = \min\{X(i)\} + (K) * \frac{\max\{X(i)\} - \min\{X(i)\}}{J}$$

4. A partir de los límites, se obtiene la frecuencia de casos en cada clase

$$fi\ i\epsilon\{1, \dots, J$$

5. Calcular la raíz cuadrada de frecuencia de cada clase.
6. Acumular la suma de la raíz cuadrada de las frecuencias.

$$\sum_{i=1}^{J} \sqrt{fi}$$

7. Dividir el último valor acumulado entre el número de estratos.

$$Q = \frac{1}{h} \sum_{i=1}^{J} \sqrt{fi}$$

8. Los puntos de corte de cada estrato se toman sobre el acumulado de la raíz cuadrada de las frecuencias en cada clase de acuerdo con lo siguiente:

Q, 2Q, …, (h-1) Q

Si el valor de *Q* queda entre dos clases, se toma como punto de corte aquella clase que presenta la mínima distancia a *Q*, Los límites de los *h* estratos conformados son los correspondientes a los límites inferior y superior de las clases comprendidas en cada estrato.

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.

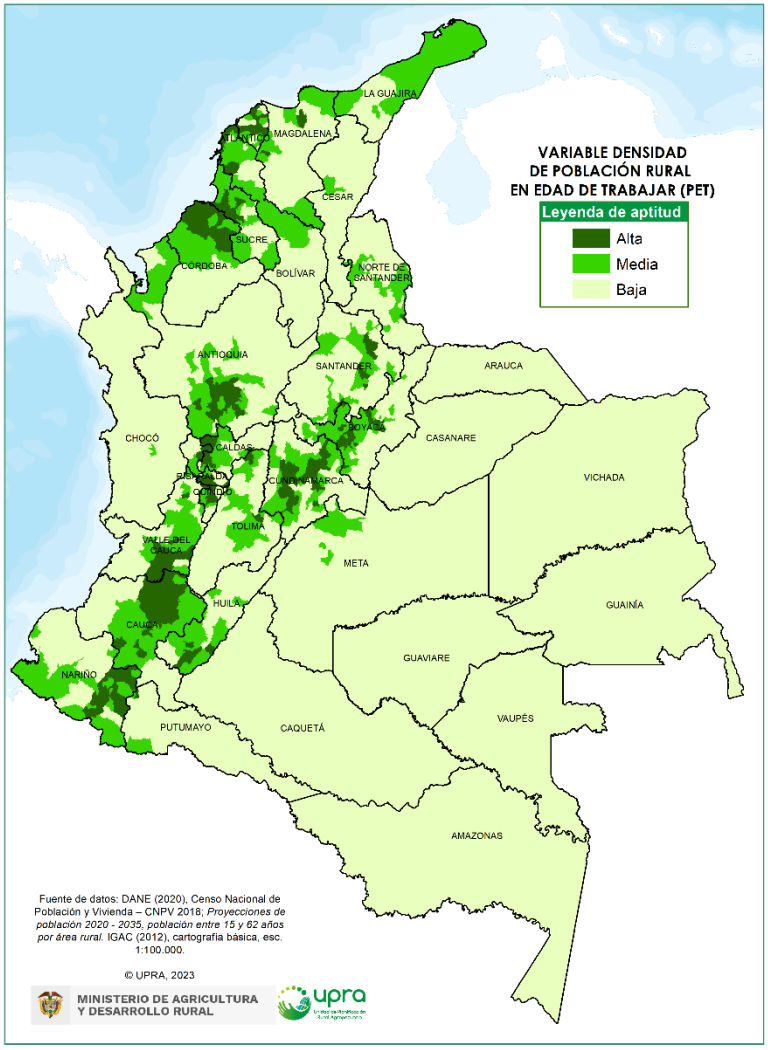
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud alta (A1); media (A2) y baja (A3). Los resultados de dichos agrupamientos fueron los siguientes:

Número de habitantes rurales/km²	Aptitud
> 32,7	Alta (A1)
13,1-32,7	Media (A2)
< 13,1	Baja (A3)

Unidad de análisis	Número de habitantes rurales en edad de trabajar por km²

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2023). Actualización post covid-19. Proyecciones de población municipal por área, sexo y edad para el periodo 2020-2035, *población entre 15 y 62 años por área rural (centros poblados y rural disperso)*
- DNP. (2023). *Portal Territorial.* Sistema de Estadísticas Territoriales. Recuperado de: <https://terridata.dnp.gov.co/#/.> Bogotá: DNP.
- IGAC. (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

3.3.2. Variable *oferta educativa técnica y tecnológica*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** social		
CRITERIO ASOCIADO: disponibilidad de mano de obra		
VARIABLE: Oferta educativa técnica y tecnología	**UNIDAD DE MEDIDA:** tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Nivel de cobertura espacial y facilidad de acceso a los programas de educación a nivel técnico y/o tecnológico oficialmente aprobados, activos y relacionados con la producción agrícola, que facilitan la capacitación de la población y mejoran la competitividad sectorial del territorio.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Mide la posibilidad de la población de acceder cerca de su territorio a programas de formación técnica y tecnológica para elevar su competencia y su productividad 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 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 agrícolas y los adelantos tecnológicos y científicos. 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 de que los empresarios agrícolas y población productora campesina disponga de talento humano, con destrezas o conocimientos técnicos y tecnológicos que pueden incrementar la productividad y mejorar la competitividad de la producción agrícola. Por lo 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 agrícola en general. Se incluyeron los programas relacionados con agricultura de precisión. 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 agrícola, 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. (2023). Lugar de oferta, coberturas por centros de tutoría, centros regionales de educación superior (CERES), convenios, convenios en red y programas de extensión de programas técnicos y tecnológicos relacionados con la actividad agrícola que se encuentran activos a la fecha de consulta.

Se tuvo en cuenta los distintos tipos de cobertura de los programas reportados en el SNIES, de esta forma no solo se considera la sede principal donde se oferta el programa, sino que también se tiene en cuenta otros tipos de cobertura tales como centros de tutoría, Centros regionales de educación superior (CERES), convenios, convenios en red y programas de extensión, los cuales amplían los registros de la oferta educativa especialmente en las zonas rurales.

2. Precisiones de la información.

Programas académicos ofertados relacionados con la actividad agrícola y el cultivo de fríjol, reportados en el SNIES del MinEducación. Se tiene en cuenta los programas activos para el año 2023 en el momento de la consulta (marzo). Los programas identificados fueron los siguientes:

- Técnica profesional en manejo de suelos y aguas
- Técnica profesional en producción agroecológica de cultivos
- Técnica profesional en producción agropecuaria
- Técnico profesional en manejo de suelos y aguas
- Técnico profesional en manejo y conservación de productos agroindustriales
- Técnico profesional en procesos agroindustriales
- Técnico profesional en producción agrícola
- Tecnología agroambiental
- Tecnología agroindustrial
- Tecnología agropecuaria
- Tecnología en administración y mercadeo agropecuario
- Tecnología en agricultura de precisión
- Tecnología en agrobiotecnología

- Tecnología en gestión agroambiental
- Tecnología en gestión agroempresarial
- Tecnología en gestión agroindustrial
- Tecnología en gestión de empresas agropecuarias
- Tecnología en gestión de insumos agropecuarios
- Tecnología en gestión de la empresa agrícola
- Tecnología en gestión de la producción agrícola
- Tecnología en gestión sostenible de la producción agropecuaria
- Tecnología en procesos agroindustriales
- Tecnología en producción agrícola
- Tecnología en producción agroecológica
- Tecnología en producción agroindustrial
- Tecnología en producción agropecuaria
- Tecnología en producción agropecuaria ecológica
- Tecnología en producción de agrocultivos
- Tecnología en producción y gestión agropecuaria

Se construyó una base de datos en la que se identifican los municipios donde al menos existe un programa activo; o cualquiera de las otras formas de cobertura, partiendo de su casco urbano se estimaron isocronas según rangos de distancia para definir los niveles de aptitud.

La metodología de isocronas empleadas por la UPRA es un proceso, a través del cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales, tramos fluviales navegables, senderos y coberturas de la tierra, teniendo en cuenta la pendiente calculada con el modelo digital de terreno (resolución espacial de 90 metros) y su influencia sobre la velocidad de desplazamiento.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isocronas:

Tipo 1: vías que conectan capitales departamentales.
Tipo 2: vías que conectan cabeceras municipales.
Tipo 3: vías que conectan veredas con cabeceras o veredas entre sí.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Estas vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, la ANI, el Invias, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invias y se le asignaron velocidades a través de muestreos de información por departamento a través de *Open Route Service* para viajes en automóvil, adicionalmente se realizó un ajuste a las velocidades para transporte de carga teniendo en cuenta la información obtenida del servicio *Sicetac* del Ministerio de Transporte.

Para completar la superficie de costos de desplazamiento a nivel nacional, se usaron los insumos de tramos fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.

Finalmente, con la capa de costos de desplazamiento nacional, se calcula un costo acumulado de desplazamiento desde diferentes puntos de interés en el territorio, obteniendo las isocronas, las cuales se clasifican en horas y representan las áreas de igual valor en tiempo a las cuales se puede llegar desde mis puntos de interés.

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 con registro formal de formación técnica o tecnológica relacionados con la actividad agrícola, 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.

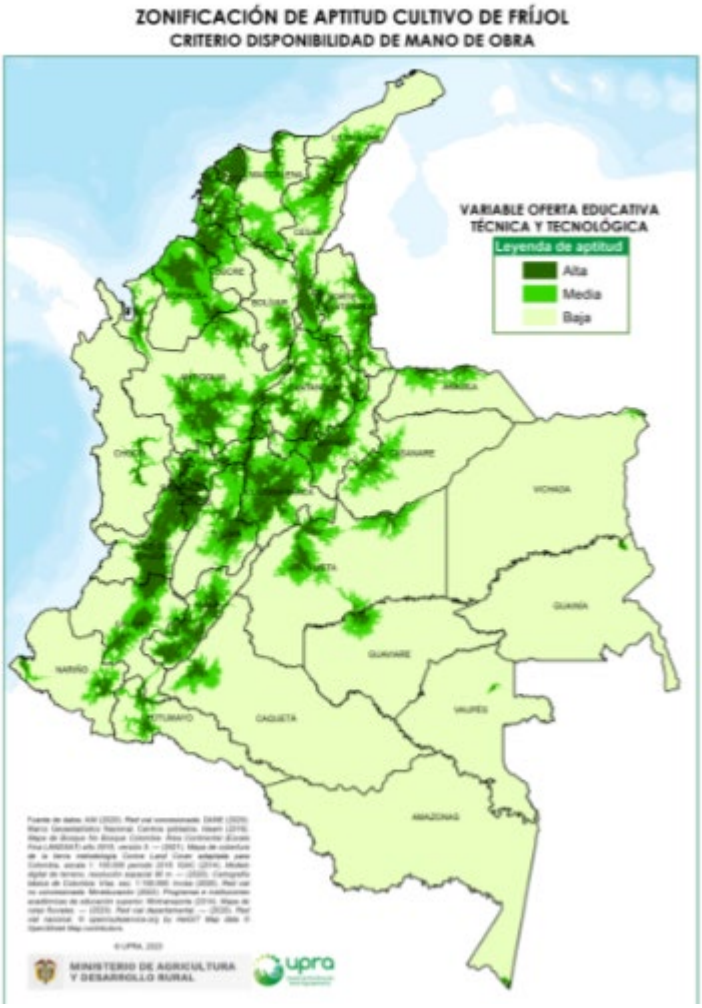
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la representación cartográfica de la variable se clasifican de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3), así:

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1-2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- ANI (2020). *Red vial concesionaria*
- DANE. (2020). (2020) *Marco geoestadístico nacional; Centros poblados*
- DNP. (2022). *Portal Territata. Sistema de Estadísticas Territoriales*. Recuperado de: <https://territata.dnp.gov.co/#/.> Bogotá: DNP
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). *Modelo digital de elevación* a 30 m. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2020). *Cartografía básica; vías, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC
- INVIAS. (2020). *Red vial no concesionada*
- MinEducación-*Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (Snies) marzo de 2023.*
- MinTransporte. (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Bogotá: Mintransporte.
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental y nacional.* Bogotá: Mintransporte.

3.3.3. Variable *oferta educativa universitaria*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE

<table>
<tr><td>TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="2">Cultivo comercial de fríjol (Phaseolus vulgaris L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (Vigna unguiculata (L.) Walp.)</td></tr>
<tr><td colspan="3">COMPONENTE: Socioeconómico SUBCOMPONENTE: social</td></tr>
<tr><td colspan="3">CRITERIO ASOCIADO: disponibilidad de mano de obra</td></tr>
<tr><td>VARIABLE: oferta educativa universitaria</td><td colspan="2">UNIDAD DE MEDIDA: tiempo de desplazamiento en horas</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>Restricción legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">DEFINICIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="3">Nivel de cobertura espacial y facilidad de acceso a los programas a nivel universitario oficialmente aprobados, activos y relacionados con la producción agrícola, que facilitan la formación de la población y mejoran la competitividad sectorial del territorio.</td></tr>
<tr><td colspan="3">IMPORTANCIA DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="3">Mide la posibilidad de la población de acceder, cerca de su territorio, 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 empresarios agrícolas y productores campesinos de disponer en el territorio de 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 agrícola.

Por tanto, la competitividad de los territorios es proporcional a la cobertura y facilidad de acceso a la oferta educativa a nivel universitario de agronomía, administración en sistemas agropecuarios, agroecología, entre otros. 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.</td></tr>
<tr><td colspan="3">VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO</td></tr>
<tr><td colspan="3">En el análisis de la variable no se presentan límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).</td></tr>
<tr><td colspan="3">LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE</td></tr>
</table>

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. (2023). Lugar de oferta, coberturas por centros de tutoría, centros regionales de educación superior (CERES), convenios, convenios en red y programas de extensión de programas universitarios relacionados directamente con la actividad agrícola que se encuentran activos a la fecha de consulta (marzo de 2023).

Se tuvo en cuenta los distintos tipos de cobertura de los programas reportados en el SNIES, de esta forma no solo se considera la sede principal donde se oferta el programa, sino que también se tiene en cuenta otros tipos de cobertura tales como centros de tutoría, Centros regionales de educación superior (CERES), convenios, convenios en red y programas de extensión, los cuales amplían los registros de la oferta educativa especialmente en las zonas rurales.

1. Precisión de la información.

Programas académicos ofertados a nivel universitario, y relacionados directamente con la producción agrícola y rural por municipio, reportados en el SNIES del MinEducación. Se tienen en cuenta los programas universitarios, filtrando los programas activos para el año 2023:

- Administración agroindustrial
- Administración agropecuaria
- Administración de agronegocios
- Administración de empresas agropecuarias
- Agroecología
- Agronomía
- Ciencias ambientales
- Ingeniería agroambiental
- Ingeniería agroecológica
- Ingeniería agronómica
- Ingeniería agropecuaria
- Pedagogía en ruralidad y paz
- Profesional en agroindustria

Se consideran los distintos tipos de cobertura de los programas reportados en el SNIES, la sede principal donde se oferta el programa y otros tipos de

cobertura tales como centros de tutoría, Centros regionales de educación superior (CERES), convenios, convenios en red y programas de extensión.

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 isocronas empleadas por la UPRA es un proceso, a través del cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales, tramos fluviales navegables, senderos y coberturas de la tierra, teniendo en cuenta la pendiente calculada con el modelo digital de terreno (resolución espacial de 90 metros) y su influencia sobre la velocidad de desplazamiento.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isocronas:

Tipo 1: vías que conectan capitales departamentales.
Tipo 2: vías que conectan cabeceras municipales.
Tipo 3: vías que conectan veredas con cabeceras o veredas entre sí.

2. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Estas vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, la ANI, el Invias, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invias y se le asignaron velocidades a través de muestreos de información por departamento a través de *Open Route Service* para viajes en automóvil, adicionalmente se realizó un ajuste a las velocidades para transporte de carga teniendo en cuenta la información obtenida del servicio *Sicetac* del Ministerio de Transporte.

Para completar la superficie de costos de desplazamiento a nivel nacional, se usaron los insumos de tramos fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.

Finalmente, con la capa de costos de desplazamiento nacional, se calcula un costo acumulado de desplazamiento desde diferentes puntos de interés en el territorio, obteniendo las isocronas, las cuales se clasifican en horas y representan las áreas de igual valor en tiempo a las cuales se puede llegar desde los puntos de interés.

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 con registro formal de formación universitaria vinculados directamente a la actividad agrícola y rural, sobre los que se construyen las isocronas.

3. 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.

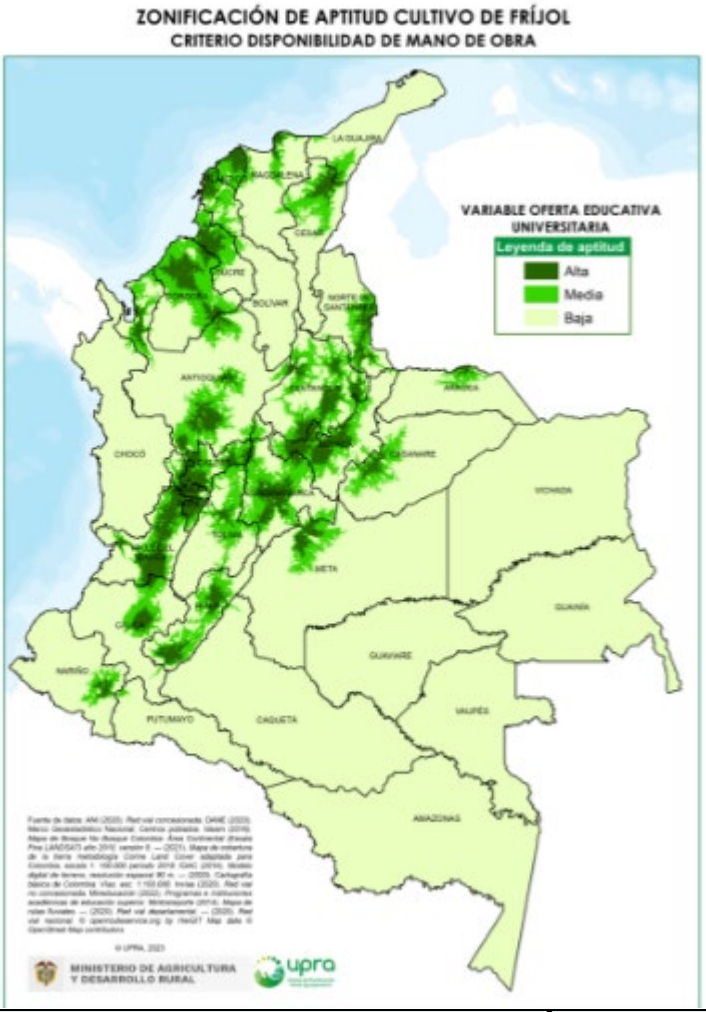
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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:

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1-2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- ANI (2020). *Red vial concesionaria*

- DANE. (2022). (2020) *Marco geoestadístico nacional;* Centros poblados
- DNP. (2020). *Portal Territorial. Sistema de Estadísticas Territoriales*. Recuperado de: <https://terridata.dnp.gov.co/#/.> Bogotá: DNP
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). *Modelo digital de elevación*-DEM a 30 m. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2020). *Cartografía básica; vías, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC
- Invias. (2020). *Red vial no concesionada*
- MinEducación-*Sistema Nacional de Información de la Educación Superior* (Snies) abril de 2022.
- MinTransporte (2014). Mapa de tramos fluviales navegables. Bogotá: MinTransporte.
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental y nacional.* Bogotá: MinTransporte.

3.4. Criterio asociatividad e institucionalidad

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** social		
CRITERIO: asociatividad e institucionalidad		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• Asociaciones, expresadas en tiempo de desplazamiento en horas. • Gremio, expresado en tiempo de desplazamiento en horas. • Entidades prestadoras de servicio de extensión agropecuaria (EPSEA), expresadas en tiempo de desplazamiento en horas. • Agrosavia, expresada en tiempo de desplazamiento en horas. • ICA, expresado en tiempo de desplazamiento en horas.		
DEFINICIÓN		
Presencia institucional del Estado, gremial o de organizaciones de base de la cadena productiva del cultivo de fríjol y de caupí, cuyo apoyo conduce a la competitividad de una región. Identifica condiciones internas y externas a la cadena en términos de la oferta		

institucional y del fortalecimiento y consolidación del sector agrícola.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Refleja la existencia de oferta institucional pública y privada a nivel municipal, así como la articulación de productores a instancias que facilitan el desarrollo y soporte del sector agrícola comercial en el territorio.

Una mayor oferta institucional del orden nacional y asociatividad favorecen el acceso a los avances de investigación, control fitosanitario y fortalecimiento organizacional del sector. Una mejor oferta institucional pública en infraestructura, asistencia técnica, servicios públicos y sociales, proyectos productivos, entre otros, ofrecería mejores condiciones para el fortalecimiento del aparato productivo. En conjunto, la oferta nacional y municipal contribuye a mejorar la competitividad de los cultivos de fríjol y de caupí.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

No se cuenta con información actualizada de las asociaciones registradas ni el número de asociados; ni se cuenta con temporalidad de la información.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología *AHP* (*Analytic Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cinco variables; posteriormente, teniendo en cuenta el software PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se calcularon las ponderaciones de cada variable dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variable	Asociaciones	Gremio	Agrosavia	Entidades prestadoras de servicio de asistencia técnica (EPSEA)	ICA	Ponderación de la variable (%)
Asociatividad e institucionalidad	**Asociaciones**	1					43,5
	Gremio	1/3	1				28,0
	Agrosavia	1/3	1/3	1			16,3
	Entidades prestadoras de servicio de asistencia	1/5	1/5	1/3	1		7,7

	técnica - EPSEA						
	ICA	1/5	1/5	1/5	1/3	1	4,5

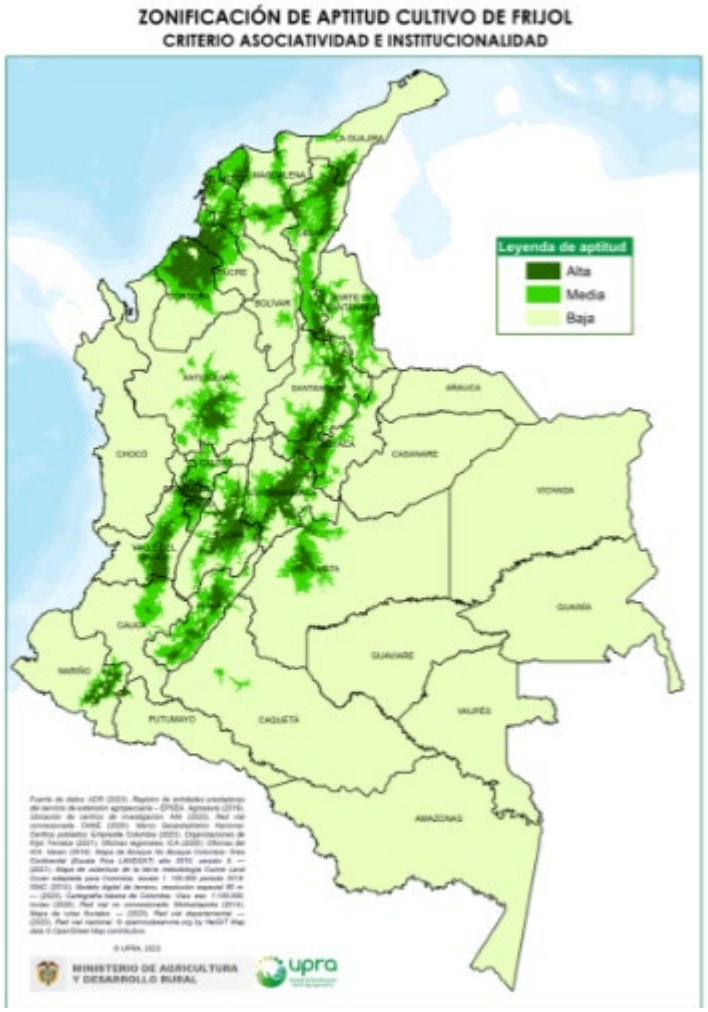
La escala de importancia dentro del proceso *AHP* tiene cuenta la valoración entre pares de variables:

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**			

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Asociaciones	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
Gremio	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
Agrosavia	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
Entidades prestadoras de servicio de asistencia técnica (EPSEA)	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1/2	1/2-2	> 2
ICA	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agrosavia. (2019). *Ubicación de los centros de investigación*.
- Alcaldía de Medellín. (2020). *Registro 1 de la base catastral rural*.
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2020). *Registro 1 de la base catastral rural.*
- Alcaldía Distrital de Barranquilla. (2020). *Registro 1 y 2 de la base catastral rural*.
- ANI. (2020). *Red vial concesionada*.
- Área Metropolitana de Bucaramanga. (2020). *Registro 1 y 2 base catastral rural*.
- Área Metropolitana Centro de Occidente. (2020). *Información sin asociación con la base catastral rural*.
- Catastro distrital Bogotá (2020). *Información predial base catastral rural*.
- DANE. (2020) Marco geoestadístico nacional; *Centros poblados*
- Fenalce. (2022). *Sedes.*
- Gobernación de Antioquia (2020). *Registros básicos y complementarios de la información rural*.
- ICA (2020). *Oficinas del ICA*.

- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.*
- IGAC. (2014). *Modelo digital de elevación a 30 m.*
- IGAC. (2020). *Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC
- INVIAS. (2020). *Red vial no concesionada.*
- MinTransporte (2014). *Mapa de rutas fluviales.* Bogotá: Mintransporte
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental.*
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional.*

3.4.1. Variable *asociaciones*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** social		
CRITERIO ASOCIADO: asociatividad e institucionalidad		
VARIABLE: asociaciones	**UNIDAD DE MEDIDA:** tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Organizaciones estructuradas en torno a los cultivos de fríjol y de caupí sobre una base territorial. Sus miembros incluyen pequeños y medianos productores, en torno a una agricultura de tipo familiar, los cuales se unen con el fin de tener mejores condiciones de manejo del cultivo y de comercialización del producto. Facilidad con la que se accede desde otros puntos del territorio una asociación de fríjol y de caupí.		
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 perspectivas y oportunidades que los productores no pueden alcanzar de forma individual en los mercados.		
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 información actualizada de las asociaciones registradas ni		

del número de beneficiarios.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Informa. (2022). Asociaciones de productores de fríjol
Supersolidaria. (2022). Asociaciones de productores de fríjol.

2. Precisiones de la información.

La metodología de isocronas empleadas por la UPRA es un proceso, a través del cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales, tramos fluviales navegables, senderos y coberturas de la tierra, teniendo en cuenta la pendiente calculada con el modelo digital de terreno (resolución espacial de 90 metros) y su influencia sobre la velocidad de desplazamiento.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isocronas:

Tipo 1: vías que conectan capitales departamentales.
Tipo 2: vías que conectan cabeceras municipales.
Tipo 3: vías que conectan veredas con cabeceras o veredas entre sí.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Estas vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de transporte, la ANI, el Invias, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invias y se le asignaron velocidades a través de muestreos de información por departamento a través de *Open Route Service* para viajes en automóvil, adicionalmente se realizó un ajuste a las velocidades para transporte de carga teniendo en cuenta la información obtenida del servicio *Sicetac* del Ministerio de Transporte.

Para completar la superficie de costos de desplazamiento a nivel nacional, se usaron los insumos de tramos fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.

Finalmente, con la capa de costos de desplazamiento nacional, se calcula un costo acumulado de desplazamiento desde diferentes puntos de interés en el territorio, obteniendo las isocronas, las cuales se clasifican en horas y representan las áreas de igual valor en tiempo a las cuales se puede llegar desde las asociaciones.

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.

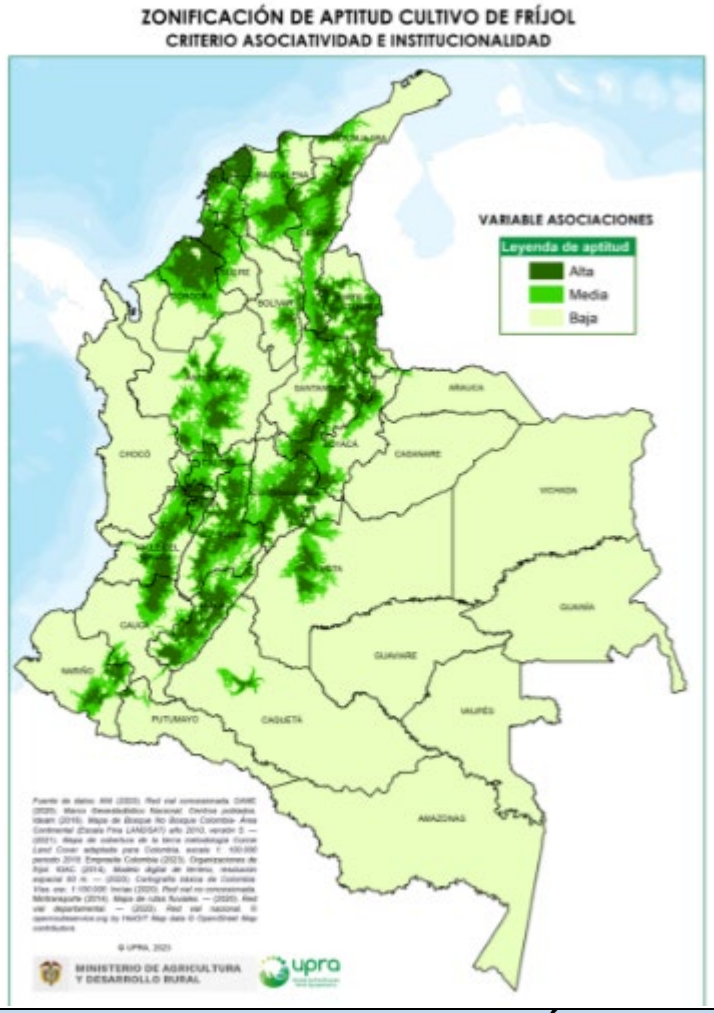
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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 en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1-2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- ANI (2020). *Red vial concesionaria*
- DANE. (2020) Marco geoestadístico nacional; Centros poblados
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). Método digital de elevación a 30 m. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2020). Cartografía básica; vías, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- INVIAS. (2020). *Red vial no concesionada*
- MinTransporte (2014). Mapa de tramos fluviales navegables. Bogotá: MinTransporte.
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental y nacional.* Bogotá:

MinTransporte.

3.4.2. Variable *gremio*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** social		
CRITERIO ASOCIADO: asociatividad e institucionalidad		
VARIABLE: gremio	**UNIDAD DE MEDIDA:** tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN
Fenalce es la entidad gremial del sector, que representa a los cultivadores de cereales, leguminosas y soya del país, adicionalmente tiene a su cargo el recaudo de la contribución parafiscal. Facilidad con la que se puede alcanzar, desde otros puntos del territorio, una sede de Fenalce.
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE
Representa la producción nacional de cereales y leguminosas, dirigiendo el eslabón productivo para el bienestar social y económico de los agricultores y la seguridad alimentaria del país.
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO
En el análisis de la variable no se presentan límites que se califiquen como No apto (N1).
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
Fenalce no cuenta con presencia de sedes físicas en todo el territorio colombiano, por lo cual el análisis se da en torno al lugar donde se reporta la prestación de los servicios de la agremiación.
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
1. Información. Fenalce. (2022). Sedes **2. Precisiones de la información.** La metodología de isocronas empleadas por la UPRA es un proceso, a través del cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales, tramos fluviales navegables, senderos y coberturas de la tierra, teniendo en cuenta la pendiente calculada con el modelo digital de terreno (resolución espacial de 90 metros) y su influencia sobre la velocidad de desplazamiento. Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isocronas: Tipo 1: vías que conectan capitales departamentales. Tipo 2: vías que conectan cabeceras municipales. Tipo 3: vías que conectan veredas con cabeceras o veredas entre sí.

- **Análisis de la consistencia y preparación de la información**.

Estas vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, la ANI, el Invias, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invias y se le asignaron velocidades a través de muestreos de información por departamento a través de *Open Route Service* para viajes en automóvil, adicionalmente se realizó un ajuste a las velocidades para transporte de carga teniendo en cuenta la información obtenida del servicio *Sicetac* del Ministerio de Transporte.

Para completar la superficie de costos de desplazamiento a nivel nacional, se usaron los insumos de tramos fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.

Finalmente, con la capa de costos de desplazamiento nacional, se calcula un costo acumulado de desplazamiento desde diferentes puntos de interés en el territorio, obteniendo las isocronas, las cuales se clasifican en horas y representan las áreas de igual valor en tiempo a las cuales se puede llegar desde una sede de Fenalce.

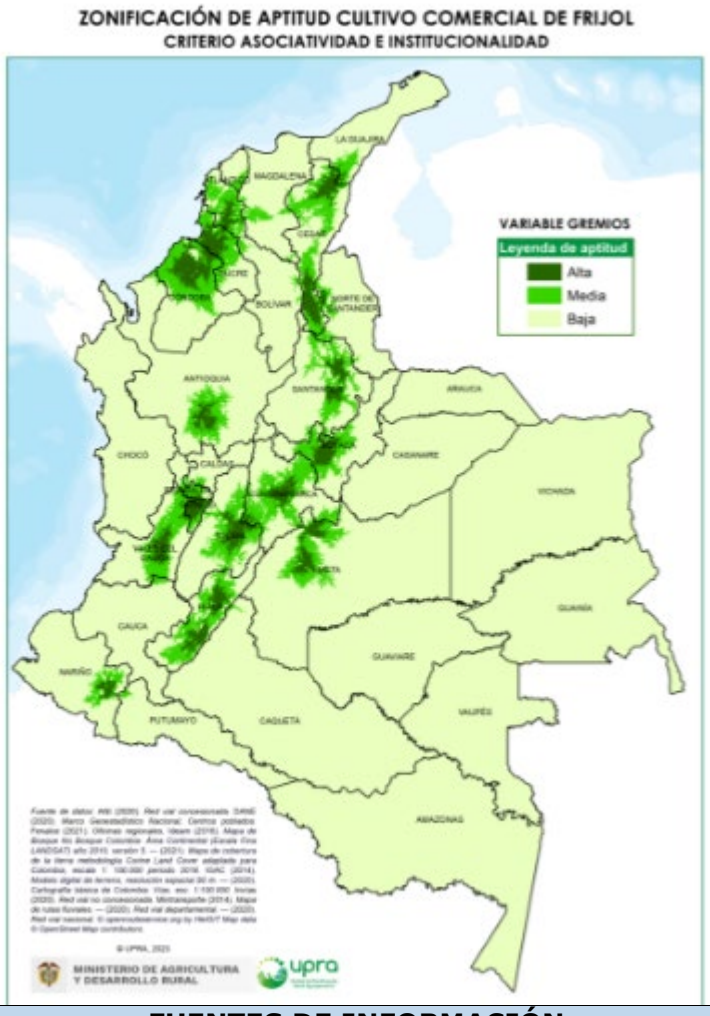
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud, teniendo en cuenta los tiempos de desplazamiento desde la sede de Fenalce: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1-2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Alcaldía de Medellín. (2020). *Registro 1 de la base catastral rural.* • Alcaldía de Santiago de Cali. (2020). *Registro 1 de la base catastral rural.* • DANE. (2020) *Marco geoestadístico nacional; Centros poblados* • IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC. • IGAC. (2020). *Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC • IGAC. (2020). *Registro 1 y 2 de la base catastral rural.* • Alcaldía Distrital de Barranquilla (2020). *Registro 1 y 2 de la base catastral rural*. • Área Metropolitana de Bucaramanga. (2020). *Registro 1 y 2 base catastral rural.* • Gobernación de Antioquia. (2020). *Registros básicos y complementarios de la información rural.* • Área Metropolitana Centro de Occidente. (2020). *Información sin asociación con la base catastral rural.*

3.4.3. Variable *Agrosavia*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE	
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**
COMPONENTE: socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** social	

<table>
<tr><td colspan="3">CRITERIO: Asociatividad e institucionalidad</td></tr>
<tr><td>VARIABLE: Agrosavia</td><td colspan="2">UNIDAD DE MEDIDA: tiempo de desplazamiento en horas</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>Restricción legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">DEFINICIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="3">Sedes de la entidad, cuya función es desarrollar y ejecutar actividades de investigación y transferencia de procesos de innovación tecnológica en el sector agropecuario. Facilidad con la que se puede alcanzar desde otros puntos en el territorio a un centro de Agrosavia.</td></tr>
<tr><td colspan="3">IMPORTANCIA DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="3">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 los cultivos comerciales.

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. Representa para los productores la posibilidad de acceso a conocimientos y desarrollos tecnológicos para el manejo de investigaciones agrícolas y, en general, a los servicios de la Corporación.</td></tr>
<tr><td colspan="3">VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO</td></tr>
<tr><td colspan="3">En el análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como Zonas no aptas (N1).</td></tr>
<tr><td colspan="3">LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="3">La cobertura de Agrosavia es nacional, por lo que los puntos de referencia de las sedes, limita el análisis de la variable.</td></tr>
<tr><td colspan="3">METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="3">1. Información.

Agrosavia. (2019). Centros de investigación Agrosavia.

2. Precisión de la información.

La metodología de isocronas empleadas por la UPRA es un proceso, a través del cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales, tramos fluviales navegables, senderos y coberturas de la tierra, teniendo en cuenta la pendiente calculada con el modelo digital de terreno, (resolución espacial de 90 m) y su influencia sobre la velocidad de desplazamiento.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isocronas:

Tipo 1: vías que conectan capitales departamentales.
Tipo 2: vías que conectan cabeceras municipales.
Tipo 3: vías que conectan veredas con cabeceras o veredas entre sí.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.</td></tr>
</table>

Estas vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, la ANI, el Invias, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invias y se le asignaron velocidades a través de muestreos de información por departamento a través de *Open Route Service* para viajes en automóvil, adicionalmente se realizó un ajuste a las velocidades para transporte de carga teniendo en cuenta la información obtenida del servicio *Sicetac* del Ministerio de Transporte.

Para completar la superficie de costos de desplazamiento a nivel nacional, se usaron los insumos de tramos fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.

Finalmente, con la capa de costos de desplazamiento nacional, se calcula un costo acumulado de desplazamiento desde diferentes puntos de interés en el territorio, obteniendo las isocronas, las cuales se clasifican en horas y representan las áreas de igual valor en tiempo a las cuales se puede llegar desde las sedes de Agrosavia.

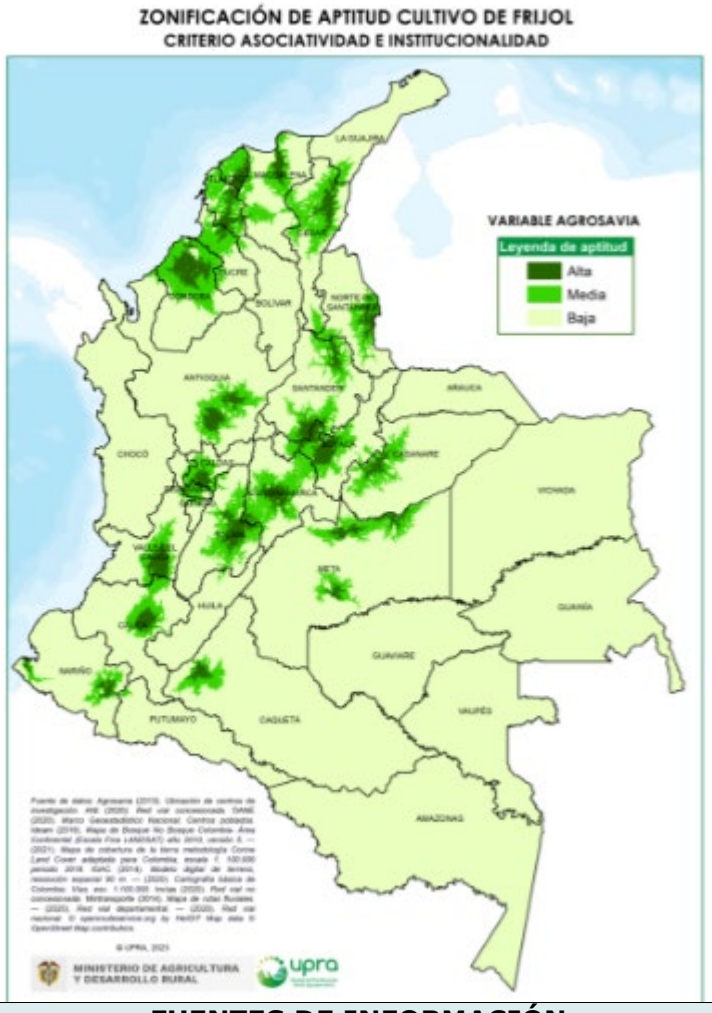
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud, con base en los tiempos de desplazamiento a las sedes de Agrosavia: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 1	Alta (A1)
1- 2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agrosavia. (2019). *Centros Agrosavia.*
- ANI (2020). *Red vial concesionada.*
- DANE. (2020) *Marco geoestadístico nacional; Centros poblados*
- IGAC. (2012). *cartografía básica esc. 1:100.000. Bogotá: IGAC.*
- IGAC. (2014). *Modelo digital de elevación a 30 m. Bogotá*: IGAC.
- IGAC. (2020). *Red vial no concesionada.*
- MinTransporte. (2014). *Mapa de rutas fluviales.* Bogotá: Mintransporte.
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental.* Bogotá: Mintransporte.
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional.* Bogotá: Mintransporte.

3.4.4. Variable *entidades prestadoras de servicio de extensión agropecuaria (EPSEA)*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE	
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**
COMPONENTE: socioeconómico. **SUBCOMPONENTE:** social	
CRITERIO: asociatividad e institucionalidad	

VARIABLE: entidades prestadoras de servicio de extensión agropecuaria (EPSEA)		**UNIDAD DE MEDIDA:** tiempo de desplazamiento en horas
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Facilidad de acceso a entidades municipales de asistencia técnica Agropecuaria (Umata), Centros provinciales de gestión agroempresarial (CPGA), gremios agropecuarios, empresas privadas o de naturaleza mixta, asociaciones de profesionales, universidades y demás instituciones de educación superior, agencias de desarrollo local (ADL), entidades sin ánimo de lucro, organizaciones o asociaciones de productores, entre otros que tengan por objeto la prestación del servicio de extensión o asistencia técnica agropecuaria, cumpliendo los requisitos de habilitación de qué trata el artículo 33 de la Ley 1876 de 2017.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a los servicios de asistencia técnica agropecuaria, a través de un desarrollo sostenible de las actividades agrícolas, pecuarias, acuícolas y forestales, permitiendo un acompañamiento integral a los productores, facilitando el incremento de sus índices de productividad y competitividad.

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

Temporalidad de la información, debido a que se están habilitando las EPSEA en diferentes zonas a lo largo del tiempo; dependiendo de la entidad u organización que se habilite, tiene una cobertura geográfica diferente a la isocrona, caso de la Umata que sirva al municipio.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

ANT. (2022). Registro de entidades prestadoras del servicio de extensión agropecuaria-EPSEA

2. Precisiones de la información.

La metodología de isocronas empleadas por la UPRA es un proceso, a través del cual se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales, tramos fluviales navegables, senderos y coberturas de la tierra, teniendo en cuenta la pendiente calculada con el modelo digital de terreno (resolución espacial de 90 metros) y su influencia sobre la velocidad de desplazamiento.

Tipos de vías terrestres empleadas en el algoritmo de isocronas:

Tipo 1: vías que conectan capitales departamentales.
Tipo 2: vías que conectan cabeceras municipales.
Tipo 3: vías que conectan veredas con cabeceras o veredas entre sí.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Estas vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de transporte, la ANI, el Invias, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invias y se le asignaron velocidades a través de muestreos de información por departamento a través de *Open Route Service* para viajes en automóvil, adicionalmente se realizó un ajuste a las velocidades para transporte de carga teniendo en cuenta la información obtenida del servicio *Sicetac* del Ministerio de Transporte.

Para completar la superficie de costos de desplazamiento a nivel nacional, se usaron los insumos de tramos fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.

Finalmente, con la capa de costos de desplazamiento nacional, se calcula un costo acumulado de desplazamiento desde diferentes puntos de interés en el territorio, obteniendo las isocronas, las cuales se clasifican en horas y representan las áreas de igual valor en tiempo a las cuales se puede llegar desde la ubicación de las 162 entidades prestadoras habilitadas por la ADR, las cuales se encuentran en 74 municipios.

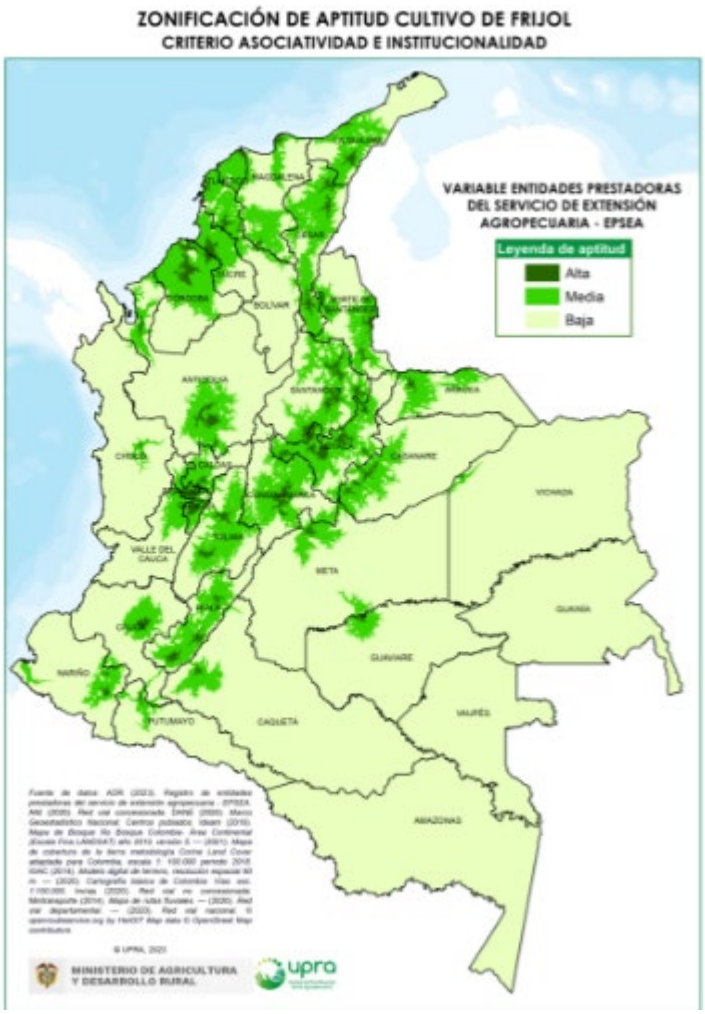
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud, con base en los tiempos de desplazamiento a las sedes de la EPSEA: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< ½	Alta (A1)
1/2-2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- ADR. (2022). Registro de entidades prestadoras del servicio de extensión agropecuaria- EPSEA.
- ANI (2020). *Red vial concesionaria.*
- DANE. (2020) Marco geoestadístico nacional; Centros poblados
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

- IGAC. (2014). Método digital de elevación a 30 m.
- IGAC. (2020). Cartografía básica; vías, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC
- Invias. (2020). *Red vial no concesionada*
- MinTransporte. (2014). Mapa de tramos fluviales navegables. Bogotá: MinTransporte
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental y nacional.*

3.4.5. Variable *ICA*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: Socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** social		
CRITERIO ASOCIADO: asociatividad e institucionalidad		
VARIABLE: ICA	**UNIDAD DE MEDIDA:** tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Facilidad con la que se puede alcanzar desde otros puntos en el territorio una sede del ICA, la cual es la entidad oficial sanitaria, cuya función es elevar el estatus fitosanitario para mejorar las condiciones de inocuidad de la producción agroalimentaria nacional, aumentar la competitividad de las actividades agropecuarias y obtener admisibilidad sanitaria en los mercados internacionales.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Contribuye al desarrollo sostenido del sector agrícola, la prevención, vigilancia y control de los riesgos sanitarios, biológicos y químicos para la producción comercial de los cultivos. Productores con posibilidades de acceso a la asesoría para el manejo, producción de semilla, control de agroinsumos y control fitosanitario de los cultivos agrícolas, pueden obtener mayores productividades lo cual se traduce en una producción más competitiva.		
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		
No hay sedes del ICA, en todo el territorio nacional.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
1. Información.		

ICA (2020). Oficinas del ICA.

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 modelo de elevación digital de 30 metros, 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.

Estas vías se obtuvieron de fuentes oficiales como el Ministerio de Transporte, la ANI, el Invias, el IGAC y de fuentes libres como *Open Street Maps*, se clasificaron en tipo según las definiciones del manual de diseño de carreteras del Invias y se le asignaron velocidades a través de muestreos de información por departamento a través de *Open Route Service* para viajes en automóvil, adicionalmente se realizó un ajuste a las velocidades para transporte de carga teniendo en cuenta la información obtenida del servicio *Sicetac* del Ministerio de Transporte.

Para completar la superficie de costos de desplazamiento a nivel nacional, se usaron los insumos de tramos fluviales y coberturas de la tierra a las cuales se les asignan unas velocidades de desplazamiento promedio a través de ellas.

Finalmente, con la capa de costos de desplazamiento nacional, se calcula un costo acumulado de desplazamiento desde diferentes puntos de interés en el territorio, obteniendo las isocronas, las cuales se clasifican en horas y representan las áreas de igual valor en tiempo a las cuales se puede llegar desde las sedes del ICA.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

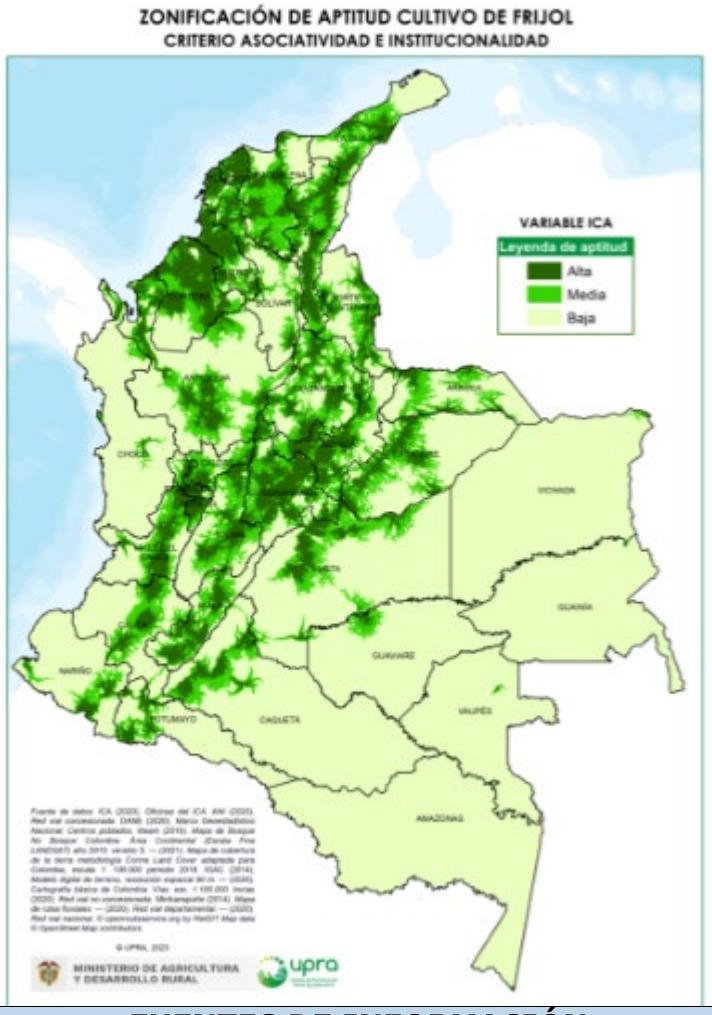
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud, con base en los tiempos de desplazamiento a la sede del ICA: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud

< 1	Alta (A1)
1-2	Media (A2)
> 2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- ANI (2020). *Red vial concesionaria*
- DANE. (2020). *Marco geoestadístico nacional; Centros poblados*
- ICA. (2020). *Oficinas del ICA*. Bogotá: ICA.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). *Modelo digital de elevación a 30 m*.
- IGAC. (2020). *Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC
- INVIAS. (2020). *Red vial no concesionada*
- MinTransporte (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables.* Bogotá: MinTransporte.
- MinTransporte. (2020). *Red vial departamental.* Bogotá: MinTransporte.
- MinTransporte. (2020). *Red vial nacional.* Bogotá: MinTransporte.

3.5. Criterio seguridad ciudadana

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE L TIERRA (TUT)	**Cultivo comercial de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** social		
CRITERIO: seguridad ciudadana		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Extorsiones rurales, expresadas en tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes.
- Hurtos rurales, expresados en tasa de hurtos rurales por cada 1000 habitantes.
- Secuestros rurales, expresados en tasa de secuestros rurales por cada 1000 habitantes.
- Homicidios rurales, expresados en tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes.

DEFINICIÓN

Pretende mostrar dónde las personas pueden vivir libres de la violencia y el delito, además de la ocurrencia de peligro o afectaciones a la integridad física, así como el riesgo de pérdida de la libertad y del patrimonio por acciones por fuera de la Ley.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Refleja información de municipios 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, hurtos 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 y situaciones irregulares, menor será la aptitud de la zona.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

En las bases de datos entregadas por PONAL, para los delitos de secuestro, extorsión, hurtos 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 (*Analytic Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cuatro variables, posteriormente, teniendo en cuenta el software PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se calcularon las ponderaciones de cada variable dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variable	Extorsiones rurales	Hurtos rurales	Secuestros rurales	Homicidios rurales	Ponderación de la variable (%)
Seguridad ciudadana	Extorsiones rurales	1				54,0
	Hurtos rurales	1/3	1			27,5
	Secuestros rurales	1/5	1/3	1		12,3
	Homicidios rurales	1/5	1/5	1/3	1	6,2

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**			

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

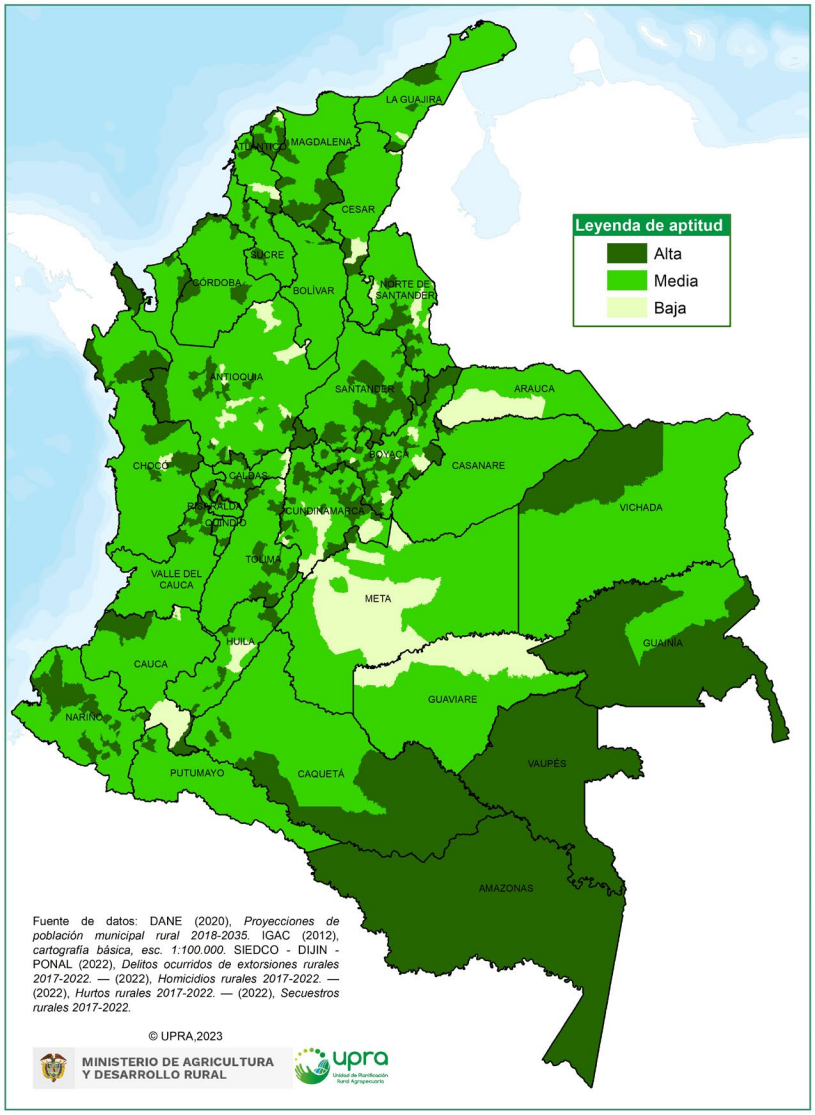
Para cada categoría se realizó una reclasificación numérica, la cual consiste en asignar un peso o valor en tres categorías de aptitud para el criterio: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Extorsiones rurales	Tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤ 0,2205	> 0,2205
Hurtos rurales	Tasa de hurtos rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤6.1507	>6.1507
Secuestros rurales	Tasa de secuestros rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤0,0582	> 0,0582

Homicidios rurales	Tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤0,7429	> 0,7429

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE FRIJOL
CRITERIO SEGURIDAD CIUDADANA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Comisión Interamericana de Derechos Humanos (2009). *Informe sobre seguridad ciudadana y derechos humanos*. Recuperado de www.cidh.oas.org/.../SEGURIDAD%20CIUDADANA
- Código de procedimiento penal. Ley 906 de 2004.
- DANE (2018). *Censo nacional de Población y Vivienda_ Población centro poblado y rural disperso.* Bogotá: DANE.
- IGAC. (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* Bogotá: 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-*Grupo Información de Criminalidad (GICRI)* DIJIN. 2018-2022. Recuperado de: <www.policia.gov.co/grupo-información-criminalidad/estadistica-delictiva>. Bogotá´: Policía Nacional
- Ley 1944 de 2018. Recuperado de <http://es.presidencia.gov.co/normativa/normativa>.
- Ley 599 de 2000. Recuperado de: <http://www.secretariasenado.gov.co/senado>.
- Ley 1801 de 2016. Recuperado de: <http://www.secretariasenado.gov.co/senado>.
- INMLCF (2018). Homicidio Colombia 2008. Bogotá: INMLCF
INMLCF. (2014). Comportamiento del homicidio en Colombia 2013.

3.5.1. Variable *extorsiones rurales*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** social		
CRITERIO: seguridad ciudadana		
VARIABLE: extorsiones rurales	**UNIDAD DE MEDIDA:** tasa por cada 1000 habitantes	
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción 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 jurídicos con ánimo de lucro y con la intención de producir un perjuicio de carácter patrimonial.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Los productores agropecuarios están expuestos a la ocurrencia de la actividad extorsiva que afecta directamente la integridad del productor y sus ingresos, por ello la variable al mostrar su comportamiento del delito; constituye una herramienta para el sector, los productores y potenciales inversores, al permitir conocer a través de la información reportada el comportamiento del delito a nivel municipal. Podría contribuir también, al ser evidenciado en la formulación de políticas públicas para su control por parte del gobierno nacional o para 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 (CNPV), Población proyecta para el año 2022.
Policía Nacional 2022. Dirección de Investigación Criminal e Interpol. 2018 a 2022.

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 2018-2022.
b. Luego, con base en las series de proyección de población municipal del DANE (2022), de los Microdatos del Censo (CNPV -2018), para el país, se tomó la población por municipio proyectada para el año 2022, 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 donde no ocurrió el delito, 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 en 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 dos grupos el total de datos disponibles, 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 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 0,2205 casos de extorsiones rurales por cada mil habitantes rurales. Aptitud baja (A3): municipios del resultado del segundo clúster, donde se han reportado más de 0,2205 casos de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes rurales.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

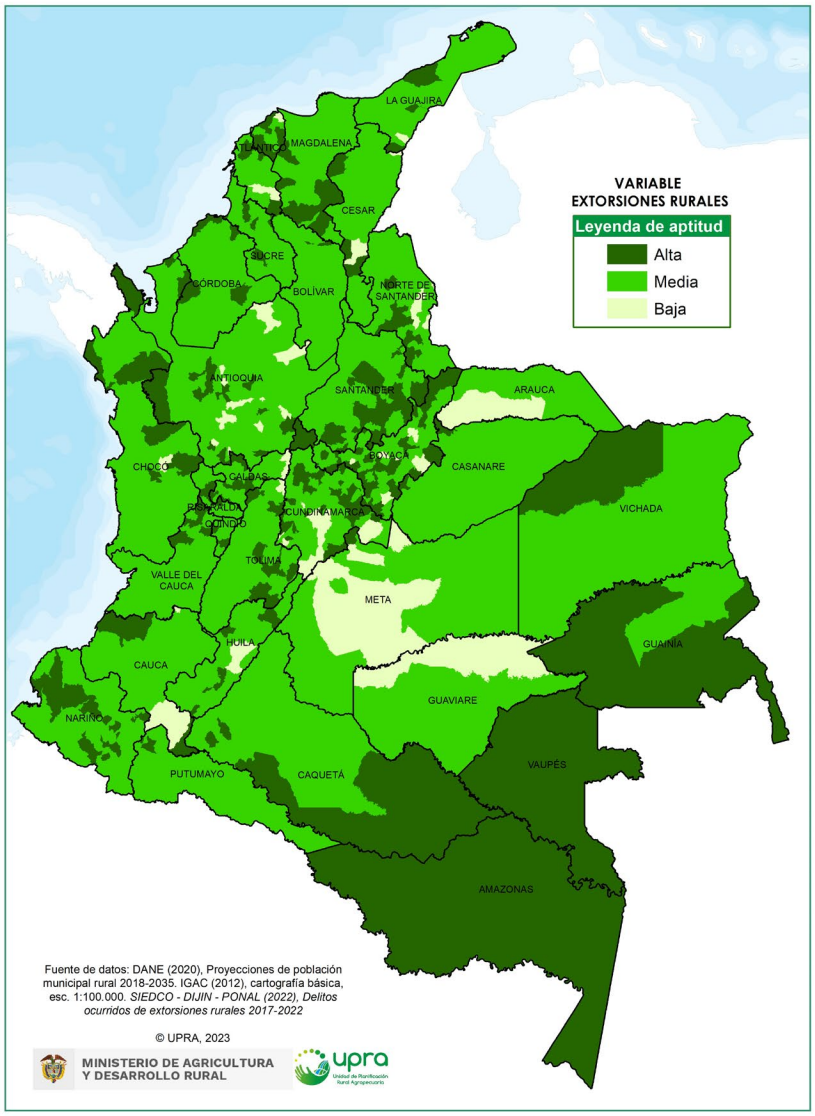
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Tasa de extorsiones por cada 1000 habitantes	Aptitud
Sin ocurrencia del delito	Alta (A1)
≤ 0,2205	Media (A2)
> 0,2205	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE FRÍJOL
CRITERIO SEGURIDAD CIUDADANA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Código de procedimiento penal. Ley 906 de 2004. DANE (2018). *Censo nacional de Población y Vivienda_ Población centro poblado y rural disperso*. Bogotá: DANE.
- Código Penal Colombiano. Ley 599 de (2000). Artículo 244. Recuperado de: <http://www.secretariasenado.gov.co/senado>.
- DANE. (2018). *Censo nacional de Población y Vivienda_ Población centro poblado y rural disperso.* Bogotá: DANE.
- IGAC. (2019*). Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: 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. (2022). *Datos 2018-2022*. *Grupo Información de Criminalidad (GICRI*). Policía Nacional-DIJIN. Bogotá: Policía Nacional.

3.5.2. Variable *hurtos rurales*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** social		
CRITERIO: Seguridad ciudadana		
VARIABLE: hurtos rurales	**UNIDAD DE MEDIDA:** Tasa de hurtos rurales por cada 1000 habitantes	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Apoderarse de un bien ajeno, con el propósito de obtener provecho para sí o para otro (Artículos 239 y 240 de la Ley 599 de 2000).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
La producción en el sector rural se ha visto afectada por la delincuencia común, que ha traído consigo toda clase de hurtos contra los bienes muebles de las personas, entre ellos el hurto a motocicletas, comercio, personas, residencia y automotores, razón por la cual la variable merece especial importancia, toda vez que indica la vulnerabilidad o posible riesgo de los bienes muebles tanto de los pobladores como de los potenciales inversores ubicados en las zonas de alta posibilidad de amenaza de hurto, lo cual atenta contra la seguridad y la integridad de los bienes muebles de la población y las dinámicas productivas establecidas.		
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 hurto rural, 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. DANE. (2018). Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV), Población		

proyecta para el año 2022.
Policía Nacional. (2022). Dirección de Investigación Criminal e Interpol. 2018 a 2022.

2. Precisiones de la información.

Se analizó el número de hurtos a motocicletas, comercio, personas, residencia y automotores 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 hurtos a motocicletas, comercio, personas, residencia y automotores en zona rural respecto a la población rural de cada municipio; para este objetivo se construyó el índice de hurtos rurales por cada 1000 habitantes rurales, de la siguiente forma:

a. A partir de las series históricas del número de hurtos registrados en la zona rural para el período 2018-2022 (remitidas por la Policía Nacional), se realizó la sumatoria de los cinco años.
b. Luego, con base en las series de proyección de población municipal del DANE (2022), de los microdatos del Censo Nacional de Población y Vivienda (2018), para el país se tomó la población por municipio proyectada para el año 2022 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 hurtos 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 hurtos por cada 1000 habitantes que combina la información para los cinco (5) años de la serie se dividió la serie en dos grupos: i. el primero, con los municipios que no registraron hurtos y, ii. el segundo, los municipios que tenían uno o más casos de hurtos registrados.

A continuación, al primer grupo de municipios que no contaban con casos registrados, 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 en 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 hurtos 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 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 6,1507 casos de hurto rural por cada 1000 habitantes. Aptitud baja (A3): municipios del resultado del segundo clúster, donde se han reportado más de 6,1507 casos de hurto rural por cada 1000 habitantes.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

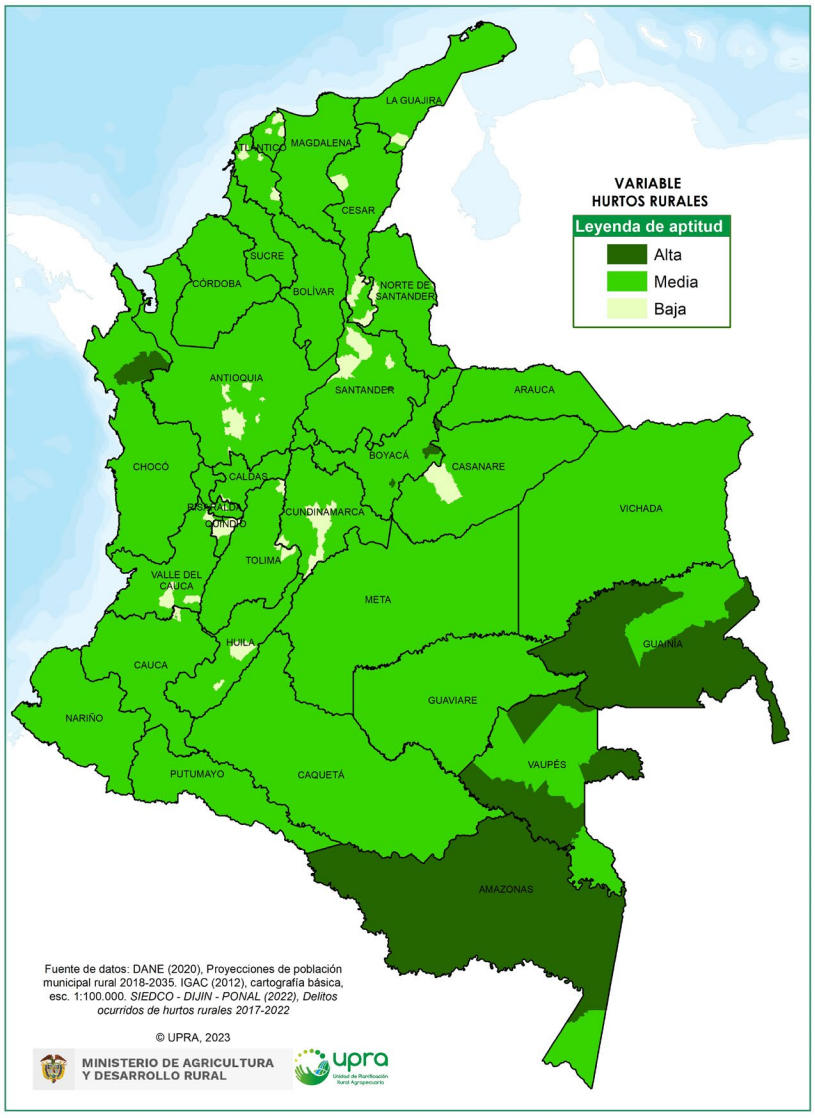
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Tasa de hurtos rurales por cada 1000 habitantes	Aptitud
Sin ocurrencia del delito	Alta (A1)
≤ 6,1507	Media (A2)
> 6,1507	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tasa de hurtos rurales por cada 1000 habitantes

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE FRÍJOL
CRITERIO SEGURIDAD CIUDADANA



FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2018). *Censo nacional de Población y Vivienda_ Población centro poblado y rural disperso*. Bogotá: DANE.
- IGAC. (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC
- Ley 599 DE 2000 Código Penal Colombiano, artículo 243. Recuperado de: <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. (2022). *Datos 2018-2022. Grupo Información de Criminalidad* (GICRI). Policía Nacional-DIJIN. Bogotá: Policía Nacional.

3.5.3. 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">Cultivos comerciales de fríjol (Phaseolus vulgaris L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (Vigna unguiculata (L.) Walp.)</td></tr>
<tr><td colspan="4">COMPONENTE: socioeconómico SUBCOMPONENTE: social</td></tr>
<tr><td colspan="4">CRITERIO: 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>Restricción legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">DEFINICIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="4">«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, artículo 168).</td></tr>
<tr><td colspan="4">IMPORTANCIA DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="4">La producción en el sector rural, se ha visto especialmente afectada por el conflicto interno, que ha traído consigo toda clase de delitos contra los derechos humanos, entre ellos el secuestro, razón por la cual, la variable merece especial importancia, toda vez que indica la vulnerabilidad o posible riesgo tanto de la población como de los potenciales inversores ubicados en las zonas de alta posibilidad de amenaza de secuestro, lo cual atenta contra la seguridad y la integridad de la población y la interrupción de las redes sociales y las dinámicas productivas establecidas.</td></tr>
<tr><td colspan="4">LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="4">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).</td></tr>
<tr><td colspan="4">METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="4">1. Información.

DANE. (2018), Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV), Población proyecta para el año 2022.
Policía Nacional. (2022). Información de secuestros: 2018 a 2022.

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.</td></tr>
</table>

3. Análisis de consistencia y preparación de la información.

La construcción de esta variable se inicia relativizando la información del número de secuestros en zona rural respecto a la población rural de cada municipio; para este objetivo se calculó el "*índice de secuestros rurales por cada 1000 habitantes rurales*", de la siguiente forma:

a. A partir de las series históricas del número de secuestros registrados en la zona rural para el período 2018-2022, se realizó la sumatoria de los cinco años.
b. Luego, con base en las series de proyección de población municipal del Departamento Administrativo Nacional de Estadística (2022), de los Microdatos del Censo Nacional de Población y Vivienda (2018), para el país se tomó la población por municipio proyectada para el año 2022, 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 secuestros y el segundo, con los municipios que tenían uno o más casos de secuestros registrados.

A continuación, al primer grupo de municipios que no contaban con casos registrados, 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-clusters 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 en 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) 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 del mismo 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.

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 0,0582 casos de secuestros rurales por cada mil habitantes rurales. Aptitud baja (A3): municipios del resultado del segundo clúster, donde se han reportado más de 0,0582 casos de secuestros rurales por cada 1000 habitantes rurales.

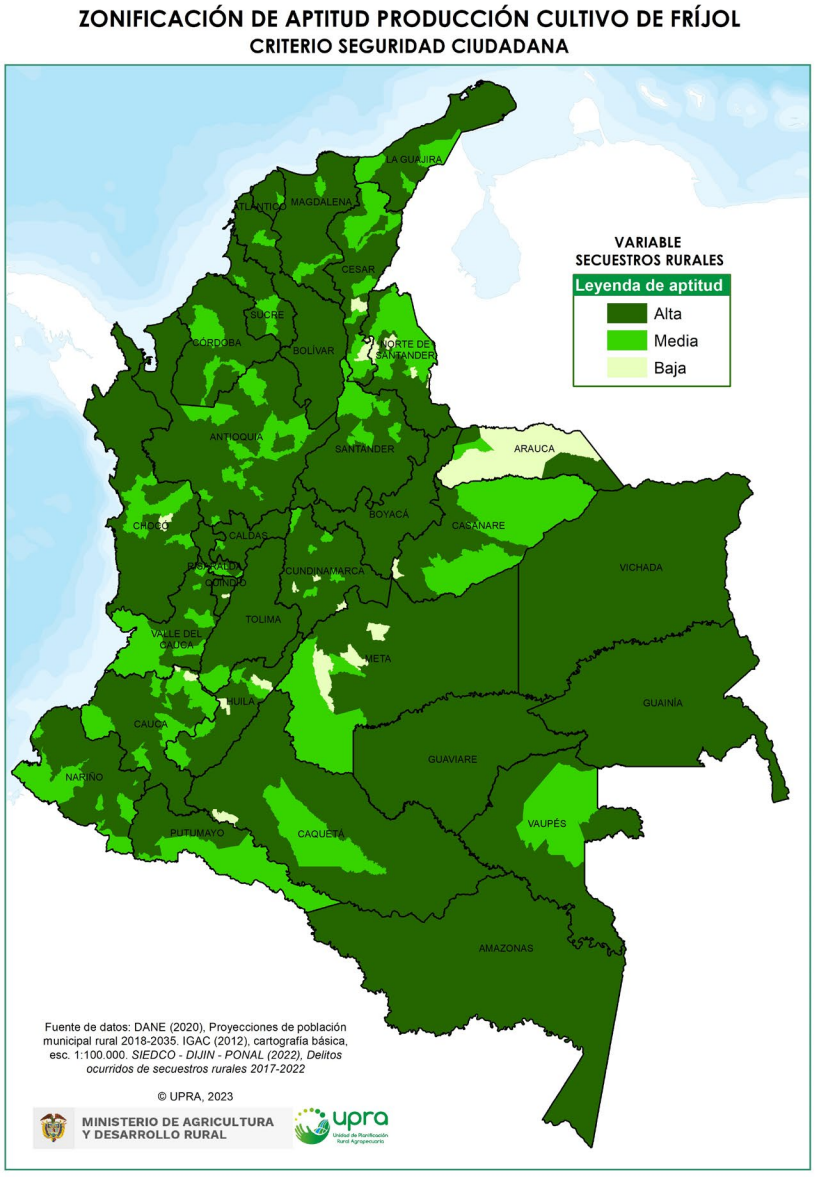
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Tasa de secuestros rurales por cada 1000 habitantes	Aptitud
Sin ocurrencia del delito	Alta (A1)
≤ 0,0582	Media (A2)
> 0,0582	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tasa de secuestros rurales por cada 1000 habitantes

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2018). *Censo nacional de Población y Vivienda_ Población centro poblado y rural disperso.* Bogotá: DANE.
- IGAC. (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* Bogotá:

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.
- Ley 599 DE 2000. Código Penal Colombiano. Artículo 168. Recuperado de: <http://www.secretariasenado.gov.co/senado>.
- Ley 986 de 2005. "*Medidas de protección a víctimas del secuestro, toma de rehenes y desaparición forzada*"
- Ley 986 de 2005. "*Medidas de protección a víctimas del secuestro, toma de rehenes y desaparición forzad*a"
- Policía Nacional. (2022). *Grupo Información de Criminalidad (GICRI).* Policía Nacional-DIJIN. *Datos 2018-2022*. Bogotá: Policía Nacional.

3.5.4. Variable *homicidios rurales*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** social		
CRITERIO: Seguridad ciudadana		
VARIABLE: homicidios rurales	**UNIDAD DE MEDIDA:** tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
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)» (Instituto nacional de medicina legal y ciencias forenses, 2013).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
La población rural se ve afectada por la ocurrencia de esta actividad violenta que atenta directamente la vida de las personas que son una parte muy importante de la actividad productiva, es por ello que la variable constituye una herramienta para el sector, los productores y potenciales inversionistas, al generar una imagen a través de la información reportada del comportamiento del delito a nivel municipal. Y así poder generar alertas que propicien la formulación de políticas públicas para su control por parte del gobierno nacional o para tomar las medidas de mitigación respectivas por parte de los productores o posibles inversores.		
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

Las fuentes de información consultadas para la variable homicidios rurales, no se cuenta 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), Censo Nacional de Población y Vivienda (CNPV), Población proyecta para el año 2022.
Policía Nacional. (2022). Casos de homicidios en Zona rural 2018 a 2022.

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. A partir de las series históricas del número de homicidios registrados en la zona rural para el período 2018-2022 se realizó la sumatoria de los cinco años.
B. Luego, con base en las series de proyección de población municipal del DANE (2022), 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 2022, 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 en 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) 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.

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 0,7429 casos de homicidios rurales por cada mil habitantes rurales. Aptitud baja (A3): municipios del resultado del segundo clúster, donde se han reportado más de 0,7429 casos de homicidios rurales por cada 1000 habitantes rurales.

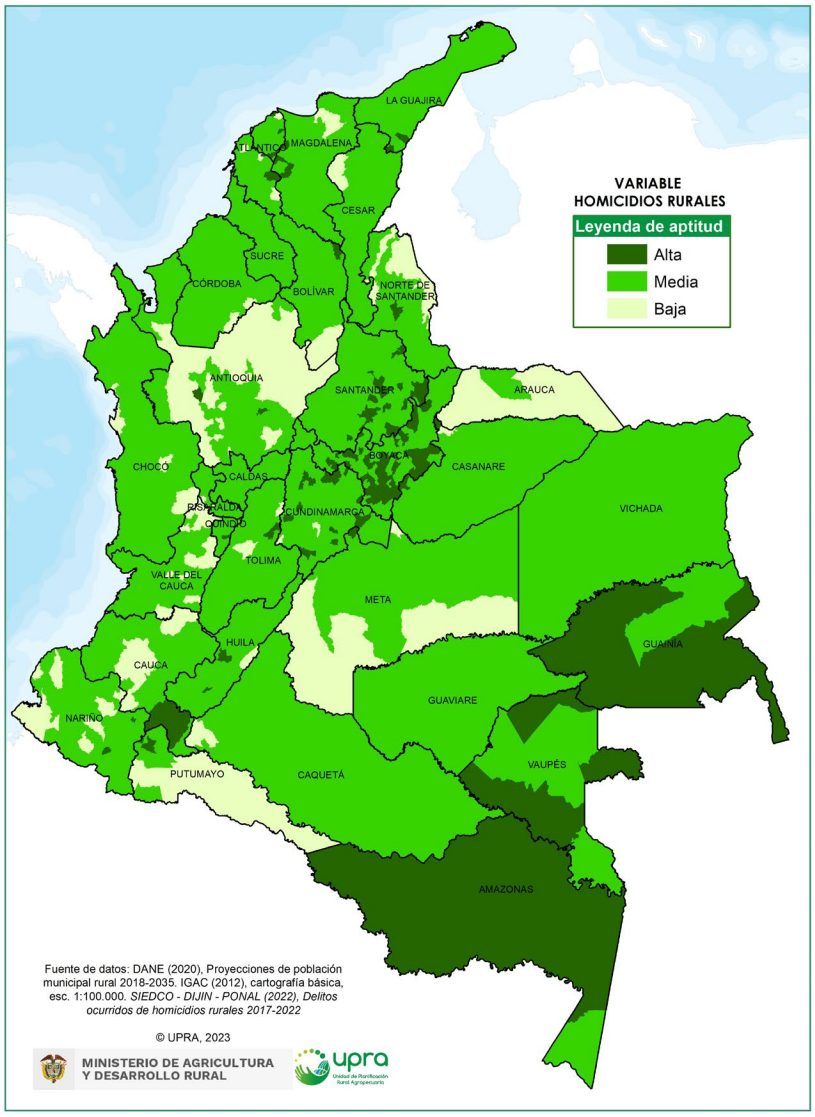
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo 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)
≤ 0,7429	Media (A2)
> 0,7429	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- DANE. (2018*). Censo nacional de Población y Vivienda_ Población centro poblado y rural disperso.* Bogotá: DANE.
- IGAC. (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- INMLCF. *Homicidio Colombia 2008*. Bogotá: Instituto Nacional de Medicina Legal
- INMLCF. *Comportamiento del Homicidio en Colombia* 2013.
- Ley *599 de (2000). Artículo 103.* Recuperado de: <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. (2022). Grupo Información de Criminalidad (GICRI). Policía Nacional-DIJIN. *Datos 2018-2022*. Bogotá: Policía Nacional.

3.6. Criterio dinámica del mercado de tierras

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** económico		
CRITERIO ASOCIADO: dinámica del mercado de tierras		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Tamaño predial rural, expresado en hectáreas.
- Arriendo rural, expresado en miles COP$/ha/año.
- Avalúo catastral rural, expresado en millones COP$/ha.
- Tendencia a la formalidad, expresada en predios.

DEFINICIÓN

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 del acceso a la tierra para la producción de fríjol, al mostrar el impacto del tamaño, el arriendo, el precio de los predios a través de la utilización del avalúo catastral como un *proxi* de la tendencia del mismo y la formalidad, con el fin de focalizar las posibles inversiones en favor de acceder a la tierra para el desarrollo de la actividad.

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» (Artículo 5, Resolución 128 de 2017 MinAgricultura).

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 con tierras insuficientes, para que puedan ampliar sus áreas productivas y ser más competitivos.

Un productor busca predios económicos, de un buen tamaño para la actividad, con formalidad jurídica y que no tenga la presión del cambio de uso a usos urbanos, buscando disminuir 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 través de un índice para dejar todos los municipios en la vigencia 2020, parte de información desactualizada en la mayoría de los mismos.

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.

Por otra parte, actualmente, no 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

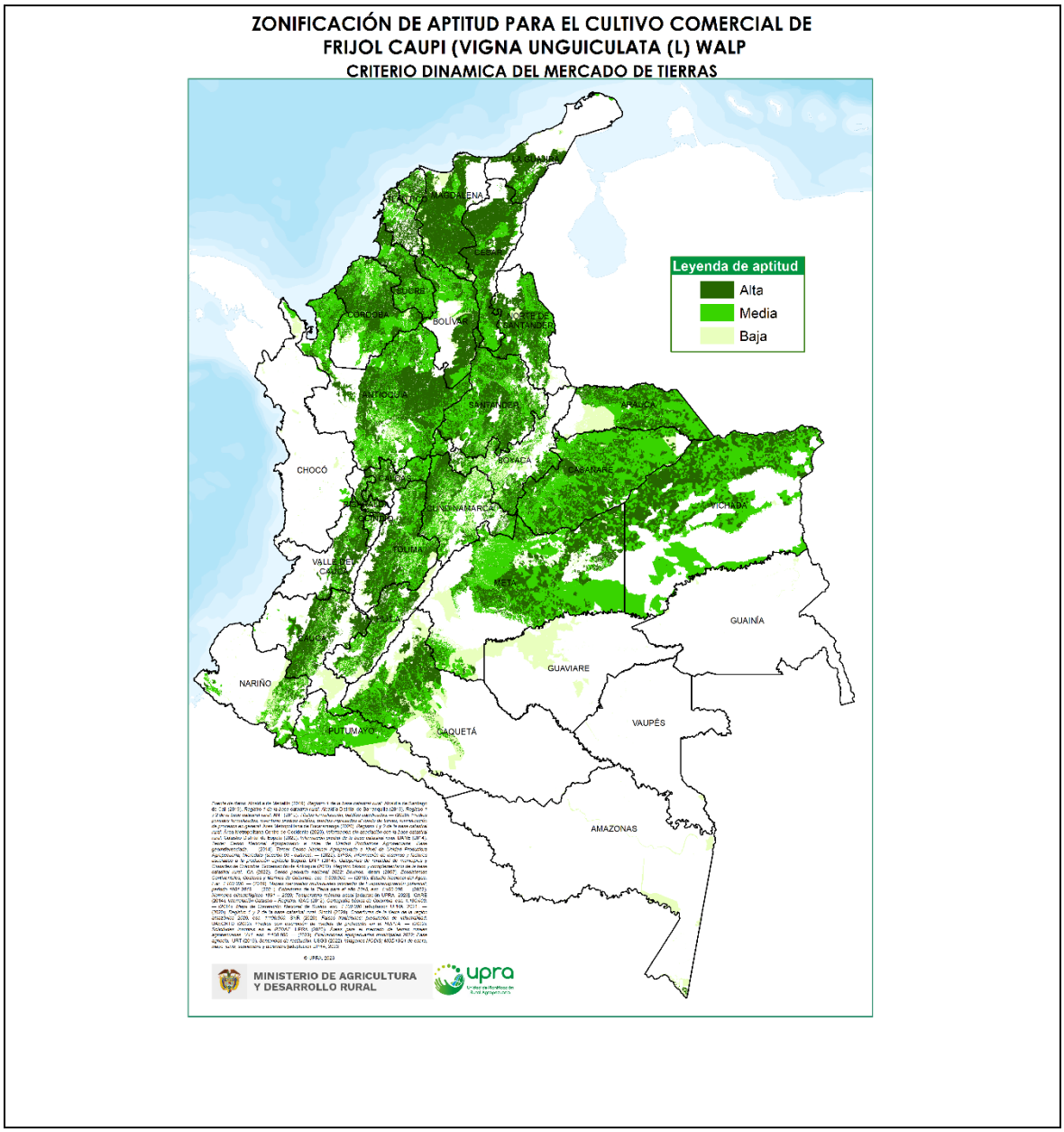
La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (*Analytic Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cuatro variables, posteriormente, teniendo en cuenta el software PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se calcularán las ponderaciones de cada variable dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Tamaño	Arriendo	Avalúo	Tendencia a la formalidad	Ponderación de la variable (%)
Dinámica mercado de tierras	**Tamaño**	1				54,0
	Arriendo	1/3	1			27,5
	Avalúo	1/5	1/3	1		12,3
	Tendencia a la formalidad	1/5	1/5	1/3	1	6,2

La escala de importancia dentro del proceso *AHP* tiene cuenta la valoración entre pares de variables:

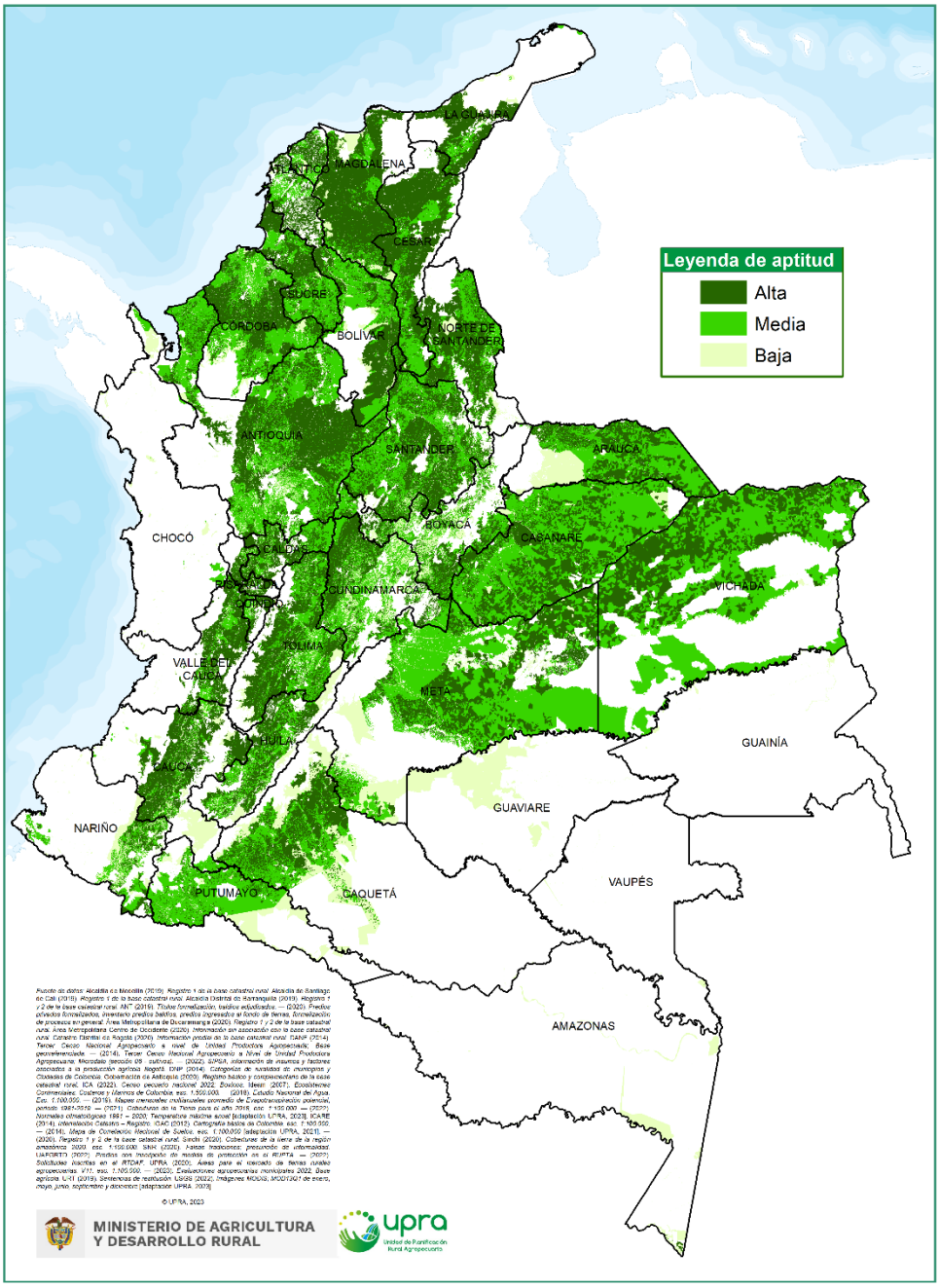
1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Sumamente	Muy fuertemente	Fuertemente	Moderadamente	Igualmente	Moderadamente	Fuertemente	Muy fuertemente	Sumamente
Menos importante				**Igual en importancia**	**Más importante**			

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD				
Variables	**Unidad de medida**	**Aptitud**		
		Alta (A1)	**Media (A2)**	**Baja (A3)**
Tamaño predial rural *Phaseolus vulgaris*	Predios (ha)	> 4,8	1,7-4.8	< 1,7
Tamaño predial rural *Vigna unguiculata*		> 8,8	2,3-8.8	< 2,3
Arriendo rural	Pesos (COP$) /ha	< 400.000	400.000-1.000.000	> 1.000.000
Avalúo catastral rural	Pesos (COP$) /ha	< 3,9 millones	3,9 millones-16 millones	> 16 millones y predios en propiedad horizontal (PH y condominio) y con destinos económicos industriales, comerciales y recreativos.
Tendencia a la formalidad	Predios	Con matrícula inmobiliaria sin presunción de informalidad	-	Predios sin información catastral, 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 y predios con inscripción en el RUPTA.
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO				


ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE
FRIJOL CAUPI (VIGNA UNGUICULATA (L) WALP
CRITERIO DINAMICA DEL MERCADO DE TIERRAS
Leyenda de aptitud
Alta
Media
Baja
CHOCÓ
ANTIOQUIA
SANTANDER
BOYACÁ
CASANARE
ARAUCA
VICHADA
CUNDINAMARCA
TOLIMA
META
GUAINÍA
GUAVIARE
VAUPÉS
NARIÑO
PUTUMAYO
CAQUETÁ
AMAZONAS
MINISTERIO DE AGRICULTURA
Y DESARROLLO RURAL
upra

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRÍJOL (PHASEOLUS VULGARIS L.)

CRITERIO DINAMICA DEL MERCADO DE TIERRAS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía Distrital de Barranquilla. (2020), Registro 1 y 2 de la base catastral rural.
- Alcaldía de Medellín. (2020). Base de datos catastral.
- Alcaldía de Santiago de Cali (2020), Registro 1 de la base catastral rural.
- Área Metropolitana de Bucaramanga. (2020). Registro 1 y 2 base catastral rural.
- Área Metropolitana Centro de Occidente. (2020). Información sin asociación con la base catastral rural.
- ANT. (2019). Títulos formalización, baldíos adjudicados, Bogotá: ANT.
- ANT. (2020). Predios privados formalizados, inventario predios baldíos, predios ingresados al fondo de Tierras, formalización de procesos en general.
- Catastro Distrital Bogotá. (2020). Información predial jurídica, física y económica.
- DANE. (2020). SIPSA. Sistema de información de precios. Datos de arriendo para actividades pecuarias. Bogotá: DANE.
- DNP. (2014). Categorías de ruralidad de municipios y ciudades de Colombia.
- Gobernación de Antioquia. (2019). Predial Rural Antioquía.
- IGAC. (2012). Cartografía básica escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2016). Base catastral, Registros 1 y 2. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2019). Base catastral, Registros 1 y 2. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). ICARE, Interrelación catastro registro.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (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. Recuperado de: < 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. Bogotá: SNR
- UAEGRTD. (2022). Solicitudes de inscripción en el registro de Tierras despojadas y abandonadas forzosamente.
- UAEGRTD. (2022) Predios con inscripción de medida de protección en el RUPTA.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2015). Mercado de tierras rurales productivas en Colombia. Caracterización, marco conceptual, jurídico e institucional. Bogotá: UPRA.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2022). Clasificación del áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias -V11. Bogotá: UPRA.

3.6.1. Variable *tamaño predial*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE	
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**

COMPONENTE: socioeconómico. **SUBCOMPONENTE:** social		
CRITERIO ASOCIADO: dinámica del mercado de tierras		
VARIABLE: tamaño predial	**UNIDAD DE MEDIDA**: hectárea	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Superficie de terreno en rangos de tamaños definidos de acuerdo con el comportamiento medio de la actividad de los cultivos de fríjol y de caupí, y las dimensiones consideradas apropiadas para una productividad competitiva.

Para efectos de la evaluación de tierras, 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 que tiene tierra insuficiente, pueda evidenciar dónde los tamaños prediales podrían ser apropiados para el desarrollo de la actividad productiva y dónde se dificultaría.

Esta actividad requiere de extensiones prediales pequeñas, por lo que podrían tener facilidad de acceso relacionada con la distribución predial actual del país.

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 desactualizados y en 80 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 Medellín. (2020). Base de datos catastral.
Alcaldía Distrital de Barranquilla. (2020). Base de datos catastral, registros 1 y 2.
Alcaldía de Santiago de Cali. (2020). Base de datos catastral.
Área Metropolitana de Bucaramanga. (2020). Registro 1 y 2 base catastral rural.
Área Metropolitana Centro de Occidente. (2020). Información sin asociación con la base catastral rural.
Catastro Distrital Bogotá. (2020). Información predial jurídica, física y económica.
Gobernación de Antioquia. (2020). Predial rural Antioquía.
IGAC. (2012). Cartografía básica escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
IGAC. (2020). 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 el cálculo de las áreas mínimas requeridas para que la actividad se realice de manera productiva, que además se comportan de manera representativa en el actual desarrollo de la actividad existente en el país, para lo cual se contó con el concepto de profesionales vinculados al proceso productivo y de especialistas quienes realizaron un ejercicio de costos que permitió determinar un área mínima necesaria para la una buena producción, también se analizaron las bases prediales de donde se reportan cultivos, para evidenciar la representatividad de los tamaños calculados, se validaron los rangos propuestos en visitas de campo y finalmente se realizó la propuesta de las tres categorías de aptitud a partir de integración de toda la información consultada.

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 del áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias V11, 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, donde 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, como 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 limitan que se puedan comprar o vender libremente en el mercado por su carácter inalienable.

Dentro de esta clasificación del áreas excluidas, también se tienen en cuenta las zonas urbanas que, si bien 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 excluidos del mercado de tierras
Zonas urbanas
Resguardos indígenas constituidos
Áreas reserva Ley 70 de 1993-Comunidades negras
Parques nacionales naturales (incluye las siguientes 6)
• Parques nacionales naturales
• Área única natural
• Santuario de flora
• Santuario de flora y fauna
• Vía parque
• Reserva natural
Parques regionales naturales
Áreas arqueológicas
AMEM Preservación (Áreas de manejo especial de la Macarena, Meta)
AMEM (Parques nacionales naturales)

	Reservas forestales de la Ley 2 tipo A
	Páramos no transformados antes de 2011 o que tienen traslape con otras figuras que prohíben las actividades agropecuarias
	Bienes de uso público
	Restricciones locales

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:

Tamaño predial rural *P. vulgaris*

Predios (ha)	Aptitud
> 4,8	Alta (A1)
1,7-4,8	Media (A3)
< 1,7	Baja (A3)

Tamaño predial rural *V. unguiculata*

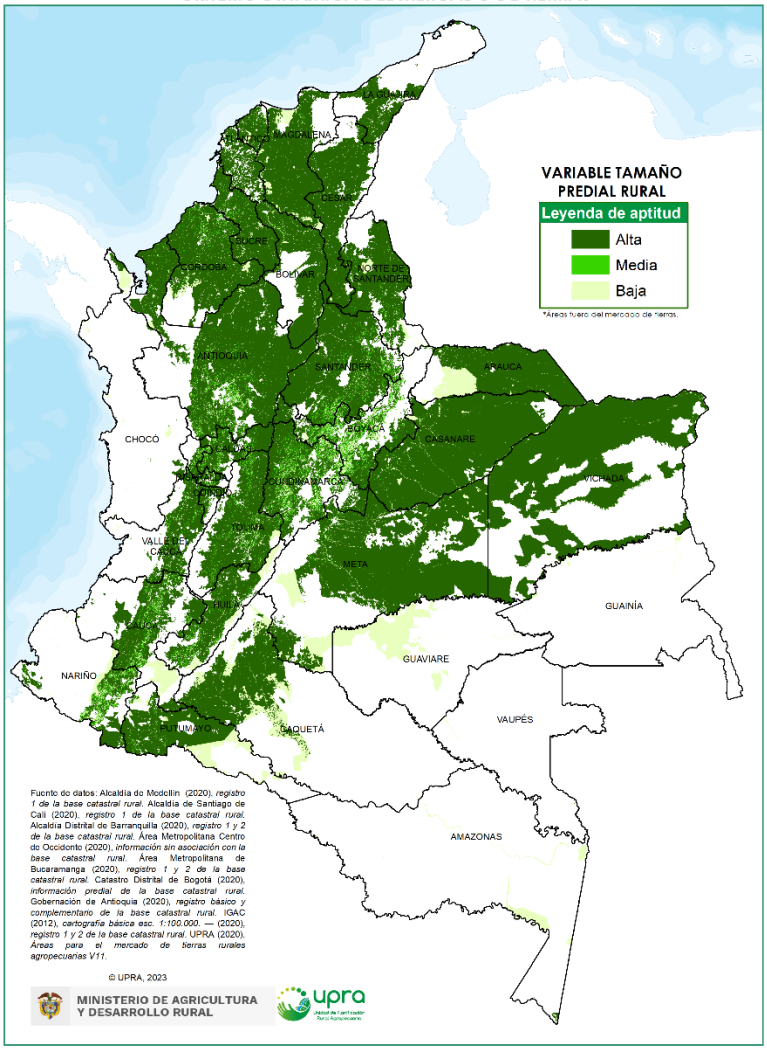
Predios (ha)	Aptitud
> 8,8	Alta (A1)
2,3-8,8	Media (A3)
< 2,3	Baja (A3)

Unidad de análisis	Predios

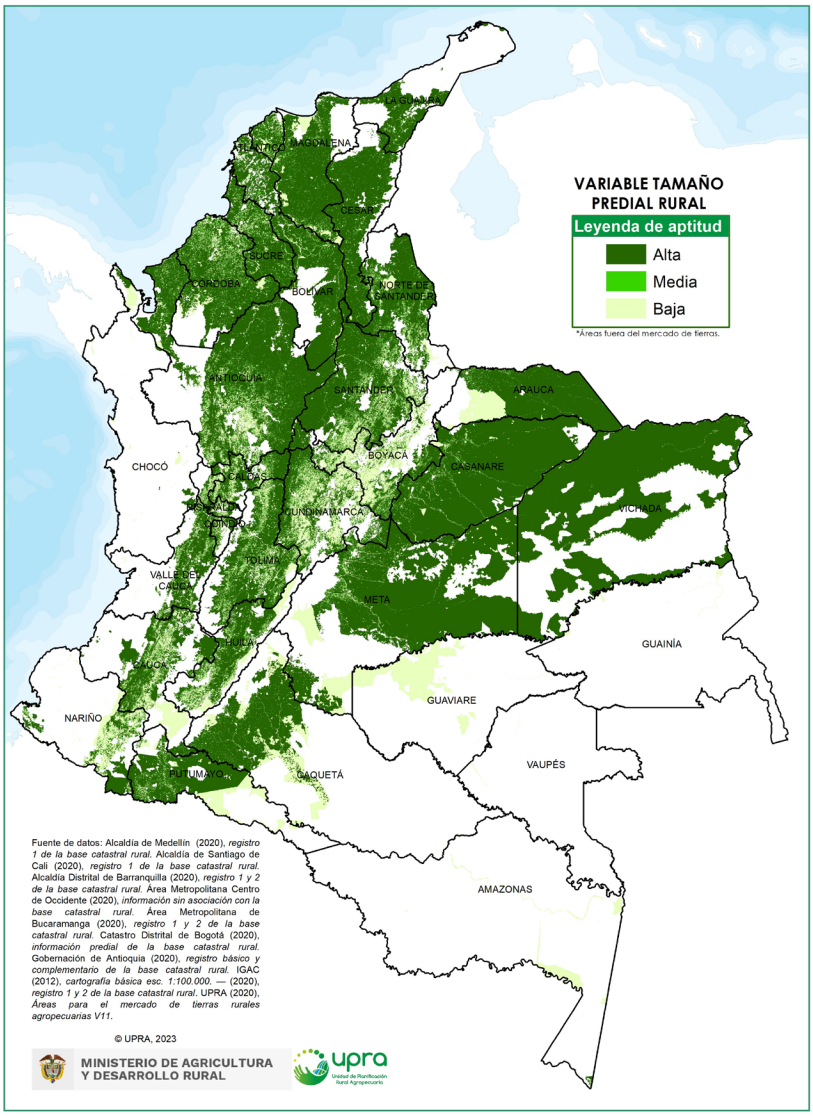
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRÍJOL (PHASEOLUS VULGARIS L.)

CRITERIO DINÁMICA DEL MERCADO DE TIERRAS



ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE FRÍJOL CAUPI
CRITERIO DINÁMICA DEL MERCADO DE TIERRAS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía Distrital de Barranquilla. (2020), *Registro 1 y 2 de la base catastral rural*.
- Alcaldía de Medellín. (2020). *Base de datos catastral*.
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2020). *Registro 1 de la base catastral rural*.
- Área Metropolitana de Bucaramanga. (2020). *Registro 1 y 2 base catastral rural*.
- Área Metropolitana Centro de Occidente. (2020*). Información sin asociación con la base catastral rural.*
- Catastro Distrital Bogotá. (2020). *Información predial jurídica, física y económica*.
- Gobernación de Antioquia. (2020). *Información Predial Rural Antioquía*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

- IGAC. (2020). *Base Catastral, Registros 1 y 2. Bogotá*: IGAC.
- UPRA. (2022). *Clasificación del áreas para el mercado de Tierras rurales agropecuarias-V11. Bogotá*: UPRA.

3.6.2. Variable *arriendo rural*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** económico		
CRITERIO ASOCIADO: dinámica del mercado de tierras		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLE: Arriendo rural	**Unidad de medida:** miles de pesos (COP$) /ha/año	
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 en un tiempo definido, que para efectos de la variable se establecen en pesos/ hectárea /año.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Permite estimar el valor del uso del suelo, como factor de costos para el desarrollo de la actividad productiva. El arriendo tiene gran importancia como uno de los aspectos más relevantes dentro del desarrollo de la actividad productiva, ya que facilita el acceso a la tierra sin realizar grandes inversiones en compra de predios.		
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 pública 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 7504 datos, ubicados en 150 municipios que corresponden a 22 departamentos, levantados en el periodo 2013-2022, 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 más bien con la rentabilidad del producto para la cual se requiere.

En el país es común que se dé la figura del arrendamiento para cultivos transitorios o semipermanentes como estos; sin embargo, dada la dificultad de acceso a tierra y especialmente por los elevados costos de adquisición de esta, se observa con frecuencia esta forma de acceso a la tierra, además de otras figuras que sin ser por definición las mismas, si constituyen otros mecanismos de acceso a tierra como la asociación, la participación, entre otros, que permite al productor y al dueño de la tierra realizar esta actividad productiva de manera rentable para ambos.

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 2022, con el fin de determinar el comportamiento del pago del arrendamiento para actividades pecuarias, expresado en año/ha.

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 comercial de fríjol. Estos rangos se clasificaron en aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3), teniendo como base los valores de

arriendo determinados con el experto y los productores visitados en las validaciones realizadas en territorio.

Se tomaron de la base del SIPSA, todos los datos de arriendos para actividades agropecuarias, unificándolos en 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:

No.	Rangos de valor de arriendo anual en COP$/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 estandarizó la clasificación de SIPSA con la del IGAC, para así poder tener la equivalencia con las fases de pendiente del mapa correlacionado de suelos del IGAC de la siguiente manera (IGAC, 2014):

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 fríjol realizado

por el equipo del componente socioecosistémico del grupo de Evaluación de tierras de la UPRA, 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 reportan la existencia de cultivos de fríjol, se realizó el vínculo a través de la información de región, subregión y categoría de ruralidad, del 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 tienen ningún tipo de condicionante legal, esta última información fue tomada del mapa de clasificación del áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias V11.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

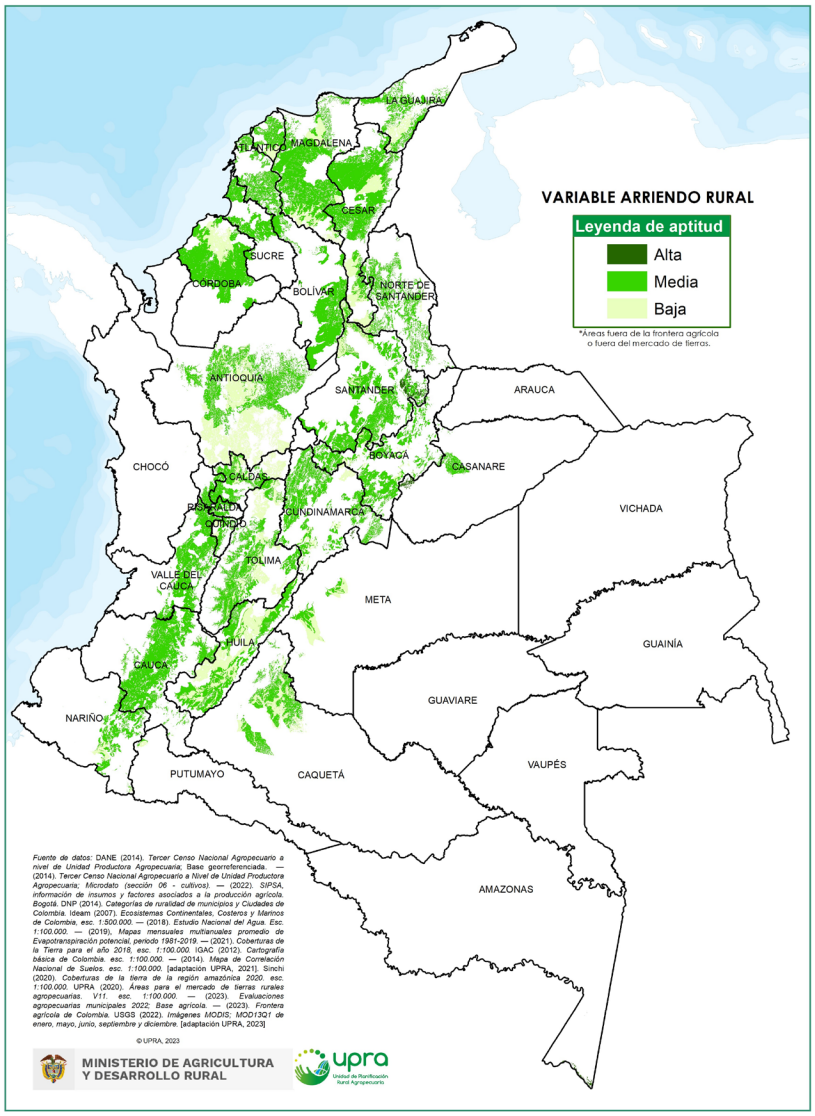
Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Miles de pesos (COP$) /ha/año	Aptitud
< 400	Alta (A1)
400 –1.000	Media (A3)
> 1.000	Baja (A3)

Unidad de análisis	Miles de pesos (COP$) /ha/año

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE FRIJOL
CRITERIO DINÁMICA DEL MERCADO DE TIERRAS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Consejo Nacional Legislativo. (1873). Ley 84 de 1873. Código Civil de la Nación.
- DANE. (2021). SIPSA. *Información de insumos y factores asociados a la producción agropecuaria*. Bogotá: DANE
- DNP. (2014). El campo colombiano: un camino hacia el bienestar y la paz. Informe detallado de la Misión para la Transformación del Campo. Bogotá: DNP
- Ideam. (2014). *Estudio nacional del agua*. Bogotá: Ideam.
- Ideam. (2014). *Atlas climatológico de Colombia*_ Capa de zonas de Evotranspiración potencial. Escala 1:100.000. Bogotá: Ideam.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala* 1:100.000.

- IGAC. (2014). *Mapa de correlación de suelos. Fases por pendiente.* Bogotá: IGAC
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2023). *Mapa de la variable apropiación de agua anual para fríjol.* Bogotá: UPRA.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2022). *Clasificación del áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias¬ -V11*. Bogotá: UPRA.

3.6.3. Variable *avalúo catastral rural*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** económico		
CRITERIO ASOCIADO: dinámica del mercado de tierras		
VARIABLE: avalúo catastral rural	**UNIDAD DE MEDIDA:** millones de pesos (COP$) /ha	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción 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 comprendidos (Resolución 0070 de 2011 del IGAC).		
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 2023 cuenta con precios comerciales de referencia escala 1:100.000 para suelos		

rurales agropecuarios en 284 municipios del país, en 16 departamentos, que cubren aproximadamente 25 millones de hectáreas; sin embargo, la variable requiere cobertura nacional con la que aún no se cuenta.

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

1. Información.

Alcaldía de Medellín. (2020). Base de datos catastral.
Alcaldía Distrital de Barranquilla. (2020). Base de datos catastral, registros 1 y 2.
Alcaldía de Santiago de Cali. (2020). Base de datos catastral.
Área Metropolitana de Bucaramanga (2020). Registro 1 y 2 base catastral rural.
Área Metropolitana Centro de Occidente (2020). Información sin asociación con la base catastral rural.
Catastro Distrital Bogotá. (2020). Información predial jurídica, física y económica.
Gobernación de Antioquia. (2020). Predial rural Antioquía.
IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
IGAC. (2020). Base catastral, registros 1 y 2.

2. Precisión de la información.

La determinación del valor catastral por hectárea se calculó a partir del avalúo catastral total dividido por el área de terreno, ya que la información discriminada no fue entregada, obviando los valores de construcción, partiendo del supuesto que para los predios rurales agropecuarios tiene un peso muy bajo debido a la relación del área entre terreno y construcción.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

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 2020, 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 agrícola para el fríjol 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 reporte de cultivos de fríjol reportadas en el CNA, 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.

Adicionalmente, se consultó a expertos inmobiliarios y se realizaron sondeos del mercado actual. Ya que esta información fue expresada en precios comerciales, se asume un porcentaje de correspondencia nacional entre los mismos del 60 %, para proceder a la comparar con apoyo en lo indicado en el decreto 148 de febrero de 2020, artículo 2 numeral 22211.

Rangos de avalúos del mapa nacional.

Color	Rango
	Menor a 0,5
	Entre 0,5 y 1
	Entre 1 y 5
	Entre 5 y 10
	Entre 10 y 15
	Entre 15 y 20
	Entre 20 y 25
	Entre 25 y 30
	Entre 30 y 35
	Entre 35 y 40
	Entre 40 y 50
	Entre 50 y 60
	Entre 60 y 70
	Entre 70 y 80
	Entre 80 y 90
	Entre 90 y 100
	Mayor que 100

4. Clasificación por aptitud.

Basados en los análisis de la información anterior se establecen los rangos propuestos de aptitud. Adicionado 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 generalmente suburbanas, 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 de 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 del áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias V11, clasificándolos en aptitud baja (A3), pero mostrándolos gráficamente en color blanco, para facilitar la lectura del usuario.

Estos condicionantes legales, permiten establecer, donde 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, con 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 limitan que se puedan comprar o vender libremente en el mercado por su carácter inalienable.

Dentro de esta clasificación del áreas excluidas también se tienen en cuenta las zonas urbanas, que, si bien 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 excluidos del mercado de tierras
Zonas urbanas
Resguardos indígenas constituidos
Áreas reserva Ley 70 de 1993-Comunidades negras
Parques nacionales naturales (incluye las siguientes 6)
• Parques nacionales naturales
• Área única natural
• Santuario de flora
• Santuario de flora y fauna
• Vía parque
• Reserva natural
Parques regionales naturales
Áreas arqueológicas
AMEM Preservación (Áreas de manejo especial de la Macarena, Meta)
AMEM (Parques nacionales naturales)

Reservas forestales de la Ley 2 tipo A
Páramos no transformados antes de 2011 o que tienen traslape con otras figuras que prohíben las actividades agropecuarias
Bienes de uso público
Restricciones locales

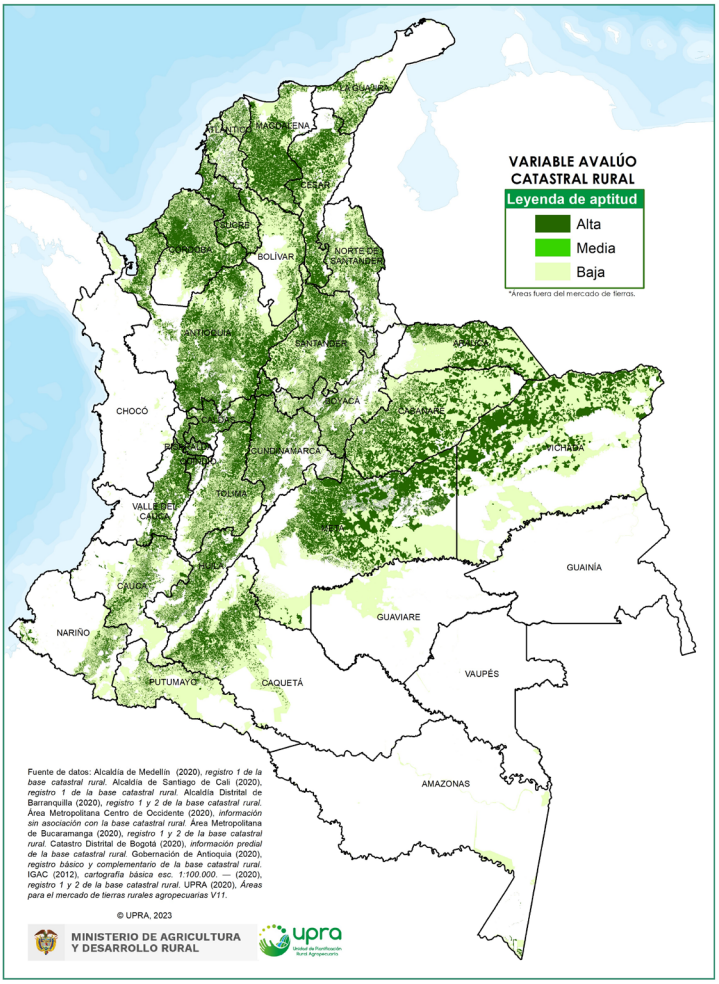
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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 (COL$)/ha	Aptitud
< 3,9	Alta (A1)
3,9-16	Media (A2)
> 16, predios en propiedad horizontal (PH y condominio) y con destinos económicos industriales, comerciales y recreativos	Baja (A3)

Unidad de análisis	Millones de pesos (COP$)/ha

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía Distrital de Barranquilla. (2020). *Registro 1 y 2 de la base catastral rural*.
- Alcaldía de Medellín. (2020). *Base de datos catastral*.
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2020). *Registro 1 de la base catastral rural*.
- Área Metropolitana de Bucaramanga. (2020). *Registro 1 y 2 base catastral rural*.
- Área Metropolitana Centro de Occidente. (2020). *Información sin asociación con la base catastral rural.*
- Catastro Distrital Bogotá. (2020). *Información predial jurídica, física y económica*.
- Gobernación de Antioquia. (2020). *Información Predial Rural Antioquía*.
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2020). *Base Catastral, Registros 1 y 2*. Bogotá: 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. Bogotá: MinAgricultura.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2022). *Clasificación del áreas para el mercado de Tierras rurales agropecuarias-V11. Bogotá*: UPRA.

3.6.4. Variable *tendencia a la formalidad*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
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	✓
	Restricción 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 misma, 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 2020.

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.

Debido a que esta variable se trabaja con las bases catastrales que se obtienen después de realizar el proceso para la determinación del índice de informalidad, trabajado en la entidad, la vigencia a utilizar de las mismas depende directamente de la actualización del índice que por ahora no se calcula para todos los años por restricciones en los datos fuente.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Alcaldía de Medellín. (2019). Base de datos catastral.
Alcaldía Distrital de Barranquilla. (2019). Base de datos catastral, registros 1

y 2.
Alcaldía de Santiago de Cali. (2019). Base de datos catastral.
Alcaldía de Santiago de Cali. (2019). Información predial jurídica, física y económica.
ANT. 2019. Títulos formalizados, baldíos adjudicados-
ANT. 2020. Predios privados formalizados, inventario de predios baldíos, predios ingresados al fondo de tierras, formalización de procesos en general.
Catastro Distrital Bogotá. (2020). Información predial jurídica, física y económica.
Gobernación de Antioquia. (2020). Predial rural Antioquía.
ICARE. 2014. Predios sin interrelación catastro registro, predios con falsa tradición.
IGAC. (2012). Cartografía básica escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
IGAC. (2016). Base catastral, registros 1 y 2.
IGAC. (2019). Base catastral, registros 1 y 2.
SNR. 2019. Falsas tradiciones.
UAEGRTD. (2022). Puntos de los centroides RTDAF y RUPTA.
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» (UPRA, 2015)

Las variables para determinar que los predios tienen una presunta formalidad fueron:

1. Predios que en las bases tienen matrícula 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.
8. Predios con inscripción de medida de protección por riesgo de despojo.

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 del 2 al 8, 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 del 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 matrícula 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 sin información catastral, 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, predios con inscripción de medida de protección ante un posible despojo, 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 sin información catastral, 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 que sin matrícula 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; por último los que tienen estado F (final) corresponden a aquellos que se encuentran en etapa judicial

y ya cuentan con sentencia.

También desde el tema de restitución se abordó el fenómeno del despojo en las zonas no focalizadas, marcando los predios con inscripción de medida de protección (RUPTA).

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 del áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias V11, 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, donde 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, con 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 limitan que se puedan comprar o vender libremente en el mercado por su carácter inalienable. Dentro de esta clasificación del áreas excluidas también se tienen en cuenta las zonas urbanas, que, si bien 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:

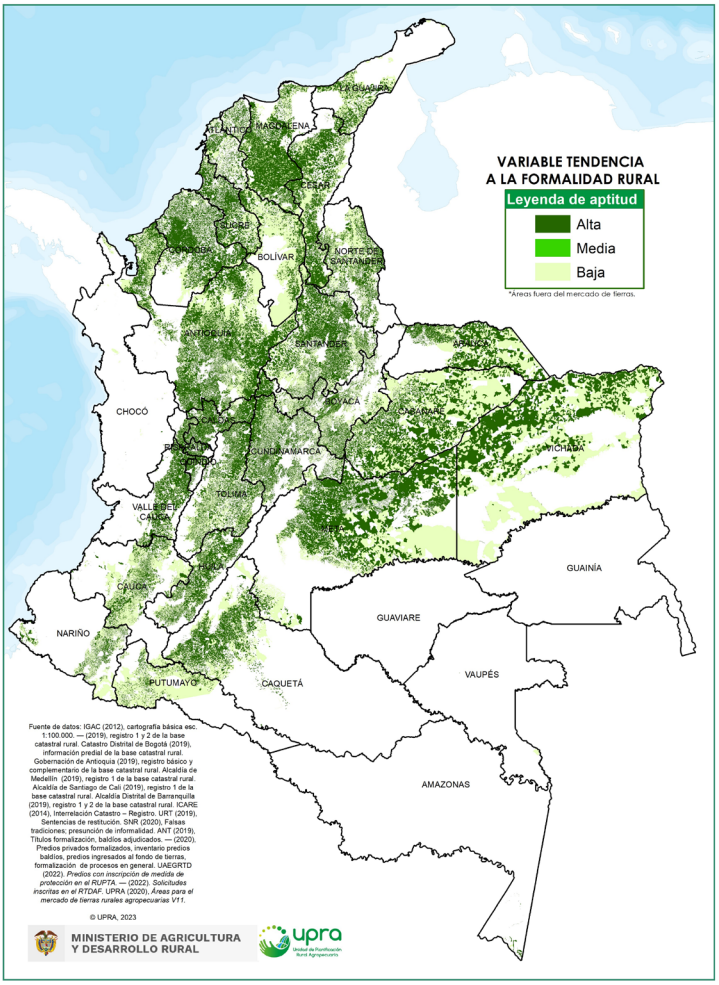
Territorios excluidos del mercado de tierras
Zonas urbanas
Resguardos indígenas constituidos
Áreas reserva Ley 70 de 1993-Comunidades negras
Parques nacionales naturales (incluye las siguientes 6)
• Parques nacionales naturales
• Área única natural
• Santuario de flora
• Santuario de flora y fauna
• Vía parque
• Reserva natural
Parques regionales naturales
Áreas arqueológicas
AMEM Preservación (Áreas de manejo especial de la Macarena, Meta)
AMEM (Parques nacionales naturales)
Reservas forestales de la Ley 2 tipo A
Páramos no transformados antes de 2011 o que tienen traslape con otras figuras que prohíben las actividades agropecuarias
Bienes de uso público
Restricciones locales

Información jurídica de los predios	Aptitud
Predios con matrícula inmobiliaria sin presunción de informalidad	Alta (A1)
-	Media (A2)
Predios sin formación catastral, 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 y predios con inscripción en el RUPTA.	Baja (A3)

Unidad de análisis	Predios

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE FRIJOL
CRITERIO DINÁMICA DEL MERCADO DE TIERRAS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Alcaldía Distrital de Barranquilla. (2019), *Registro 1 y 2 de la base catastral rural.*
- Alcaldía de Medellín. (2019), *Base de datos catastral.*
- Alcaldía de Santiago de Cali. (2019), *Registro 1 de la base catastral rural.*
- 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*. Bogotá: ANT.
- Catastro Distrital Bogotá. (2019). *Información predial jurídica, física y económica.*
- Gobernación de Antioquia. (2019). *Información Predial Rural Antioquía.*
- IGAC. (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá*: IGAC.
- IGAC. (2019). Base predial Registros 1 y 2, vigencia 2016. Bogotá: IGAC.
- IGAC. (2014). *Predios sin interrelación catastro registro y con falsa tradición.* Bogotá: IGAC.ICARE (2014). *Interrelación catastro registro.*
- *Resolución 128 de 2017 y anexos del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. SIGOT*.
- Superintendencia de Notariado y Registro. (2020). *Falsas tradiciones.* Bogotá: SNR.
- UAEGRTD. (2022). *Puntos de los centroides, de los polígonos de las solicitudes que se encuentran espacializadas 2022 de los polígonos en estado D* (definitivos).
- UAEGRTD. (2019). *Sentencias de restitución.*
- UAEGRTD. RUPTA (2020). *Predios con inscripción de medida de protección.*
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2015). *Mercado de Tierras rurales productivas en Colombia*. Caracterización, marco conceptual, jurídico e institucional. Bogotá: UPRA.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2022). Clasificación del áreas para el mercado de Tierras rurales agropecuarias¬ -V11. Bogotá: UPRA.

3.7. Criterio indicadores económicos

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** económico		
CRITERIO: indicadores económicos		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• Créditos otorgados, expresados en millones de pesos (COP$). • Valor agregado agrícola municipal, expresado en la participación de este		

rubro dentro del valor agregado agropecuario total para el año 2021 y al valor agregado agrícola municipal en miles de millones de pesos (COP$).
- Seguros agropecuarios, expresados en municipios con seguros.
- Desempeño municipal, expresado en indicador MDM.
- Zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC), expresadas en municipios
- Planes de desarrollo con enfoque territorial (PDET), expresados en municipios.

DEFINICIÓN

Identifica los municipios donde se solicitan apoyos a la inversión y a la gestión del riesgo, y que muestran generar proporcionalmente mayor valor agregado en las actividades asociadas a las actividades agrícolas. Así mismo, destaca aquellos municipios con algunos incentivos a la inversión (reducción tributaria y planes de desarrollo territorial) y con aparente mejor desempeño en la gestión de recursos de acuerdo con la Medición de desempeño municipal del DNP.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Muestra desde una perspectiva económica la relevancia productiva agrícola en los territorios; evidenciando la demanda los factores necesarios para la producción del fríjol, ya sea a través del incentivo por parte del Estado (exenciones tributarias o créditos de fomento y coberturas de riesgo), o la eficiencia ganada en la gestión pública municipal (competitividad local).

Así, se destacan los territorios donde los agentes han emprendido los cultivos comerciales de fríjol y de caupí, tomando la decisión de inversión, previendo la viabilidad financiera de los proyectos productivos, su flujo de caja y la capacidad de apalancamiento.

Una aptitud alta en este criterio refleja que las condiciones para la producción como lo son la demanda de financiación, el desempeño de los entes territoriales públicos y las exenciones tributarias, coinciden en el territorio donde se genera mayor valor agregado agrícola. En síntesis, en los municipios con aptitud alta se han creado, y se crearán con mayor facilidad, las condiciones para la producción agrícola y puntualmente el cultivo de fríjol y de caupí. Otros factores necesarios para la producción como lo es la tierra y la disponibilidad de mano de obra son tratados en la sección 3.2 y 3.4 del presente documento.

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 o créditos solicitados sin los beneficios del programa Finagro.

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 al cultivo del fríjol y de caupí, así la actividad productiva principal del individuo fuese otra.

Para la variable *Valor agregado agrícola municipal* y debido a que en el país no existe una publicación del PIB municipal, por situaciones de reserva estadística, se utilizan los valores de esta variable municipal calculadas por el DANE para 2021, que son aproximaciones basadas en el valor agregado municipal, para actividades de agricultura, pecuarias, pesqueras y de silvicultura, no es posible determinar cuánto aporta el cultivo de fríjol y de caupí a dicha variable.

Finalmente, la información sobre planes de desarrollo con enfoque territorial y zonas especialmente afectadas por el conflicto se incluyen suponiendo una mayor oportunidad de aprovechamiento de beneficios tributarios y de priorización regional del gasto con proyectos que desde la actividad productiva puedan potencializar su aptitud. Sin embargo, la existencia de una posibilidad normativa y de planificación no garantiza el direccionamiento de los recursos que respalden la ejecución de estos proyectos.

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 seis variables, posteriormente, teniendo en cuenta el software PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se calcularán las ponderaciones de cada variable dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variable	Créditos otorgados	Valor agregado agrícola municipal	Seguros agropecuarios	Desempeño municipal	Zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC)	Planes de desarrollo con enfoque territorial (PDET)	Ponderación de las variables (%)
Indicadores económicos	**Créditos otorgados**	1						40,4
	Valor agregado agrícola municipal	1/3	1					26,5

	Seguros agropecuarios	1/3	1/3	1				15,5
	Desempeño municipal	1/5	1/5	1/3	1			8,3
	Zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC)	1/5	1/5	1/3	1/3	1		5,8
	Planes de desarrollo con enfoque territorial (PDET)	1/7	1/5	1/5	1/3	1/3	1	3,5

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**			

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

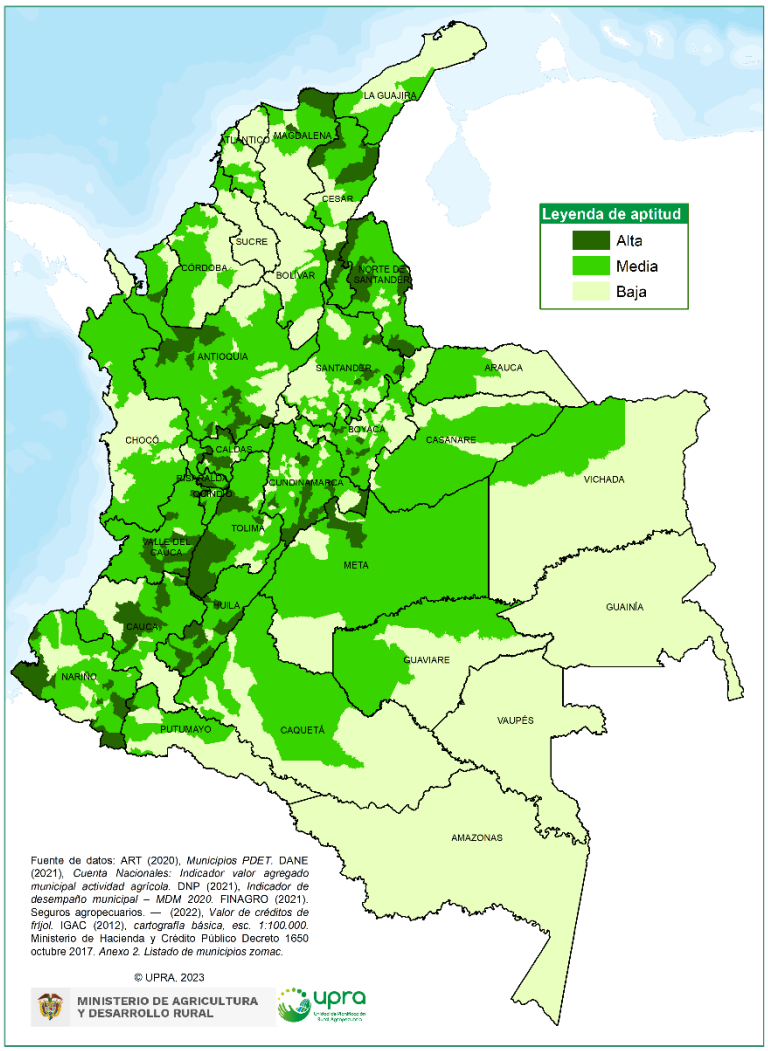
Para cada categoría se realizó una reclasificación numérica, la cual consiste en asignar un peso o valor en tres categorías de aptitud para el criterio: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Variables	**Unidad de medida**	**Aptitud**		
		Alta (A1)	**Media (A2)**	**Baja (A3)**
Créditos otorgados	Miles de millones de pesos (COP$)	> 1.105	<1.105	Sin créditos
Valor agregado agrícola municipal	Participación porcentual y Miles de millones de pesos de acuerdo con el grupo de	>75,60 %	42,31-75,6 %;	<42,31 %

	capacidades MDM (DNP)			
Seguros agropecuarios	Municipios	Con seguros	Sin seguros	–
Desempeño municipal	Puntaje	≥ 55	45-55	< 45
Zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC)	Municipios	Declarados Zomac	Resto	-
Planes de desarrollo con enfoque territorial (PDET)	Municipios	Declarados PDET	Resto	-

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE FRIJOL
CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- ART. (2022) Municipios priorizados con planes de desarrollo con enfoque

territorial https://centralpdet.renovacionterritorio.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/MunicipiosPDET.xlsx
- DANE. (2023). Cuentas Nacionales 2021*, indicador valor agregado municipal actividades primarias (agrícolas, pecuarias, pesqueras y de silvicultura).* Bogotá.
- DNP. (2023). Resultados de la medición de desempeño municipal 2021.
- Finagro. (2022). *Créditos otorgados a la actividad de comercialización y cultivo de fríjol 2017-2021.* Bogotá.
- IGAC. (2019). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- MinHacienda. (2017). *Decreto 1650 de 2017. Anexo 2.* Recuperado de: < https://incp.org.co/Site/publicaciones/info/archivos/decreto-1650.pdf>

3.7.1. Variable *créditos otorgados*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** económico		
CRITERIO ASOCIADO: Indicadores económicos		
VARIABLE: créditos otorgados	**UNIDAD DE MEDIDA:** millones de pesos (COP$)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Valor a precios de 2022 de los créditos otorgados desde 2018 hasta 2022, a nivel municipal para el cultivo del fríjol y su comercialización. Este criterio clasifica los municipios según la cuantía de créditos otorgados para las actividades mencionadas. Los créditos 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, respaldadas por el Fondo Agropecuario de Garantías (FAG).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Busca darle mayor aptitud aquellas zonas del país que tienen un apalancamiento financiero con recursos públicos relacionado con la producción y comercialización de fríjol y de caupí. Así mismo, señala los lugares donde los agentes económicos, en su lógica racional y de preferencia territorial, toman sus decisiones de inversión, representadas en la solicitud y aprobación de un mayor monto de créditos preferenciales. Adicionalmente, permite dimensionar el apalancamiento financiero de una aglomeración		

productiva municipal, y la demanda aproximada por capital de inversión como factor relevante para los productores agrícolas e inversionistas.

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, 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 sólo 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 agrícolas, como también financiar actividades de agentes económicos no especializados en la actividad.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1.Información.

Finagro. (2022). Colocación de créditos otorgados para la comercialización y cultivo de fríjol, 2018-2022.

2. Precisiones de la información.

Las cifras de créditos otorgados corresponden a la suma del valor colocado entre 2018 y 2022 traídos a valores 2022, para todos aquellos municipios que reportan información en el periodo de análisis. Para llevar los valores a precios 2022 se utilizaron los valores oficiales reportados por el DANE de inflación enero a diciembre de 2018 a 2022.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se calculó la suma anual de créditos otorgados por municipio para actividades de cultivo y comercialización en millones de pesos de 2022, para los años 2018 a 2022. Se calcula el factor de conversión o de indexación que se empleará para 2018, 2019, 2020 y 2021 de acuerdo con las cifras de la serie de IPC, con dichos factores se procede a transformar en términos reales los valores desembolsados para estos periodos y dejarlos expresados en pesos de 2022. Por último, se realiza la sumatoria anual de los valores totales desembolsados por parte de Finagro en crédito para el cultivo por municipio entre los años 2018 y 2022.

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 el segundo grupo por los municipios que aportaron el 20% restante del total el crédito. El tercer grupo está formado por los municipios que no tuvieron ninguna colocación de crédito para actividades de cultivo y comercialización de fríjol en el periodo 2018-2022.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

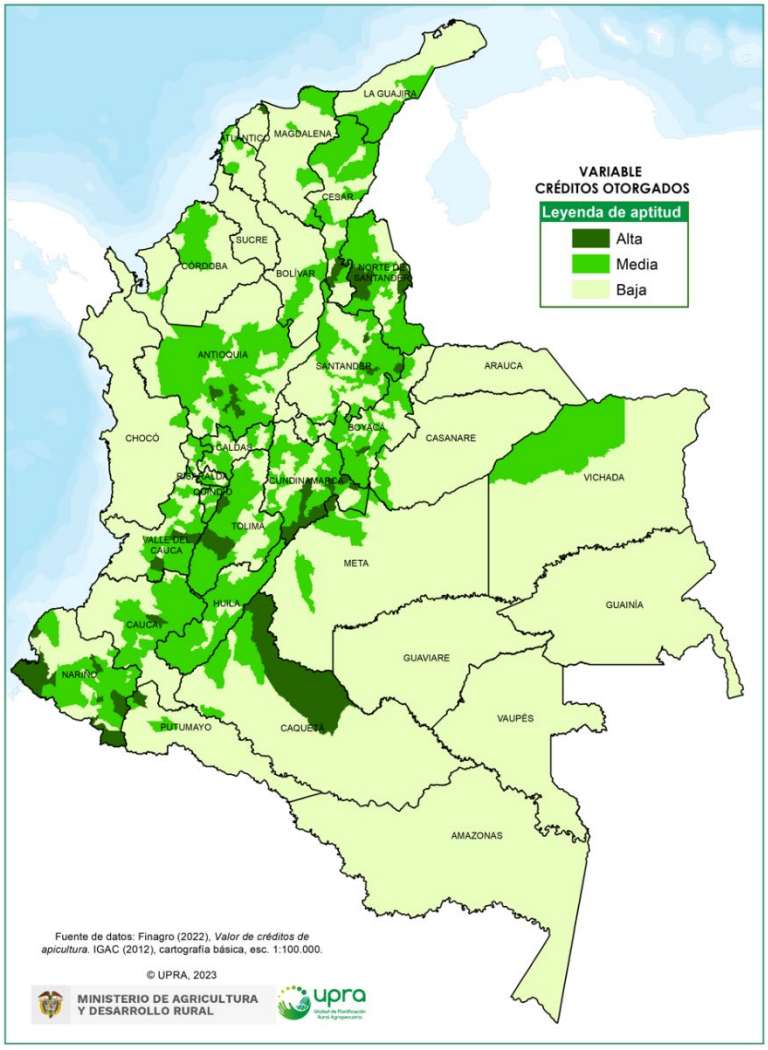
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Millones de pesos (COP$)	Aptitud
> 1.089	Alta (A1)
< 1.089	Media (A2)
Sin créditos	Baja (A3)

Unidad de análisis	Millones de pesos (COP$)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE FRÍJOL
CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Finagro. (2022). *Créditos otorgados para actividades de comercialización y cultivo de fríjol 2018-2022.* Bogotá.
- DANE. (2023). Índice de Precios al Consumidor-IPC.
- IGAC. (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

3.7.2. Variable *valor agregado agrícola municipal*

<table>
<tr><th colspan="3">FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE</th></tr>
<tr><td>TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="2">Cultivos comerciales de fríjol (Phaseolus vulgaris L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (Vigna unguiculata (L.) Walp.)</td></tr>
<tr><td colspan="3">COMPONENTE: socioeconómico SUBCOMPONENTE: económico</td></tr>
<tr><td colspan="3">CRITERIO ASOCIADO: indicadores económicos</td></tr>
<tr><td>VARIABLE: valor agregado agrícola municipal</td><td colspan="2">UNIDAD DE MEDIDA: municipios donde coincide una mayor participación porcentual del valor agrícola dentro del total agropecuario, y una mayor magnitud de valor agregado agrícola en miles de millones de pesos</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>Restricción legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">DEFINICIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="3">Aproximación al valor generado por actividades agrícolas en un municipio, medido e integrado en dos formas: primero, en función de su importancia relativa (participación porcentual) dentro del valor agregado agropecuario (agrícola + pecuario + pesquero + silvicultura) del municipio. Segundo, se identifican los municipios con mayor capacidad de generación del valor agregado agrícola en términos monetarios (miles de millones de pesos en valor agregado), de acuerdo con los seis grupos homogéneos de municipios que establece el DNP para la medición del Desempeño municipal para el año 2021.

Los grupos son: Ciudades (13 principales ciudades), Grupo 1 (nivel alto de capacidades), Grupo 2 (medio alto), Grupo 3 (nivel medio), Grupo 4 (medio bajo) y Grupo 5 (nivel bajo).</td></tr>
<tr><td colspan="3">IMPORTANCIA DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="3">Muestra la composición principal de la producción agropecuaria municipal, permitiendo identificar si el municipio se inclina más hacia la generación de valor agregado en agricultura, o hacia los demás rubros del valor agregado agropecuario. Así, se identifican los municipios que dentro de su valor agregado agropecuario tiene una mayor participación las actividades agrícolas, lo que sugiere que en el territorio se desarrollen economías de escala sectoriales, sinergias entre productores, comercializadores y personal técnico; además de la posibilidad de existencia en la zona de múltiples cultivos, que se complementan entre sí para fines de seguridad alimentaria.

Esta variable incide en la percepción de los agentes económicos respecto al carácter preponderante del valor agregado agropecuario del municipio (más agrícola o pecuario, por ejemplo), y en este caso puntual de los cultivos comerciales de fríjol y de caupí, su carácter eminentemente agrícola. La</td></tr>
</table>

participación y el valor agregado agrícola es segregado de otras ramas de la actividad económica primaria en lo municipal como lo son, la ganadería, la silvicultura y la pesca.

A mayor participación del *Valor agregado agrícola municipal (VAAM)* dentro del valor agropecuario municipal, mayor aptitud agrícola identificada. Así mismo, a mayor valor agregado agrícola municipal en términos monetarios, comparado con municipios de su mismo nivel, el municipio presenta mayor nivel de aptitud.

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

Incapacidad para discriminar el valor generado agrícola por un cultivo en particular, de manera que esta variable es transversal para todos los cultivos agrícolas evaluados en su aptitud. Es decir, la mayor inclinación de un municipio hacia la generación de valor agregado en agricultura no necesariamente obedece en particular, ni mayoritariamente a los cultivos de fríjol y de caupí.

Igualmente, los municipios con mayor valor agregado agrícola identificado no necesariamente registren valores altos por la generación de valor en el cultivo de fríjol y de caupí sino de otros productos agrícolas incluidos estos dos cultivos. Se agrega al valor agregado de la actividad cafetera, por ejemplo, así como de otros productos agrícolas, para estimar el valor agregado agrícola municipal.

Adicionalmente, se debe mencionar que las mediciones para un año específico, en este caso 2021, pueden haber incluido eventos esporádicos como inundaciones o condiciones climáticas adversas, efectos por pandemia COVID-19 y posCOVID, que pueden afectar las decisiones de siembra por alteraciones en el consumo de alimentos, movilización de productos, costos de producción, mercados, entre otros, que con llevan a tener un menor valor agregado agrícola de manera transitoria en un municipio.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

DANE. (2023). Cuentas nacionales: Indicador valor agregado municipal, actividad agrícola, pecuaria, pesquera y de silvicultura.
DNP. (2023). Seis Grupos de clasificación de la Medición de Desempeño Municipal para categorizar municipios "similares" según el nivel de capacidades iniciales de desarrollo territorial.
IGAC. (2019). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

2. Precisiones de la información.

Se tiene en cuenta la información del DANE, donde la participación y el valor agregado agrícola es segregado de otras ramas de la actividad económica

primaria en lo municipal como lo son la silvicultura, la ganadería y la pesca.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

En un primer momento, se procede a calcular la participación del Valor agregado agrícola municipal (VAAM) dentro del total de valor agregado agropecuario de cada municipio. Posteriormente, se ordenan de mayor a menor los municipios de acuerdo con la participación de su valor agregado agrícola dentro del total agropecuario 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 se presentaron menos del 5 % de datos atípicos la decisión utilizar el método Dalenuis-Hodges.

El método estadístico Dalenuis-Hodges, permite realizar agrupamiento de datos con el objetivo que sean muy similares entre los individuos del grupo y lo más disímiles posibles entre grupos, para la clasificación por aptitud se calcularon tres clústeres (k=3).

El método Dalenuis-Hodges consiste en la formación de estratos de manera que la varianza obtenida sea mínima para cada estrato. Se aplica en el caso de una sola variable. El método se compone de los siguientes pasos:

1. Ordenar las observaciones de manera ascendente.
2. Agrupar las observaciones en J clases, donde J = min (L*10, n).
3. Calcular los límites de los intervalos que son abiertos a la izquierda y cerrados a la derecha a excepción del primero que es cerrado por ambos lados, para cada clase de la siguiente manera:

$$Lim\inf Ck = \min\{X(\mathrm{i})\} + (K-1) * \frac{\max\{X(\mathrm{i})\} - \min\{X(\mathrm{i})\}}{J}$$

$$Lim\sup Ck = \min\{X(\mathrm{i})\} + (K) * \frac{\max\{X(\mathrm{i})\} - \min\{X(\mathrm{i})\}}{J}$$

4. A partir de los límites, se obtiene la frecuencia de casos en cada clase

$$ƒi\ i\epsilon\{1, \dots, J$$

5. Calcular la raíz cuadrada de frecuencia de cada clase.
6. Acumular la suma de la raíz cuadrada de las frecuencias.

$$\sum_{i=1}^{J} \sqrt{fi}$$

7. Dividir el último valor acumulado entre el número de estratos.

$$Q = \frac{1}{h} \sum_{i=1}^{J} \sqrt{fi}$$

8. Los puntos de corte de cada estrato se toman sobre el acumulado de la raíz cuadrada de las frecuencias en cada clase de acuerdo a lo siguiente:

Q, 2Q, …, (h-1) Q

Si el valor de *Q* queda entre dos clases, se toma como punto de corte aquella clase que presenta la mínima distancia a *Q*, Los límites de los *h* estratos conformados son los correspondientes a los límites inferior y superior de las clases comprendidas en cada estrato.

Como resultado, los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3) son:

% de participación medido en miles de millones de COP$	Aptitud
> 71,6	Alta (A1)
42,3 -71,6	Media (A2)
< 42,3	Baja (A3)

En un segundo momento se ordena de mayor a menor los municipios de acuerdo con el valor en miles de pesos del valor agregado agropecuario de acuerdo con el grupo de capacidades al que pertenece según los grupos que establece el DNP para la medición del Desempeño municipal:

Grupos de capacidades iniciales	% Población en cabecera 2019	Densidad poblacional (personas/km ^{2}). 2019	Ingresos tributarios y no tributarios per cápita (promedio 2016-2019)	Valor agregado municipal per cápita (promedio 2016-2019)	Densidad empresarial 2019

Ciudades	92,17	2456,07	$616.824	$18.071.424	22,97
G1-Nivel Alto	62,07	451,48	$634.140	$26.906.086	35,71
G2-Nivel Medio Alto	50,01	90,74	$280.361	$16.181.101	50,34
G3-Nivel Medio	42,09	53,89	$197.625	$12.753.247	58,51
G4-Nivel Medio Bajo	39,67	48,89	$140.868	$9.460.865	84,62
G5-Nivel Bajo	26,95	54,16	$85.252	$6.597.249	228,96

Fuente: Cálculos propios con base en DANE, DNP, IGAC y Confecámaras

Fuente: DNP (2023).

Ahora bien, siguiendo la metodología de evaluación de tierras, se evalúa la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey. Esta prueba 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 (Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), 2013).

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 en 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 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.

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 es 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). Como resultado, se obtienen los siguientes rangos:

Aptitud			
	A1	**A2**	**A3**
Grupo MDM	**Miles de millones de COP$**		
C	282	382-76	76
G1	285	285-84	84
G2	253	253-86	86
G3	334	334-76	76
G4	117	117-39	39
G5	120	120-46	46

En un tercer momento, se combinan los resultados obtenidos en la aptitud de cada municipio, de manera que municipios con aptitud A1 en ambos cálculos

tienen una aptitud final de A1, por ejemplo, como se muestra en la siguiente matriz:

VAAM % (Participación porcentual)	VAAM $ (Unidades monetarias)	Aptitud final
A1	A1	A1
A1	A2	A1
A1	A3	A2
A2	A1	A1
A2	A2	A2
A2	A3	A2
A3	A1	A2
A3	A2	A2
A3	A3	A3

4. Clasificación de los municipios por aptitud.

Al realizar el procedimiento anteriormente descrito para el Valor agregado agrícola municipal (VAAM), para los dos momentos señalados, el resultado fueron 3 agrupamientos, a los que se le asignó la calificación de aptitud.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

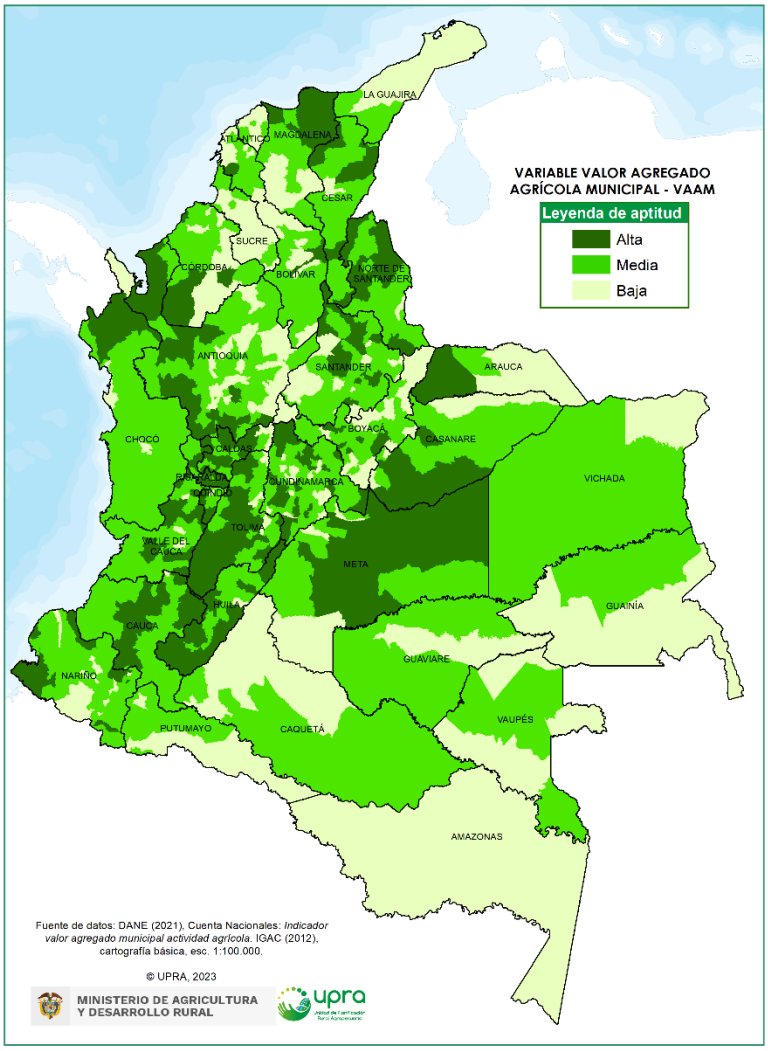
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

% de participación medido en miles de millones de COP$	Aptitud
> 71,6	Alta (A1)
42,3-71,6	Media (A2)
< 42,3	Baja (A3)

Unidad de medida	Municipios donde coincide una mayor participación porcentual del valor agrícola dentro del total agropecuario, y una mayor magnitud de valor agregado agrícola en miles de millones de pesos

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE FRÍJOL
CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS



FUENTES DE INFORMACIÓN
• DANE. (2022). *Cuentas Nacionales: Indicador Valor Agregado Municipal, Actividad agrícola, pecuaria y de silvicultura.* • DNP. (2023). Grupos de clasificación de capacidades iniciales en la Medición de Desempeño Municipal 2021 • IGAC. (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

3.7.3. Variable *seguros agropecuarios*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE	
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**
COMPONENTE: socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** económico	
CRITERIO ASOCIADO: Indicadores económicos	
VARIABLE: seguros agropecuarios	**UNIDAD DE MEDIDA:** municipios

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

DEFINICIÓN

Identifica los municipios donde los productores agrícolas han asegurado el valor de su producción agrícola en el periodo 2017-2021. Así, se identifican las zonas, donde las aseguradoras y tomadores de seguros, decidieron realizar la gestión del riesgo asociado a la producción agrícola (sequías, heladas, inundaciones, deslizamiento, plagas o enfermedades, entre otros).

Cada año los productores agropecuarios reciben un subsidio del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR) a través de Finagro, para el pago de las primas de estos seguros.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Busca darle mayor aptitud a aquellas zonas del país que han gestionado seguros agropecuarios, siendo ésta una evidencia del interés de sostenibilidad productiva en el tiempo, adoptando los incentivos a la gestión del riesgo, con la presencia y evaluación de sistema productivo realizada por parte de las aseguradoras. Para celebrar el contrato de póliza, la aseguradora consulta información sobre estructura de costos, ubicación del predio, plan de asistencia técnica, plan de siembra, entre otros., a partir de la declaración realizada por productor tomador de la póliza; de manera que se define un perfil de riesgo productivo del lote o actividad agropecuaria cubierta por la póliza

Esta variable identifica las unidades productivas y/o asociaciones que tomaron pólizas individuales o colectivas, promoviendo la incorporación de mayores niveles de tecnología y asistencia técnica agropecuaria; de manera que el riesgo a gestionar de centra en los riesgos ajenos al control del tomador y que están relacionados con riesgos naturales.

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

La fuente de consulta identifica la expedición de seguros agrícolas para fríjol en determinados municipios. No se puede establecer qué tipo de productor (pequeño, mediano o grande) tomó el seguro, sí la póliza fue individual o colectiva, como tampoco se puede determinar contra qué tipo de riesgos naturales o biológicos se aseguró.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

Se identifican los municipios donde se ubican los proyectos productivos que tomaron seguros agrícolas para los cultivos de fríjol y de caupí en el periodo 2017-2021.

2. Precisiones de la información.

Se consideran los municipios que reportaron cobertura de las pólizas por Finagro para cultivo de fríjol, desde el año 2017 al 2021.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Para definir los rangos de aptitud se tiene en cuenta en qué municipios se expidió una póliza de seguro y en cuáles no.

4. Clasificación por aptitud.

Para definir los rangos de aptitud se asignó rango de aptitud alta (A1) a aquellos municipios donde se expidió una póliza de seguro y se asignó rango de aptitud media (A2) al resto de municipios donde no se reportó expedición de seguros.

Al realizar el procedimiento para la variable seguros agropecuarios, se le asignó la calificación de aptitud.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

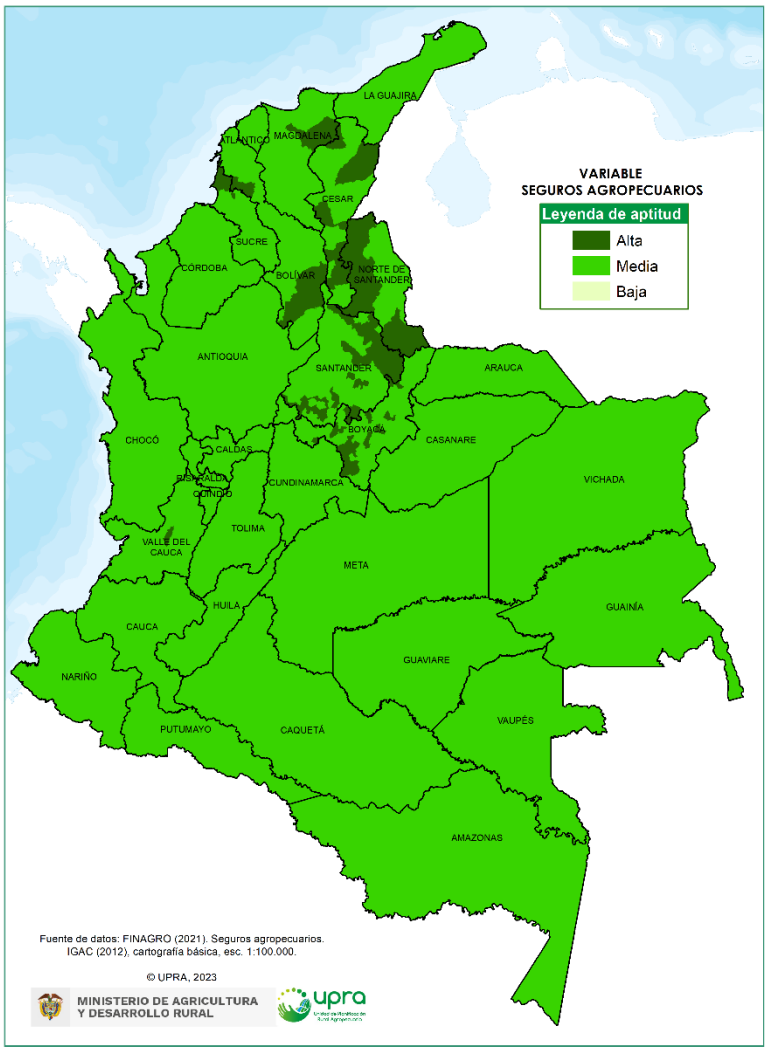
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Municipios	Aptitud
Con cobertura de seguro agrícola (111 municipios)	Alta (A1)
Sin cobertura de seguro agrícola	Baja (A2)

Unidad de análisis	Municipios

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE FRÍJOL
CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Finagro. 2017-2021 Seguros agropecuarios
- Resolución 006 de 2023 de la Comisión Nacional de Crédito Agropecuario: https://www.finagro.com.co/transparencia-acceso-informacion-publica/normativa/resoluciones-cnca/cnca

3.7.4. Variable *desempeño municipal*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE

TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** económico		
CRITERIO ASOCIADO: indicadores económicos		
VARIABLE: desempeño municipal	**UNIDAD DE MEDIDA:** Indicador MDM	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Adopta la medición y la comparación que realiza el Departamento Nacional de Planeación en la publicación de la *Medición de desempeño municipal* para el año 2021.

La *Medición de desempeño municipal (MDM)* tiene como objetivo comparar el desempeño municipal de las entidades territoriales entendido como capacidad de gestión (acciones y decisiones) y los 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).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Confirma si se cuenta con administraciones locales robustas, con capacidades institucionales adecuadas para cumplir las diferentes tareas, lo cual es una condición necesaria para el desarrollo territorial, lo que toma especial importancia en escenarios como el actual donde se busca un mayor fortalecimiento de la gestión descentralizada de las entidades regionales.

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. Adicionalmente en el año 2021 para la medición del 2020 se tuvo una actualización metodológica lo que limita el nivel de comparabilidad en el tiempo.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información.

DNP. (2023). Resultados de la medición de desempeño municipal 2021.

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. «Las capacidades iniciales se componen de siete variables que determinan el contexto económico, urbano y de recursos del municipio: ingresos tributarios y no tributarios per cápita, densidad empresarial, el valor agregado municipal per cápita, el tamaño de la población, el porcentaje de población en cabecera, la densidad poblacional y la pertenencia al Sistema de Ciudades (economías de aglomeración)» (DNP, 2023, pág. 14).

- 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, el de gestión de recursos y el de resultados de desarrollo, cada uno con cuatro dimensiones, así:

Componente gestión de recursos	Componente resultados de desarrollo
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 en los sectores de desarrollo económico.	Mortalidad infantil
Ejecución en los sectores de desarrollo social	Cobertura de vacunación pentavalente
Ejecución en los otros sectores	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.

*Esta dimensión presenta cambios metodológicos en la MDM del año 2021, de manera que sus variables pasan de ser i) ejecución de recursos del SGP, ii) ejecución de recursos propios, iii) ejecución de otros recursos y iv) eficiencia del IGPR a ser i) ejecución en los sectores de desarrollo económico, ii) ejecución en los sectores de desarrollo social y iii) ejecución en los otros sectores iv) eficiencia del IGPR.

Fuente: (DNP, 2018) y (DNP, 2023).

DESCRIPCIÓN DE LAS DIMENSIONES Y VARIABLES PARA EL COMPONENTE DE GESTIÓN Y EL DE RESULTADOS

El primer componente, 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 dimensiones 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 Ordenamiento Territorial (OT). Este componente a su vez reúne las siguientes 12 variables.

Dimensión Movilización de recursos propios

Variable	Metodología	Fuente
Ingresos tributarios y no tributarios sin recaudo por OT per cápita.	(Ingresos tributarios y no tributarios-recaudo por instrumentos de OT / población)	Operaciones efectivas de caja-OEC (DNP) y DANE
Recaudo por instrumentos de OT (per cápita).	Recaudo total mediante los cuatro instrumentos de ordenamiento territorial (predial, delineación urbana, valorización y plusvalía) / población total	CUIPO (Categoría Única de Información del Presupuesto Ordinario) y Operaciones Efectivas de Caja
Participación de los recursos propios en la inversión.	(Inversión financiada con recursos propios/ Inversión total del municipio)	CUIPO y Operaciones Efectivas de Caja

Fuente: (DNP, 2018, pág. 13).

Ejecución de recursos

Variable	Metodología	Fuente
Ejecución sectores de desarrollo económico	Porcentaje de ejecución en los proyectos de inversión relacionados con los sectores de desarrollo económico	CUIPO
Ejecución sectores de desarrollo social	Porcentaje de ejecución en los proyectos de inversión relacionados con los sectores de desarrollo social	CUIPO
Ejecución otros sectores	Porcentaje de ejecución en los proyectos de inversión relacionados con otros sectores	CUIPO

Indicador eficiencia IGPR	Cumplimiento de la programación inicial de los proyectos de regalías ejecutados por el municipio.	SGR

Fuente: (DNP, 2018, pág. 15) y (DNP, 2023, pág. 37)

Gobierno abierto y transparencia

Variable	Metodología	Fuente
Gestión documental	Implementación de la Ley 594 de 2000	GESTIONWEB
Rendición de cuentas	Evalúa los mecanismos que permiten la participación ciudadana, propiciado por las entidades u organismos de la administración pública.	GESTIONWEB
Atención al ciudadano	Evalúa el nivel de cumplimiento por parte de las entidades territoriales frente a las disposiciones básicas en materia de atención y servicio al ciudadano.	GESTIONWEB

Fuente: (DNP, 2018, pág. 18) y (DNP, 2023, pág. 37)

Gestión de instrumentos de OT

Variable	Metodología	Fuente
Tasa efectiva de recaudo predial	Recaudo predial/ valorización de los predios en la vigencia	IGAC/CUIPO
Uso de instrumentos de OT	Número de instrumentos de ordenamiento territorial que usa la Entidad Territorial (plusvalía, predial, valorización y delineación)	CUIPO

Fuente: (DNP, 2018, pág. 20) y (DNP, 2023, pág. 37)

El segundo componente, el de resultados de desarrollo, 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 12 variables.

Educación

Variable	Metodología	Fuente
Cobertura en educación media neta	Cantidad o porcentaje de estudiantes matriculados en educación media; sin contar los que están en extra-edad (por	MinEducación

	encima de la edad correspondiente para cada grado).	
Cobertura en transición media neta	Cantidad o porcentaje de estudiantes matriculados en educación transición; sin contar los que están en extra-edad (por encima de la edad correspondiente para cada grado)	MinEducación
Pruebas Saber 11	Puntaje promedio en las secciones de matemáticas y lectura crítica de las pruebas Saber 11	ICFES 2021

Fuente: (DNP, 2018, pág. 24) y (DNP, 2023, pág. 37)

Salud

Variable	Metodología	Fuente
Mortalidad infantil, menores de un año	Cociente entre las defunciones de menores de un año ocurridas en un área geográfica, durante un año calendario, y los nacimientos ocurridos en el mismo período por mil nacidos vivos.	DANE
Cobertura en vacunación pentavalente	(terceras dosis aplicadas de vacuna pentavalente en los menores de un año / población total menor de un año a vacunarse) x 100	Minsalud, disponible en Terridata
Cobertura en salud	Cobertura en salud calculada a partir del número de afiliados registrados en la BDUA en los regímenes contributivo y subsidiado a diciembre.	Minsalud 2021.

Fuente: (DNP, 2018, pág. 24) y (DNP, 2023, pág. 37)

Servicios

Variable	Metodología	Fuente
Cobertura energía, zona resto	Relación entre los usuarios del servicio de energía eléctrica y las viviendas.	UPME
Penetración de internet (banda ancha residencia)	Número de suscriptores con acceso dedicado a internet sobre la población total de la vigencia.	MINTIC
Cobertura de acueducto y alcantarillado*	Relación entre los predios residenciales que tienen servicio y el total de los predios residenciales.	REC-SSPD-

Fuente: (DNP, 2018, pág. 24) y (DNP, 2023, pág. 37)

Seguridad y convivencia

Variable	Metodología	Fuente
Hurtos por cada 10.000 habitantes	Casos de hurtos reportados por cada 10.000 habitantes.	

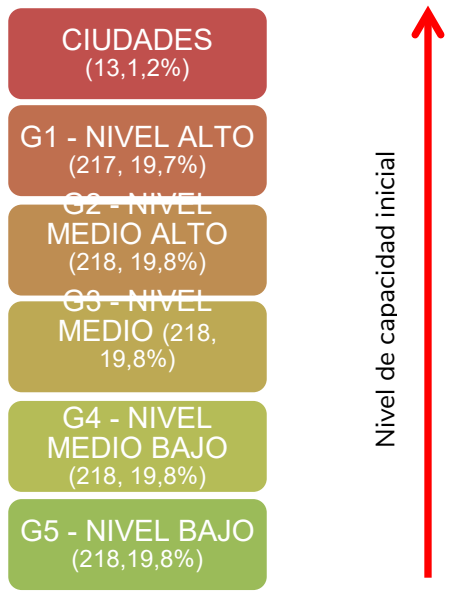
Homicidios por cada 10.000 habitantes	Casos de homicidios por cada 10.000 habitantes.	MinDefensa, Población DANE
Casos de violencia intrafamiliar por cada 10.000 habitantes	Casos de violencia intrafamiliar por cada 10.000 habitantes.	

Fuente: (DNP, 2018, pág. 24) y (DNP, 2023, pág. 37)

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 ingresos tributarios y no tributarios. Lo anterior, permite la conformación de seis grupos de municipios, así:

Grupos comparables por nivel de capacidad inicial

Económica	. Densidad empresarial.	33,3 %
	. Valor agregado (promedio 4 años)	
Urbanas	. Tamaño de la población	33,3 %
	. % de población en cabecera	
	. Densidad poblacional	
	. Pertenencia al SC (Economías de aglomeración)	
Recursos	. Ingresos tributarios y no tributarios per cápita (promedio 4 años)	33,3 %



Fuente: (DNP, 2018, pág. 32)

Para la estimación de las capacidades iniciales se utiliza el promedio de las variables de los cuatro años del gobierno saliente (2011-2015) y se estandarizan los indicadores entre todos los municipios. Luego se define 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.

En el año 2021 la metodología de clasificación municipal fue ajustada para la medición del desempeño 2020, en donde fundamentalmente se ajustó la temporalidad, puesto que la clasificación anterior se construyó con información del 2015 o del 2012-2015 mientras que la actualización toma la del 2019 o 2016- 2019. Esta nueva clasificación estará vigente del 2020 al 2023:

Grupos de capacidades iniciales	% Población en cabecera 2019	Densidad poblacional (personas/km ^{2}). 2019	Ingresos tributarios y no tributarios per cápita (promedio 2016-2019)	Valor agregado municipal per cápita (promedio 2016-2019)	Densidad empresarial 2019
Ciudades	92,17	2456,07	$616.824	$18.071.424	22,97
G1-Nivel Alto	62,07	451,48	$634.140	$26.906.086	35,71
G2-Nivel Medio Alto	50,01	90,74	$280.361	$16.181.101	50,34
G3-Nivel Medio	42,09	53,89	$197.625	$12.753.247	58,51
G4-Nivel Medio Bajo	39,67	48,89	$140.868	$9.460.865	84,62
G5-Nivel Bajo	26,95	54,16	$85.252	$6.597.249	228,96

Fuente: Cálculos propios con base en DANE, DNP, IGAC y Confecámaras
Fuente: DNP, 2023

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.

El indicador final de la MDM se encuentra expresado entre 0 y 100, donde un municipio con una puntuación cercana a 100 obtuvo un excelente desempeño en el componente de gestión, y a su vez buenos resultados de desarrollo, bien sea porque mantuvo sus condiciones o las mejoró frente al año anterior.

Adicionalmente, establece unos rangos de desempeño para determinar la clasificación del municipio de acuerdo con el puntaje final obtenido después del ajuste por resultados así:

Calificación	Puntaje
Bajo	< 45 puntos
Medio	45 y 55 puntos
Alto	>55 puntos

Fuente: DNP-DODT

De acuerdo con lo anterior, el valor del indicador MDM por municipio, se clasifica en tres rangos de aptitud.

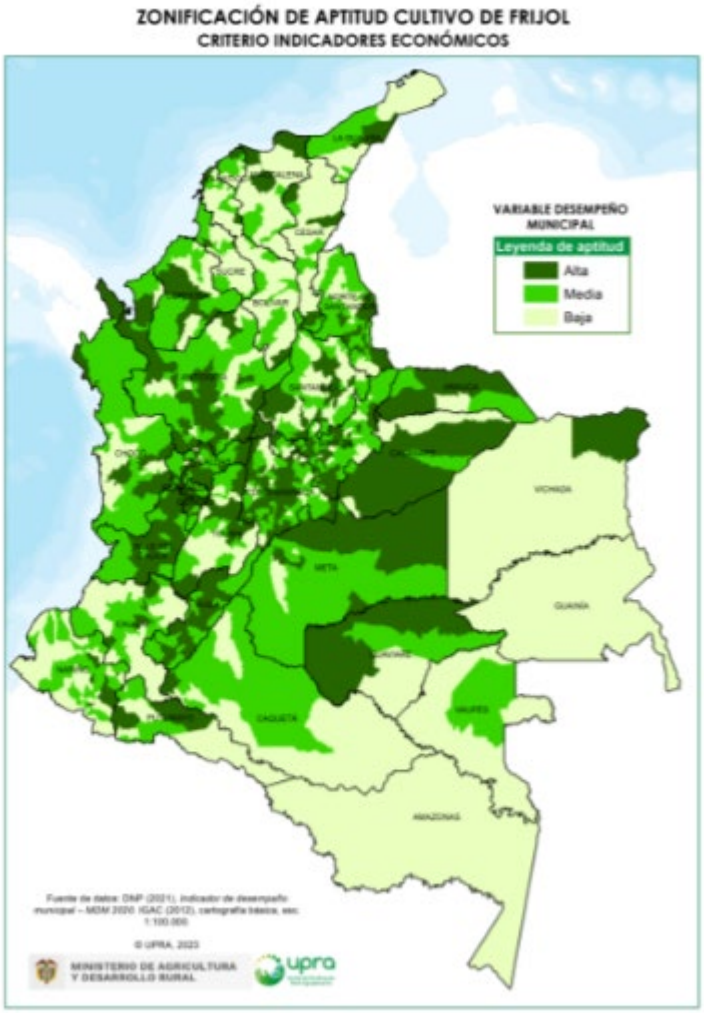
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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 2021.

Indicador MDM (puntos)	Aptitud
≥ 55	Alta (A1)
45-55	Media (A2)
< 45	Baja (A3)

Unidad de análisis	Indicador de la medición del desempeño municipal (MDM)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- DNP. (2023). *Medición del desempeño municipal. Informe de resultados MDM 2021.* Recuperado de: < https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Desarrollo%20Territorial/MDM/2021/Informe%20MDM%20-%202021.pdf >.
- DNP. (2018) *Nueva Medición del Desempeño Municipal* (MDM).
- IGAC. 2012. *Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá*: IGAC.

3.7.5. Variable *zonas más afectadas por el conflicto armado (ZOMAC)*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
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	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Estímulo 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, a través de incentivos a los empresarios mediante una tarifa especial y progresiva del impuesto de renta para 10 años a partir del año 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 10 años a partir del año 2017. Por medio de la priorización de las ZOMAC se logra incorporar geográficamente los potenciales incentivos tributarios para el desarrollo económico-social, el empleo y las formas organizadas de los campesinos, comunidades indígenas, afrodescendientes, raizales, palenqueras y productores rurales, donde el Estado está buscando cerrar la brecha económica y social existente entre ellas y el resto del país, frente al hecho que estos municipios han estado en desventaja históricamente por el conflicto armado frente a otras zonas 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

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 No. 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.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

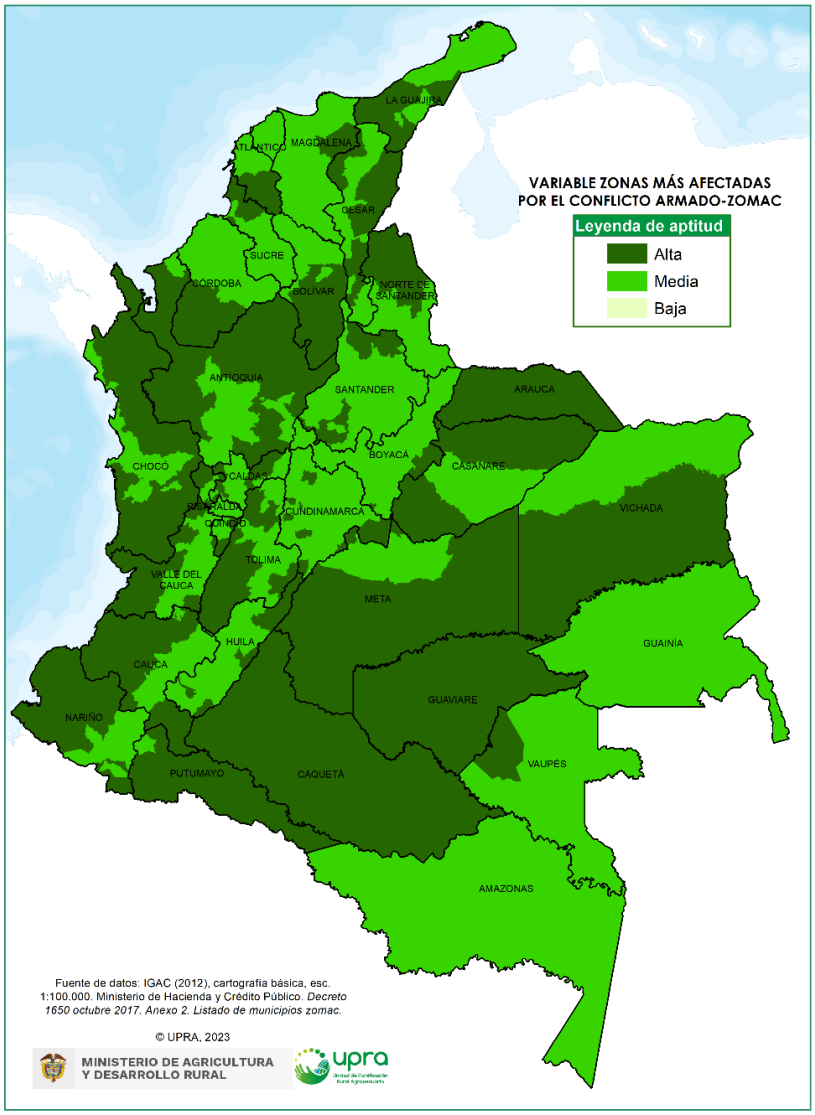
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1) y media (A2). Se excluye la posibilidad de que esta variable tome valores (A3) por considerar que sería un castigo en términos de aptitud para los municipios que no se han beneficiado.

Municipios	Aptitud
Declarados ZOMAC	Alta (A1)
Resto	Media (A2)
-	Baja (A3)

Unidad de análisis	Municipios

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE FRIJOL
CRITERIO INDICADORES ECONÓMICOS



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá*: IGAC.
- MinHacienda. (2017). *Decreto 1650 de 2017.* Recuperado de: < https://incp.org.co/Site/publicaciones/info/archivos/decreto-1650.pdf>

3.7.6. Variable *planes de desarrollo con enfoque territorial (PDET)*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** económico		
CRITERIO ASOCIADO: Indicadores económicos		
VARIABLE: Planes de desarrollo con enfoque territorial (PDET)	**UNIDAD DE MEDIDA:** municipios	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Los planes de desarrollo con enfoque territorial PDET son un instrumento especial de planificación y gestión a 10 años, que tienen como objetivo estabilizar y transformar territorios más afectados por la violencia, la pobreza, las economías ilícitas y la debilidad institucional, y así lograr el desarrollo rural que requieren estos 170 municipios.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Resulta de gran importancia para los agentes económicos considerar este instrumento para la planificación de sus proyectos productivos, donde se proyecta una acción especialmente direccionada desde el gasto del gobierno nacional, junto con el sector privado, los gobiernos locales, las comunidades, los grupos étnicos y la cooperación internacional. Estos actores usarán las siguientes estrategias para dicha acción: • *Obras PDET*: Las comunidades son protagonistas en el proceso de construcción de sus obras. • *Obras por impuestos*: Mecanismo para que los contribuyentes ejecuten proyectos de impacto social. • *OCAD Paz*: Iniciativa que tiene como propósito destinar recursos de las regalías para ejecutar proyectos de inversión en los territorios PDET • *Proyectos productivos*: De la mano de las comunidades y entidades locales se adelantan proyectos para dinamizar la economía de los territorios PDET • *Estructuración de proyectos*: La ART entrega a las alcaldías la estructuración de proyectos para que los entes territoriales puedan presentarlos a diferentes *fuentes de financiación.* • *Plan maestro de estructuración*: Iniciativa que busca identificar las estrategias y fuentes de financiación para estructurar proyectos PDET. • *Yo me subo a mi PDET*: Comunidades y organizaciones se suben a los PDET mediante la ejecución directa de proyectos. • *Proyectos integradores*: Proyectos con enfoque territorial, los cuales contemplan la intervención articulada, planeada y focalizada.		

- *Cofinanciación*: De la mano con cooperación internacional avanza la implementación de los PDET

Los municipios PDET se constituyen como un direccionador de paz del Presupuesto General de la Nación con el accionar entre otros de los OCAD Paz, del Fondo Colombia en Paz, de la Agencia de Renovación del Territorio y del Fondo Colombia Sostenible. El sector privado y la cooperación internacional han identificado 77 proyectos sociales por COP$ 615 mil millones dentro de la estrategia de obras por impuestos, mientras que la cooperación internacional tiene ya estructurada 250 iniciativas que responden a las necesidades de la población para convertir sus iniciativas en obras de infraestructura, soluciones de energía eléctrica, proyectos productivos, educación, salud y reconciliación.

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 recursos y estímulos económicos para estos territorios 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.

Agencia de Renovación del Territorio. (ART). (2022). Municipios priorizados con planes de desarrollo con enfoque territorial.

2. Precisiones de la información.

Listado de municipios declarados PDET.

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 PDET lo que permite hacer un análisis nacional integral. Se constituye como una base de información dicotómica.

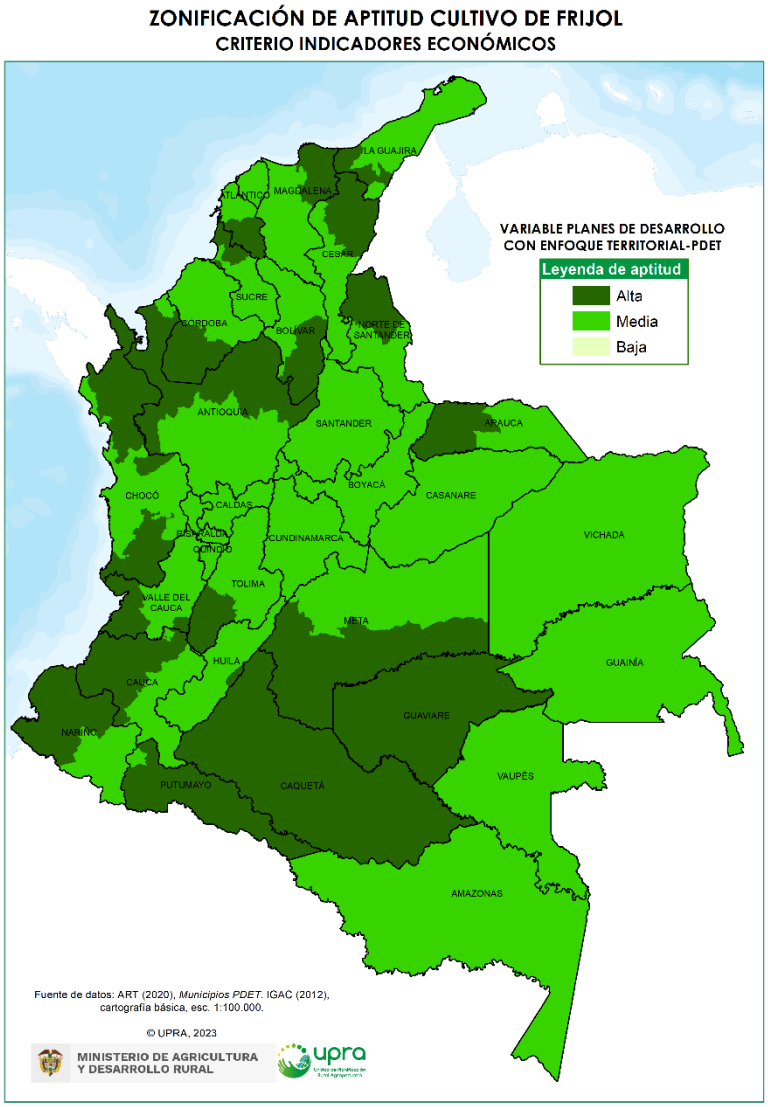
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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 de aptitud baja (A3) por considerar que existen otras fuentes de financiación para municipios afectados.

Municipios	Aptitud

	Declarados PDET	Alta (A1)	
	Resto	Media (A2)	
	-	Baja (A3)	
Unidad de análisis	Municipios		

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agencia de Renovación del territorio ART (2022) *Municipios priorizados con planes de desarrollo con enfoque territorial* https://centralpdet.renovacionterritorio.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/MunicipiosPDET.xlsx
- IGAC. (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.

3.8. Criterio condiciones de vida

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** social		
CRITERIO: condiciones de vida		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricciones legales	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Trabajo, expresado en porcentaje de hogares con privaciones (%)
- Condiciones educativas del hogar, expresadas en porcentaje de hogares con privaciones (%)
- Condiciones de la niñez y la juventud, expresadas en porcentaje de hogares con privaciones (%)
- Condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos, expresadas en porcentaje de hogares con privaciones (%)
- Salud, expresada en porcentaje de hogares con privaciones (%).

DEFINICIÓN

Evalúa los resultados de satisfacción (o no privación) que tiene un hogar rural respecto a características que se consideran vitales: salud, educación, empleo, entre otras. Es una aproximación de la pobreza multidimensional con datos censales. En esta metodología se consideran en situación de pobreza los hogares que tengan privación en por lo menos el 33,3 % de los indicadores (DANE, 2018).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Muestra las privaciones vitales con las que la población debe integrarse al proceso productivo y la necesidad de que los productores accedan a programas que busquen recortarlas. Aquellos municipios con menos hogares en situación de privación en cada variable 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.

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

La mayor limitación de la información es su nivel de actualización dado que se basa en el censo nacional de población y vivienda de 2018 y no en una encuesta regular y actualizada que permita evaluar los cambios en las condiciones de vida que se generan por la dinámica de los fenómenos socioeconómicos.

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 apto (N1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

1. Información

Se utiliza la información 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.

No se evalúa la pobreza multidimensional rural sino las tasas de privación por cada dimensión. 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.

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 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 de 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) y 23 ciudades capitales y 23 departamentos (pobreza monetaria). Con la información del CNPV 2018, son posibles desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rurales dispersos 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 en los municipios.

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 (*Analytic Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cinco variables, posteriormente, teniendo en cuenta el software PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se calcularán las ponderaciones de cada variable dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

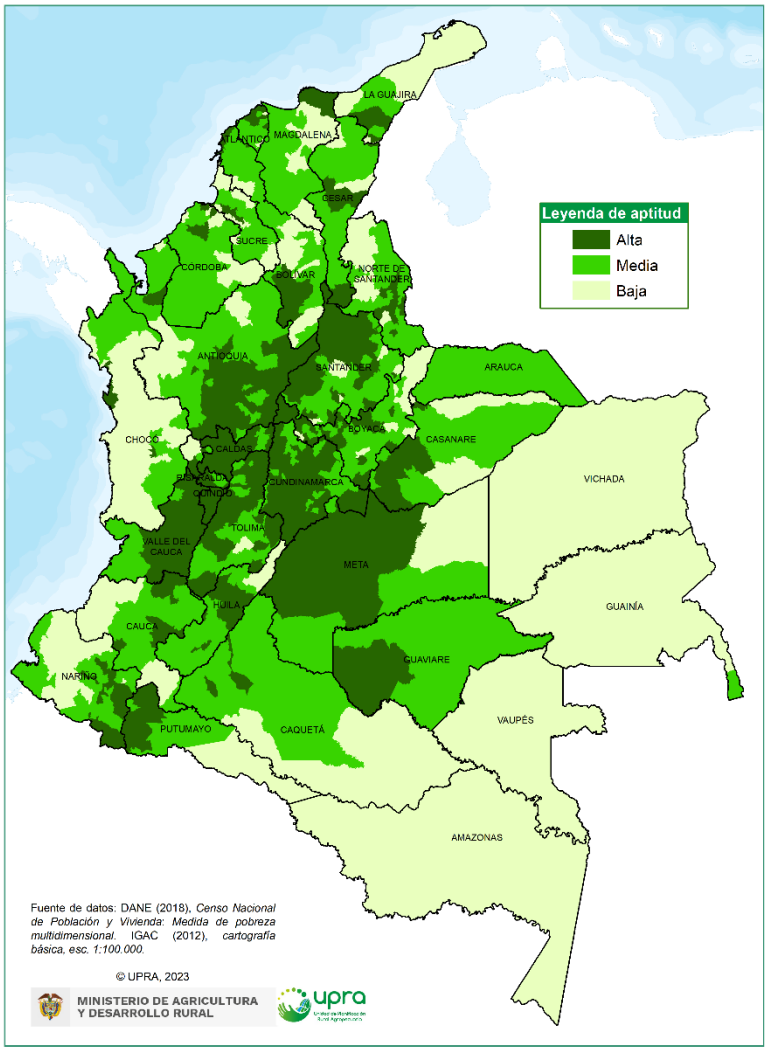
Criterio	Variable	Trabajo	Condiciones educativas	Condiciones de niñez y juventud	Condiciones de vivienda	Salud	Ponderación de las variables (%)
Condiciones de vida	**Trabajo**	1					44,9
	Condiciones educativas	1/3	1				26,1
	Condiciones de niñez y juventud	1/3	1/3	1			15,2
	Condiciones de vivienda	1/5	1/5	1/3	1		8,0
	Salud	1/5	1/3	1/3	1/3	1	5,8

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**			

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO

ZONIFICACIÓN DE APTITUD CULTIVO DE FRIJOL
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*, Disponible en: 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. (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.

3.8.1. Variable *trabajo*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** social		
CRITERIO: condiciones de vida		
VARIABLE: trabajo	**UNIDAD DE MEDIDA:** porcentaje de hogares con privaciones (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción 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 trabajo informal y tasa de dependencia: • *Privación por tasa de dependencia económica*: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene más de tres personas por miembro ocupado. • *Privación por empleo formal*: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un ocupado sin afiliación a pensiones.		
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 permiten 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.

Municipios con mayor nivel de porcentaje de hogares en situación de privación en aspectos relacionados 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 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, son posibles desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rurales dispersos 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 en 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 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 menor a mayor según incidencia del fenómeno socioeconómico en estudio que en este caso está relacionada con privaciones que son inversamente proporcionales con los niveles de aptitud para la cadena productiva.
2. El total de datos disponibles se dividen 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 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:

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 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).

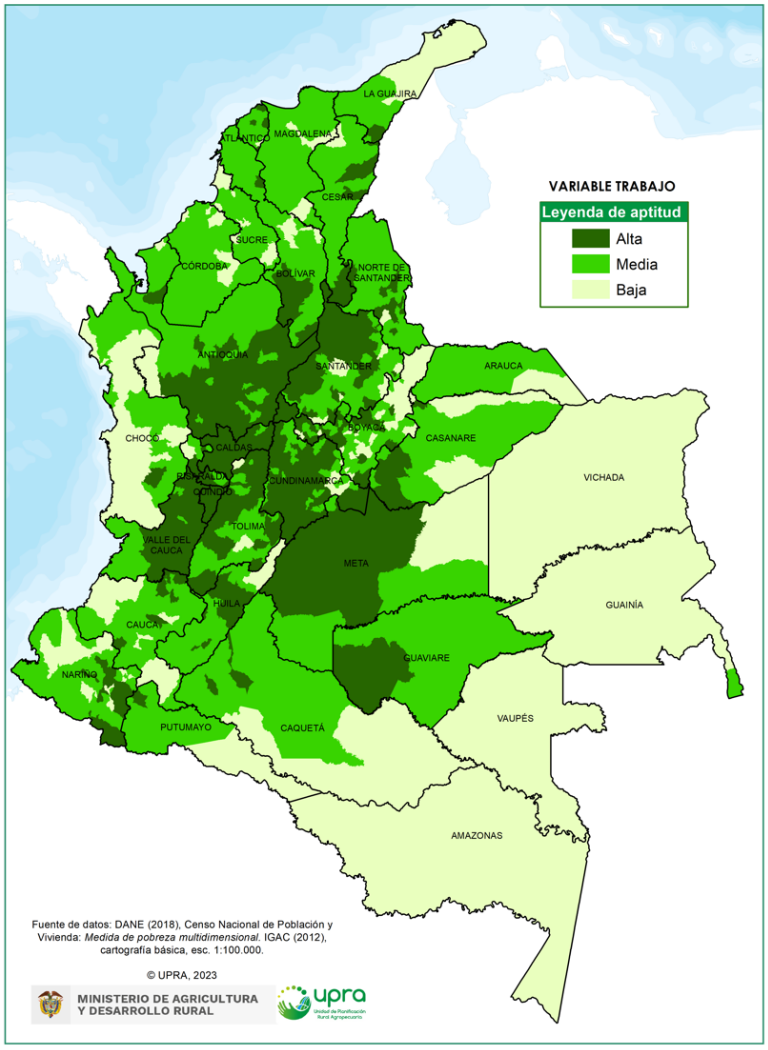
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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 en cada variable (por ejemplo, trabajo informal y tasa de dependencia). A la agrupación de municipios resultante se le calcula el promedio de privaciones de acuerdo con el dato centroide; y la agrupación con menor promedio corresponden a los municipios

A1, la agrupación con el promedio de centroide intermedio será A2 y la de mayor promedio de privaciones según el centroide corresponde a los municipios A3.

Aptitud	Trabajo informal	Tasa de dependencia
Alta	85,3	30,3
Media	92,6	45,3
Baja	94,7	69,1

Unidad de análisis	Porcentaje de hogares con privaciones (%)
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	



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*, Disponible en: 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. (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

3.8.2. Variable *condiciones educativas del hogar*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE	
TIPO DE UTILIZACIÓN	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus***

<table>
<tr><td>DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="3">vulgaris L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (Vigna unguiculata (L.) Walp.)</td></tr>
<tr><td colspan="4">COMPONENTE: socioeconómico SUBCOMPONENTE: social</td></tr>
<tr><td colspan="4">CRITERIO: Condiciones de vida</td></tr>
<tr><td colspan="2">VARIABLE: condiciones educativas del hogar</td><td colspan="2">UNIDAD DE MEDIDA: porcentaje de hogares con privaciones (%)</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>Restricción legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">DEFINICIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="4">Porcentaje de hogares de los centros poblados y rurales dispersos, con privaciones combinadas en las variables analfabetismo y bajo logro educativo:

• Privación por bajo logro educativo: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar donde la educación promedio de las personas mayores de 15 años es menor a 9 años de educación.
• Privación por analfabetismo: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar en el que hay, al menos, una persona de 15 años y más que no sabe leer y escribir.</td></tr>
<tr><td colspan="4">IMPORTANCIA DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="4">Permite identificar aquellos territorios rurales donde la incidencia de privaciones en aspectos relacionados con la educación de los hogares es menos generalizada y donde se espera que la población tenga una mayor posibilidad de desarrollo de sus capacidades humanas y aportar 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 mayor 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.

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.</td></tr>
<tr><td colspan="4">VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO</td></tr>
<tr><td colspan="4">El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).</td></tr>
<tr><td colspan="4">LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="4">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.</td></tr>
<tr><td colspan="4">METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="4">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</td></tr>
</table>

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 específico 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 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 una desagregación geográfica de cabeceras y centros poblados y rurales dispersos 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 en 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 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 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:

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).

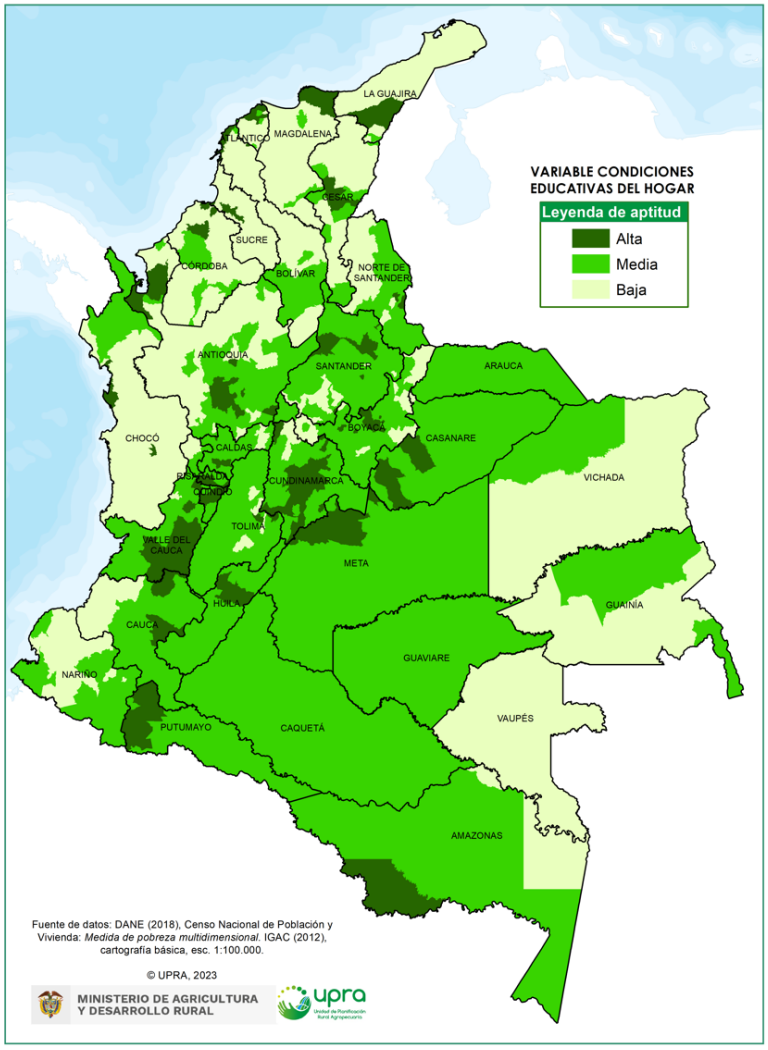
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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
12,2	59,9	Alta (A1)
18,5	81,6	Media (A2)
33,7	82,9	Baja (A3)

Unidad de análisis	Porcentaje de hogares con privaciones (%)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



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*, Disponible en: 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. (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.

3.8.3. Variable *condiciones de la niñez y la juventud*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE

TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
COMPONENTE: socioeconómico **SUBCOMPONENTE:** social		
CRITERIO: 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	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Porcentaje de hogares de las zonas rurales con privaciones combinadas en las variables barreras de acceso a servicios para cuidado de la primera infancia, trabajo infantil, inasistencia y rezago escolar.

- *Privación por inasistencia escolar*: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un niño entre 6 y 16 años que no asiste a una institución educativa.
- *Privación por rezago escolar*: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un niño entre 7 y 17 años con rezago escolar (número de años aprobados inferior a la norma nacional).
- *Privación por acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia*: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un niño de 0 a 5 años sin acceso a todos los servicios de cuidado integral (salud y cuidado).
- *Privación por trabajo infantil*: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un niño entre 12 y 17 años trabajando.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite identificar aquellos territorios rurales donde la incidencia de privaciones en aspectos relacionados con las condiciones de la niñez y la juventud de los hogares es menos generalizada y donde se espera que la población tenga una mayor posibilidad de desarrollo de sus capacidades humanas y aportar a un proceso productivo. Aquellos municipios con menor porcentaje de hogares en situación de privación en las condiciones de la niñez y la juventud cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas y, por lo tanto, requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades.

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 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 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 específico 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, son posibles desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rurales dispersos 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 la 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 en 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 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 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 es 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. Iteративamente, 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).

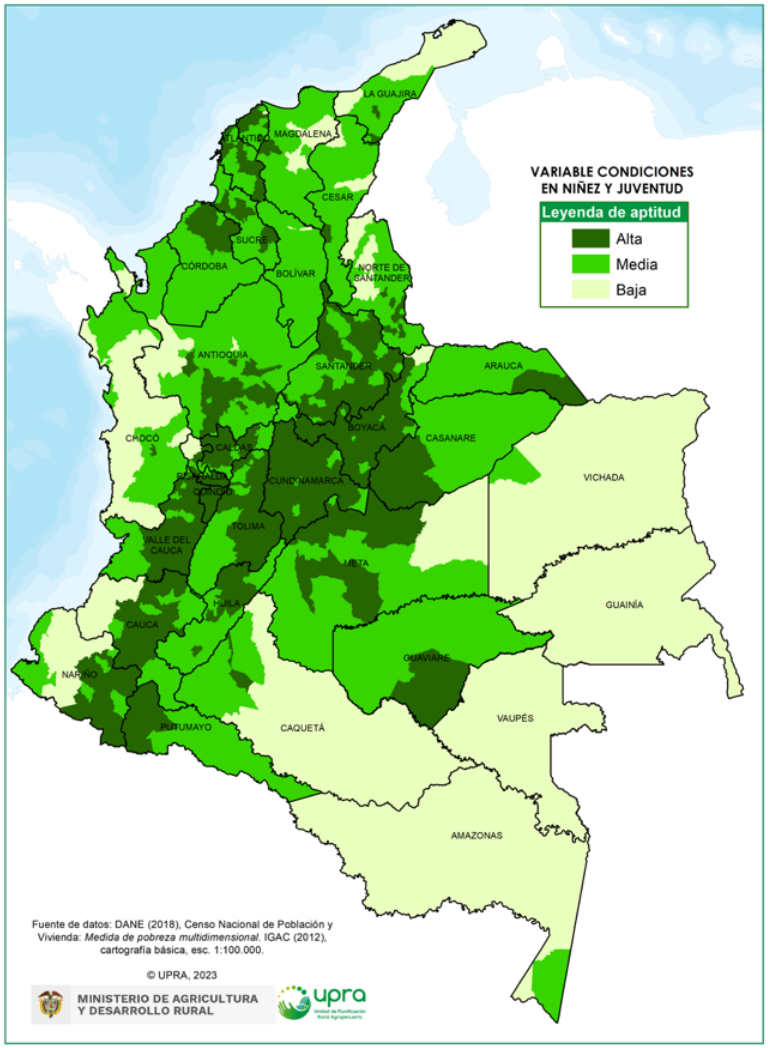
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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. A la agrupación de municipios resultante se le calcula el promedio de privaciones de acuerdo con el dato centroide para cada variable (Barreras de acceso o trabajo infantil, por ejemplo); y la agrupación con menor promedio corresponden a los municipios A1, la agrupación con el promedio de centroide intermedio será A2 y la de mayor promedio de privaciones según el centroide corresponde a los municipios A3.

Barreras de acceso al cuidado	Trabajo infantil	Inasistencia escolar	Rezago escolar	Aptitud
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



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*, Disponible en: 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. (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

3.8.4. Variable *condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos*

<table>
<tr><th colspan="3">FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE</th></tr>
<tr><td>TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="2">Cultivos comerciales de fríjol (Phaseolus vulgaris L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (Vigna unguiculata (L.) Walp.)</td></tr>
<tr><td colspan="3">COMPONENTE: socioeconómico SUBCOMPONENTE: social</td></tr>
<tr><td colspan="3">CRITERIO: Condiciones de vida</td></tr>
<tr><td>VARIABLE: condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos</td><td colspan="2">UNIDAD DE MEDIDA: porcentaje de hogares con privaciones (%)</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>Restricción legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
<tr><th colspan="3">DEFINICIÓN</th></tr>
<tr><td colspan="3">Refleja las condiciones habitacionales de los pobladores en las zonas rurales y para esto se entrelaza la información de parámetros como hacinamiento crítico, eliminación de excretas, paredes y pisos inadecuados, y la limitación al acceso de agua mejorada.

• Privación por acceso a fuente de agua mejorada: en el caso de los hogares rurales, una persona se considera privada si el agua la obtienen de pozo sin bomba, agua lluvia, río, manantial, carrotanque, aguatero u otra fuente, agua embotellada o en bolsa.
• Privación por inadecuada eliminación de excretas: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar rural que no cuenta con inodoro sin conexión, letrina, bajamar o no tienen servicio sanitario.
• Privación por material inadecuado de pisos: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar, cuya vivienda cuenta con pisos de tierra, arena, barro.
• Privación por material inadecuado de paredes exteriores: un hogar rural se considera en privación, si su vivienda cuenta con paredes de guadua u otro vegetal, zinc, tela, cartón, deshechos o no tiene paredes.</td></tr>
<tr><th colspan="3">IMPORTANCIA DE LA VARIABLE</th></tr>
</table>

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 aportar 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 cuentan con poblaciones más aptas para participar en las dinámicas socioeconómicas y, por lo tanto, requieren una menor inversión social para potenciar sus capacidades.

Municipios con mayor 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 específico 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 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, son posibles desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rurales dispersos 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 la 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 en 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 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 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:

1. Evaluar la existencia de clúster que solo están integrados por datos extremos (*outliers*).
2. Comparar dos conjuntos de clústeres 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).

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

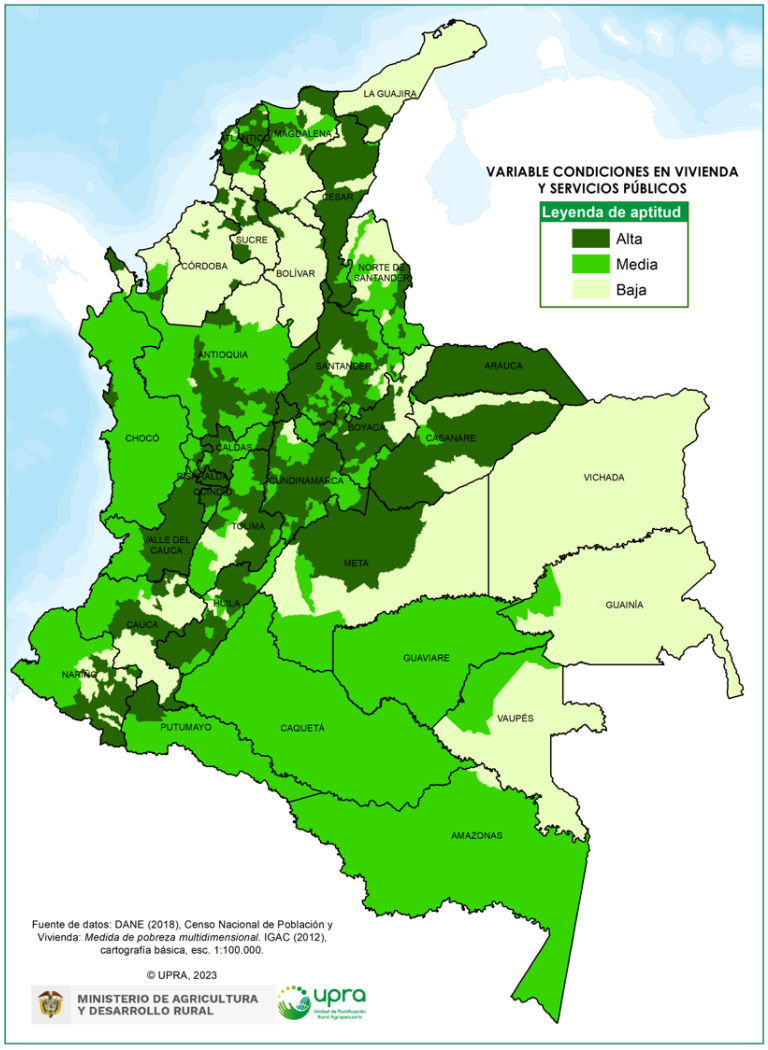
cada indicador para los municipios en cada nivel de aptitud, expresado en porcentaje (%) de hogares con privaciones en cada variable (por ejemplo, inadecuado material de piso o Inadecuada eliminación de excretas, entre otros).

Así las cosas, a la agrupación de municipios resultante se le saca el promedio de privaciones de acuerdo con el dato centroide; y la agrupación con menor promedio corresponden a los municipios A1, la agrupación con el promedio de centroide intermedio será A2 y la de mayor promedio de privaciones según el centroide corresponde a los municipios A3

Aptitud	Hacinamiento crítico	Inadecuada eliminación de excretas	Inadecuado material de paredes exteriores	Inadecuado material de pisos	Sin acceso a fuentes de agua mejorada
Alta	6,7	16,3	2,8	13,7	22,7
Media	9,0	41,0	3,0	14,7	67,4
Baja	16,7	46,3	8,8	58,3	51,2

Unidad de análisis	Porcentaje de hogares con privaciones (%)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



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,* Disponible en: 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. (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

3.8.5. Variable *salud*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE

<table>
<tr><td>TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="2">Cultivos comerciales de fríjol (Phaseolus vulgaris L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (Vigna unguiculata (L.) Walp.)</td></tr>
<tr><td colspan="3">COMPONENTE: socioeconómico SUBCOMPONENTE: social</td></tr>
<tr><td colspan="3">CRITERIO: condiciones de vida</td></tr>
<tr><td>VARIABLE: salud</td><td colspan="2">UNIDAD DE MEDIDA: porcentaje de hogares con privaciones (%)</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>Restricción legal</td><td></td></tr>
<tr><td>Condicionante legal</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="3">DEFINICIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="3">Refleja las limitaciones en condiciones de salud en las zonas rurales, manifestada esta como las barreras de acceso a este servicio y a las zonas sin aseguramiento en salud:

• Privación por barreras de acceso a salud dada una necesidad: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, una persona que en los últimos 30 días tuvo una enfermedad, accidente, problema odontológico o algún otro problema de salud, que no haya implicado hospitalización y que para tratar este problema no acudió a un médico general, especialista, odontólogo, terapista o institución de salud.
• Privación por falta de aseguramiento en salud: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, una persona mayor de 5 años que no se encuentra asegurada en salud, es decir presenta alguna de las siguientes opciones en estado de afiliación: desafiliado (DE), retirado (RE) e interrumpido por migración (RX).</td></tr>
<tr><td colspan="3">IMPORTANCIA DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="3">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 aportar 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.

Municipios con mayor porcentaje de hogares en situación de privación en los servicios de salud, condicionan una menor competitividad de los procesos productivos desarrollados en sus territorios.</td></tr>
<tr><td colspan="3">VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO</td></tr>
<tr><td colspan="3">El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).</td></tr>
</table>

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, que hizo 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 específico 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, con publicación 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 una desagregación geográfica de cabeceras y centros poblados y rurales dispersos 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 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 respectivamente 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 en 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 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 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:

1. Evaluar la existencia de clústeres que solo están integrados por datos extremos (*outliers*).
2. Comparar dos conjuntos de clústeres 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).

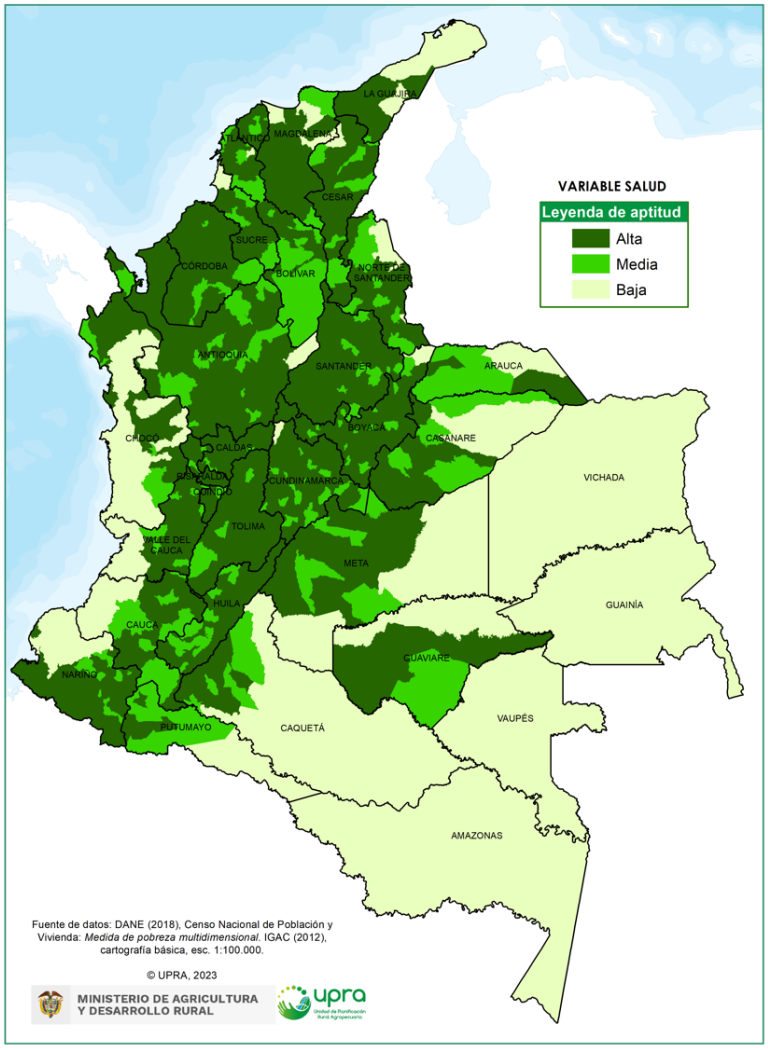
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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 en cada variable (por ejemplo, barreras de acceso y sin aseguramiento en salud). A la agrupación de municipios resultante se le calcula el promedio de privaciones de acuerdo con el dato centroide; y la agrupación con menor promedio corresponden a los municipios A1, la agrupación con el promedio de centroide intermedio será A2 y la de mayor promedio de privaciones según el centroide corresponde a los municipios A3.

Barreras de acceso a servicios	Sin aseguramiento en salud	Aptitud
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



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,* Disponible en: 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. (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.

4. Fichas metodológicas restricciones legales

4.1. Criterio restricciones legales

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
CRITERIO: restricciones legales		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	✓
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
Ecosistemas estratégicos: Corresponde a los polígonos de páramos. *Áreas protegidas:* Corresponde a los polígonos del 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). Se incluyen además los distritos de manejo integrado, correspondientes a los polígonos identificados como las zonas de preservación, restauración para la preservación y uso público (subzonas para la recreación y alta densidad de uso) relacionados en la zonificación de los planes de manejo de los distritos regionales de manejo La Tatacoa y la serranía de Peñas Blancas, elaborados por la Corporación autónoma regional del alto Magdalena (CAM). *Planes de ordenación forestal*: Corresponden a los polígonos identificados con los usos prohibidos de las áreas forestales protectoras, áreas para la preservación, áreas forestales de protección para la preservación y restauración, áreas de protección para la conservación de la biodiversidad, suelos y recurso hídrico, macrounidades de manejo forestal para la conservación de cuerpos de agua, restauración ecológica de rondas y para la conservación, relacionados con los POF de la Corporación autónoma regional del alto Magdalena (CAM), Corporación autónoma regional del canal del Dique (Cardique) Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena (Cormacarena), para las cuenca del río Planas y del río Tillavá en el municipio de Puerto Gaitán, departamento del Meta, Corporación autónoma regional de Boyacá (Corpoboyacá), Corporación autónoma regional del Guavio (Corpoguavio), Corporación autónoma regional del Atlántico (CRA), Corporación autónoma regional de Sucre (Carsucre), Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga (CDMB), Corporación autónoma regional del sur de Bolívar (CSB), Corporación autónoma regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS) y Corporación autónoma regional de Santander (CAS). *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 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, zonas de preservación y recuperación para la preservación del AMEM), planes de ordenación forestal, 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 agropecuaria, dados los mandatos legales vigentes.

Las consideraciones legales para la exclusión de la zonificación están dadas por los siguientes instrumentos normativos:

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 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 886 del MADS 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 de 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 del áreas Protegidas (SINAP) y está integrado por los tipos del 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 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.

Adicionalmente, se incluyen los distritos de manejo integrado (DMI) que de acuerdo con el artículo 14 del Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, corresponden a 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. Se tienen en cuenta en esta categoría las zonas de preservación, restauración para la preservación y uso público (subzonas para la recreación y alta densidad de uso descritas en los planes de manejo elaborados por las diferentes Corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible (CAR). Hacen parte dentro de esta categoría los *Distritos regionales de manejo integrado (DRMI)* y los *Distritos de manejo integrado (DMI)*:

*Distritos regionales de manejo integrado (DRMI)**:***

- Bosque seco tropical Pozo Azul; Mejué (Corporación autónoma regional de la frontera nororiental-Corponor).
- Bosques secos del Chicamocha; lago Sogachota y la cuenta que lo alimenta (Corporación autónoma regional de Boyacá-Corpoboyacá).
- Cerro Guadalupe (Corporación autónoma regional de Caldas-Corpocaldas).
- Cuchilla Mesa Alta; cuchilla San Cayetano; cuchillas Negra y Guanaque; páramo de Rabanal; páramo Mamapacha-Bijagual (Corporación autónoma regional de Chivor-Corpochivor).
- Complejo lagunar Fúquene, Cucunubá y Palacios; cerro El Tabor; humedales de Gualí, Tres Esquinas y lagunas del Funzhé. (Corporación autónoma regional de Cundinamarca-CAR).
- Cerros de San Nicolás; cuchilla Los Cedros; El Capiro; embalse Peñol Guatape y cuenca alta del río Guatapé; La Selva; San Miguel; sistema Viaho Guayabal; bosques Mármoles y Pantágoras; páramo de Vida Maitamá, Sonsón; Las Camelias (Corporación autónoma regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare-Cornare).
- Humedal San Silvestre; páramo Guantiva y La Rusia; río Minero; serranía de los Yariguies (Corporación autónoma regional de Santander-CAS).
- Cerro Banderas ojo blanco; serranía de Minas; La Tatacoa; Peñas Blancas. (Corporación autónoma regional del Alto Magdalena-CAM).
- Banco Totumo Bijibana; Palmar del Titi (Corporación Autónoma Regional del Atlántico-CRA).
- Chinchorro (Corporación autónoma regional del Guavio-Corpoguavio)
- El Chilcal; Guacas; isla Ají, laguna de Sonso; Pance; páramos Las Domínguez, Pan de Azúcar y Valle Bonito; RUT Nativos, serranía de los Paraguas; La Plata; enclave subxerofítico de Atuncela (Corporación autónoma regional del Valle del Cauca-CVC).

- Ensenada de Rionegro; alto de Insor (Corporación para el Desarrollo Sostenible del Urabá-Corpouraba).
- Complejo de humedales de Ayapel (Corporación autónoma regional de los valles del Sinú y del San Jorge-CVS).
- Carimagua (Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial de La Macarena-Cormacarena).

Distritos de manejo integrado (DMI):

- Cuchilla de Bellavista; laguna de San Diego (Corporación autónoma regional de Caldas-Corpocaldas).
- Cerro de Juaica; El Chuscal; nacimiento quebradas Los Tiestos, La Chorrera y Hoya Fría; cuchilla de San Antonio y laguna del Coco; sector Salto del Tequendama-cerro Manjui. (Corporación autónoma regional de Cundinamarca-CAR).
- Bañaderos; Pastos Marinos Sawairu (Corporación autónoma regional de La Guajira,-Corpoguajira).
- Área de manglar de la bahía de Cispatá y sector aledaño del delta estuarino del río Sinú (Corporación autónoma regional de los valles del Sinú y del San Jorge-CVS).
- Planes de San Rafael; Agua linda; Arrayanal; Cristalina-La Mesa; cuchilla San Juan; Guásimo (Corporación autónoma regional de Risaralda-Carder).
- Luriza (Corporación autónoma regional del Atlántico-CRA).
- Páramo de Berlín (Corporación autónoma regional para la defensa de la Meseta de Bucaramanga-CDMB)

Hacen parte también las zonas para la preservación y recuperación de los *Distritos de manejo integrado del área de manejo especial La Macarena* (Decreto 1989 de 1989), identificados como *Macarena Norte*, *Macarena Sur*, *Ariari-Guayabero-Sector Losada-Caño Perdido.*

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 destinarlas a su preservación, restauración, conocimiento y disfrute.

Reservas forestales protectoras: De acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, se considera como un espacio geográfico en el que los ecosistemas de bosque mantienen su función, aunque su estructura y composición haya sido modificada y los valores naturales asociados se ponen al alcance de la población humana para destinarlos a su preservación, uso sostenible, restauración, conocimiento y disfrute. Esta zona de propiedad pública o privada se reserva para destinarla al establecimiento o mantenimiento y utilización sostenible de los bosques y demás coberturas vegetales naturales.

Planes de ordenación forestal: El decreto 1076 de 2016, recopila lo establecido en el decreto 1791 de 1996 el cual dictamina que las Corporaciones autónomas regionales deben contar con un plan de ordenación forestal, en el cual se definan las áreas boscosas pertenecientes a su jurisdicción y su respectivo manejo. En ese sentido, el Plan de ordenación forestal es un documento desarrollado por las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), fundamentado en la descripción de los aspectos bióticos, abióticos, sociales y económicos, de la zona, permitiendo ordenar las áreas forestales que se encuentran en el territorio, teniendo por objeto lograr el uso

de los recursos forestales de manera planificada y asegurando la sostenibilidad en su aprovechamiento, por tanto se definen posibles usos, en función de su uso principal, uso condicionado y uso prohibido.

Las restricciones legales pertenecientes a los POF de la corporación autónoma regional del alto Magdalena (CAM), Corporación autónoma regional de Sucre (Carsucre), Corporación autónoma regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), Corporación autónoma regional del Sur de Bolívar (CSB), Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS), Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS), Corporación autónoma regional del Canal del Dique (Cardique), Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena (Cormacarena), para las Cuenca del Río Planas y del Río Tillavá en el municipio de Puerto Gaitán, Departamento del Meta, Corporación autónoma regional de Boyacá (Corpoboyacá), Corporación autónoma regional del Guavio (Corpoguavio) y Corporación autónoma regional del Atlántico (CRA), se relacionan con los usos prohibidos de las áreas forestales protectoras, áreas para la preservación, áreas forestales de protección para la preservación y restauración, áreas de protección para la conservación de la biodiversidad, suelos y recurso hídrico, macrounidades de manejo forestal para la conservación de cuerpos de agua, restauración ecológica de rondas y para la conservación.

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 Amazonia.

La zonificación adelantada por el MinAmbiente en las ZRFN definió tres zonas tipo, denominadas A, B y C. Las zonas tipo A son aquellas que garantizan el mantenimiento de los procesos ecológicos básicos necesarios para asegurar la oferta de servicios ecosistémicos, relacionados principalmente con la regulación hídrica y climática; la asimilación de contaminantes del aire y del agua; la formación y protección del suelo; la protección de paisajes singulares y de patrimonio cultural; y el soporte a la diversidad biológica.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Cada uno de los factores evaluados, presenta limitantes por sus características y elementos particulares, que imposibilitan generalizar este aspecto.

En lo referente a los ecosistemas estratégicos, las áreas delimitadas corresponden al complejo de páramos; abarca grandes extensiones que pueden incluir zonas con algún grado de aptitud. Se debe actualizar esta exclusión con la información resultante de las zonificaciones de los páramos o ajustes en las mismas, que adelanta el 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 1922 de 2013 del MADS, 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.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

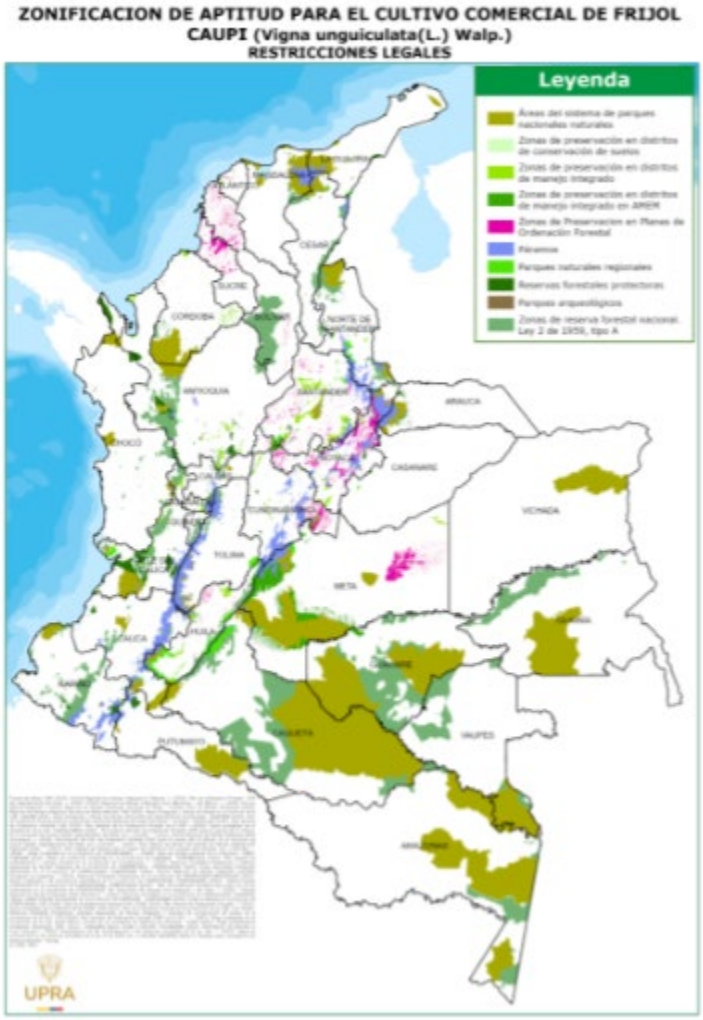
De forma general, la metodología de evaluación se fundamenta en un análisis profundo de las normas vigentes. Para generar la información espacial, se parte de las capas oficiales que contienen la información actualizada de las áreas de páramo, las áreas protegidas, otras áreas protegidas, los parques 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, las cuales serán sujeto de restricción.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

No aplica, por tratarse de una restricción legal.

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Acuerdo 10 de 2021, Por el cual se adopta Plan de ordenación forestal para la Serranía de San Lucas para el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Sur de Bolívar (CSB).
- Acuerdo No. 012 de 2015 de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM). Por el cual se adopta el Plan de Manejo del Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) La Tatacoa, localizado en los Municipios de Villavieja y Baraya, Departamento del Huila».
- Acuerdo No. 015 de 2020 de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM). Por el cual se adopta el Plan de Manejo Ambiental del Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) Serranía de Peñas Blancas y se modifica el Acuerdo 0003 de 2018 «Por el cual se declara, reserva, delimita y alindera el Distrito Regional de Manejo Integrado Serranía de Peñas Blancas, ubicado en los Municipios de Palestina, Acevedo, Pitalito, Timaná y Suaza, en el departamento del Huila y se toman otras determinaciones».
- Acuerdo 359 de 2018. Por el cual se adopta la actualización del Plan General de Ordenación Forestal-PGOF de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS).
- Acuerdo 386 de 2019, Por el cual se adopta la actualización del Plan General de Ordenación Forestal en el área de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS).

- Acuerdo 1388 de 2019. Por el cual se adopta el Plan General de Ordenación Forestal Integral y Sostenible para el área de jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), CDMB.
- Cormacarena. (2015). *Distritos de Manejo Integrado* (*DMI*). *Área de Manejo Especial La Macarena* (*AMEM*).
- Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (*CAM*) y Unión Temporal Forestal-Ambiental 2017. (2018). Plan de Ordenación Forestal del departamento del Huila POF-Huila.
- Corporación Autónoma Regional del Atlántico (*CRA*) y Ecoafa SAS. (2018). Capítulo 5. Ordenación forestal a implementar.
- Corporación Autónoma Regional de Boyacá (*Corpoboyacá*) y Corporación de Tecnologías Sostenibles CTAS. (2009). Formulación del Plan General de Ordenamiento y Manejo Forestal PGOF en la jurisdicción de la Corporación autónoma regional de Boyacá (*Corpoboyacá*). Etapa III. Ordenación y zonificación forestal.
- Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (*Cardique*) y Enviromental Ingenieros Consultores S.A. Eninco S.A. (2017). Plan de ordenación forestal para la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique (*Cardique*).
- Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio). (2017). Plan de Ordenación Forestal POF para la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional del Guavio (*Corpoguavio*).
- Corporación para el Desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena (*Cormacarena*) y Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2015). Formulación del Plan de Ordenación Forestal (POF) para la cuenca del Río Planas, en el municipio de Puerto Gaitán, Departamento del Meta.
- Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena (*Cormacarena*) y Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2015). Formulación del Plan de Ordenación Forestal (POF) para la cuenca del Río Tillavá, en el municipio de Puerto Gaitán, Departamento del Meta.
- DANE. (2014). *Marco Geodésico Nacional (MGN): centros poblados y cabeceras municipales.*
- IAVH. (2019). *Actualización de los límites cartográficos de los complejos de páramos, escala 1:100.000*
- Icanh. (2019). *Parques arqueológicos.*
- Ideam (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2010-2012, escala 1:100.000 versión 1.0.*
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000
- MinAmbiente. (2018). *Mapa de zonificación de Zonas de Reserva Forestal Nacional Ley 2ª, Tipo A, escala 1:100.000.*
- PNN. (2019). *Categorías regionales del Runap V.6.*
- PNN. (2019). *Límite de los Parques Nacionales Naturales de Colombia V.6.*
- Resolución 1112 de 2019, por medio de la cual se aprueba Plan de Ordenación Forestal de Corporación Autónoma Regional de Sucre-Carsucre.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) (2024). Frontera agrícola. Actualización V4_1.

4.1.1. Variable *ecosistemas estratégicos*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE	
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**
CRITERIO ASOCIADO: Restricciones legales	
VARIABLE: Ecosistemas estratégicos (páramos)	

TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	Exclusión técnica	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	✓
	Condicionante 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 supervivencia.

De acuerdo con la Resolución del MADS No. 886 de 2018, «Por la cual se adoptan los lineamientos para la zonificación y régimen de usos en las áreas de páramos delimitados y se establecen las directrices para diseñar, capacitar y poner en marcha programas de sustitución y reconversión de las actividades agropecuarias y se toman otras determinaciones», se viene avanzando en la zonificación de los páramos delimitados en relación con las actividades agropecuarias que se venían desarrollando con anterioridad al 16 de junio de 2011 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.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Para los propósitos de la zonificación de aptitud de los cultivos de frijol y de caupí, 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 restricción 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



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IAVH. (2019). Actualización de los límites cartográficos de los complejos de páramos, escala 1:100.000. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

4.1.2. Variable *áreas protegidas*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE

TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)	
CRITERIO ASOCIADO: Restricciones legales		
VARIABLE: Áreas protegidas		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	✓
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Las áreas protegidas consideradas dentro de esta restricción ~~exclusión~~ legal corresponden a:

Áreas del Sistema de Parques Nacionales Naturales: Forman parte del Sistema Nacional del áreas Protegidas (SINAP) y están integradas por los tipos del 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 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 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.

Distritos de Manejo Integrado (*DMI*): Definidos por el artículo 14 del Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, como 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.

Hacen parte de esta categoría las zonas identificadas como áreas para la preservación, restauración, restauración para la preservación, uso sostenible y uso público (subzonas para la recreación y alta densidad de uso), descritas en los Planes de manejo elaborados por las diferentes Corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible (CAR). Se incluyen dentro de esta categoría los siguientes Distritos regionales de manejo integrado (DRMI) y los Distritos de manejo integrado (DMI):

Distritos regionales de manejo integrado (DRMI):

Bosque seco tropical Pozo Azul; Mejué (Corporación autónoma regional de la frontera nororiental-Corponor).

Bosques secos del Chicamocha; lago Sogachota y la cuenca que lo alimenta (Corporación autónoma regional de Boyacá-Corpoboyacá).

Cerro Guadalupe (Corporación autónoma regional de Caldas-Corpocaldas).

Cuchilla Mesa Alta; cuchilla San Cayetano; cuchillas Negra y Guanaque; páramo de Rabanal; páramo Mamapacha-Bijagual (Corporación autónoma regional de Chivor-Corpochivor).

Complejo lagunar Fúquene, Cucunubá y Palacios; cerro El Tabor; humedales de Gualí, Tres Esquinas y lagunas del Funzhé (Corporación autónoma regional de Cundinamarca-CAR).

Cerros de San Nicolás; cuchilla Los Cedros; El Capiro; embalse Peñol Guatape y cuenca alta del río Guatapé; La Selva; San Miguel; Sistema Viaho Guayabal; bosques Mármoles y Pantágoras; páramo de Vida Maitamá-Sonsón; Las Camelias (Corporación autónoma regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare-Cornare)

Humedal San Silvestre; páramo Guantiva y La Rusia; río Minero; serranía de los Yariguies (Corporación autónoma regional de Santander-CAS).

Cerro Banderas Ojo Blanco; serranía de Minas; La Tatacoa; Peñas Blancas (Corporación autónoma regional del Alto Magdalena-CAM).

Banco Totumo Bijibana; Palmar del Titi (Corporación autónoma regional del Atlántico-CRA).

Chinchorro (Corporación autónoma regional del Guavio-Corpoguavio).

El Chilcal; Guacas; isla Ají, laguna de Sonso; Pance; páramos Las Domínguez-Pan de Azúcar y Valle Bonito; RUT Nativos; serranía de los Paraguas; La Plata; enclave subxerofítico de Atuncela (Corporación autónoma regional del Valle del Cauca-CVC)

Ensenada de Rionegro; alto de Insor (Corporación para el desarrollo sostenible del Urabá-Corpourabá).

Complejo de humedales de Ayapel (Corporación autónoma regional de los valles del Sinú y del San Jorge-CVS).

Carimagua (Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial de La Macarena-Cormacarena).

Distritos de manejo integrado (*DMI*):

Cuchilla de Bellavista; laguna de San Diego (Corporación autónoma regional de Caldas-Corpocaldas).

Cerro de Juaica; El Chuscal; nacimiento quebradas Los Tiestos, La Chorrera y Hoya Fría; cuchilla de San Antonio y laguna del Coco; sector Salto del Tequendama-cerro Manjui (Corporación autónoma regional de Cundinamarca-CAR).

Bañaderos; Pastos Marinos Sawairu (Corporación autónoma regional de La Guajira-Corpoguajira).

Área de manglar de la bahía de Cispatá y sector aledaño del delta estuarino del río Sinú (Corporación autónoma regional de los valles del Sinú y del San Jorge-CVS).

Planes de San Rafael; Agua linda; Arrayanal; Cristalina-La Mesa; cuchilla San Juan; Guásimo (Corporación autónoma regional de Risaralda-Carder).

Luriza (Corporación autónoma regional del Atlántico-CRA).
Páramo de Berlín (Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta De Bucaramanga-CDMB).

Hacen parte también las zonas para la preservación y recuperación de los Distritos de manejo integrado del área de manejo especial La Macarena (Decreto 1989 de 1989), identificados como Macarena Norte, Macarena Sur, Ariari-Guayabero-sector Losada-Caño Perdido.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Para los propósitos de la zonificación de aptitud de los cultivos de frijol y de caupí, 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

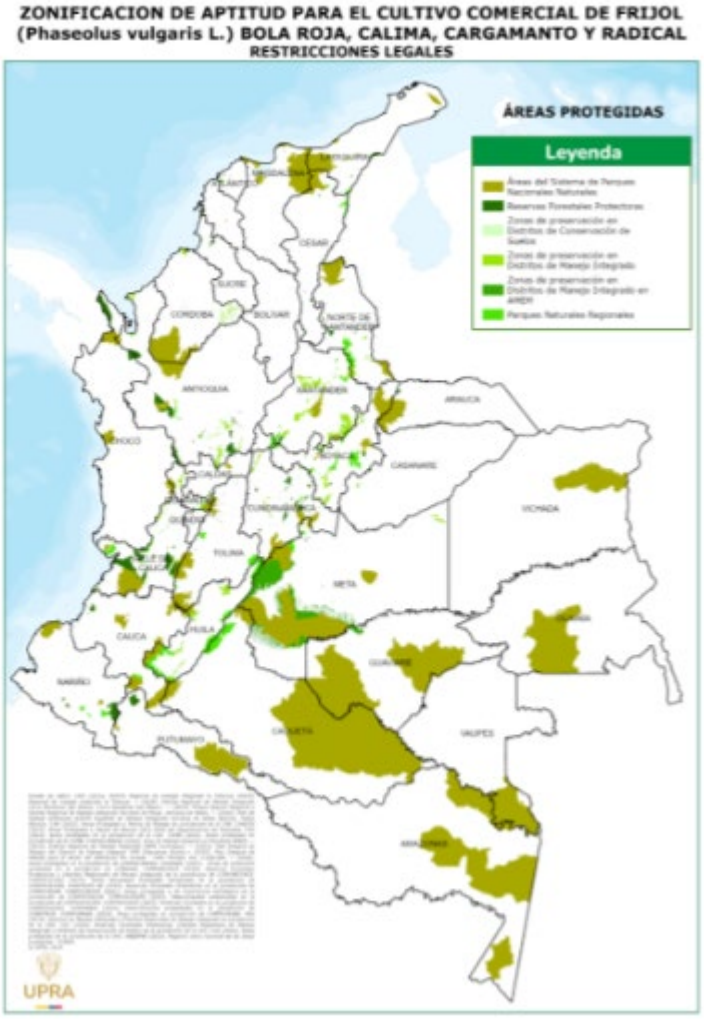
No aplica, por tratarse de una restricción legal (N2).

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, polígonos de las Reservas Forestales Protectoras y distritos de manejo integrado

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Acuerdo No. 012 de 2015 de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM), Por el cual se adopta el Plan de Manejo del Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) La Tatacoa, localizado en los Municipios de Villavieja y Baraya, Departamento del Huila.
- Acuerdo No. 015 de 2020 de la Corporación Autónoma Regional del Alto Magdalena (CAM). Por el cual se adopta el Plan de Manejo Ambiental del Distrito Regional de Manejo Integrado (DRMI) Serranía de Peñas Blancas y se modifica el Acuerdo 0003 de 2018 "Por el cual se declara, reserva, delimita y alindera el Distrito Regional de Manejo Integrado Serranía de Peñas Blancas, ubicado en los Municipios de Palestina, Acevedo, Pitalito, Timaná y Suaza, en el departamento del Huila" y se toman otras determinaciones.
- Cormacarena. (2015). Distritos de manejo integrado –DMI. Área de manejo especial La Macarena (AMEM).
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.
- PNN. (2019). Categorías regionales del Runap V.6.
- PNN. (2019). Límite de los Parques Nacionales Naturales de Colombia V.6.

4.1.3. Variable *planes de ordenación forestal*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
CRITERIO ASOCIADO: Restricciones legales		
VARIABLE: Planes de ordenación forestal		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	✓
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Las áreas protegidas consideradas dentro de esta restricción legal corresponden a:

Planes de ordenación forestal: Según el Decreto 1076 de 2016, el Plan de ordenación forestal (POF) se define como un documento desarrollado por las Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), estructurado a partir de las características bióticas, abióticas, sociales y económicas de la zona, que permite ordenar las áreas forestales que se encuentran en el territorio. Los POF tienen como objetivo lograr el uso de los recursos forestales de manera planificada y asegurando la sostenibilidad en su aprovechamiento. Por tanto, los POF son considerados como el proceso e instrumento de planificación que tienen por objeto el ordenamiento, uso y manejo integral y sostenible del recurso forestal, de las tierras forestales, estructurado en el conocimiento, análisis, interpretación y evaluación integral de sus componentes biofísicos principales resaltando en estos el ecológico y silvicultural, suelos e hidroclimatología y de sus componentes socioeconómicos y legales; con fines de alcanzar objetivos de conservación, protección y manejo integral y sustentable del recurso forestal, de las tierras forestales y de la biodiversidad y servicios ecosistémicos asociados a los diferentes departamentos.

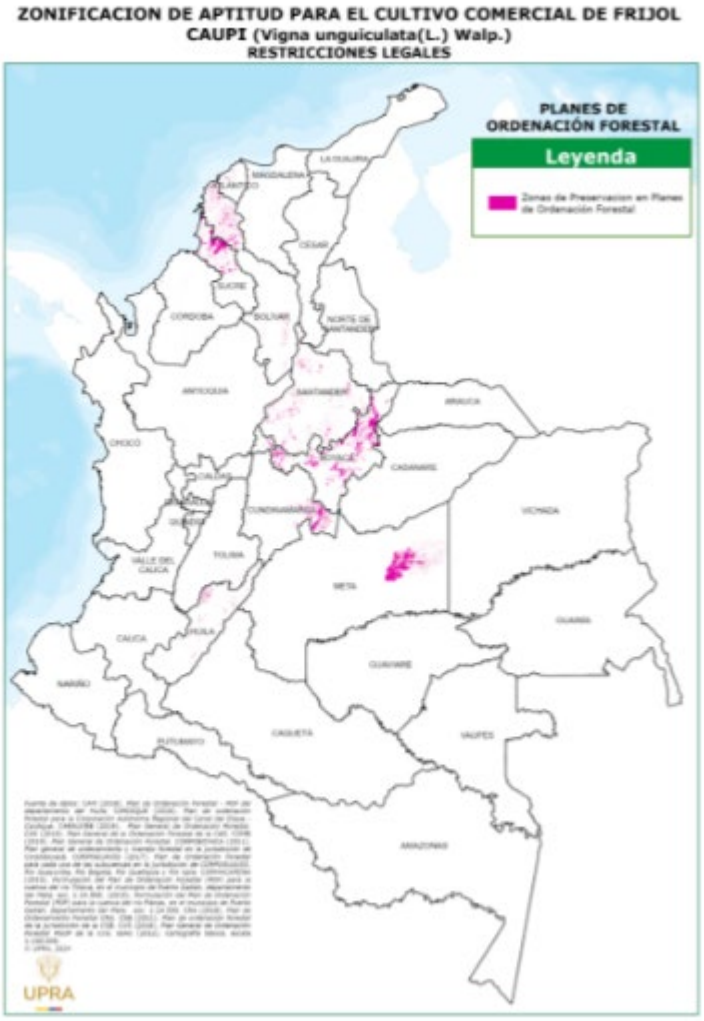
Actualmente, el decreto 1076 de 2016, recopila lo establecido en el decreto 1791 de 1996 el cual dictamina que las Corporaciones Autónomas Regionales deben contar con un plan de ordenación forestal, en el cual se definan las áreas boscosas pertenecientes a su jurisdicción y su respectivo manejo. Por tanto, de acuerdo con los criterios técnicos y legales, referentes de uso y manejo para las Áreas de ordenación forestal definidas por la Corporación autónoma regional del alto Magdalena (CAM), Corporación autónoma regional del Canal del Dique (Cardique), Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena (Cormacarena) para las cuenca del río Planas y del río Tillavá en el municipio de Puerto Gaitán, departamento del Meta, Corporación autónoma regional de Boyacá (Corpoboyacá), Corporación autónoma regional del Guavio (Corpoguavio), Corporación autónoma regional del Atlántico (CRA), Corporación autónoma regional de Sucre (Carsucre), Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga (CDMB), Corporación autónoma regional del sur de Bolívar (CSB), Corporación autónoma regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS) y Corporación autónoma regional de Santander (CAS), se presentan exclusiones legales relacionadas con los usos prohibidos de las áreas forestales protectoras, áreas para la preservación, áreas forestales de protección para la preservación y restauración, áreas de protección para la conservación de la biodiversidad, suelos y recurso hídrico, macro unidades de manejo forestal para la conservación de cuerpos de agua, restauración ecológica de rondas y para la conservación.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Para los propósitos de la zonificación de aptitud de los cultivos comerciales de frijol y caupí, 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 restricción 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 y definiendo nuevas áreas de conservación y protección, adicionalmente solo se cuenta con los planes de ordenación forestal de 11 corporaciones.	
Unidad de análisis	Zonas de protección, preservación y conservación declaradas por los planes de ordenamiento forestal

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Acuerdo 10 de 2021, por el cual se adopta el Plan de ordenación forestal para la Serranía de San Lucas para el área de jurisdicción de la Corporación autónoma regional del sur de Bolívar (CSB).
- Acuerdo 359 de 2018, Por el cual se adopta la actualización del plan general de ordenación forestal (PGOF) de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS).

- Acuerdo 386 de 2019, Por el cual se adopta la actualización del plan general de ordenación forestal en el área de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de Santander (CAS).
- Acuerdo 1388 de 2019, Por el cual se adopta el plan general de ordenación forestal integral y sostenible para el área de jurisdicción de la Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga (CDMB).
- Corporación autónoma regional del alto Magdalena (CAM) y Unión Temporal Forestal-Ambiental 2017. (2018). Plan de Ordenación Forestal del departamento del Huila POF- Huila.
- Corporación autónoma regional del Atlántico (CRA) y Ecoafa SAS. (2018). Capítulo 5. Ordenación forestal a implementar.
- Corporación autónoma regional del canal del Dique (Cardique) y Enviromental Ingenieros Consultores S.A. Eninco S.A. (2017). Plan de ordenación forestal para la Corporación autónoma regional del canal del Dique (Cardique).
- Corporación autónoma regional de Boyacá (Corpoboyacá) y Corporación de Tecnologías Sostenibles CTAS. (2009). Formulación del plan general de ordenamiento y manejo Forestal PGOF en la jurisdicción de la Corporación autónoma regional de Boyacá (Corpoboyacá). Etapa III. Ordenación y zonificación forestal.
- Corporación autónoma regional del Guavio (Corpoguavio). (2017). Plan de ordenación forestal POF para la jurisdicción de la Corporación autónoma regional del Guavio (CORPOGUAVIO).
- Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena (Cormacarena) y Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2015). Formulación del plan de ordenación forestal (POF) para la cuenca del río Planas, en el municipio de Puerto Gaitán, departamento del Meta.
- Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena (Cormacarena) y Universidad distrital Francisco José de Caldas. (2015). Formulación del plan de ordenación forestal (POF) para la cuenca del río Tillavá, en el municipio de Puerto Gaitán, departamento del Meta.
- Resolución 1112 de 2019, por medio de la cual se aprueba el plan de ordenación forestal de la Corporación autónoma regional de Sucre (Carsucre).

4.1.4. Variable *parques arqueológicos*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
CRITERIO ASOCIADO: Restricciones legales		
VARIABLE: parques arqueológicos		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	✓
	Condicionante 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 de 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 de 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 restricción 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 Chiribiquete	Directa
	Piedras Blancas	Directa		

Unidad de análisis	Polígonos que comprenden parques arqueológicos declarados

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Icanh. (2019). Parques arqueológicos. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica escala 1:100.000. Bogotá.

4.1.5. Variable zonas de reserva forestal nacional de Ley 2 de 1959, tipo A

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
CRITERIO ASOCIADO: Restricciones legales		
VARIABLE: Zonas de reserva forestal nacional de Ley 2 de 1959, tipo A		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	
	Condicionante 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 Amazonia.

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:

No. 1922 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal Central, establecida en la Ley 2 de 1959.

No. 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.

No. 1924 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Río Magdalena, establecida en la Ley 2 de 1959.

No. 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.

No.1926 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Pacífico, establecida en la Ley 2 de 1959.

No.1275 de 2014, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Cocuy, establecida en la Ley 2 de 1959.

No. 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.

No. 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 restricción legal (N2).
LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
Las resoluciones que zonifican las Zonas de Reserva Forestal Nacional establecen que tanto en las zonas tipo A, B o C, se pueden adelantar procesos de sustracción de conformidad con la normatividad vigente. Como todas las áreas son susceptibles de solicitud de sustracción, es importante que, la información de sustracciones sea actualizada regularmente,
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
Para la generación de la información cartográfica se parte de las zonificaciones de cada una de las Reservas Forestales Nacionales de Ley 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 tipo A
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	

ZONIFICACION DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL CAUPI (Vigna unguiculata(L.) Walp.)
RESTRICCIONES LEGALES



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). Cartografía básica escala 1:100.000. Bogotá.
- MinAmbiente. (2018). Mapa de zonificación de Zonas de Reserva Forestal Nacional Ley 2ª, Tipo A, escala 1:100.000. Bogotá.

5. Fichas metodológicas de condicionantes legales

5.1. Criterios condicionantes legales

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
CRITERIO: condicionantes legales		
TIPO DE CRITERIO	**Restricción legal**	
	Análisis jerárquico	
	Exclusión técnica	
	Condicionante 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 del 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.

Planes de ordenación forestal: Corresponden a los polígonos identificados como áreas forestales protectoras, protectoras para la regulación, áreas de restauración del bosque seco tropical (bs-t), áreas forestales para la conservación, áreas misceláneas y/o de producción mixta, áreas críticas por erosión severa en suelos arenosos y vegetación herbácea, áreas críticas por salinización en usos agrícolas intensivos, área forestal de producción directa, área forestal de protección para el uso sostenible, zonas para restauración, plantaciones de carácter protector, aprovechamiento artesanal de productos maderables y no maderables, macro unidades de manejo forestal para la producción de maderas finas, ordinarias y PFNM, servicios ambientales-conectividad biológica, y restauración ecológica relacionados con los POF de la Corporación autónoma regional del alto Magdalena (CAM), Corporación autónoma regional del canal del Dique (Cardique), Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena (Cormacarena), para las cuenca del río Planas y del río Tillavá en el municipio de Puerto Gaitán, departamento del Meta, Corporación autónoma regional de Boyacá (Corpoboyacá), Corporación autónoma regional del Guavio (Corpoguavio), Corporación autónoma regional del Atlántico (CRA), Corporación autónoma regional de Sucre (Carsucre), Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga (CDMB), Corporación autónoma regional del sur de Bolívar (CSB), Corporación autónoma regional de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS) y Corporación autónoma regional de Santander (CAS). Lo anterior, permite también definir zonas de Bosques habilitados por zonificación ambiental.

Adicionalmente, se definen zonas específicas de aprovechamiento forestal sostenible, considerando los Planes de ordenación forestal de las corporaciones CAM, Carsucre, CAS, CDMB, Corpoguavio, CRA y CVS, que incluyen las siguientes categorías de zonificación: Área forestal productora de uso múltiple con potencial forestal; forestal productor directo; forestal productor indirecto; forestal productor para el uso directo; forestal productor para el uso indirecto; forestal protector para el uso sostenible; área forestal productora; restauración; aprovechamiento artesanal de productos maderables y no maderables; MUMF, producción de maderas finas, ordinarias y productos forestales no maderables; áreas de restauración para la producción, áreas forestales productoras condicionadas.

Zonas de Reserva Forestal Nacional de Ley 2 de 1959, tipos B y C: Polígonos de las zonas tipo B y C de las Zonas de Reserva Forestal Nacional. Se incluyen predios con previa decisión de ordenamiento y contratos de derechos de uso.

Distinciones internacionales: Polígonos de reservas de la biosfera y polígonos de humedales Ramsar y polígonos del áreas de importancia para la conservación de las aves y la biodiversidad (AICAS).

Áreas de interés cultural y social: Polígonos de tierras de las comunidades negras, polígonos del áreas de reserva ley 70 de 1993, polígonos de resguardos indígenas, polígonos de zonas de reserva campesina, zonas de actividad aeronáutica y polígonos del áreas arqueológicas protegidas y polígonos del áreas de reserva especial minera declarados por la Agencia Nacional Minera (ANM) en la Ley 685 de 2001.

Áreas en páramos que por cobertura se clasifican en usos agropecuarios: Polígonos de actividades agropecuarias de bajo impacto en páramos definidos en la resolución 1294 de 2021.

Gestión de riesgo: Polígonos que incluyen amenaza por remoción en masa muy alta, amenaza volcánica alta y áreas inundables, de acuerdo con lo definido en la Ley 1523 de 2012 en la que se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece en Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres.

DEFINICIÓN

Zonas que, independientemente de la categoría de aptitud, requieren de un análisis complementario de tipo legal, social, cultural y/o ambiental para el establecimiento y desarrollo del cultivo.

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 de aptitud, 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 determinadas en cada caso.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

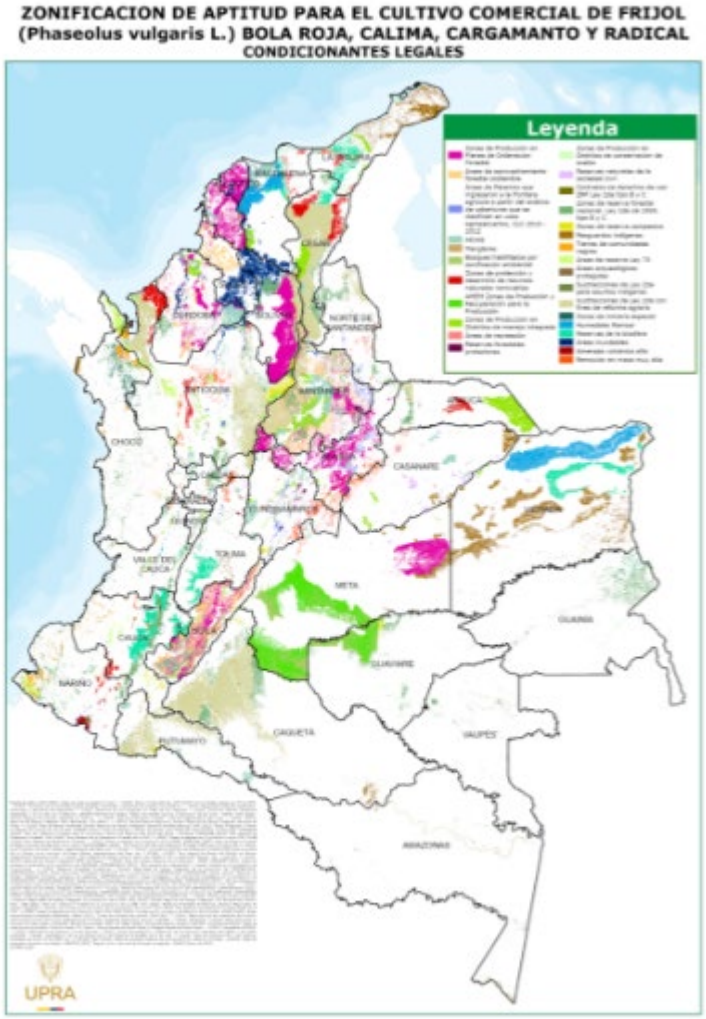
La metodología de evaluación consistió en analizar a profundidad las normas vigentes, revisar las fuentes y, posteriormente, obtener la cartografía oficial de la información.

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



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Acuerdo 10 de 2021, por el cual se adopta el Plan de ordenación forestal para la Serranía de San Lucas para el área de jurisdicción de la Corporación autónoma regional del sur de Bolívar (CSB).
- Acuerdo 359 de 2018, por el cual se adopta la actualización del plan general de ordenación forestal (PGOF) de la jurisdicción de la Corporación Autónoma Regional de los Valles del Sinú y San Jorge (CVS).

- Acuerdo 386 de 2019, por el cual se adopta la actualización del plan general de ordenación forestal en el área de la jurisdicción de la Corporación autónoma regional de Santander (CAS).
- Acuerdo 1388 de 2019, por el cual se adopta el plan general de ordenación forestal integral y sostenible para el área de jurisdicción de la Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga (CDMB).
- ANT. (2016). Áreas reservadas para comunidades negras. Ley 70 de 1993. Bogotá.
- ANT. (2018). Consejos comunitarios de comunidades negras legalmente constituidos. Bogotá.
- ANT. (2018). Resguardos indígenas. Bogotá: ANT.
- Cormacarena. (2015). Distrito de manejo integrado (DMI), Área de Manejo Especial La Macarena "AMEM".
- Corporación autónoma regional del alto Magdalena (CAM) y Unión Temporal Forestal-Ambiental 2017. (2018). Plan de ordenación forestal del departamento del Huila POF- Huila.
- Corporación autónoma regional del Atlántico (CRA) y Ecoafa SAS. (2018). Capítulo 5. ordenación forestal a implementar.
- Corporación autónoma regional del canal del Dique (Cardique) y Enviromental ingenieros consultores S.A. Eninco S.A. (2017). Plan de ordenación forestal para la Corporación Autónoma Regional del Canal del Dique-Cardique.
- Corporación autónoma regional de Boyacá (Corpoboyacá) y Corporación de tecnologías sostenibles CTAS. (2009). Formulación del plan general de ordenamiento y manejo forestal (PGOF) en la jurisdicción de la Corporación autónoma regional de Boyacá (Corpoboyacá). Etapa III. Ordenación y zonificación forestal.
- Corporación autónoma regional del Guavio (Corpoguavio). (2017). Plan de ordenación forestal POF para la jurisdicción de la Corporación autónoma regional del Guavio (Corpoguavio).
- Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena (Cormacarena) y Universidad distrital Francisco José de Caldas. (2015). Formulación del plan de ordenación forestal (POF) para la cuenca del río Planas, en el municipio de Puerto Gaitán, departamento del Meta.
- Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena (Cormacarena) y Universidad distrital Francisco José de Caldas. (2015). Formulación del plan de ordenación forestal (POF) para la cuenca del río Tillavá, en el municipio de Puerto Gaitán, departamento del Meta.
- IAVH. (2014). Bosques secos tropical. Bogotá.
- Icanh. (2019). Áreas arqueológicas protegidas. Bogotá.
- Ideam et al. (2008). Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:500.000. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá:
- IGAC. (2012). Drenaje doble construido a partir de cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.
- IGAC. (2018). Zonas de reserva campesina legalmente constituidas. Bogotá.
- MinAmbiente. (2015). Mapa de reservas de la biósfera: Ciénaga Grande de Santa Marta, Cinturón Andino, El Tuparro y Sierra Nevada de Santa Marta. Bogotá.
- 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. Bogotá.

- MinAmbiente. (2018). Mapa de zonas de reserva forestal nacional Ley 2ª, sustracciones, escala 1:100.000. Bogotá.
- MinAmbiente. (2018). Mapa de zonificación Zonas de reserva forestal nacional de la Ley 2. tipos B y C, escala 1:100.000. Bogotá.
- MinAmbiente. (2018). Sitios Ramsar. Bogotá.
- PNN. (2019). Categorías regionales del Runap V. 6.
- PNN. (2019). Reservas naturales de la sociedad civil. Versión 6.
- Resolución 1112 de 2019, por medio de la cual se aprueba Plan de ordenación forestal de la Corporación autónoma regional de Sucre (Carsucre).
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) (2024). Frontera agrícola. Actualización V4_1.

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)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
CRITERIO ASOCIADO: condicionantes legales		
VARIABLE: ecosistemas estratégicos (manglares, humedales, rondas hídricas y bosque seco tropical)		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	
	Condicionante 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 los cultivos de frijol y de caupí. 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 los cultivos de frijol y de caupí.

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 1602 de 1995 de MinAmbiente).

Por su parte, los humedales son ecosistemas estratégicos de gran importancia ecológica, ya que ofrecen una gran variedad de bienes y servicios a las comunidades aledañas. Estos ecosistemas han ido desapareciendo debido a diversos factores que alteran sus características físicas, biológicas y químicas, afectando así la flora y la fauna presente en ellos. El Decreto 1640 de 2012 plantea, en 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.

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 metros, 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 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 metros 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 del 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 lo 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 restricción 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 metros; 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 toma un buffer de 30 m, a lado y lado del cauce.

Unidad de análisis	Polígonos que comprenden las áreas de bosque seco tropical, humedales y 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 toma un buffer de 30 metros, a lado y lado del cauce

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN
• IAVH. (2014). Bosque seco tropical. Bogotá. • Ideam. (2008). Mapa de ecosistemas continentales, costeros y marinos de Colombia, escala 1:500.000. Bogotá. • IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá. • IGAC. (2012). Drenaje doble construido a partir de cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.

5.1.2. Variable *áreas protegidas*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
CRITERIO ASOCIADO: condicionantes legales		
VARIABLE: áreas protegidas		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	

	Restricción legal	
	Condicionante legal	✓
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 los cultivos de frijol y de caupí; 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.

Además, se incluye áreas descritas en los *Planes de manejo* diferentes a las áreas para la preservación, restauración, restauración para la preservación, uso sostenible y uso público (subzonas para la recreación y alta densidad de uso), contenidas en los siguientes Distritos regionales de manejo integrado (DRMI) y Distritos de manejo integrado (DMI):

Distritos regionales de manejo integrado (*DRMI*):

- Bosque seco tropical Pozo Azul; Mejué (Corporación autónoma regional de la frontera Nororiental-Corponor).
- Bosques secos del Chicamocha; Lago Sogachota y la cuenta que lo alimenta. (Corporación autónoma regional de Boyacá-Corpoboyacá).
- Cerro Guadalupe (Corporación autónoma regional de Caldas-Corpocaldas).
- Cuchilla Mesa Alta; Cuchilla San Cayetano; Cuchillas Negra y Guanaque; Páramo de Rabanal; Páramo Mamapacha-Bijagual. (Corporación autónoma regional de Chivor- Corpochivor).
- Complejo Lagunar Fúquene, Cucunubá y Palacios; Cerro El Tabor; Humedales de Gualí, Tres Esquinas y Lagunas del Funzhé. (Corporación autónoma regional de Cundinamarca -CAR).
- Cerros de San Nicolás; Cuchilla Los Cedros; El Capiro; Embalse Peñol Guatape y cuenca alta del río Guatapé; La Selva; San Miguel; Sistema Viaho Guayabal; Bosques, Mármoles y Pantágoras; Páramo de Vida Maitamá-Sonsón; Las Camelias (Corporación autónoma regional de las cuencas de los ríos Negro y Nare-Cornare).
- Humedal San Silvestre; Páramo Guantiva y la Rusia; Río Minero; Serranía de los Yariguies. (Corporación autónoma regional de Santander-CAS).
- Cerro Banderas Ojo Blanco; Serranía de Minas; La Tatacoa; Peñas Blancas. (Corporación autónoma regional del Alto Magdalena-CAM).
- Banco Totumo Bijibana; Palmar del Titi. (Corporación autónoma regional del Atlántico -CRA).
- Chinchorro. (Corporación autónoma regional del Guavio-Corpoguavio).
- El Chilcal; Guacas; Isla Ají, Laguna de Sonso; Pance; Páramos Las Domínguez-Pan de Azúcar y Valle Bonito; RUT Nativos, Serranía de los Paraguas; La Plata. (Corporación autónoma regional del Valle del Cauca-CVC).
- Ensenada de Rionegro; Alto de Insor. (Corporación para el desarrollo Sostenible del Urabá-Corpourabá).

- Complejo de Humedales de Ayapel. (Corporación autónoma regional de los Valles del Sinú y del San Jorge-CVS)
- Carimagua. (Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial de La Macarena-Cormacarena).
- Distritos de manejo integrado (DMI):
- Cuchilla de Bellavista; Laguna de San Diego. (Corporación autónoma regional de Caldas -Corpocaldas).
- Cerro de Juaica; El Chuscal; nacimiento quebradas Los Tiestos, La Chorrera y Hoya Fría; Cuchilla de San Antonio y Laguna del Coco; Sector Salto del Tequendama-Cerro Manjui. (Corporación autónoma regional de Cundinamarca-CAR).
- Bañaderos; Pastos Marinos Sawairu. (Corporación autónoma regional de La Guajira, -Corpoguajira).
- Área de manglar de la Bahía de Cispatá y sector aledaño del delta estuarino del río Sinú. (Corporación autónoma regional de los Valles del Sinú y de San Jorge-CVS).
- Planes de San Rafael; Agua linda; Arrayanal; Cristalina-La Mesa; Cuchilla San Juan; Guásimo. (Corporación autónoma regional de Risaralda-Carder).
- Luriza. (Corporación autónoma regional del Atlántico-CRA).
- Páramo de Berlín. (Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga-CDMB).
- Hacen parte también las zonas para la preservación y recuperación de los Distritos de manejo integrado del área de manejo especial La Macarena (Decreto 1989 de 1989), identificados como Macarena Norte, Macarena Sur, Ariari-Guayabero-Sector Losada-Caño Perdido.
- Dentro de estas áreas también se definen zonas de Bosques habilitados por zonificación ambiental.

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.

Además, se incluye áreas descritas en los planes de manejo diferentes a las zonas identificadas como áreas para la preservación, restauración, uso sostenible y uso público (subzonas para la recreación y alta densidad de uso), descritas en los Planes de manejo elaborados por las diferentes Corporaciones autónomas regionales y de desarrollo sostenible (CAR), para los siguientes DCS:

- Cañón de Río Grande. (Corporación autónoma regional del Valle del Cauca-CVC)
- Barbas-Bremen; Alto del Nudo; La Marcada; Campoalegre. (Corporación autónoma regional de Risaralda-Carder).

- Reserva hídrica sistema de humedales Kirpas-Pinilla-La Cuerrera. (Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial de La Macarena-Cormacarena).
- Ciénaga de Bañó; Ciénaga de Betancí; Ciénaga los Negros; Complejo de humedales Arcial, Porro y Cintura; Sierra Chiquita. (Corporación autónoma regional de los valles del Sinú y del San Jorge -CVS).
- Umpalá-Cañón río Chicamocha. (Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga -CDMB).
- Dentro de estas áreas, también se definen zonas de Bosques habilitados por zonificación ambiental.

Reservas forestales protectoras: de acuerdo con el Decreto 2372 de 2010, compendiado en el Decreto 1076 de 2015, único del sector ambiental, las reservas forestales protectoras se consideran espacios geográficos cuyos ecosistemas de bosque mantienen la función, aunque la estructura y composición hayan sido modificadas y los valores naturales asociados se hayan puesto al alcance de la población humana para destinarlos a la preservación, uso sostenible, restauración, conocimiento y disfrute. Esta zona de propiedad pública o privada se reserva para destinarla a establecer o mantener y usar sosteniblemente los bosques y demás coberturas vegetales naturales. Se incluyen como áreas condicionadas las categorías de zonificación correspondientes a uso sostenible, aprovechamiento sostenible, desarrollo sostenible, restauración para el uso sostenible.

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 del áreas protegidas nacionales y regionales. Esta es una acción estratégica que pretende aumentar la representatividad ecológica del sistema, la creación del 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.

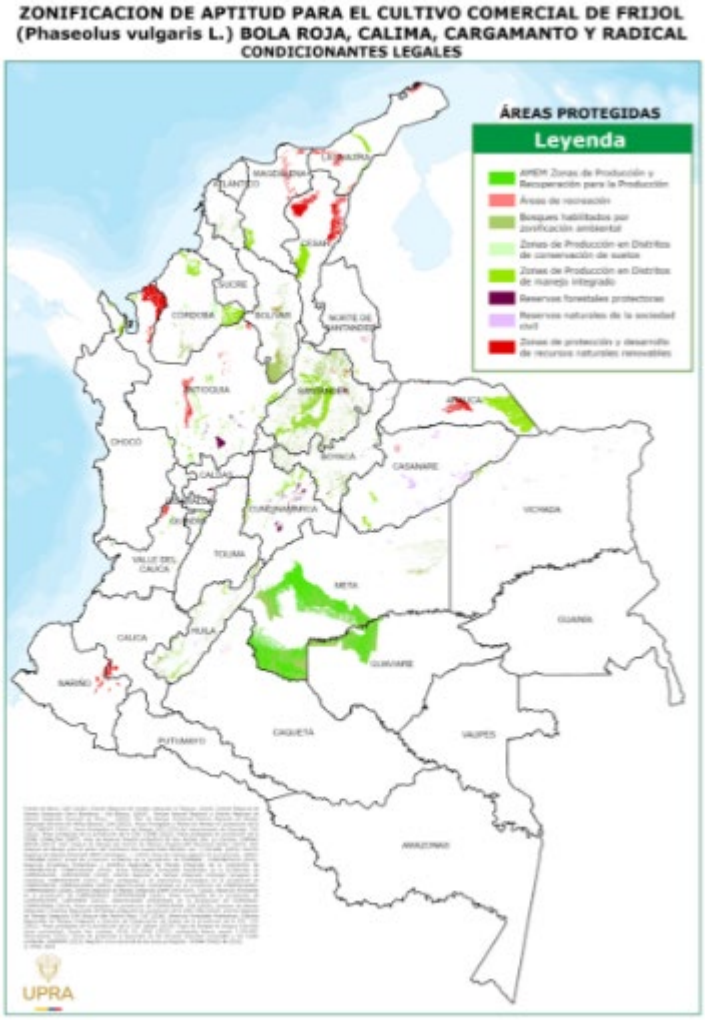
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

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 desarrollar cultivos de frijol y de caupí, 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 distritos de manejo integrado (DMI), zonas de producción y recuperación para la producción del AMEM, distritos de conservación de suelos (DCS), áreas de recreación, reservas naturales de la sociedad civil (RNSC) y zonas de protección y desarrollo de los recursos naturales renovables y del medioambiente

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



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. Bogotá. • 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. Bogotá. • PNN. (2019). Categorías regionales del Runap V.6. • PNN. (2019). Reservas naturales de la sociedad civil. Versión 6.

5.1.3. Variable *planes de ordenación forestal*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE	
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**
CRITERIO ASOCIADO: condicionantes legales	
VARIABLE: planes de ordenación forestal	

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

DEFINICIÓN

Las áreas protegidas consideradas dentro de esta condicionante legal corresponden a:

Planes de ordenación forestal: Según el Decreto 1076 de 2016, el Plan de ordenación forestal (POF) se define como un documento desarrollado por las Corporaciones autónomas regionales (CAR), estructurado a partir de las características bióticas, abióticas, sociales y económicas de la zona, permitiendo ordenar las áreas forestales que se encuentran en el territorio. Los POF tienen como objetivo lograr el uso de los recursos forestales de manera planificada y asegurando la sostenibilidad en su aprovechamiento. Por lo tanto, los POF son considerados como el proceso e instrumento de planificación que tienen por objeto el ordenamiento, uso y manejo integral y sostenible del recurso forestal, de las tierras forestales, estructurado en el conocimiento, análisis, interpretación y evaluación integral de sus componentes biofísicos principales resaltando en estos el ecológico y silvicultural, suelos e hidro-climatología y de sus componentes socioeconómicos y legales; con fines de alcanzar objetivos de conservación, protección y manejo integral y sustentable del recurso forestal, de las tierras forestales y de la biodiversidad y servicios ecosistémicos asociados a los diferentes departamentos.

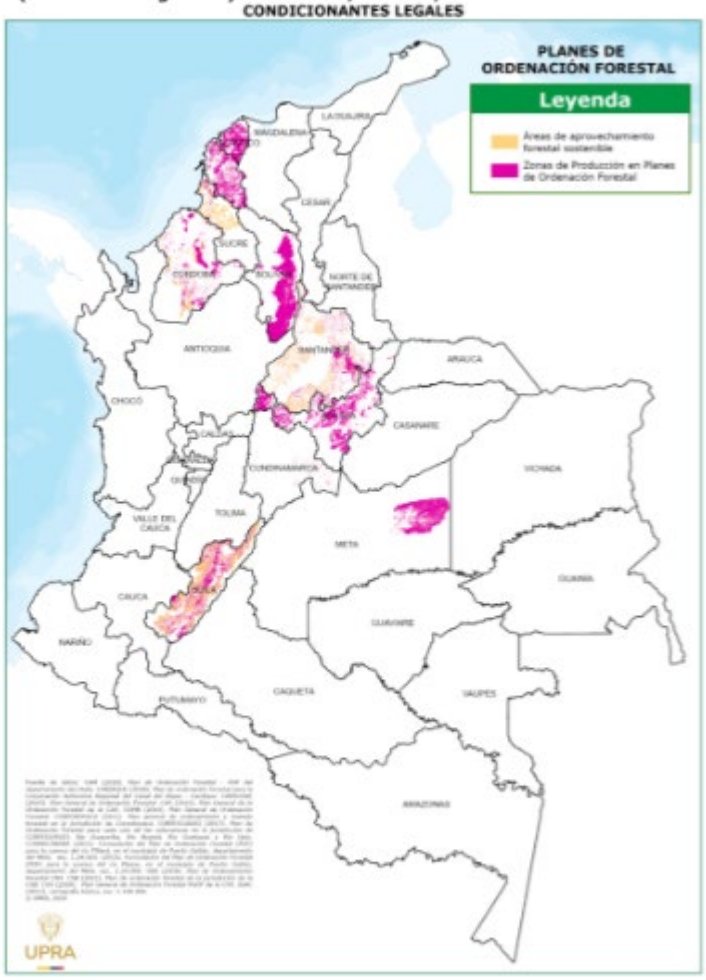
Actualmente, el decreto 1076 de 2016, recopila lo establecido en el Decreto 1791 de 1996 el cual dictamina que las Corporaciones Autónomas Regionales deben contar con un plan de ordenación forestal, en el cual se definan las áreas boscosas pertenecientes a su jurisdicción y su respectivo manejo. Por lo tanto, de acuerdo con los criterios técnicos y legales, referentes de uso y manejo para las áreas de ordenación forestal definidas por la Corporación autónoma regional del alto Magdalena (CAM), Corporación autónoma regional del Canal del Dique (Cardique), Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena (Cormacarena) para las cuenca del río Planas y del río Tillavá en el municipio de Puerto Gaitán, departamento del Meta, Corporación autónoma regional de Boyacá (Corpoboyacá), Corporación Autónoma Regional del Guavio (Corpoguavio), Corporación autónoma regional del Atlántico (CRA), Corporación Autónoma Regional de Sucre (Carsucre), Corporación autónoma regional para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB), Corporación autónoma regional del Sur de Bolívar (CSB), Corporación autónoma regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS) y Corporación autónoma regional de Santander (CAS).

Estas áreas condicionadas se relacionan con las áreas forestales protectoras; las áreas protectoras para la regulación; las áreas de restauración del bosque seco tropical (Bs-T); las áreas forestales para la conservación; las áreas misceláneas o de producción mixta; las áreas críticas por erosión severa en suelos arenosos y vegetación herbácea; las áreas críticas por salinización en usos agrícolas intensivos; las áreas forestales de producción directa; las áreas forestales de protección para el uso sostenible; y las zonas para la restauración, las plantaciones de carácter protector, el aprovechamiento artesanal de productos maderables y no maderables, las macrounidades de manejo forestal para la producción de maderas finas, ordinarias y productos forestales no maderables, los servicios ambientales de conectividad biológica y la restauración ecológica. Lo anterior, permite también definir zonas de Bosques habilitados por zonificación ambiental.

Adicionalmente, se definen zonas específicas de aprovechamiento forestal sostenible, considerando los Planes de ordenación forestal de las Corporaciones CAM, Carsucre, CAS, CDMB, Corpoguavio, CRA y CVS, que incluyen las siguientes categorías de zonificación:

área forestal productora de uso múltiple con potencial forestal; forestal productor directo; forestal productor indirecto; forestal productor para el uso directo; forestal productor para el uso indirecto; forestal protector para el uso sostenible; área forestal productora; restauración; aprovechamiento artesanal de productos maderables y no maderables; MUMF-Producción de maderas finas, ordinarias y productos forestales no maderables; áreas de restauración para la producción, áreas Forestales Productoras condicionadas.	
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 (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 y definiendo nuevas áreas de conservación y protección. Adicionalmente, solo se cuenta con los planes de ordenación forestal de 11 corporaciones	
Unidad de análisis	Áreas forestales protectoras, protectoras-productoras, protección recuperación, producción, restauración, áreas de uso sostenible, conservación y recuperación definidas en los Planes de Ordenamiento Forestal
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	

ZONIFICACION DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.) BOLA ROJA, CALIMA, CARGAMANTO Y RADICAL
CONDICIONANTES LEGALES



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Acuerdo 10 de 2021, por el cual se adopta Plan de ordenación forestal para la Serranía de San Lucas para el área de jurisdicción de la Corporación autónoma regional del sur de Bolívar (CSB).
- Acuerdo 359 de 2018, por el cual se adopta la actualización del plan general de ordenación forestal (PGOF) de la jurisdicción de la Corporación autónoma regional de los Valles del Sinú y del San Jorge (CVS).
- Acuerdo 386 de 2019, por el cual se adopta la actualización del plan general de ordenación forestal en el área de la jurisdicción de la Corporación autónoma regional de Santander (CAS).
- Acuerdo 1388 de 2019, por el cual se adopta el plan general de ordenación forestal integral y sostenible para el área de jurisdicción de la Corporación autónoma regional para la defensa de la meseta de Bucaramanga (CDMB).
- Corporación autónoma regional del alto Magdalena (CAM) y Unión Temporal Forestal-Ambiental 2017. (2018). Plan de ordenación forestal del departamento del Huila POF- Huila
- Corporación autónoma regional del Atlántico (CRA) y Ecoafa SAS. (2018). Capítulo 5. Ordenación forestal a implementar.

- Corporación autónoma regional de Boyacá (Corpoboyacá) y Corporación de tecnologías sostenibles CTAS. (2009). Formulación del Plan General de Ordenamiento y Manejo Forestal PGOF en la jurisdicción de la Corporación autónoma regional de Boyacá (Corpoboyacá). Etapa III. Ordenación y zonificación forestal.
- Corporación autónoma regional del canal del Dique (Cardique) y Enviromental ingenieros consultores S.A. Eninco S.A. (2017). Plan de ordenación forestal para la Corporación autónoma regional del canal del Dique (Cardique).
- Corporación Autónoma Regional del Guavio- Corpoguavio. (2017). Plan de ordenación forestal POF para la jurisdicción de la Corporación autónoma regional del Guavio (Corpoguavio).
- Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena (Cormacarena) y Universidad distrital Francisco José de Caldas. (2015). Formulación del plan de ordenación forestal (POF) para la cuenca del río Planas, en el municipio de Puerto Gaitán, departamento del Meta.
- Corporación para el desarrollo sostenible del área de manejo especial La Macarena (Cormacarena) y Universidad distrital Francisco José de Caldas. (2015). Formulación del plan de ordenación forestal (POF) para la cuenca del río Tillavá, en el municipio de Puerto Gaitán, departamento del Meta.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.
- Resolución 1112 de 2019, por medio de la cual se aprueba plan de ordenación forestal de Corporación autónoma regional de Sucre (Carsucre).

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)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
CRITERIO ASOCIADO: condicionantes legales		
VARIABLE: zonas de reserva forestal nacional de Ley 2 de 1959, tipos B y C		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	
	Condicionante 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 Amazonia. Esta condicionante comprende las zonas B y C de la zonificación de las Zonas de Reserva Forestal Nacional. Las zonas son definidas de la siguiente manera: *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 de MinAmbiente, que corresponde a la adopción de la zonificación de la Zona de Reserva Forestal Central).

Zonas tipo C: zonas que por sus características biofísica ofrecen condiciones para el desarrollo de las actividades productivas agroforestales, silvopastoriles y otras compatibles con los objetivos de la Reserva Forestal, que deben incorporar el componente forestal y que no impliquen la reducción de las áreas de bosque natural presentes en sus diferentes estados sucesionales (Resolución 1922 de 2013 de MinAmbiente, que corresponde a la adopción de la zonificación de la Zona de Reserva Forestal Central).

Se incluyen, además, los derechos de uso otorgados por la Agencia Nacional de Tierra (ANT).

Se incluyen en esta categoría las zonas con previa decisión de ordenamiento, cuyas zonificaciones se adoptaron mediante las siguientes resoluciones:

No. 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.
No. 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.
No. 1275 de 2014, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Cocuy, establecida en la Ley 2 de 1959.
No.1926 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Pacífico, establecida en la Ley 2 de 1959.
No. 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.
No. 1924 de 2013, adopta la zonificación y el ordenamiento de la Reserva Forestal del Río Magdalena, establecida en la Ley 2 de 1959.
No. 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.
No. 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. Por lo tanto, se incluyen en esta categoría las áreas con contratos de derechos de uso para las zonas de reserva forestal tipos B y C.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Para los propósitos de los ejercicios de zonificación, las reservas forestales de la Ley 2a de 1959, permiten identificar aquellas zonas que, independientemente de la categoría de aptitud, requieren de un análisis complementario de tipo legal, social, cultural y/o ambiental para el desarrollo y establecimiento de cultivos de frijol y de caupí.

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. Se incluyen también las zonas con contratos de derechos de uso.	
Unidad de análisis	Polígonos correspondientes las ZRFN y sustracciones de Reserva Forestal Nacional, tipos B y C
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	



FUENTES DE INFORMACIÓN

- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.
- MinAmbiente. (2012). Mapa de sustracciones de reservas forestales nacionales de la Ley 2.ª, escala 1:100.000. Bogotá.
- MinAmbiente. (2018). Mapa de zonas de Reserva Forestal Nacional Ley 2ª, sustracciones, escala 1:100.000. Bogotá.
- MinAmbiente. (2018). Mapa de zonificación de Zonas de Reserva Forestal Nacional de la Ley 2.ª, Tipos B y C, escala 1:100.000. Bogotá.

5.1.5. Variable *distinciones internacionales*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE

TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)	
CRITERIO ASOCIADO: condicionantes legales		
VARIABLE: distinciones internacionales		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	
	Condicionante 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 de acuerdo con el compromiso internacional adquirido y ratificado por el país para la protección y conservación de la biodiversidad.

En el ejercicio de zonificación de aptitud se consideran las siguientes distinciones internacionales:

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*, 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), la serranía de Chiribiquete y la Lindosa.

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 (artículo 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.

Áreas de importancia para la conservación de las aves y la biodiversidad (AICAS): Son áreas identificadas como sitios críticos para la conservación de aves y biodiversidad potencialmente vulnerable. La identificación de estas áreas es una iniciativa global liderada por BirdLife Internacional que corresponde a una federación que agrupa instituciones ornitológicas del mundo entero.

En Colombia este programa comenzó en el 2001 y actualmente es coordinado por la Asociación Calidris con el apoyo del Instituto Alexander von Humboldt. Los criterios técnicos para la identificación de un AICA se basan en la presencia de aves prioritarias para la conservación, por lo que se tienen en cuenta especies globalmente amenazadas (Criterio A1), especies de distribución restringida (Criterio A2), conjunto de especies restringidas a biomas (Criterio A3) y congregaciones de especies (Criterio A4).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite identificar áreas donde el establecimiento y el desarrollo del cultivo deben ser analizados en mayor detalle, para identificar la compatibilidad de estos ecosistemas de importancia internacional.

VALOR DE EXCLUSIÓN DE LA VARIABLE

No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).

LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La delimitación de las reservas de la biosfera no representa una identidad ecosistémica sino los vértices de polígonos, por lo cual se incorporan áreas en diferentes niveles de valores ecosistémicos; teniendo en cuenta lo anterior, no toda el área tiene la misma importancia ecosistémica y la restricción en su interior ha de estudiarse con mayor detalle.

Por este motivo, requieren estudios adicionales que deben ser analizados en conjunto con las autoridades ambientales competentes. De esta forma, las áreas bajo distinción internacional podrán ser reclasificadas en la zonificación, dependiendo del nivel de conocimiento que se tenga en el futuro o de aclaración de determinantes ambientales que puedan ser incluidos en la evaluación.

Las áreas definidas por su importancia biológica, y el compromiso internacional adquirido y ratificado por el país para la protección y conservación de la biodiversidad, así como la preexistencia de comunidades humanas, que representan un patrimonio étnico de interés para el país, cuyos principios de vida, cultura y relacionamiento con el entorno natural, han de respetarse para no ponerse en riesgo. En estos lugares, la producción comercial

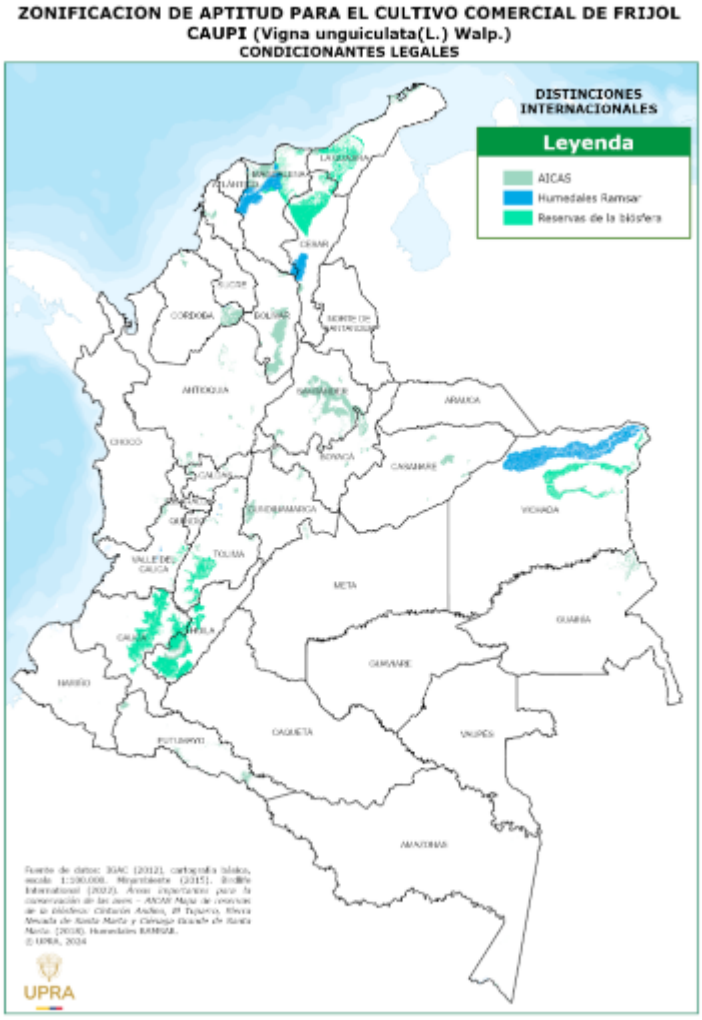
ha de proceder a través de mecanismos de consulta, precaución u otros que determine la legislación colombiana.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Para la generación de la representación cartográfica, se parte de las capas que contienen la información espacial de cada una de las figuras consideradas. Por medio de esta información, es posible espacializar e identificar las distinciones internacionales presentes en la zona de estudio.

Unidad de análisis	Humedales Ramsar, reservas de la biósfera y AICAS de acuerdo con las fuentes de información oficial

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Áreas importantes para la conservación de las aves y la biodiversidad-AICAS. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. http://www.humboldt.org.co/es/i2d/item/525-areas-importantes-para-la-conservacion-de-las-aves-aicas
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.

- MinAmbiente. (2015). Mapa de reservas de la biosfera: Ciénaga Grande de Santa Marta, Cinturón Andino, El Tuparro y Sierra Nevada de Santa Marta. Bogotá.
- MinAmbiente. (2018). Sitios Ramsar. Bogotá.
- Organización de la Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (Unesco). (1994). Convención relativa a los humedales de importancia internacional especialmente como hábitat de aves acuáticas (Convenio de Ramsar). París: Unesco. Recuperado de: http://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current_convention_text_s.pdf

5.1.6. Variable *áreas de interés cultural y social*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
CRITERIO ASOCIADO: condicionantes legales		
VARIABLE: áreas de interés cultural y social		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	
	Condicionante 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 con 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 del 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 2164 de 1995 de MinAgricultura).

Zonas de reserva campesina: son tierras baldías de la Nación adjudicadas a los campesinos de escasos recursos, con objeto de fomentar de la pequeña propiedad rural, con sujeción a las políticas de conservación del área, medio ambiente y los recursos naturales renovables y a los criterios de ordenamiento territorial y de la propiedad rural que se señalen (Ley 160 de 1994).

En las zonas de reserva campesina la acción del Estado tendrá en cuenta, además de los anteriores principios orientadores, las reglas y criterios sobre ordenamiento ambiental territorial, la efectividad de los derechos sociales, económicos y culturales de los campesinos, su participación en las instancias de planificación y decisión regionales y las características de las modalidades de producción.

Áreas 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. Estas áreas contienen un plan de manejo arqueológico definido por el ICANH, donde se permite la realización de labores de agricultura tradicional y restringe el desarrollo de agricultura mecanizada en las áreas de potencial muy alto.

Áreas de reserva especial minera (*ARE*): son áreas declaradas por la Agencia Nacional de Minería (ANM) en favor de una comunidad minera, en donde existan explotaciones tradicionales de minería informal, cuya concesión solamente se otorgará a la misma comunidad que haya ejercido la actividad minera tradicional, sin perjuicio de los títulos mineros vigentes (Ley 685 de 2001, artículo 31, modificado por el artículo 147 del Decreto 019 de 2012). Se incluyen además las zonas mineras especiales de comunidades negras y zonas mineras indígenas.

*Sustracciones de las reservas forestales, Ley 2 de 1959***:** de acuerdo con la Ley 99 de 1993, en concordancia con el Decreto-Ley 3570 de 2011, facultó al hoy Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural a reservar, alinderar y sustraer las reservas forestales nacionales. La sustracción se evalúa y luego se otorga exclusivamente para la actividad que fue solicitada su sustracción. Para la presente zonificación, se establecieron 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

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.

Para las áreas arqueológicas protegidas o zonas de influencia de las mismas, los Planes de Manejo Arqueológico determinarán los niveles permitidos de intervención, condiciones de manejo y planes de divulgación para estos bienes. Dichas zonas de influencia arqueológica y Planes de Manejo deberán ser aprobados por el ICANH de conformidad con el artículo 54 del Decreto Nacional 763 de 2009 (compendiado en el Decreto único 1080 de 2015 del sector cultura).

En lo que respecta a las áreas de influencia arqueológica, de acuerdo con el artículo 4 del Decreto 833 de 2002 se precisa que: «en ningún caso la inexistencia de la declaratoria de una zona de influencia arqueológica, o la inexistencia de un Plan de manejo arqueológico, faculta la realización de alguna clase de exploración o excavación sin la previa autorización del Instituto Colombiano de Antropología e Historia».

Respecto a las Áreas de reserva especial minera (ARE), de acuerdo con el artículo 147 del Decreto 019 de 2012, en estas áreas no se admitirán nuevas propuestas sobre todos o algunos minerales y solo se otorgarán concesiones a las mismas comunidades que han realizado explotaciones tradicionales en estas áreas. De acuerdo con el artículo 32 de la Ley 685 de 2001, se considerarán "áreas libres" aquellas áreas objeto de reservas especiales que no quedaron vinculadas a proyectos mineros comunitarios, por lo que podrán ser otorgadas a terceros proponentes.

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

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 constituidas.

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 hectáreas 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 hectáreas, seguido del Cauca y Valle del Cauca con 713.445 hectáreas y 447.828 hectáreas, respectivamente. Sin embargo, en departamentos como La Guajira, Magdalena, Antioquia y Bolívar, también se reportan Consejos Comunitarios de extensiones que no superan las 500 hectáreas.

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 hectáreas. 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 encuentran en los departamentos del Chocó, Nariño y Antioquia, y el 21 % restante está en los departamentos del Cauca, Valle del Cauca, Risaralda y Caldas. Los municipios con menor área reservada para la constitución de consejos comunitarios son Guachucal (Nariño), Riosucio (Caldas) y Betania (Antioquia) con 37, 62 y 65 hectáreas, 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) llega al 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 hectáreas).

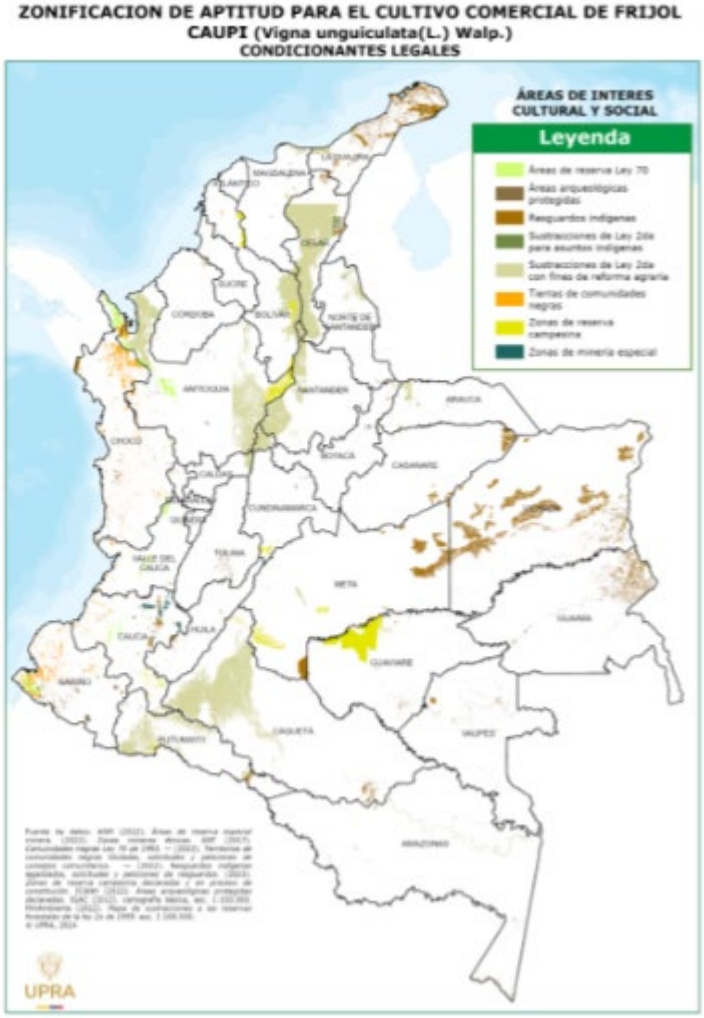
En el año 2000 se constituyeron las ZRC de Cabrera (Cundinamarca), Perla Amazónica (Puerto Asís, Putumayo) y la del Valle del río Cimitarra que se ubica en la región del Magdalena medio entre los departamentos de Bolívar y Antioquia. La más reciente constitución de ZRC tuvo lugar el 16 de abril de 2018 en la región de los Montes de María entre las inmediaciones de los departamentos de Sucre y Bolívar, cuyo nombre es Montes de María 2 y cuenta con una extensión de 44.481 hectáreas.

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
	Limoncillo
	Campanilla
	Cerro Azul
Las Salinas	Directa
	Área de influencia
Piedras Blancas	Directa

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
Arboleda	Directa
	Área de influencia
Mogua	Directa
	Área de influencia
Valle alto del Río Checua	Directa
	Área de influencia

Unidad de análisis	Polígonos que comprenden de tierras de las comunidades negras, áreas reserva Ley 70 de 1993, resguardos indígenas, zonas de reserva campesina, áreas arqueológicas protegidas y zonas ARE, de acuerdo con las fuentes de información oficial.
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	



FUENTES DE INFORMACIÓN

- ANT. (2016). Áreas reservadas para comunidades negras, Ley 70 de 1993. Bogotá.
- ANT. (2018). Consejos Comunitarios de comunidades negras legalmente constituidos. Bogotá.
- ANT. (2018). Resguardos Indígenas legalmente constituidos. Bogotá.
- ANT. (2018). Zonas de Reserva Campesina legalmente constituidas. Bogotá.

- Icanh. (2019). Áreas Arqueológicas Protegidas. Bogotá.
- IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.
- Congreso Nacional de Colombia. (2001). Ley 685 de 2001. Por la cual se expide el Código de Minas y se dictan otras disposiciones.
- Presidencia de la República de Colombia. (2012). Decreto 19 de 2012. Por el cual se dictan normas para suprimir o reformar regulaciones, procedimientos y trámites innecesarios existentes en la Administración Pública.

5.1.7. Variable *Áreas en páramos que por cobertura se clasifican en usos agropecuarios*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
CRITERIO ASOCIADO: condicionantes legales		
VARIABLE: Áreas en páramos que por cobertura se clasifican en usos agropecuarios		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	
	Condicionante legal	✓
DEFINICIÓN		

Agrupan áreas en páramos delimitados en donde se desarrollan actividades de bajo impacto y ambientalmente sostenibles, en las cuales de acuerdo con la Ley 1930 de 2018 del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, se podrá permitir la continuación de las actividades agropecuarias de bajo impacto haciendo uso de buenas prácticas que cumplan con estándares ambientales en defensa de los páramos.

De acuerdo con la resolución 1294 de 2021, corresponden a actividades agropecuarias de bajo impacto a:

«Actividades agrícolas, pecuaria, forestal, acuícola o pesquera, cuyos sistemas de producción, además de satisfacer las necesidades básicas de los habitantes tradicionales del páramo y generar ingresos económicos, no ponen en riesgo la funcionalidad del ecosistema de páramo, ni la prestación de los servicios ecosistémicos donde se desarrollan».

Estas actividades deben garantizar prácticas que minimicen los impactos en el ecosistema de páramo, por lo tanto, se deben seguir los lineamientos de conservación y prácticas de manejo sostenible. Para la conservación del ecosistema se considera:

1. Conservación de las coberturas naturales y parches de vegetación nativa existente.
2. Conservación y protección de nacimientos y fuentes hídricas superficiales y subterráneas para la gestión sostenible del agua y humedales altoandinos.
3. Implementar herramientas de manejo del paisaje como barreras vivas, cercas vivas multiestrato con especies funcionales propias del ecosistema, sistemas silvopastoriles o agrosilvopastoriles, bosque y aislamiento del áreas con fines de protección.
4. Proteger y recuperar poblaciones de especies silvestres consideradas estructurantes de tipos de vegetación característicos de páramo y humedales de páramo como pajonales, frailejonales, chuscales, matorrales o bosques achaparrados y vegetación de turberas.

5. Atender e implementar las medidas expedidas por las autoridades ambientales para el manejo y gestión de eventos de interacción entre fauna silvestre y población humana
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE
Permite identificar áreas donde el establecimiento y el desarrollo del cultivo deben ser analizados en mayor detalle, para asegurar la sostenibilidad de los ecosistemas de páramo.
VALOR DE EXCLUSIÓN DE LA VARIABLE
No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).
LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
Este condicionante depende de la actualización de la información resultante de las zonificaciones de los páramos o ajustes en las mismas, que adelante el MinAmbiente con el IAVH.
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
Para la generación de la representación cartográfica, se identifican las áreas con actividades agropecuarias en páramos a partir de la capa de coberturas Corine Land Cover 2012, siguiendo la metodología de frontera agrícola.
Unidad de análisis | Áreas con actividades de bajo impacto en páramos
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE

ZONIFICACION DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE FRIJOL (Phaseolus vulgaris L.) BOLA ROJA, CALIMA, CARGAMANTO Y RADICAL
CONDICIONANTES LEGALES



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Ley 1930 de 2018.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural y Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2021). Resolución 1294 de 2021. Por la cual se establecen los lineamientos para el desarrollo de actividades agropecuarias de bajo impacto y ambientalmente sostenibles en páramos y se adoptan otras disposiciones.

5.1.8. Variable *gestión de riesgo*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivos comerciales de fríjol (*Phaseolus vulgaris* L.) cv. bola roja, calima, cargamanto y radical; y de caupí (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.)**	
CRITERIO ASOCIADO: condicionantes legales		
VARIABLE: Gestión de riesgo		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	
	Restricciones legales	
	Condicionante legal	✓
DEFINICIÓN		

De acuerdo con la Ley 1523 de 2012 en la cual se adopta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres, se define en el artículo 3 que la gestión del riesgo corresponde al «proceso social de planeación, ejecución, seguimiento y evaluación de políticas y acciones permanentes para el conocimiento del riesgo y promoción de una mayor conciencia del mismo, para impedir o evitar que se genere, reducirlo o controlarlo cuando ya existe y para prepararse y manejar las situaciones de desastre, así como para la posterior recuperación, entiéndase: rehabilitación y reconstrucción. Estas acciones tienen el propósito explícito de contribuir a la seguridad, el bienestar y calidad de vida de las personas y al desarrollo sostenible.».

Dentro de las variables de gestión de riesgo se incorporan la amenaza por remoción en masa, amenaza volcánica y áreas inundables.

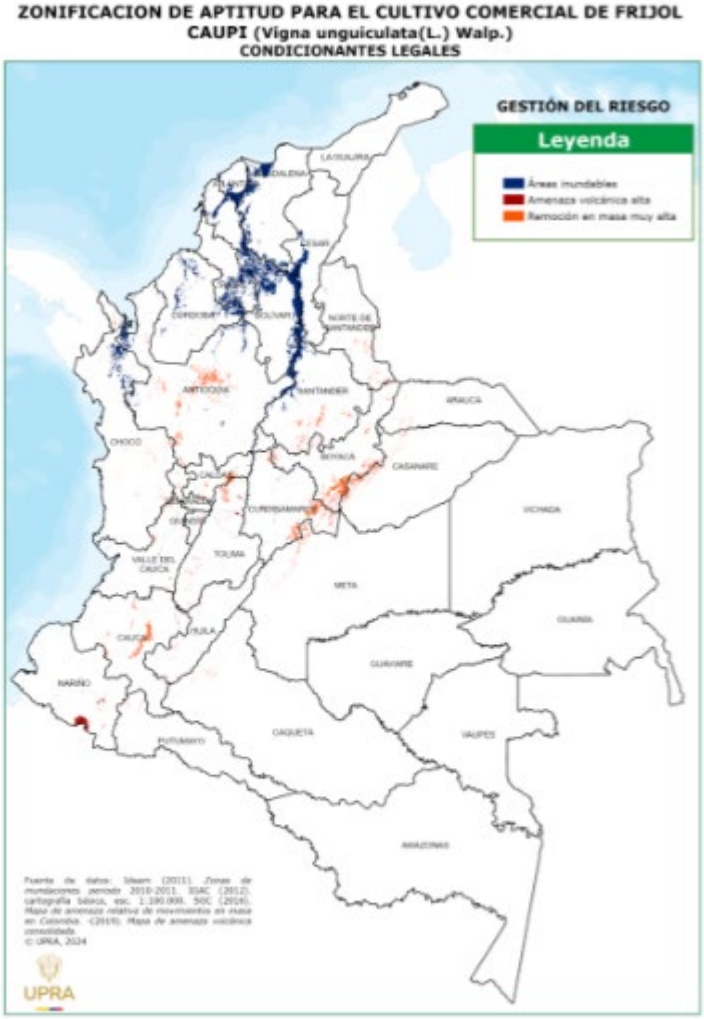
Amenaza por remoción en masa muy alta: comprende el desplazamiento ladera abajo de material litológico, suelo, roca o cobertura vegetal por acción de la fuerza de gravedad, la influencia de la pendiente del terreno y la cohesión o características del material (UPRA, 2018). Esta amenaza es definida como un peligro latente relacionado con un fenómeno físico de origen natural que puede producir efectos adversos en las personas, los bienes y/o el medio ambiente (CEELAT, s. f.).

*Amenaza volcánica alta***:** de acuerdo con UPRA (2018) comprende cualquier evento volcánico potencialmente destructivo que puede afectar un área determinada. Esta amenaza no considera la presencia o no de población o bienes alrededor del volcán e incide en el arrasamiento y destrucción de vegetación y cultivos y de las estructuras existentes a lo largo de su trayectoria.

Áreas inundables: se definen como el desbordamiento del agua fuera de los límites normales de un río o cualquier cuerpo de agua y/o acumulación de agua en zonas de drenajes que normalmente no se encuentran anegadas (OMM 385 de 2012). De acuerdo con el Ideam (2017) la inundación involucra la sumersión temporal de terrenos que normalmente se encuentran secos debido a aportes inusuales y/o repentinos de una cantidad de agua superior a la habitual en la zona determinada.
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE
Permite identificar áreas de gestión del riesgo que potencialmente afectan el sector agropecuario
VALOR DE EXCLUSIÓN DE LA VARIABLE
No aplica, por tratarse de un condicionante legal (C1).
LIMITANTES DE EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
La normatividad permite el establecimiento y desarrollo de cultivos comerciales en estas áreas condicionadas, por lo que solo se exige el cumplimiento de las líneas de política determinadas en cada caso. Adicionalmente, la actualización de la información cartográfica depende de los ajustes que adelanten el Ideam e IGAC.
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
De acuerdo con el decreto 1449 de 2015 del MADR se debe hacer pública la información de gestión de riesgo en el sector agropecuario, por tanto, para la identificación de amenazas por remoción en masa se considera la información del mapa nacional integrado de amenaza por movimiento en masa a escala 1:100.000 del IGAC y para la identificación del áreas de amenaza volcánica se tiene como base la información del mapa nacional integrado de amenaza volcánica, escala 1:100.000 del IGAC. De acuerdo con el Ideam (2017) el mapa de inundaciones se construye con información de eventos pasados o la extensión potencial de inundación considerando los posibles impactos. El mapa de inundaciones muestra los eventos observados con su respectiva extensión.

Unidad de análisis	Áreas inundables, áreas de amenaza volcánica, áreas de amenaza por remoción en masa

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Ideam. (2017). Guía metodológica para la elaboración de mapas de inundación. Bogotá, D.C. 110 p.
- Ley 1523 de 2012. Se adapta la política nacional de gestión del riesgo de desastres y se establece el sistema nacional de gestión del riesgo de desastres.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2015). Decreto 1449 de 2015. Por el cual se modifica el decreto 1071 de 2015 en lo relacionado con la reglamentación parcial de la Ley 1731 de 2014.
- Organización Meteorológica Mundial (OMN). (2012). Glosario hidrológico internacional No. 385. World Meteorological Organization, 2012 (ISBN 978-92-63-03385-8)
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2018). Identificación general de la frontera agrícola en Colombia escala 1:100.000.

UPRA