UPRA

Zonificación de aptitud para el **cultivo de cáñamo** con fines industriales en **Colombia**

Escala 1:100.000

Zonificación de aptitud para el

cultivo de cáñamo

con fines industriales en Colombia

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 Rural Agropecuaria (UPRA)

Juan Pablo Sandoval Castaño
Director general

Juan Carlos López Gómez
Secretario general

Adriana Pérez Orozco (e)
Directora técnica de Ordenamiento de la Propiedad y Mercado de Tierras

Alexánder Rodríguez Romero
Director técnico de Uso Eficiente del Suelo Rural y Adecuación de Tierras

Emiro José Díaz Leal (e)
Jefe de la Oficina de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones

Adriana Pérez Orozco
Emiro José Díaz Leal
Mónica Cortés Pulido
Sandra Milena Ruano Reyes
Asesores

Directores temáticos
Dora Inés Rey Martínez
Alexánder Rodríguez Romero

Coordinación técnica
Renato Baldovino Guevara
Sebastián Polo Carrera

Autores
Renato Baldovino Guevara
Sebastián Polo Carrera
Carlos Ignacio Avendaño Rodríguez
Edinson Chacón Pardo
Gabriel Eduardo Páramo Rocha
Claudia Patricia Acosta Latorre
Helmer Alexis Guzmán López
Luis Eduardo García Castellanos
Luisa María Lagos Riaño
Katherine Gómez Rodríguez
Ruth Natalia Becerra Vargas
Heidy Soledad Rodríguez Albarracín

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

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

Coordinación del equipo de publicaciones
Johana Trujillo Moya

Corrección de estilo
Gustavo Patiño Díaz

Diseño y diagramación
Constanza Rodríguez Ramírez

Fotografías
Andrés Paz Duarte
Édgar Mauricio Carrillo
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: Baldovino Guevara, R., Polo Carrera, S., Avendaño Rodríguez, C. I., Chacón Pardo, E., Páramo Rocha, G. E., Acosta Latorre, C. P., Guzmán López, H. A., García Castellanos, L. E., Lagos Riaño, L. N., Gómez Rodríguez, K., Becerra Vargas, R. N., & Rodríguez Albarracín, H. S. (2025). *Memoria técnica de la zonificación de aptitud para el cultivo de cáñamo* (Cannabis sativa var. sativa) *con fines industriales en Colombia a escala 1:100.000*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). www.upra.gov.co

Resumen

Se presenta la memoria técnica de la zonificación de aptitud para el cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales (usos de las fibras cortas y largas, usos hortícolas o para alimentos y bebidas, suplementos dietarios y usos cosméticos del grano, componente vegetal y de los derivados no psicoactivos del cannabis para uso humano y veterinario) en Colombia a 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), con el fin de apoyar la gestión de la inversión del sector agropecuario.

El documento está dividido cuatro secciones: la primera presenta los antecedentes del sector del cáñamo en términos de su importancia internacional y nacional, así como el contexto sectorial, y el marco normativo relacionado con la cadena del cáñamo; la segunda aborda el marco conceptual, basado en un enfoque multidisciplinario que considera los principios y fundamentos del esquema de evaluación de tierras, según los criterios de carácter físico, socioecosistémico y socioeconómico, respectivamente; la tercera expone la metodología de la zonificación, desde la definición del tipo de utilización de la tierra (TUT), hasta la evaluación y comparación de las matrices multicriterio (biofísica y socioeconómica); la cuarta describe los resultados de la zonificación, representados en el mapa de aptitud para el cultivo de cáñamo en Colombia a escala 1:100.000 y exhibe las conclusiones y las fuentes de información bibliográficas utilizadas.

Como anexo, para cada uno de los criterios y variables utilizados, se describen 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, entre otros aspectos.

Se identificaron siete criterios físicos, cuatro socioecosistémicos y siete socioeconómicos y 60 variables, a partir de los cuales se obtuvo el mapa de aptitud para el cultivo de cáñamo con fines industriales en Colombia a escala 1:100.000.

En el mapa se identificó que Colombia tiene 28.002.173 ha aptas para el cultivo de cáñamo dirigido a la producción de fibras cortas y largas, usos hortícolas o para alimentos y bebidas; suplementos dietarios y usos cosméticos del grano, componente vegetal y de los derivados no psicoactivos del cannabis para uso humano y veterinario, excluyendo la producción de semilla para propagación de la especie, equivalente al 65,2 % de la frontera agrícola (FA). De las áreas aptas, 7.416.458 ha corresponden a aptitud alta (A1), 7.211.107 a aptitud media (A2) y 13.374.608 a aptitud baja (A3).

Palabras clave: Fibra corta, fibra larga, *hemp*, zonificación, criterios físicos, criterios socioecosistémicos, criterios socioeconómicos, análisis multicriterio, mapa de aptitud.

Tabla de contenido

Resumen **2**

Tabla de contenido **4**

Índice de tablas **6**

Índice de figuras **8**

Lista de siglas y abreviaturas **9**

Lista de símbolos **13**

Glosario **14**

Introducción **19**

1. Generalidades 26

1.1. Antecedentes de zonificación de aptitud para la producción de cáñamo en Colombia 29

1.2. Contextos mundial y nacional. 30

1.3. Marco normativo 34

2. Marco conceptual 36

3. Marco metodológico 41

3.1. Definición del tipo de utilización de la tierra (TUT) 46

3.2. Criterios de análisis jerárquico 47

3.2.1. Componente físico 47

3.2.2. Componente socioecosistémico 54

3.2.3. Componente socioeconómico 58

3.3. Rangos de aptitud y exclusiones técnicas 70

3.3.1. Criterios y variables del componente físico 70

3.3.2. Criterios y variables del componente socioecosistémico 73

3.3.3. Criterios y variables del componente socioeconómico 77
3.4. Frontera agrícola nacional (FAN) 80
3.5. Análisis multicriterio 85
3.5.1. Proceso analítico jerárquico 85
3.5.2. Matriz del proceso analítico jerárquico 87
3.6. Análisis espacial y modelo cartográfico 91
3.7. Proceso de socialización y validación de los mapas 95
4. Resultados 99
5. Conclusiones 105
6. Bibliografía 106
Fichas metodológicas 115

Índice de tablas

Tabla 1. Comercio mundial de cáñamo (2019-2022) (valor en miles de dólares estadounidenses y cantidad en toneladas) 32

Tabla 2. Principios de la evaluación de tierras 40

Tabla 3. Definición de variables del subcomponente climático 49

Tabla 4. Definición de criterios y variables del subcomponente edáfico 50

Tabla 5. Criterios y variables del componente socioecosistémico 55

Tabla 6. Criterios y variables del componente socioeconómico 60

Tabla 7. Categorías para la zonificación de aptitud para el cultivo de cáñamo 70

Tabla 8. Rangos de aptitud del componente físico 71

Tabla 9. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioecosistémico para el cultivo comercial de cáñamo con fines industriales 74

Tabla 10. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioeconómico para el cultivo de cáñamo con fines industriales 78

Tabla 11. Escala de preferencia o importancia dentro del proceso analítico jerárquico 86

Tabla 12. Esquema de la matriz de comparación a nivel de criterio 87

Tabla 13. Matriz de evaluación multicriterio del componente biofísico para la zonificación de aptitud del cultivo de cáñamo con fines industriales 89

Tabla 14. Matriz de evaluación multicriterio del componente socioeconómico para la zonificación de aptitud del cultivo de cáñamo con fines industriales 90

Tabla 15. Matriz de paso para el cruce de componentes para la zonificación de aptitud del cultivo de cáñamo 90

Tabla 16. Socialización y recorridos de campo para la zonificación de aptitud para el cultivo de cáñamo 96

Tabla 17. Áreas según categorías de aptitud para el cultivo de cáñamo con fines industriales en Colombia a escala 1:100.000. 99

Tabla 18. Departamentos con aptitud total, aptitud alta (A1), aptitud media (A2) y aptitud baja (A3) para el cultivo de cáñamo con fines industriales en Colombia (ha) 101

Tabla 19. Municipios con mayor aptitud total para el cultivo cáñamo con fines industriales en Colombia 102

Tabla 20. Municipios con mayor aptitud alta (A1), aptitud media (A2) y aptitud baja (A3) para el cultivo de cáñamo con fines industriales en Colombia (ha) 103

Índice de figuras

Figura 1. Producción y área cosechada de cáñamo común en bruto o enriado (2018-2022).....30

Figura 2. Marco conceptual para la zonificación de cadenas productivas 37

Figura 3. Criterios de zonificación de aptitud 43

Figura 4. Esquema metodológico de la zonificación de aptitud del cultivo de cáñamo 44

Figura 5. Criterios y variables de componente físico 48

Figura 6. Criterios y variables de componente socioecosistémico 55

Figura 7. Criterios y variables de componente socioeconómico 60

Figura 8. Mapa de condicionantes legales 82

Figura 9. Mapa de restricciones legales 84

Figura 10. Proceso de análisis de información espacial para la obtención del mapa de aptitud 92

Figura 11. Modelo cartográfico integral para la zonificación de aptitud del cultivo de cáñamo con fines industriales 94

Figura 12. Estrategia de socialización y validación de la zonificación de aptitud 95

Figura 13. Mapa integrado de aptitud para el cultivo de cáñamo con fines industriales en Colombia a escala 1:100.000 100

Figura 14. Mapas intermedios de la zonificación de aptitud para el cultivo de cáñamo con fines industriales en Colombia a escala 1:100.000 104

Lista de siglas y abreviaturas

a. C.	antes de Cristo
AC	áreas críticas para especies migratorias en agroecosistemas
ACES	áreas de concentración de especies sensibles
ADR	Agencia de Desarrollo Rural
Agrosavia	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
AHP	proceso analítico jerárquico (*Analytic Hierarchy Process*)
AICAS	áreas de importancia para la conservación de aves
ANT	Agencia Nacional de Tierras
APC	áreas prioritarias de conservación
CAR	Corporaciones Autónomas Regionales y de Desarrollo Sostenible
CBD	cannabidiol
CECN	conectividad estructural de las coberturas naturales
CIC	capacidad de intercambio catiónico
Conpes	Consejo Nacional de Políticas Económicas y Sociales
COP	Peso colombiano
Corpoica	Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria
cv.	cultivar(es)
d. C.	después de Cristo

DANE	Departamento Administrativo Nacional de Estadística
DHR	disponibilidad hídrica real
DMI	distrito de manejo integrado
DNP	Departamento Nacional de Planeación
EE. UU.	Estados Unidos
ENA	Estudio Nacional del Agua
ETR	evapotranspiración real
FA	Frontera agrícola
FAG	Fondo Agropecuario de Garantías
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (Food and Agriculture Organization of the United Nations)
FAOSTAT	Base de datos estadísticos sobre alimentación, agricultura, pesca, silvicultura, gestión de recursos naturales y nutrición de la FAO
Finagro	Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario
FOB	Libre a bordo
IAvH	Instituto de Investigación de Recursos Biológicos 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

INAT	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
MinHacienda	Ministerio de Hacienda y Crédito Público
MinSalud	Ministerio de Salud y de la Protección Social
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
SIOC	Sistema de Información de Gestión y Desempeño de Organizaciones de Cadenas
SIG	Sistemas de Información Geográfica
SRTM	Misión Topográfica Shuttle Radar (Shuttle Radar Topography Mission)
THC	delta-9 tetrahidrocannabinol
TUT	tipo de utilización de la tierra
Unesco	United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (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 (United States Department of Agriculture)
Zidres	zonas de interés de desarrollo rural, económico y social
ZRFN	zonas de reserva forestal nacional

Lista de símbolos

>	mayor que
<	menor que
≥	mayor o igual que
≤	menor o igual que
°C	grado Celsius
cm	centímetro
cmol	centimol (10^{-2} mol)
dS	decisiemens (10^{-1} S)
g	gramo
ha	hectárea
km	kilómetro
km^2	kilómetro cuadrado
kg	kilogramo
kPa	kilopascales
l	litro
ln	logaritmo natural
m	metro
m^2	metro cuadrado
m^3	metro cúbico
mg	miligramo
mm	milímetro
Mm^3	millones de metros cúbicos
Mt	millones de toneladas
ppm	partes por millón
t	tonelada métrica

Glosario

Álgebra de mapas: es un amplio conjunto de operadores o algoritmos que se ejecutan sobre una o varias capas *raster* con el propósito de producir una nueva capa de salida. El uso de operadores lógicos o condicionales permite elaborar operadores complejos para implementar procesos de análisis de datos en estructuras de tipo *raster* (Siraj et al., 2013)

Aptitud de la tierra: potencial para establecer un tipo de utilización de la tierra, resultado del análisis de las combinaciones de criterios físicos, socioecosistémicos y socioeconómicos que están enmarcados en la FA (Unidad de Planificación Rural Agropecuaria [UPRA], 2019).

Buffer: área de influencia calculada a partir del borde externo de una entidad geográfica —tipo polígono o a partir de un eje tipo línea— para denotar un área de influencia.

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

Cannabis: sumidades floridas o con fruto, de la planta de cannabis, con excepción de las semillas y las hojas no unidas a las sumidades, de las cuales no se ha extraído la resina, cualquiera que sea el nombre con que se las designe.

Cáñamo: "Cultivar de la planta de cannabis cuyo nombre se deriva de la fibra que se obtiene de ella. Las sumidades floridas o con fruto que se obtendrían de esta planta deben tener un contenido de THC menor o igual a aquel porcentaje previsto por parte del Gobierno nacional. Cuando se trata de plantas para el uso de la fibra o el grano las características fenotípicas son, entre otras y sin limitarse a estas, tallos altos poco ramificados, rectos y de crecimiento rápido, y canopias que cubren el área de cultivo, son plantas con un tallo más o menos ramificado para la obtención de semillas, mientras que

el tallo para la obtención de fibra es menos ramificado, se siembra en exterior, en altas densidades en promedio de 1,80 metros de altura". (Ley 2204 de 2022)

Cultivo de cáñamo: "Actividad destinada a la obtención de semillas para siembra, grano, plantas de cáñamo que comprende desde la siembra hasta la cosecha". (Ley 2204 de 2024).

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

Componente: composición de varios elementos que se agrupan para dar significancia parcial a la aptitud. En la zonificación de aptitud, se tipifican los componentes físico, socioecosistémico y socioeconómico (UPRA, 2019).

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 con fines productivos (UPRA, 2019).

Cultivar: nombre genérico que se usa para referirse de forma indiferente a variedades, líneas, híbridos y clones que se estén utilizando como materiales comerciales para siembra (ICA, 2015).

Derivados no psicoactivos de cannabis: son aceites, resinas, tinturas y extractos crudos, purificados o procesados obtenidos a partir de las sumidades floridas o con fruto y/o del componente vegetal cuyo contenido de THC, incluyendo sus isómeros, sales y formas ácidas es menor al límite establecido por el Gobierno nacional mediante la reglamentación de la Ley 1787 de 2016, los cuales serán usados para fines industriales, médicos o científicos de cualquier cultivar a partir del cual se obtengan (Ley 2204 de 2024).

Enfoque ecosistémico: se refiere tanto al uso sostenible de los bienes y servicios de los ecosistemas como al mantenimiento de la integridad ecológica en calidad de paradigma de conservación para el bienestar humano. Bajo esta perspectiva, las estrategias de gestión deben considerar no sólo la dinámica en las diferentes escalas de la organización biológica, sino también las relaciones e interacciones entre los sistemas ecológicos y sociales (UPRA, 2014).

Evaluación de tierras: proceso de determinación y predicción del comportamiento de una porción de tierra usada para fines específicos de acuerdo con aspectos físicos, económicos, sociales y ambientales. Considera factores económicos del uso propuesto; las consecuencias sociales para la gente del área y del país en general; y las repercusiones, benéficas o adversas para el medio ambiente (Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación [FAO], 1976).

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

Fibra de cáñamo: filamento de origen natural apto para su procesamiento, proveniente de la planta de cáñamo (*Cannabis sativa* L.).

Fines industriales: usos distintos a los médicos y científicos; entre ellos, pero sin limitarse a estos, los usos de las fibras, usos hortícolas o para alimentos, bebidas, suplementos dietarios y usos cosméticos del grano, componente vegetal y de los derivados no psicoactivos del cannabis para uso humano y veterinario. Los productos para fines industriales (incluidos sus isómeros, sales y formas ácidas) se deberán ajustar a la normatividad sanitaria específica aplicable y no podrán tener una cantidad de THC igual o que supere el límite de fiscalización señalado por el MinSalud y protección social.

Fuente semillera: semillas preexistentes que están en Colombia, destinadas para la siembra de cannabis y que era posible registrarlas ante el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

Frontera agrícola: es el límite del suelo rural donde se permiten y promueven las actividades agropecuarias (entiéndase: agrícolas, pecuarias, acuícolas, pesqueras y forestales) y reconoce aquellas áreas en las que, por consideraciones legales, políticas y técnicas, están restringidas. Adaptado de la Resolución 261 de 2018 del MinAgricultura.

Hemp: término en inglés para nombrar el cultivo de cáñamo.

Grano: óvulo fecundado y seco que conserva la totalidad de sus componentes, destinado al procesamiento (molido, picado, triturado y/o cocido, entre otros) para la obtención de subproductos como harinas, féculas, jarabes y aceites.

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 & Kassam, 1979).

Integridad ecológica (IE): medida tanto del funcionamiento permanente saludable o apropiado de los ecosistemas en un territorio como de la provisión continuada de recursos naturales y servicios ecosistémicos autogenerados y autosostenibles. En este sentido la IE vincula el bienestar humano actual y futuro con el cuidado y la protección de la tierra y sus ecosistemas para el hábitat de las especies (Ciontescu, 2012).

Isocronas: áreas que se encuentran a un igual tiempo de distancia de un punto, línea o zona de referencia, teniendo en cuenta los medios de transporte disponibles para llegar a los destinos.

Límite de fiscalización: cantidad máxima de tetrahidrocannabinol (THC) (incluyendo sus isómeros, sales y formas ácidas) que clasifica a los medicamentos como de control especial y sustancias fiscalizadas, establecida en la Resolución 315 de 2020 del MinSalud o la norma que la modifique, adicione o sustituya.

Restricciones legales: independientemente de la categoría de aptitud por consideraciones sociales, culturales, ambientales o de bioseguridad, no es posible el desarrollo de la actividad productiva.

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

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

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

Variable: característica o atributo de la tierra que puede medirse o estimarse (FAO, 1976 y UPRA, 2019).

Zonificación: proceso que identifica y delimita las áreas con potencial para establecer y desarrollar una actividad agropecuaria determinada bajo un marco legal, normativo y técnico que las define y diferencia de otros usos posibles. Es una herramienta técnica para generar iniciativas de inversión orientadas a la formulación de políticas y la destinación de recursos públicos y privados del sector agropecuario (UPRA, 2017).

Introducción

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2022-2026 “Colombia potencia mundial de la vida”, Ley 2294 de 2023, en el Título III, arts. 32, 36 y 61, resalta las funciones de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) en cuanto a 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, incluye 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 en la identificación de predios rurales idóneos, desde la dinámica del mercado de tierras, que puedan incluirse en la futura reforma rural integral.

Es así, que dentro del PND 2022-2026, el cultivo de cáñamo industrial está relacionado directamente con la Transformación productiva, internacionalización y acción climática (art. 3, núm. 4 del PND). El objetivo es diversificar las actividades productivas para que aprovechen el capital natural y aumenten el uso de energías limpias, que sean intensivas en conocimiento e innovación, que respeten y garanticen los derechos humanos, y que aporten a la construcción de la resiliencia ante los choques climáticos. Con ello, se espera propiciar el desarrollo sostenible y la competitividad del país, alrededor de una generación incluyente de riqueza que deje atrás de manera progresiva la dependencia de actividades extractivas y le abra el camino a una economía reindustrializada en sectores soportados en las potencialidades territoriales y que operen en armonía con los ecosistemas naturales.

Para ello, se acelerarán los mecanismos de contención de la deforestación, y de conservación y restauración de la naturaleza. Además, como política de Gobierno se buscará acelerar la transición energética justa y progresiva del país, y se trabajará por la reindustrialización, el impulso a encadenamientos productivos para la integración regional

y global, y por el fortalecimiento de actividades que hacen un uso sostenible de la biodiversidad. Igualmente, se estrecharán los lazos internacionales a través del estímulo al comercio y las inversiones sostenibles, y se dispondrá de mecanismos e instrumentos de financiamiento para una economía productiva, limpia y que lucha contra el cambio climático.

La UPRA en cumplimiento de 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 materias señaladas anteriormente, la Ley 1551 de 2012 en lo relacionado con la elaboración de planes de desarrollo y de ordenamiento territorial, la Ley 1776 de 2016 de zonas de interés de desarrollo rural, económico y social (Zidres) y la Resolución del 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 Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MinAgricultura), con autonomía presupuestal, administrativa, financiera y técnica. De acuerdo con lo señalado en el art. 5 de este decreto, se establecieron, entre otras, las siguientes funciones para 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.

Teniendo en cuenta que 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 Departamento Nacional de Planeación (DNP) y en la alineación del Presupuesto Orientado a Resultados del programa: 1704, *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 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 propuso llevar a cabo 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, dado que el énfasis se ha puesto en los aspectos climáticos y edáficos. En tal sentido, han quedado subordinados y hasta olvidados los procesos socioecosistémicos, sociales, culturales y políticos, fundamentales no sólo en la planificación integral del territorio sino también en 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 la zonificación, como instrumento de planificación para las áreas rurales, permite identificar áreas geográficas que combinan características físicas, biológicas, humanas e institucionales aptas para un uso específico, que pueden ser interpretadas en términos de objetivos para la gestión territorial.

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

Desde 2013, la UPRA ha realizado adaptaciones a la metodología de evaluación de tierras propuesta por la FAO, planteando como un primer instrumento, la evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios en el ámbito nacional, metodología a escala 1:100.000 (UPRA y Universidad Nacional de Colombia, 2013), con base en el enfoque FAO en lo relativo a su aplicación e incorporando 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 integran en una matriz denominada *biofísica* mientras que los aspectos socioeconómicos en otra, los criterios son ponderados de acuerdo con las características propias de una determinada cadena productiva, consolidando al final, una matriz de paso entre los dos mapas intermedios para obtener resultados de zonas aptas para un determinado uso.

En el marco de esta actividad, la UPRA desarrolla estudios que sirven como referencia para la actividad misional de la unidad o como medio para la validación de las metodologías, lineamientos y criterios propuestos en el marco de otras actividades. Desde 2014, la UPRA ha desarrollado procesos de zonificación de aptitud, que suman más de 70 cadenas productivas; en el ámbito se incluyen las siguientes: cacao, palma de aceite, caucho natural, papa, maíz tecnificado de clima cálido, arroz secano mecanizado, aguacate hass, mango, papaya tainung, fresa, piña MD-2, cebolla de bulbo, ají tabasco, pimentón, algodón, banano de exportación, caña de azúcar para la producción de panela, café, maracuyá, gulupa, granadilla, maíz tradicional y soya; 33 especies forestales maderables contempladas en el certificado de incentivo forestal (ICR), instrumento del MinAgricultura, a la que se suma el caucho natural.

Las zonificaciones pecuarias en la UPRA iniciaron con la zonificación de aptitud para la avicultura en 2016, seguida del mapa para el sector porcícola colombiano en 2018, las zonificaciones de aptitud para la producción de carne y leche bovina en pastoreo y la identificación de zonas potenciales para el establecimiento de ocho grupos de gramíneas para el pastoreo.

Para el 2020 también se inició con la definición de zonas aptas para la producción de búfalos y de ovinos en pastoreo en Colombia, y en el 2021 se realizó la zonificación de caprinos también en pastoreo. En este mismo año la UPRA tomó como base el trabajo en acuicultura realizado en 2016 con la participación de la AUNAP, para la actualización metodológica de la zonificación de aptitud para acuicultura en estanques en tierra de tilapias, cachama, trucha, tres especies ícticas nativas de Colombia (yamú, bocachico y bagre rayado); camarón blanco y pirarucú; y de pesca marina artesanal de camarón y bocachico del río Magdalena; a partir de 2023 se incorporó la zonificación de aptitud para plátano de los cultivares hartón y dominico hartón; yuca; fríjol y caupí; apicultura y la actualización de 20 especies forestales maderables en Colombia, escala 1:100.000.

Dentro de los objetivos específicos de la presente zonificación, se encuentran:

- Elaborar los lineamientos técnicos y metodológicos para el cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales a escala 1:100.000 en Colombia, mediante la definición de criterios y variables que incidan en la delimitación de áreas con aptitud.
- Definir los procesos de integración de los distintos criterios para la zonificación, así como identificar y estandarizar la información geográfica disponible en bases de datos asociadas.
- Elaborar con base en la metodología propuesta, el mapa de zonas aptas para el cultivo de cáñamo (Cannabis sativa var. sativa) con fines industriales a escala 1:100.000.

El mapa de zonificación de aptitud para el cultivo de cáñamo con fines industriales en Colombia a escala 1:100.000, fortalece el desarrollo de políticas para el sector agrícola; orienta la planificación rural agropecuaria; la gestión del suelo rural agropecuario; y el ordenamiento territorial.

Es una herramienta de carácter indicativo que considera la totalidad del territorio colombiano; identifica posibles núcleos productivos; y señala áreas de referencia en instrumentos de planificación y gestión del suelo rural agropecuario. Por tal razón, no es un instrumento de regulación o de reglamentación de uso del suelo; y tampoco aplica para la toma de decisiones que impacten aspectos económicos, instrumentos financieros y crediticios, o de planificación a escala predial.

El mapa de zonificación de aptitud para el cultivo de cáñamo con fines industriales en Colombia a escala 1:100.000, toma como base para su elaboración, la información secundaria proveniente de las entidades oficiales, la cual contiene en algunos casos, niveles de generalización que pueden afectar la precisión en la delimitación de algunas unidades. Igualmente, la información disponible no está en su totalidad con corte a un determinado periodo de tiempo, lo cual plantea la necesidad de actualizar permanentemente la zonificación de acuerdo con la naturaleza de los criterios, por lo menos cada cinco años, mediante un proceso sistemático que facilite esta labor.

La memoria técnica contiene cuatro secciones: en la primera se expone un contexto general del tema, que incluye una reseña histórica, el origen y la clasificación taxonómica del cáñamo, la importancia económica internacional y nacional; así como el marco normativo relacionado con esta cadena. La segunda, enuncia los fundamentos conceptuales de la zonificación de aptitud; la tercera, explica la metodología empleada, incluyendo los criterios usados dentro de los componentes físico, socioecosistémico y socioeconómico, su evaluación y ponderación, para obtener el mapa de zonificación de aptitud y las técnicas de análisis utilizadas. La cuarta presenta los resultados de la identificación de las áreas aptas para el cultivo de cáñamo dirigido a la obtención de fibras cortas y largas, usos hortícolas

o para alimentos y bebidas, suplementos dietarios y usos cosméticos del grano, componente vegetal y de los derivados no psicoactivos del cannabis para uso humano y veterinario, excluyendo la producción de semilla para la propagación de la especie; asimismo, se exponen las conclusiones y la bibliografía.

Como anexo se presentan las fichas metodológicas de cada criterio y de las variables utilizados en la zonificación, en las cuales se describen y detallan su definición, la importancia, los limitantes de la evaluación, metodología utilizada, rangos para la asignación de valores de aptitud, representación cartográfica y las fuentes de información utilizadas como insumo para su obtención.

1. Generalidades

Se considera que los primeros cultivos de cáñamo se originaron en China alrededor del año 4000 a. C., utilizados en la producción de cuerdas y redes de pesca. Además, se usó la semilla en la alimentación y en manifestaciones religiosas (Fassio, Rodríguez, & Ceretta, 2013).

El cáñamo ingresó a Europa por las rutas tradicionales del comercio de diversas especias. La industrialización de fibras del cáñamo se remonta al año 1150 d. C. en Europa, cuando los Moros españoles construyeron la primera fábrica de papel (Roulac, 1997) citado por (Fassio, Rodríguez, & Ceretta, 2013). No obstante, la industrialización de la fibra de algodón compitió con la del cáñamo hasta desplazar su uso y su cultivo.

Para efecto del presente documento, se identifica al cáñamo como la especie *Cannabis sativa* var. *sativa* que produce menores niveles del compuesto *delta-9 tetrahidrocannabinol* (*THC*) frente al cannabis psicoactivo. No obstante, la polinización cruzada, el viento, el granizo, la sequía, las plagas y otros factores estresantes pueden aumentar los niveles totales de THC en las plantas cultivadas, lo que podría llegar a poner a los productores en riesgo de no cumplir con la legislación vigente (Special Issue on Industrial Hemp No. 16. Naciones Unidas).

De las plantas de *C. sativa* se utilizan todas sus partes: obtención de fibra de cáñamo, recuperación de tierras por su capacidad de mejorar condiciones físicas del suelo y en fitorremediación; para mitigar los efectos del cambio climático por la captura de CO_2 y reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero (Special Issue on Industrial Hemp No. 16. Naciones Unidas).

La fibra natural del cáñamo vuelve a emplearse en sectores como en textiles, aislantes térmicos y acústicos, bloques para construcción, tapizados, entre otros. En la Unión Europea, los cultivadores están obligados a utilizar semilla certificada que garantice un contenido inferior a 0,3 % de *delta-9 tetrahidrocannabinol* (*THC*) en peso seco (Reglamento CE 1782 de 2003); en Colombia se debe garantizar un contenido inferior a 1 % de THC.

Cannabis sativa L. pertenece a la división *Magnoliophyta*, Clase: *Magnoliopsida*, Orden: *Urticales*, familia: *Cannabaceae*.

De acuerdo con Fassio et al. (2013) se diferencian cuatro segregados, subespecies o variedades a partir de sus características morfológicas, así:

a. ***Cannabis sativa* var. *sativa***: corresponde al material de interés del presente Tipo de Utilización de la Tierra (TUT), cultivada para obtener fibras (cáñamo), grano y aceite. Son plantas domesticadas de porte alto (hasta 6 metros), con tallos suaves y huecos; enramado débil con entrenudos largos; pecíolos cortos; con hojas compuestas usualmente de 5 a 9 folíolos de forma lanceolada, los más largos promedian 136 mm (relación largo/ancho de 7,5); los racimos tienen entrenudos largos, y los aquenios (semillas) están parcialmente expuestos, usualmente de más de 3,7 mm de largo, en forma de lente con una base roma, de superficie opaca verde claro a oscuro y usualmente no veteada; las semillas se encuentran usualmente adheridas a las plantas cuando están maduras.

b. ***Cannabis sativa* var. *spontanea*** *(*Syn. *Cannabis ruderalis*): son plantas silvestres, no cultivadas; de porte bajo (usualmente menos de 0,5 metros); de tallos suaves y huecos,

ocasionalmente sin ramas; los pecíolos son cortos, con hojas compuestas usualmente por de 5 a 7 folíolos de forma elíptica, los más largos promediando 60 mm (relación largo/ancho de 6); los aquenios son pequeños con una estructura de abscisión pronunciada en la base con superficie opaca de color verde y veteada; la lámina de abscisión es carnosa con células productoras de aceite, las semillas son fácilmente liberadas de las plantas.

c. ***Cannabis sativa* var. *indica***: son plantas domesticadas cultivadas principalmente para drogas, pero también usada para obtención de fibras y aceite; de porte bajo (menos de 3 metros), tallos suaves y casi sólidos; enramado fuerte con entrenudos más cortos; pecíolos más cortos, usualmente 7 a 11 folíolos por hoja, con folíolos angostos y lanceolados, los más largos promedian 92 mm (relación largo/ancho de 10); los aquenios promedian 3,7 mm de largo, con menos forma de lente y una base más redondeada, superficie de color verde-marrón y con o sin vetas, con o sin una lámina de abscisión.

d. ***Cannabis sativa* var. *afghanica***: son plantas silvestres, cultivadas exclusivamente para producir sustancias psicoactivas, principalmente a partir de la resina (*hachís*). Son de porte bajo (menos de 1,5 metros); tallos corrugados y casi sólidos, fuerte enramado con entrenudos cortos; pecíolos largos, usualmente 7 a 11 folíolos por hoja, de color verde oscuro y de forma oblanceolada; los más largos promedian 130 mm (relación largo/ancho de 5); los racimos tienen entrenudos cortos, y lo aquenios no están expuestos y son anidados, a veces produce brácteas compuestas; los aquenios usualmente tienen menos de 3,0 mm de largo, son casi redondos con una base roma, y la superficie es de color gris brillante y veteada.

El cáñamo industrial a libre exposición se cultiva en todos los continentes, excepto en la Antártida, desde el subártico hasta el tropical, y desde el nivel del mar hasta más de 3.000 m s. n. m. en el Himalaya (Clarke & Merlin, 2013). Para un crecimiento vegetativo vigoroso, las plantas crecen mejor entre 25 y 30 °C de temperatura (Small, 2017; Bouloc, 2013).

La planta requiere de suelos profundos, aunque se desarrolla bien en suelos con poca profundidad; de textura media, ricos en nutrientes y en materia orgánica; con pH desde fuertemente ácido hasta ligeramente alcalino; con buena capacidad de retención de humedad y buen drenaje; su principal requerimiento hídrico es en el establecimiento, y una prolongada sequía durante la fase de crecimiento puede llegar a producir reducción del rendimiento (Wright, 1941; Robinson, 1943).

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

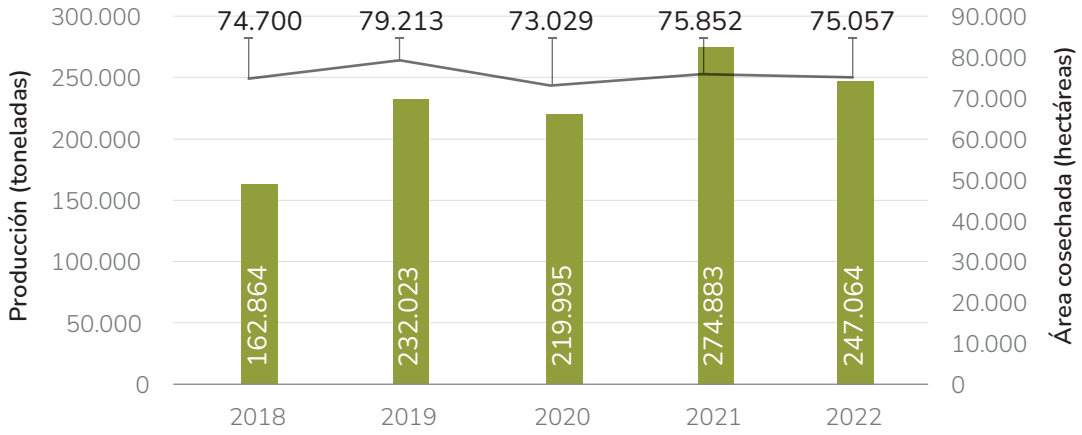
La Gobernación del Valle del Cauca (2023) identificó áreas óptimas, potenciales y con limitaciones para el cultivo de cáñamo, en una zonificación agroecológica basada en condiciones climáticas y propiedades del suelo para 28 municipios del Valle del Cauca comprendidos entre las vertientes orientales de las cordilleras central y occidental. El tipo de utilización de la tierra (TUT) se basó en el enfoque metodológico propuesto en la *Zonificación de la aptitud de la tierra con fines agropecuarios* de la UPRA (2013).

Los municipios de Florida, Pradera, Palmira, Yumbo, Cerrito, Candelaria, Yotoco, Vijes y Guacarí fueron seleccionados por su aptitud óptima para el cultivo de cáñamo, con un potencial de 25.000 ha aptas y dos cosechas al año.

1.2. Contextos mundial y nacional

La figura 1 muestra el comportamiento de la producción de cáñamo entre el 2018 y 2022, discriminado por uso, como la obtención de fibra (*cáñamo común, en bruto o enriado*) y semilla para grano (*cañamón*). En cuanto al área cosechada de fibra de cáñamo, 38 países la reportan con cerca de 80.000 ha/año, de la que la República Popular Democrática de Corea ocupa el primer puesto en el periodo estudiado, con 21.837 ha en promedio, seguido de Francia y China con 17.226 y 10.763 ha, respectivamente (FAO, 2024).

Figura 1. Producción y área cosechada de cáñamo común en bruto o enriado (2018-2022)



Fuente: elaboración propia.

La producción de *fibra de cáñamo* reportó su mayor producción en 2021. Francia, China y la República Popular Democrática de Corea presentaron un promedio entre el 2018 a 2022 de 111.873, 63.065 y 15.271 toneladas, respectivamente. (FAO, 2024).

En la tabla 1 se muestran los valores de importaciones y exportaciones mundiales entre el 2019 a 2022, donde se observa mayor participación del *cáñamo trabajado*; no obstante, la

relación precio cantidad más alta, la reportaron los *hilados de cáñamo*, llegando hasta 12.000 dólares por t (TradeMap, 2024).

Tabla 1. Comercio mundial de cáñamo (2019-2022) (valor en miles de dólares estadounidenses y cantidad en toneladas)

Código	Descripción	2019		2020		2021		2022	
Importaciones		Miles de dólares	Toneladas	Miles de dólares	Toneladas	Miles de dólares	Toneladas	Miles de dólares	Toneladas
530290	Cáñamo *Cannabis sativa* L., trabajado, pero sin hilar; estopas y desperdicios de cáñamo	16.699	15.642	57.316	24.913	29.650	27.423	19.696	17.311
530210	Cáñamo *Cannabis sativa* L., en bruto o enriado	9.736	8.340	12.771	10.485	12.216	No medido	13.485	No medido
530820	Hilados de cáñamo	8.114	864	10.847	1.188	15.305	1.515	16.875	1.545
Exportaciones		Miles de dólares	Toneladas	Miles de dólares	Toneladas	Miles de dólares	Toneladas	Miles de dólares	Toneladas
530290	Cáñamo *Cannabis sativa* L., trabajado, pero sin hilar; estopas y desperdicios de cáñamo	9.595	5.356	17.669	4.599	39.631	20.709	22.766	11.018
530210	Cáñamo *Cannabis sativa* L., en bruto o enriado	15.529	9.432	39.990	14.617	49.287	14.117	40.864	15.088
530820	Hilados de cáñamo	7.590	718	9.849	982	15.886	1.454	17.529	1.451

Fuente: TradeMap (2024).

El principal importador para *cáñamo trabajado* en el periodo estudiado fue Alemania con un máximo de 4.252 t, seguido de Dinamarca y China con 3.807 y 2.095 t; respecto a *cáñamo en bruto*, República Checa, Alemania y Francia reportaron máximos importados de 5.508, 2.332 y 1.719 t, respectivamente; por otra parte, los *hilados de cáñamo* registraron a India, Corea e Italia como principales importadores con 308, 278 y 179 t (TradeMap, 2024).

En Colombia, el cultivo de cannabis legal inició en 2016, con reglamentación para el uso medicinal, con empresas de altas inversiones económicas y elevada tecnología, con encadenamiento integral desde el cultivo hasta la comercialización. Aunque los productores pequeños quedaron con bajas oportunidades de ingresar al mercado (Beltrán & Vallejo, 2021), a partir de 2017, la legislación contempló la posibilidad de integrar a pequeños y medianos productores.

En Colombia no se reportan oficialmente áreas sembradas de cáñamo; hasta la fecha los actores involucrados se encuentran atendiendo y estabilizando la fuente semillera para este cultivo, y realizando mejoramiento de genéticas existentes nacionales e importadas, y realizando pruebas de campo dirigidas a garantizar un bajo contenido de cannabinoides y los porcentajes de THC para registro de ese material vegetal ante el ICA (Beltrán y Vallejo, 2021).

El cáñamo se presenta como un cultivo multipropósito donde se contempla el aprovechamiento de toda la planta. Es así como el fitomejoramiento determinará las características deseadas de las plantas —las fibras y la cañamiza, en el tallo, o el cogollo y las semillas, o en la flor—, sin generar desperdicios (Beltrán & Vallejo, 2021).

Por otra parte, el cáñamo con fines industriales se orienta principalmente para la obtención de fibra, la cañamiza y las semillas, mientras que el cogollo se destina para usos medicinales y cosméticos. Por lo tanto, el principal objetivo es obtener sustitutos de la fibra de algodón y de aceites de oleaginosas (Beltrán y Vallejo, 2021).

Asimismo, el comercio exterior para el cáñamo solo reporta importaciones bajo dos partidas arancelarias: *hilados de cáñamo* y *cáñamo en bruto o enriado*. No obstante, las cantidades no superan las 10 t para cáñamo en bruto y 1 t para hilados, provenientes de China, Rumania y Bélgica (Legiscomex, 2024).

En el caso de Colombia, son muy pocos las empresas que utilizan el cáñamo para la elaboración de telas, aunque una de las industrias que empieza a surgir en el uso del

cáñamo, es la del papel. De esta forma se planea cambiar la celulosa, y producir hojas de papel biodegradable a partir de la fibra del cáñamo molido (Manosalva et al., 2020).

En la actualidad Colombia no cuenta con una cadena consolidada de cáñamo. No obstante, se tienen identificados varios actores, a saber:

- **Proveedores de bienes y servicios:** insumos, maquinaria, equipos y canales de distribución y logística, asistencia técnica, académicos, instituciones educativas.
- **Productores:** persona natural o jurídica con licencia para cultivo, otorgada por el MinJusticia.
- **Transformadores:** persona natural o jurídica autorizada legalmente por el MinSalud y demás entes de control, para realizar la extracción y procesamiento de sumidades y material vegetal.
- **Comercializadores:** persona natural o jurídica autorizada por los organismos correspondientes para hacer la comercialización del cannabis y del cáñamo en el ámbito nacional e internacional.
- **Clientes o consumidores:** persona natural o jurídica que usa los subproductos industriales de la planta de cáñamo, de acuerdo con un fin específico.
- **Entidades de apoyo:** organizaciones públicas, privadas o mixtas que brindan respaldo directo e indirecto a la Cadena Productiva del cáñamo industrial, en funciones como gobernanza, ambiente de negocios, academia y formación, divulgación, capacitación, investigación, desarrollo e inclusión financiera. Universidades, centros de investigación, empresas farmacéuticas, de alimentos, de fitogenética, de suplementos dietarios, de fibras y de biocombustibles, entre otros.

1.3. Marco normativo

Acto administrativo	Alcance
Ley 30 de 1986, art. 3	Limita la producción, fabricación, exportación, importación, distribución, comercio, uso y posesión de sustancias psicoactivas, a fines médicos y científicos.
Decreto 2467 de 2015	Reglamenta el cultivo de plantas de cannabis; autoriza la posesión de semillas para siembra de cannabis; controla las áreas de cultivo, los procesos de producción y de fabricación, exportación, importación y uso de estas y sus derivados, destinados a fines estrictamente médicos y científicos.
Ley 1787 de 2016	Crea un marco regulatorio que permite el uso médico y científico del cannabis y sus derivados.
Decreto 613 de 2017	Reglamenta la Ley 1787 de 2016 en lo referente a la evaluación, seguimiento y control de importación, exportación, cultivo, producción, fabricación, adquisición a cualquier título, almacenamiento, transporte, comercialización, distribución, uso de las semillas para siembra de la planta de cannabis, del cannabis y de sus derivados, para fines médicos y científicos, así como los productos que los contengan en el marco de la Ley.
Resolución 577 de 2017 (Ministerio de Justicia y del Derecho)	Regula técnicamente lo establecido en el Decreto 613 de 2017; establece las disposiciones aplicables a la evaluación y seguimiento a las licencias de uso de semillas para siembra de cultivo de plantas de cannabis psicoactivo y de cultivo de plantas de cannabis no psicoactivo, indicadas en el art. 2.8.11.2.1.2. del Decreto 780 de 2016.
Resolución 579 de 2017 (Ministerio de Justicia y del Derecho)	Define a los pequeños y medianos cultivadores, productores y comercializadores de cannabis medicinal en Colombia, su mecanismo de verificación y la pérdida de tal calidad.
Resolución 2892 de 2017 de MinSalud	Expide la reglamentación técnica asociada al otorgamiento de la licencia para la producción y fabricación de derivados de cannabis.
Decreto 631 de 2018	Establece que, a 31 de diciembre de 2018, quienes requieran hacer uso de la fuente semillera de cannabis deberán haber radicado ante el ICA el trámite de productor de semilla seleccionada, presentando las fichas técnicas de los cultivares a ser usados como fuente.
Decreto 811 de 2021	Reglamenta la evaluación, seguimiento y control de las importaciones, exportaciones, cultivo, producción, fabricación, adquisición, almacenamiento, transporte, comercialización, distribución, disposición final y uso de:

	1. Semillas para siembra, componente vegetal, plantas de cannabis, grano, cannabis psicoactivo y no psicoactivo y derivados psicoactivos y no psicoactivos de cannabis para fines médicos y científicos con base en la Ley 1787 de 2016. 2. Semillas para siembra, componente vegetal, grano y derivados no psicoactivos de cannabis para fines industriales, hortícolas y alimenticios en el marco de la Convención Única de Estupefacientes de 1961 y su Protocolo de Modificaciones de 1972, aprobada mediante la Ley 13 de 1974.
Ley 2204 de 2022	Crea el marco legal para el uso de la fibra y el grano del cáñamo, cuyo contenido de THC (incluyendo isómeros, sales y formas ácidas) sea igual o menor al 0,3 % o aquel porcentaje que disponga el Gobierno nacional. Incluye el uso de semillas para siembra y cultivo destinadas a la producción de grano, semillas para siembra, plantas en estado vegetativo o componente vegetal. Regula la comercialización, importación, exportación, adquisición, almacenamiento, transporte y disposición final de semillas para siembra, grano, plantas en estado vegetativo o componente vegetal con fines industriales y fines científicos en Colombia.

Fuente: elaboración propia.

2. Marco conceptual

La gestión sostenible del ambiente, la sociedad y la economía se ha convertido en un tema central tanto para el diseño de las políticas como para las decisiones de planificación sectorial en la mayor parte del mundo (Rodiek, 2008). Para planificar con efectividad el 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 los diversos usos (Harms et al., 2015). Este sector representa uno de los más importantes para el bienestar humano toda vez que puede llegar a aumentar los ingresos y mejorar la condición social de los productores, según sea la distribución y la calidad de los recursos disponibles.

El modelo conceptual de la zonificación de aptitud adoptado por la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) parte de un enfoque multidisciplinario que contempla los principios y fundamentos del esquema de evaluación de tierras sobre la definición y evaluación de la aptitud. A esto se suma la integración de los componentes biofísico y socioeconómico, los cuales no solo enmarcan las características particulares de un tipo de utilización de la tierra desde el punto de vista de la productividad —a partir de los criterios edafoclimáticos que considera el esquema de la FAO—, sino que también se fortalece con

la incorporación de criterios de competitividad y sostenibilidad, mediante la evaluación de los criterios que involucran los componentes adicionados (figura 2).

Figura 2. Marco conceptual para la zonificación de cadenas productivas

Fuente: UPRA (2014).

La zonificación de aptitud para el cultivo de cáñamo con fines industriales en Colombia se orienta a identificar y delimitar las áreas con aptitud para su producción como base para el desarrollo técnico, ambiental y competitivo de esta actividad. De igual manera, se propone contribuir con 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 emplea 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 diferentes criterios y de allí se registran los datos en el programa estadístico *Priorty Estimation Tool* (PriEst) para asignar pesos ponderados a cada criterio.

Dentro del proceso metodológico de 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 esto, se genera un árbol de decisión mediante una matriz de paso para obtener el mapa integrado de la zonificación de aptitud.

El enfoque de productividad basa su metodología principalmente en la evaluación de tierras, definido 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. Además, las adaptaciones a la herramienta que han surgido en los últimos años ofrecen una alternativa de aplicación frente a nuevos retos agroambientales.

El proceso se aborda de manera multidisciplinaria, pues brindan los elementos para analizar de criterios relacionados con las dimensiones físicas, socioecosistémicas y socioeconómicas de la cadena productiva por evaluar, siempre 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 el cultivo de cáñamo con fines industriales, se han precisado algunas características 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 la cultura participan en el modelamiento de los ecosistemas, y se adaptan a los cambios en la naturaleza. De esta forma, los procesos socioecosistémicos que se presentan en estos sistemas complejos han de buscar de forma permanente el ideal de la sostenibilidad (UPRA, 2016).

El objeto de la perspectiva socioecosistémica consiste en establecer 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. Estas propiedades deberán aportar a la productividad y a la competitividad del sistema, en desarrollo del paradigma de conservación para el bienestar humano (MADS, 2012; Martin-López et al., 2009, como se citaron en UPRA (2014).

Este enfoque incorpora los fundamentos para mantener el capital natural, como la biodiversidad, la integridad ecológica o los servicios ecosistémicos. Para ello, se requiere de una distribución más equitativa de los beneficios de ese capital, que debe incluir a la sociedad, la economía y la cultura al constituir nuevas actividades hacia la armonización entre la producción, la conservación y la reducción de procesos de degradación del patrimonio natural colombiano (UPRA, 2017).

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

En cuanto al tercer enfoque, la competitividad se define 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). La competitividad constituye el factor determinante del modelo de crecimiento y desarrollo del sector agropecuario toda vez que es la condición

de viabilidad de los productos en el mercado y genera oportunidades sostenibles para todos los habitantes del campo (DNP, 2010).

En relación con la zonificación de una cadena productiva, la competitividad se expresa en la capacidad de una región de generar las condiciones de producción para promover el desarrollo sostenido del sistema productivo. De esta forma, permite mejorar de manera permanente las condiciones de vida y el bienestar de los habitantes, en particular, de los empresarios y familias dedicadas al negocio. Es decir, la competitividad implica que un cultivo exija 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 que representan el enfoque dado en la zonificación de aptitud de las cadenas productivas (tabla 2).

Tabla 2. Principios de la evaluación de tierras

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 integra características físicas, climáticas, fitosanitarias, ecosistémicas, institucionales, de transporte, mano de obra y población, entre otras.
Fomenta la participación de los interesados en los procesos de zonificación de aptitud de tierras.
La sostenibilidad se define ampliamente para incluir la productividad, la equidad social y los aspectos medioambientales.
Se valora la tierra, dentro del contexto ambiental, como un factor que provee bienes y servicios a la población.

Fuente: Rossiter (2009).

3. Marco metodológico

La zonificación de aptitud para el cultivo de cáñamo con fines industriales en Colombia a escala 1:100.000, se basa en los principios y fundamentos del *Esquema de evaluación de tierras* (FAO, 1976), en 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 principal 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).

A partir del enfoque de la FAO (1976), en la presente zonificación de aptitud se incluyó otro tipo de técnicas empleadas con frecuencia para determinar el emplazamiento óptimo para una actividad como lo son los métodos de evaluación multicriterio, los cuales permiten también la obtención de mapas de aptitud.

La evaluación multicriterio es un método que se ha diseñado para cubrir un objetivo específico cuando se requiere evaluar varios criterios, los cuales se entienden como 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 tales alternativas (Eastman et al., 1995).

Dentro de la evaluación multicriterio una de las técnicas más sencillas y más frecuentemente aplicada es la suma lineal ponderada. El objetivo principal de la evaluación multicriterio es proporcionar pautas para combinar la información de varios criterios y conformar 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 que admite dos calificaciones: si o no. Por otra parte, en el caso de factores, se utiliza generalmente la suma lineal ponderada en la cual los factores son combinados aplicando un peso a cada uno seguido por una sumatoria de los resultados para así obtener el mapa de aptitud (Eastman et al., 1995).

La metodología planteada en la identificación de zonas aptas para el cultivo de cáñamo con fines industriales se fundamentó en el análisis de los componentes físico, socioecosistémico y socioeconómico que fueron evaluados por una serie de criterios conformados por variables que los caracterizan.

Un *criterio* es el atributo complejo conformado por un conjunto de variables que actúan independientemente sobre la aptitud para un tipo de uso específico (FAO, 1976). Una variable es un atributo de la tierra que puede medirse o estimarse y que es utilizada 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: son factores para los cuales se definen los niveles de aptitud, en donde un factor es un criterio que mejora o reduce la aptitud del cultivo de cáñamo en Colombia.

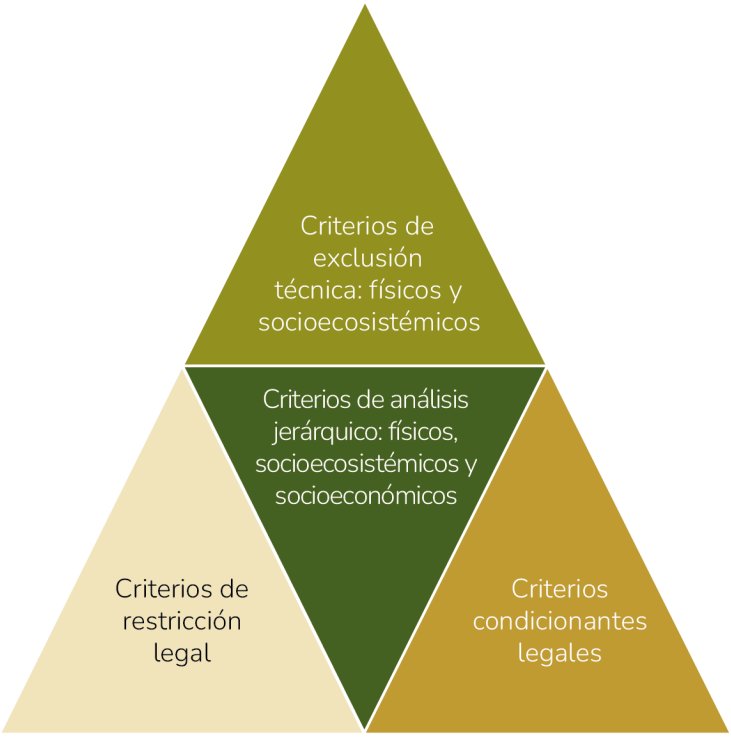
Criterios de exclusión técnica: zonas en las cuales, por condiciones técnicas de tipo físico o socioecosistémico, no es factible el cultivo de cáñamo con fines industriales.

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 legales: 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 3 se muestra el tipo de criterios que se abordaron en el desarrollo de la zonificación y la manera cómo interactúan entre sí.

Figura 3. Criterios de zonificación de aptitud

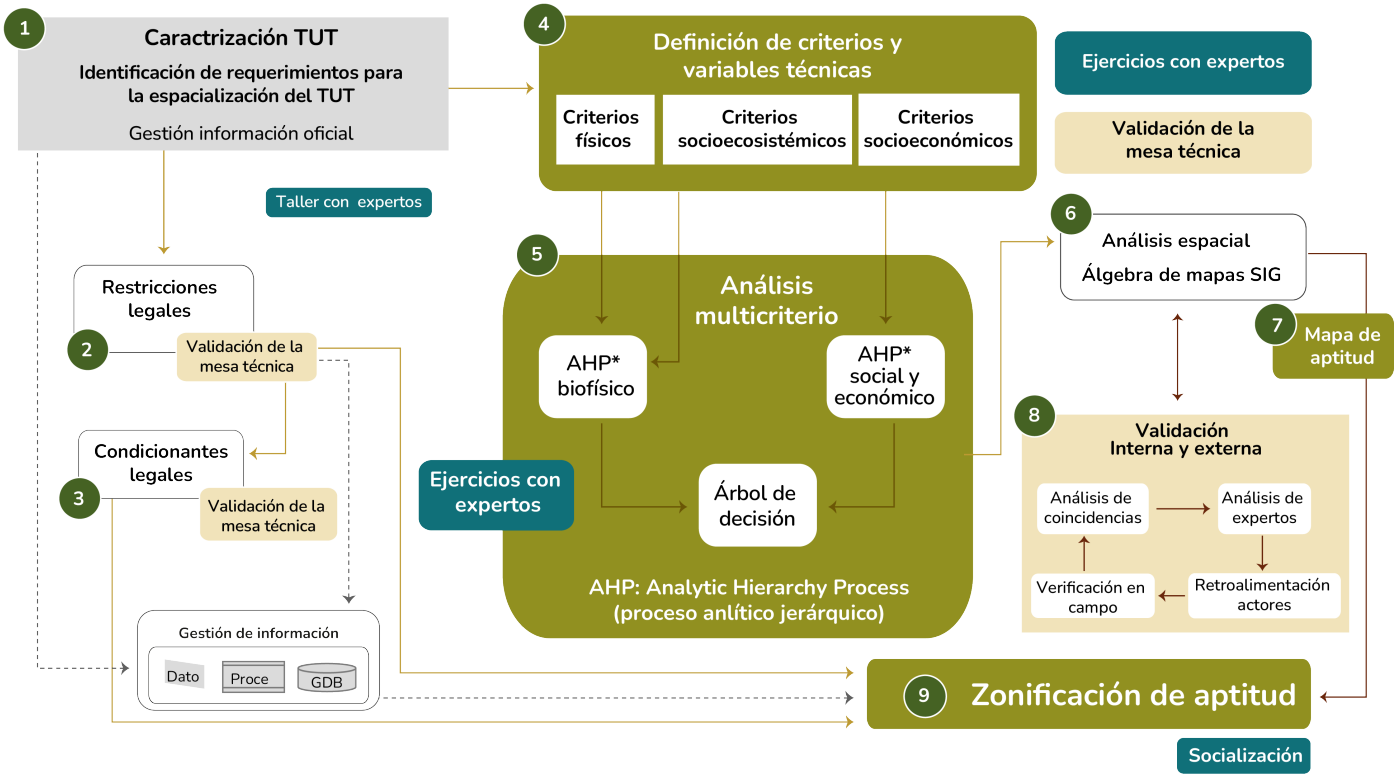


Fuente: UPRA (2014).

A continuación, se expone cada uno de los pasos que conforman el esquema metodológico de la zonificación de aptitud para el cultivo de cáñamo con fines industriales en Colombia (figura 4).

Durante todo el proceso se contó con el acompañamiento y las discusiones con el sector del cáñamo y diferentes profesionales, quienes aportaron conocimiento y experticia en la definición de los criterios y variables, rangos y su importancia dentro de la zonificación de aptitud.

Figura 4. Esquema metodológico de la zonificación de aptitud del cultivo de cáñamo



Fuente: UPRA (2019).

Acto seguido, se definieron las etapas que conformaron la metodología de las zonificaciones de aptitud.

- **Definición del tipo de utilización de la tierra (TUT):** se definió el tipo de uso de la tierra objeto de la zonificación con base en los requerimientos físicos, socioecosistémicos y socioeconómicos. Así mismo, se determinaron los criterios y las variables materia de la cartografía.
- **Identificación de restricciones legales:** con base en la normativa vigente asociada, en especial, las relacionadas con el componente socioecosistémico, se establecieron las figuras que restringieron la actividad productora.
- **Identificación de condicionantes legales:** con base en la normativa vigente asociada, en especial del componente socioecosistémico, se establecieron las figuras que condicionaron la actividad productora.
- **Definición y selección de los criterios y las variables:** según el TUT planteado, se seleccionaron los criterios y las variables para realizar la zonificación, listado que fue concertado con los expertos.
- **Análisis multicriterio:** es el método empleado para evaluar la importancia de los criterios y ponderarlos en el modelo de zonificación de aptitud mediante matrices de proceso analítico jerárquico (método *AHP*). La primera matriz correspondió al componente biofísico, compuesto de criterios físicos y socioecosistémicos; la segunda matriz, al componente socioeconómico. Una vez ponderados los criterios de cada matriz, se compararon a través de un árbol de decisión, denominado *matriz de paso*.
- **Análisis espacial:** simultáneo a las actividades mencionadas, el análisis espacial formó parte de las 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, se aplicó el método analítico jerárquico para generar los mapas intermedios e identificar la aptitud para el cultivo de cáñamo con fines industriales en Colombia.
- **Mapa de aptitud:** es el resultado de la aplicación de la metodología propuesta. De este modo, se presentaron no sólo las zonas aptas y no aptas para el cultivo de cáñamo con

fines industriales en Colombia, sino también los resultados de índole nacional, departamental y municipal.

- **Validación de los resultados:** se socializaron los resultados de las zonas aptas y no aptas para el cultivo de cáñamo con fines industriales en el orden nacional, departamental y municipal; luego, se validaron dichos resultados.
- **Resultados:** se obtuvo la representación cartográfica de las zonas aptas y no aptas para el cultivo de cáñamo con fines industriales, con las 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 en un marco social, económico, ambiental y cultural específico, entre las cuales se destacan el tipo de cultivo, objetivos de producción, tipo de manejo, intensidad de mecanización y capital, infraestructura requerida, el tamaño de la tierra y la tenencia de la tierra (FAO, 2003).

El TUT se define también como una descripción apropiada del uso de la tierra que incluye las características del sistema de producción y los contextos socioeconómico y ecológico, que le confieren rasgos diferenciadores al cultivo de cáñamo con fines industriales desde la óptica de la evaluación de tierras; es decir, que pueden ser expresados como requisitos o requerimientos de uso de la tierra con valores calificables o cuantificables en el país, 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: "Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales".

De acuerdo con la Ley 2204 de 2022 los *fines industriales* corresponden a "los usos distintos a los médicos y científicos; entre ellos, pero sin limitarse a estos, los usos de las fibras, usos hortícolas o para alimentos, bebidas, bebidas alcohólicas, suplementos dietarios y usos cosméticos del grano, componente vegetal y de los derivados no

psicoactivos del cannabis para uso humano y veterinario. En todos los casos, los productos para fines industriales se deberán ajustar a la normatividad sanitaria específica aplicable y no podrán sobrepasar una cantidad de THC (incluidos sus isómeros, sales y formas ácidas) el límite de fiscalización señalado por el MinSalud". Para la presente identificación de zonas aptas, se exceptúa la producción de semilla para la propagación de la especie.

Para obtener el TUT para el cultivo de cáñamo con fines industriales, se consideraron los componentes físico, socioecosistémico y socioeconómico, con sus respectivos criterios y variables.

3.2. Criterios de análisis jerárquico

Los criterios de análisis jerárquicos se entienden como factores para los cuales se definen los niveles de aptitud, donde un factor es un criterio que mejora o reduce la aptitud para la producción de cáñamo con fines industriales.

A continuación, se presentan los criterios y variables de los componentes físico, socioecosistémico y socioeconómico que generan la aptitud para el cultivo de cáñamo con fines industriales a escala 1:100.000 en Colombia. Esta información está contenida con mayor detalle en las fichas metodológicas de los criterios y las variables de análisis jerárquico, anexas a la presente memoria técnica, que contienen información relacionada con la definición, la importancia, los rangos de evaluación, los limitantes, la metodología utilizada para su procesamiento, representación cartográfica y las fuentes de información.

3.2.1. Componente físico

Los criterios del componente físico permiten determinar, con el análisis de los elementos constitutivos en un espacio territorial, el nivel de aptitud de un territorio para soportar un tipo de producción definido. Según los requerimientos agronómicos para el cultivo de cáñamo con fines industriales, se han precisado algunas cualidades de la tierra que identifican criterios y variables para su aplicación, los cuales se encuentran agrupados en

los subcomponentes climático y edáfico, e identifican criterios y variables para ser aplicados. En la figura 5 se presentan los criterios y las variables del componente físico para la zonificación de aptitud del cultivo de cáñamo con fines industriales.

Figura 5. Criterios y variables de componente físico

Fuente: elaboración propia.

Subcomponente climático: para la zonificación de aptitud, según los estudios agroclimáticos realizados en el cultivo de cáñamo, se precisaron los elementos climáticos que tienen mayor incidencia en sus fases de desarrollo: la *temperatura media anual*, el *índice de disponibilidad de humedad para el cultivo* y el *brillo solar diario medio anual* (tabla 3).

Tabla 3. Definición de 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, y que afectan directamente la fisiología de las plantas (FAO, 1976); (UPRA, 2013).	*Temperatura media anual*: medida del estado térmico del aire con respecto a su habilidad de transmitir 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, 2017).
	Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc): relación mensual entre la precipitación y la evapotranspiración actual del cultivo.
	Brillo solar medio diario anual: el brillo solar o insolación, se refiere a la cantidad de horas en la que los rayos del sol llegan directamente sobre la superficie terrestre (Ideam, 2017).

Fuente: elaboración propia.

Subcomponente edáfico: como cuerpo natural y complejo, el suelo tiene vital importancia en el desarrollo de los cultivos ya que la supervivencia de las especies vegetales depende de sus características. El cultivo de cáñamo requiere condiciones óptimas para su siembra, establecimiento, crecimiento, desarrollo y producción, donde las principales cualidades están referidas a la capacidad de laboreo, la disponibilidad de nutrientes, y la toxicidad por sales, sodio y aluminio (tabla 4).

Tabla 4. Definición de criterios y variables del subcomponente edáfico

Criterio	Descripción de variables
Capacidad de laboreo: condiciones del terreno para preparar un lecho que permitan el establecimiento del cultivo para su posterior desarrollo, mantenimiento y	*Pendiente*: grado de inclinación de una superficie desde la horizontal, generalmente expresada en porcentaje o grados (Soil Science Society of America, 2018). Se relaciona con el desplazamiento a través del cultivo y con las facilidades de mecanización.

cosecha (las labores pueden ser en forma manual, con tracción animal o mecanizadas) (FAO, 2020).	*Textura*: 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 & Montenegro, 1990). Se relaciona con la resistencia del suelo al rompimiento.
	Pedregosidad: fragmentos de roca de 2 mm de diámetro o mayores; se reconocen de acuerdo con su tamaño como grava, guijarro, piedra y bloque (Van Wambeke & Forbes, 1987). Se relaciona con los obstáculos de piedra que dificultan las labores de preparación del suelo.
Disponibilidad de nutrientes: cualidad de un suelo que le permite proporcionar compuestos en cantidades adecuadas y en un balance apropiado para el crecimiento de las plantas, cuando otros factores de crecimiento como la luz, la humedad, la temperatura y la condición física del suelo son favorables (USDA, 1961). Considera las relaciones químicas en la zona radicular de las plantas, de cara a las posibilidades de absorción de nutrientes disponibles para el crecimiento y desarrollo de las especies cultivadas.	*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 en la escala de 0 a 14 de pH (Soil Science Society of América, 2018).
	Capacidad de intercambio catiónico (CIC): de acuerdo con Chapman (citado por 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. La capacidad de intercambio de cationes y aniones es una de las características más importantes del suelo ya que, independientemente de otras interpretaciones, determina la retención de la mayoría de los elementos requeridos para la nutrición vegetal y constituye gran parte de la capacidad reguladora del medio (Cortés y Malagón, 1984).
	Saturación de bases: relación entre la cantidad de bases intercambiables y la capacidad de intercambio de cationes. El valor de la saturación de la base varía 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).

	Carbono orgánico: el carbono orgánico del suelo se encuentra en forma de residuos orgánicos alterados de plantas, 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.
Toxicidad por sales, sodio y aluminio: la fitotoxicidad es la capacidad de un elemento 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 y OMS, 2017). La presencia de elementos en el suelo en concentraciones mayores a las requeridas, que son tóxicos a las plantas, restringe el crecimiento y la producción, además de efectos adversos sobre algunas propiedades de los suelos.	*Salinidad y sodicidad*: contenido alto de sales solubles y/o sodio intercambiable en el suelo. Los contenidos altos de sales solubles o de sodio intercambiable, elevan de forma considerable el pH del suelo, lo que a su vez afecta en forma significativa los rendimientos de los cultivos de cáñamo. 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).
	Saturación de aluminio: 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). La saturación de aluminio del suelo 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.

Condiciones de enraizamiento: conjunto de características físicas del suelo que permiten el establecimiento, fijación y buen desarrollo de las raíces del cáñamo que, en conjunto, conllevan a la formación adecuada de sus estructuras.	*Profundidad efectiva*: 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)
	Textura: 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 & Montenegro, 1990).
	Pedregosidad: fragmentos de roca de 2 mm de diámetro o mayores; se reconocen de acuerdo con su tamaño como grava, guijarro, piedra y bloque (Van Wambeke & Forbes, 1987); se relaciona con el efecto sobre el volumen y espacio de exploración de las raíces.
Disponibilidad de oxígeno: cualidad que indica las condiciones de aireación del suelo. Cuando el suelo no está saturado con 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.	*Susceptibilidad a inundaciones*: desbordamiento del agua fuera de los confines normales de un río o de cualquier masa de agua, o la acumulación de agua procedente de drenajes en zonas que normalmente no se encuentran anegadas (OMM y Unesco, 2012).
	Drenaje natural: 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). 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).

Susceptibilidad a la pérdida de suelos: grado o nivel de vulnerabilidad de las tierras a ser afectadas por los agentes erosivos. Aunque suele ser un proceso natural, puede incrementarse con el uso y manejo inadecuado del suelo, originando una disminución de la productividad (FAO, 1976); (FAO, 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). *Pendiente*: Grado de inclinación de una superficie desde la horizontal, generalmente expresada en porcentaje o grados (Soil Science Society of America, 2018). *Amenaza por movimiento en masa*: peligro latente de movimientos en masa de origen natural o causado o inducido por la acción humana de forma accidental, en función de probabilidad de ocurrencia espacial y temporal (Servicio Geológico Colombiano, 2016).
Disponibilidad de humedad: capacidad que tienen los suelos, en condiciones naturales, de almacenar y suministrar agua para las plantas en cantidades suficientes para su desarrollo. Se relaciona con el contenido y movimiento interno del agua en el suelo durante el año.	*Régimen de humedad*: se refiere a la presencia o ausencia ya sea de un manto freático o al agua retenida a una tensión menor de 1500 kPa en el suelo o en horizontes específicos por periodos de un año. El agua retenida a una tensión de 1500 kPa o más, no está disponible para mantener con vida a la mayoría de las plantas mesófilas (Soil Survey Staff, 2022).
	Textura: 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 & Montenegro, 1990). Se relaciona con la capacidad que tienen las partículas del suelo para almacenar agua.

Fuente: elaboración propia.

3.2.2. Componente socioecosistémico

El componente socioecosistémico, ofrece una mirada desde la integridad de los ecosistemas naturales cuando estos son alterados o modificados por la siembra del cáñamo con fines industriales; ofrece de manera transversal a los otros dos componentes, las bases para la conservación ecológica, la biodiversidad, las coberturas vegetales, la conservación y equilibrio de las masas acuáticas, y preservando por el bienestar de las emisiones de carbono y de contaminantes del aire. Implícitamente protege la relación antrópica con el ecosistema en el cual está inmerso.

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

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

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

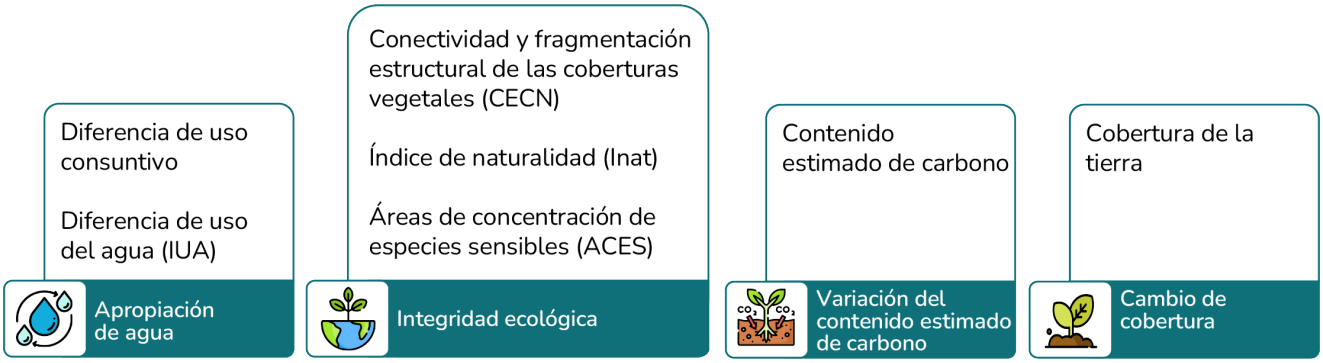
Lo socioecosistémico aborda un grupo de criterios que delimitan áreas de aptitud (factores), otro grupo que condiciona o da ciertas alertas a la utilización de un área para el estableci-

miento y desarrollo del cultivo por aspectos legales y, por último, un grupo que por aspectos normativos y legales excluye cualquier actividad asociada a esta cadena.

Producto del cruce de los rangos de las variables y de los criterios, se utiliza una aplicación de las metodologías de árbol de decisiones en algunos casos, o de matriz *AHP* (Saaty, 1980), en otros casos, para llegar a describir los tres tipos de aptitudes: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Dentro del componente se evaluaron cuatro criterios: *Integridad ecológica*, *Variación del contenido estimado de carbono*, *Apropiación de agua*, y *Cambio de cobertura*, representados por las variables que se describen a continuación (figura 6 y tabla 5).

Figura 6. Criterios y variables de componente socioecosistémico



Fuente: elaboración propia.

Tabla 5. Criterios y variables del componente socioecosistémico

Criterio	Variables
Integridad ecológica: capacidad del ecosistema, para soportar y mantener su capital natural sin degradarse y 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).	*Fragmentación y conectividad de las coberturas naturales (FCECN)*: la heterogeneidad espacial del paisaje se analiza a partir de la conectividad y la fragmentación (McArthur & Wilson, 1967, Tischendorf & Fahrig, 2000; Correa, 2009). Requiere establecer la continuidad y determinar la existencia de barreras (resistencias, contrastes) que limiten o impriman mayor costo para el flujo de la biodiversidad y los bienes y servicios ecosistémicos, fundamentales para el

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).	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.
	Índice de naturalidad (INAT): 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 & Gómez, 2008).
	Áreas de concentración de especies sensibles (ACES): establece zonas donde tiene lugar la concentración de especies sensibles a través de indicadores como la densidad en polígonos definidos como áreas prioritarias de conservación (APC), o la riqueza de aves migratorias en áreas críticas (AC) sobre agroecosistemas. De igual forma, se integran las áreas de importancia para la conservación de aves silvestres (AICAS).
	Afectación a ecosistemas naturales y seminaturales: evaluación del estado actual y las vulnerabilidades de los ecosistemas colombianos, con el fin de identificar áreas que hacen parte de la estructura ecológica principal, que deben preservarse, conservarse y restaurarse, debido a que brindan una capacidad de soporte para el desarrollo socioeconómico de la población, basados la reclasificación de las áreas evaluadas en el trabajo de Etter et al. (2017).

<table>
<tr><td colspan="2">Variación del contenido estimado de carbono: 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 cáñamo industrial, permitiendo determinar la sostenibilidad ambiental asociada al almacenamiento de carbono, clasificando áreas que se comportan como sumidero o emisión de carbono (UPRA, 2016).</td></tr>
<tr><td>Apropiación de agua: representa la cantidad de agua que es retenida del flujo de la cuenca y el agua lluvia, para satisfacer la demanda del cultivo de cáñamo industrial tanto para su crecimiento, como materia prima para el sustento y producción de las plantas.</td><td>Diferencia de uso consuntivo: de acuerdo con el Ideam (2010), el uso consuntivo corresponde al requerimiento de agua neta para el establecimiento del 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.</td></tr>
<tr><td></td><td>Diferencia de uso del agua: representa la cantidad de agua que es retenida del flujo de la cuenca, para satisfacer la demanda del cultivo de cáñamo industrial, 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 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.</td></tr>
</table>

Cambio de cobertura: 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 existente producido por el establecimiento del cultivo de cáñamo industrial, determinando la favorabilidad o no del cambio de la cobertura, en el marco de la sostenibilidad del territorio, bajo los principios que se mencionan a continuación:
Grado de antropización y transformación de las coberturas.
Importancia ecológica y ambiental de cada tipo de cobertura de acuerdo con sus diferentes características.
Importancia de la cobertura frente a la producción alimentaria.

Fuente: elaboración propia.

3.2.3. Componente socioeconómico

El tercer componente comprende siete criterios, respaldados en 30 variables. En este sentido, lo socioeconómico agrupa la información en dos grandes temas; el primero, orientado a identificar las condiciones propicias para un ambiente competitivo, mientras que el segundo, analiza el contexto social del territorio. La competitividad es la capacidad para la producción de bienes y servicios de mayor calidad y con menor precio frente a otros productores domésticos e internacionales, se determina por la productividad con la que un país utiliza sus recursos humanos, económicos y naturales.

En otras palabras, la productividad depende tanto del valor de los productos y servicios de un país (medido por los precios que se pagan por ellos en los mercados libres) como de la eficiencia con la que pueden producirse (Porter, 1985). De esta manera, la competitividad constituye el factor determinante del modelo de crecimiento y desarrollo del sector agropecuario, puesto que no sólo se confirma como la condición de viabilidad de los productos en el mercado, sino que también genera oportunidades sostenibles para todos los habitantes del campo (DNP, 2010).

En los niveles de competitividad, tanto la sostenibilidad como el crecimiento dependen del logro del uso eficiente de los factores de producción, de la consolidación de altos niveles

de innovación en los sistemas productivos, de la diversificación y ampliación de los mercados y, así como de la articulación de los mercados regionales y la población rural para desarrollar su potencial productivo y elevar su calidad de vida.

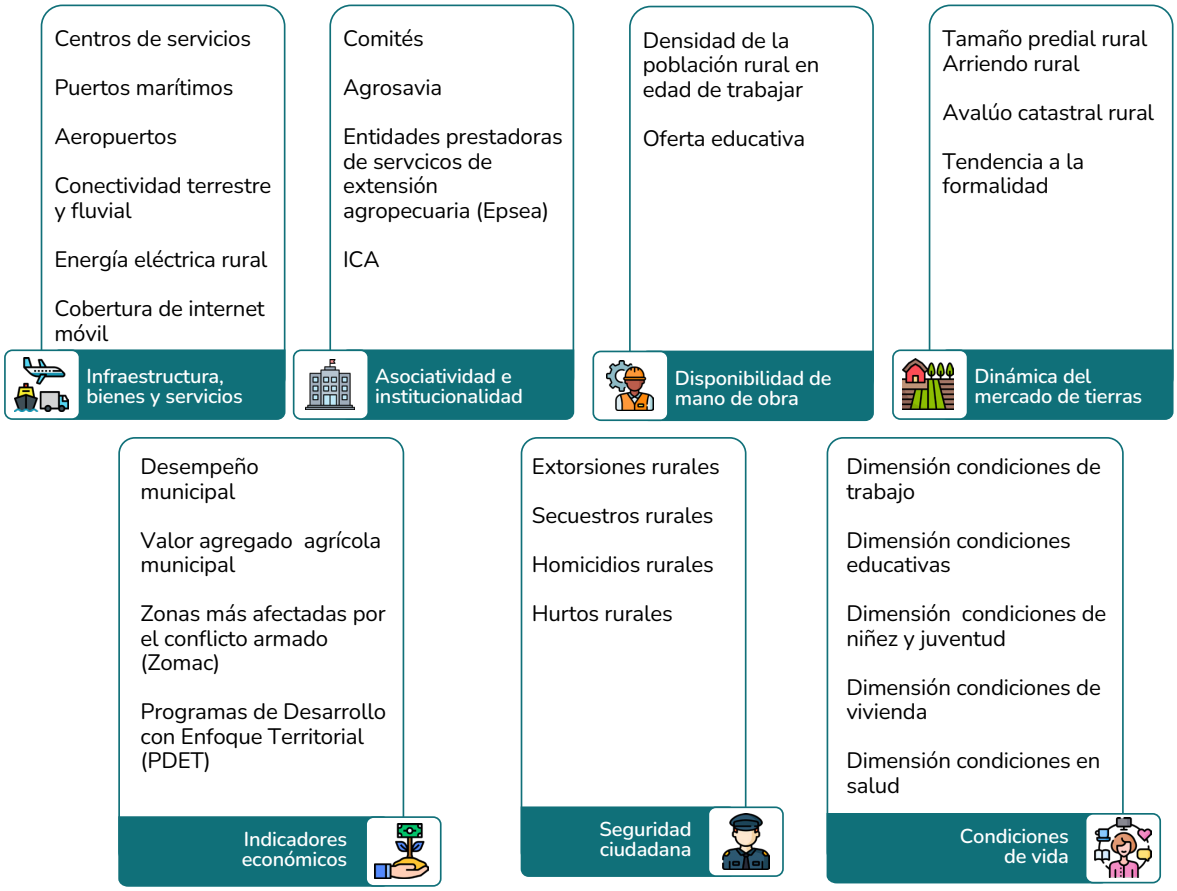
En relación con la zonificación de aptitud para el cultivo de cáñamo con fines industriales, la competitividad se entiende como la capacidad de una región para generar las condiciones que promuevan el desarrollo sostenido de la producción con fines industriales; con ello, es posible mejorar de forma continua las condiciones de vida y bienestar de sus habitantes y, en particular, de los productores.

Bajo esta premisa, la competitividad en el cultivo de cáñamo con fines industriales implica un proceso multidimensional para desarrollar su producción, los cuales se constituyen en criterios o variables estructurales que conducen a la competitividad. Su logro se traduce en mejores condiciones de vida para las comunidades. A su vez, estas mejoras en la calidad de vida evidencian la competitividad, en este caso del cultivo del cáñamo con fines industriales.

Un mercado competitivo significa mejores vías terrestres, precios y condiciones favorables de la tierra, seguridad pública estable, mercado laboral disponible y con buena mano de obra calificada y no calificada, generación de riqueza y apalancamientos financieros; todo lo anterior redundará en beneficio del productor de cáñamo con fines industriales y de las comunidades locales, representado en mejores condiciones de vida. La inversión del productor del cultivo de cáñamo con fines industriales beneficia a la comunidad local; en consecuencia, el impacto socioeconómico causado por los proyectos del cultivo de cáñamo en Colombia interesa en especial a las agencias del gobierno y a los productores con responsabilidad social.

En la figura 7 se muestran los criterios y las variables que hacen parte del componente socioeconómico y en la tabla 6, sus definiciones.

Figura 7. Criterios y variables de componente socioeconómico



Fuente: elaboración propia.

Tabla 6. Criterios y variables del componente socioeconómico

Criterio	Descripción de variables
Institucionalidad: Presencia institucional del Estado, gremial o de organizaciones de base de la cadena productiva del cultivo comercial de cáñamo, 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 de la actividad productiva.	*Comités*: Son instancias regionales que coordinan el desarrollo del cáñamo con fines industriales. Sus principales funciones incluyen promoción y desarrollo del cultivo, brindar asistencia a productores, manejo fitosanitario y cumplimiento normativo, facilitar la colaboración entre entidades gubernamentales y organizaciones de productores, impulsar proyectos de investigación y programas de formación, apoyar la creación de redes de mercado para los productos.

	Entidades Prestadoras del Servicio de Extensión Agropecuaria (Epsea): Son entidades como las unidades 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 que trata el art. 33 de la Ley 1876 de 2017.
	Agrosavia: Sedes de la entidad, cuya función es desarrollar y ejecutar actividades de investigación, tecnología 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.
	ICA: Sedes de la entidad oficial, cuya función es elevar el estatus sanitario para mejorar las condiciones de inocuidad de la producción agroalimentaria nacional y aumentar la competitividad de las actividades agropecuarias.
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 de servicios*: áreas donde existe oferta de bienes y servicios para abastecer las necesidades del cultivo de cáñamo. El centro de servicios se define como poblaciones con más de 30.000 habitantes.

Ellos pueden llegar a ser utilizados por muchas personas simultáneamente sin que el consumo de uno afecte el de otro. Estos bienes son fundamentales para el desarrollo económico y social.	Aeropuertos: Son instalaciones diseñadas para el despegue, aterrizaje y mantenimiento de aeronaves. Funcionan como nodos cruciales en el sistema de transporte aéreo, facilitando el movimiento de personas y mercancías a escala local, nacional e internacional; permitir los servicios de facilitación aeronáuticos, útiles para el transporte de carga nacional e internacional como son: Controles migratorios, aduana, policía, controles fitosanitarios y zoosanitarios, así como servicios de sanidad general.
	Puertos marítimos: infraestructuras costeras diseñadas para facilitar el acceso y la operación de embarcaciones en el transporte de mercancías y pasajeros. Estas instalaciones permiten la carga y descarga de buques, así como el almacenamiento y la distribución de productos, y son esenciales para el comercio internacional y la economía de los países.
	Conectividad terrestre y fluvial: Se refiere a la capacidad de conexión y acceso que tienen diferentes áreas mediante redes de transporte y vías fluviales. Esta conectividad es crucial para la movilidad de personas y mercancías, y para el desarrollo económico y social de una región. La conectividad terrestre se refiere a la red de infraestructuras que facilita el transporte por tierra. Incluye todos los caminos y rutas que permiten el movimiento de vehículos, personas y mercancías, mientras que la conectividad fluvial se refiere a la red de vías navegables que permite el transporte de bienes y personas a través de ríos, canales y otros cuerpos de agua. Es especialmente importante en regiones donde el transporte terrestre es menos viable o más costoso.

	Cobertura de internet móvil: Se refiere a la disponibilidad y calidad del acceso a servicios de internet a través de redes móviles en una determinada área geográfica. Esta cobertura es fundamental para el uso de dispositivos móviles, como teléfonos inteligentes, tabletas y módems portátiles, que permiten a los usuarios conectarse a internet sin necesidad de una conexión fija.
	Energía eléctrica rural: se refiere a la provisión y uso de electricidad en áreas rurales o menos urbanizadas, donde el acceso a la red eléctrica convencional puede ser limitado o inexistente. Este tipo de energía es fundamental para el desarrollo socioeconómico de las comunidades rurales, mejorando la calidad de vida y facilitando el acceso a servicios básicos.
Dinámica del mercado de tierras: Expone las características de los predios 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 cáñamo, al mostrar el tamaño, el arriendo, el precio de los predios a través de la utilización del avalúo catastral como un proxi de la tendencia de este y la tendencia a la formalidad, con el fin de focalizar las posibles inversiones 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"" (Art. 5, Resolución 128 de 2017 de MinAgricultura).	*Tamaño predial rural*: Superficie de terreno en rangos de tamaños prediales definidos de acuerdo con el comportamiento medio de la actividad para la producción de cáñamo con fines industriales 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 definido. Para efectos de la variable, se establece su valor en COP/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 (Resolución 0070 de 2011 del IGAC). Esta variable se utiliza como un *proxi* del precio comercial posible de intercambio de las tierras rurales por ha, en ausencia de información de precios comerciales a escala nacional actualizados, recientes o tomados de fuente directa. El intercambio se entiende como "El conjunto de transacciones o acuerdos, libres de coerción, mediante el cual se realiza el intercambio parcial o total de alguno(s) de los componentes del derecho de propiedad (uso, goce y disposición) de predios rurales que no han sido objeto de exclusiones legales" (MinAgricultura, 2017).
	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).

Disponibilidad de mano de obra: Se refiere a la cantidad de trabajadores disponibles y la posibilidad de cualificación de estos para la realización de labores agrícolas y de producción primaria en las áreas rurales. 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 cáñamo con fines industriales. Evalúa además las zonas cercanas en horas de desplazamiento a la oferta de capacitación y cualificación existente en el territorio, de acuerdo con la oferta de programas activos de formación académica, que satisfacen las necesidades de los productores agrícolas, en los contextos universitario, técnico, tecnológico o de educación no formal.	*Densidad poblacional rural en edad de trabajar (PET)*: Número de personas de las zonas rurales de los municipios en edad de trabajar/km^2, suficientes para cubrir las necesidades de mano de obra del cultivo de cáñamo con fines industriales; de acuerdo con el cálculo de jornales promedio diarios necesarios por ha en un ciclo de producción. Se define el rango etario de 15 a 62 años como la población en edad de trabajar según las series de población proyectadas por el DANE para 2023.
	Oferta educativa técnica y tecnológica: Evalúa la proximidad en tiempo de desplazamiento a los programas de educación técnica, tecnológica y universitaria vinculados a la producción de cáñamo industrial. Esto permite evidenciar la accesibilidad a la capacitación para la población y la oportunidad de fortalecer la competitividad del sector en el territorio. Además, se consideran los programas ofrecidos por el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).
Seguridad ciudadana: Ausencia de peligro o afectaciones a la integridad física, así como de riesgo de pérdida de la libertad y del patrimonio por situaciones adversas. Es una situación donde las personas pueden vivir libres de la violencia y el delito (CIDH, 2009).	*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 jurídicos con ánimo de lucro y con la intención de producir un perjuicio de carácter patrimonial y está definido en el código penal como “El que constriña a otro a hacer, tolerar u omitir alguna cosa, con el propósito de obtener provecho ilícito o cualquier utilidad ilícita o beneficio ilícito, para sí o para un tercero” (Código de procedimiento penal. Ley 906 de 2004).
	Homicidios rurales: La palabra homicidio deriva del vocablo latino *homicidĭum* y que refiere a la muerte de un ser humano causada por otra persona. El término, por lo tanto, puede utilizarse como sinónimo de asesinato o crimen. 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" *(*INMLCF. *Homicidio Colombia 2008*. Bogotá: Instituto Nacional de Medicina Legal.
	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 (Ley 599 de 2000, art. 168).
	Hurtos rurales: De acuerdo con el código penal colombiano es apoderarse de un bien ajeno con el propósito de obtener provecho para sí o para otro. Se considera hurto calificado cuando se cometiere: -con violencia sobre las cosas. -colocando a la víctima en condiciones de indefensión o inferioridad o aprovechándose de tales condiciones. -mediante penetración o permanencia arbitraria, engañosa o clandestina en lugar habitado o en sus dependencias inmediatas, aunque allí no se encuentren sus moradores. -con escalamiento, o con llave sustraída o falsa, ganzúa o cualquier otro instrumento similar, violando o superando seguridades electrónicas u otras semejantes.
Condiciones de vida: Muestra el porcentaje de hogares del área rural municipal privados en ciertas características o dimensiones que se consideran vitales: condiciones educativas del hogar, condiciones de la niñez y la juventud, salud, trabajo y condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos domiciliarios.	*Dimensión condiciones de salud*: Refleja las limitaciones en condiciones de salud en las zonas rurales, manifestada como las barreras de acceso a este servicio y privaciones en 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

Mide el grado de privación en las dimensiones que abarca la medición de la pobreza multidimensional, a través de datos censales, con indicadores municipales que permiten determinar la naturaleza de la privación, la intensidad y profundidad de esta. Agrupa los municipios según el porcentaje de privaciones promedio en los indicadores que conforman cada dimensión en los centros poblados y la zona rural dispersa. Este índice permite observar patrones de privaciones distintos a los medidos por la pobreza monetaria (DNP, 2014).	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).
	Dimensión condiciones de 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*: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene más de tres personas por miembro ocupado. *Privación por empleo informal*: una persona se considera privada, si pertenece a un hogar que tiene, al menos, un ocupado sin afiliación a pensiones.
	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 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.
	Dimensión condiciones de 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*: 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.
	Dimensión condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos: Refleja las condiciones habitacionales de los pobladores en las zonas rurales y a través 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.

Indicadores económicos: Identifica los municipios que muestran generar proporcionalmente mayor valor agregado en las actividades agrícolas. Destaca aquellos municipios con incentivos a la inversión (reducción tributaria y planes de desarrollo territorial), y con mejor desempeño en la gestión de recursos y obtención de resultados según la Medición de Desempeño Municipal del DNP.	*Valor agregado agrícola municipal (VAAM)*: Aproximación al valor generado por actividades agrícola 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 pecuario en términos monetarios (miles de millones de pesos en valor agregado para 2022).
	Desempeño municipal: Adopta la medición y la comparación que realiza el Departamento Nacional de Planeación en la publicación de La Medición del Desempeño Municipal (MDM) para 2022, cuyo objetivo es 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).
	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 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 2017.
	Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET): Instrumento de planificación y gestión a 10 años, a partir de 2017, para llevar de manera prioritaria y con mayor celeridad en los territorios más afectados por el conflicto armado, con mayores índices de pobreza, presencia de economías ilícitas y debilidad institucional, está conformado por 170 municipios, 16 subregiones. 11.000 veredas. 32.808 iniciativas formuladas por las comunidades para transformar los territorios PDET.

Fuente: elaboración propia.

3.3. Rangos de aptitud y exclusiones técnicas

Para efectos de la evaluación de tierras del cultivo de cáñamo con fines industriales, se tomaron como referencia las categorías que la UPRA ha utilizado en las zonificaciones de aptitud, categorías que corresponden a *aptitud alta (A1)*, *aptitud media (A2)*, *aptitud baja (A3)* y *no apto (N1)*. Asimismo, se tuvieron en cuenta las categorías de restricciones legales y condicionantes legales (tabla 7).

Tabla 7. Categorías para la zonificación de aptitud para el cultivo de cáñamo

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

Fuente: UPRA (2014).

3.3.1. Criterios y variables del componente físico

Desde el componente físico se definieron los rangos de aptitud, diferenciando *aptitud alta (A1)*, *aptitud media (A2)* y *aptitud baja (A3)*, así como las *exclusiones técnicas (N1)* con base en los requerimientos específicos para el cultivo de cáñamo con fines industriales.

A continuación, se presentan los rangos de aptitud de los subcomponentes climático y edáfico obtenidos a través de la consulta a las fuentes primarias de información, de los expertos, y del equipo técnico de la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), acordados con profesionales de entidades (tabla 8).

Tabla 8. Rangos de aptitud del componente físico

Subcompo-nente	Criterio	Variables	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Climático	Condiciones climáticas	Temperatura media anual	^{0}C	> 22	20 - 22	13 - 20	< 13
		Brillo solar medio diario anual	Horas sol/día	> 5	4 - 5	< 4	-
		Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)	Índice	> 0,760	0,704 - 0,760	0,400 - 0,704	< 0,400
		IDHc (Excesos)	Índice	-	2,2 - 3,2	> 3,2	-
Edáfico	Disponibili-dad de nutrientes	Acidez (pH)	pH	5,0 - 7,0	4,5 - 5,0 y 7,0 - 7,5	< 4,5 y > 7,5	-
		Saturación de bases	Porcentaje	> 20	10 - 20	< 10	-
		Capacidad de inter-cambio catiónico	cmol$^+$/kg	> 20	10 - 20	<10	-
		Carbono orgánico	Porcentaje	0,5 - 7,6	0,2 - 0,5 y > 7,6 andisoles	< 0,2	Histosoles
	Capacidad de laboreo	Pendiente	Porcentaje	≤12	12 - 25	25 - 50	>50
		Textura	Clase tex-tural	F, FL, FA, FArA, FArL, FAr	ArA, ArL, L	A, AF, Ar	-
		Pedregosi-dad	Fase de pedregosi-dad	No pedregoso	-	Pedregoso	-
	Condiciones de enraiza-miento	Profundi-dad efectiva	Centíme-tros	Muy pro-fundo, pro-fundo, mo-derada-mente pro-fundo (> 50)	Superficial (25 - 50)	Muy super-ficial (0 - 25)	Lithic, Pe-troferric, Petrocalcic, Pe-trogypsic

Subcompo-nente	Criterio	Variables	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
		Pedregosi-dad	Fase de pedregosi-dad	No pedre-goso	-	Pedregoso	-
		Textura	Clase tex-tural	F, FL, FA, AF, FArA, L, FArL	FAr, ArA, A	Ar, ArL	-
	Susceptibili-dad a la pér-dida del suelo	Fases por erosión, correlación de suelos	Grado	No hay	Ligera	Moderada	Severa
		Degrada-ción de suelos por erosión	Grado	No hay, li-gera	Moderada	Severa	Muy severa
		Amenaza por movi-mientos en masa	Susceptibi-lidad	Baja	Alta	Muy alta	-
		Factor LS (Pen-diente)	Cualitativo	< 5	5 - 15	> 15	-
	Disponibili-dad de oxí-geno	Susceptibi-lidad a inundacio-nes	Duración	No hay	Cortas	Largas, muy largas	-
		Drenaje natural	Clase de drenaje	Bueno	Moderado, excesivo, moderada-mente ex-cesivo	Imperfecto, pobre	Muy pobre
	Disponibili-dad de hu-medad	Régimen de hume-dad	Clase de régimen	Údico, perú-dico	Ústico	Ácuico	Arídico, perácuico
		Textura	Clase tex-tural	F, FL, FAr, FArA, FArL, ArA, ArL	L, FA, Ar	A, AF	-
	Toxicidad por sales, sodio y alu-minio	Salinidad	Conducti-vidad (dS/m)	≤ 2	2 - 4	4 - 8	> 8
		Sodicidad	Cualitativo	≤ 15 (No só-dico)	-	-	> 15 (só-dico, salino sódico)
		Saturación de alumi-nio	Porcentaje (%)	≤ 30 (Andi-soles)	30 - 60	> 60	-

Fuente: elaboración propia.

3.3.2. Criterios y variables del componente socioecosistémico

Desde el componente socioecosistémico, se definieron las áreas de exclusión técnica (N1) que se refieren 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 puede establecerse cultivo de cáñamo con fines industriales.
- La segunda, 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 el cultivo del cáñamo con fines industriales.
- 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. Se toma 2010 como fecha límite, en concordancia con la Segunda Comunicación Nacional de Colombia ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático, donde se evidencia que Colombia es un país altamente vulnerable a los efectos de la variabilidad del clima y del cambio climático, lo cual pone en riesgo la sostenibilidad del desarrollo y hace necesaria la implementación de estrategias para la adaptación a los impactos que tendrán estos fenómenos sobre la población, el medio ambiente y la economía del país.

La exclusión en áreas deforestadas después del 2010 se enmarca en 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 9 se registran los rangos de aptitud para la calificación de variables del componente socioecosistémico.

Tabla 9. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioecosistémico para el cultivo comercial de cáñamo con fines industriales

Criterio	Variables	Unidad de medida	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apta (N1)
Apropiación de agua	Diferencia de uso consuntivo	Mm^3	El cultivo evapotranspira menos que la cobertura actual Uso consuntivo menor < 373,862	La evapotranspiración del cultivo es similar al de la cobertura actual Uso consuntivo moderado. 373,862 - 608,287	La cobertura actual evapotranspira menos que el cultivo Uso consuntivo alto > 608,287	-
	Diferencia de uso del agua	Mm^3	La subzona hidrográfica se encuentra en superávit hídrico mayor. La disponibilidad hídrica real (DHR) es muy superior en comparación con la demanda hídrica sectorial total, incluida la del cultivo de cáñamo. > 0,00006	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 cáñamo. -0,000289 a 0,00006	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 cáñamo. <-0,000289	-
Integridad ecológica	Fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales (FCECN)	Categoría cualitativa de fragmentación y conectividad estructural	Conectividad baja. > 17.000.000 Menor número de parches. Mayor tamaño medio de los parches. Dimensión fractal media del par-	Conectividad media. 0 – 17.000.000 Moderado número de parches. Moderado tamaño medio de los parches. Dimensión fractal media del parche (1,41 – 1,45).	Conectividad alta. 0 Mayor número de parches, menor tamaño medio de los parches, Dimensión fractal media del parche (< 1,41). Parches largos con mayor	-

			che (> 1,45). Parches cortos con menor complejidad de forma	Parches medios con moderada complejidad de forma	complejidad de forma	
	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)	Requiere asignación de pesos para integrar especies sensibles en AICAS y APC; riqueza potencial de aves migratorias en paisajes agropecuarios	Áreas sin identificación de APC. Baja presencia de APC y especies sensibles. > 2,333	APC con densidad muy baja de especies sensibles y APC con densidad baja de especies sensibles. Alta presencia de APC y especies sensibles. 1,667 - 2,333	APC con densidad moderada de especies sensibles, APC con densidad alta de especies sensibles, APC con densidad muy alta de especies sensibles. Áreas asociadas a coberturas naturales, en las cuales se asume una muy alta densidad de especies. < 1,667	-
	Afectación a ecosistemas naturales y seminaturales	Calificación cualitativa del estado de conservación	Áreas transformadas, agrícolas y artificiales sin calificación de riesgo	Estado de conservación vulnerable (VU) y preocupación menor (LC)	Estado de conservación crítico (CR) y en peligro (EN). Ecosistemas estratégicos (manglares, humedales Ramsar, bosque seco, lagunas, ciénagas, drenajes dobles, madre viejas, morichales)	
Variación del contenido estimado de carbono		t/ha	El cultivo es sumidero de carbono. < 36,888	El cultivo está en equilibrio entre emisión y	El cultivo es fuente de emisión de carbono. > 82,16	-

			captura de carbono. 36,888 - 82,18		
Cambio de cobertura	Categoría de favorabilidad del cambio	Zonas de alta favorabilidad para el establecimiento de cultivos de cáñamo, donde predominan las áreas de pastos limpios, arbolados y enmalezados, los cultivos transitorios dedicados para la producción de alimentos como cereales, maíz, arroz, hortalizas, papa, cultivos dedicados a la producción industrial como caña, algodón, zonas quemadas, cultivos permanentes herbáceos, mosaicos de cultivos y mosaicos de pastos y cultivos	Zonas de moderada favorabilidad para el establecimiento de cultivos de cáñamo, donde predominan, cultivos permanentes herbáceos y algunos arbustivos, pastos limpios y enmalezados, mosaicos de pastos y cultivos, mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales, café	Zonas con favorabilidad baja para el establecimiento de cultivos de cáñamo, donde predominan cultivos confinados, algunos cultivos dedicados a la producción de alimentos humanos como arroz, maíz, hortalizas; cultivos permanentes herbáceos, arbóreos y arbustivos; cultivos agroforestales, plantaciones forestales, mosaicos con espacios naturales, también agrupa algunas unidades de coberturas naturales que pueden ser marginalmente aptas como los herbazales densos de tierra firme no arbolados, algunos inundables y algunos con arbustos	Zonas no favorables para el establecimiento de cultivos de cáñamo, están referidas principalmente a las coberturas naturales y seminaturales, áreas húmedas, las superficies de agua y los territorios artificializados

Fuente: elaboración propia.

3.3.3. Criterios y variables del componente socioeconómico

En cuanto al componente socioeconómico, agrupa la información en dos grandes temas; el primero, orientado a identificar las condiciones propicias para un ambiente competitivo, mientras que el segundo, analiza el contexto social del territorio.

Tanto la sostenibilidad como el crecimiento en los niveles de competitividad dependen del logro del uso eficiente de los factores de producción, de la consolidación de altos niveles de innovación en los sistemas productivos, de la diversificación y ampliación de los mercados y, así como de la articulación de los mercados regionales y la población rural para desarrollar su potencial productivo y elevar su calidad de vida.

En relación con la zonificación de aptitud para el cultivo de cáñamo con fines industriales, la competitividad se expresa como la capacidad de una región para generar las condiciones que promuevan el desarrollo sostenido de la producción de cáñamo; con ello, es posible mejorar de forma continua las condiciones de vida y bienestar de sus habitantes y, en particular, de los productores.

Con fundamento en la definición planteada, la competitividad en el cultivo comercial de cáñamo implica un proceso que considera los requerimientos multidimensionales para desarrollar su producción, los cuales se constituyen en criterios o variables estructurales que conducen a la competitividad y, cuyo logro se traduce en mejores condiciones de vida para las comunidades. A su vez, estas mejoras en la calidad de vida evidencian la competitividad, en este caso del cultivo comercial de cáñamo.

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

La inversión del productor del cultivo comercial de cáñamo beneficia a la comunidad local; en consecuencia, el impacto socioeconómico causado por los proyectos del cultivo comercial para el cáñamo en Colombia interesa en especial a las agencias del gobierno y a los productores con responsabilidad social.

En la tabla 10 se muestran los criterios y las variables que hacen parte del componente socioeconómico.

Tabla 10. Rangos de aptitud definidos desde el componente socioeconómico para el cultivo de cáñamo con fines industriales

Criterios	Variables	Unidad de medida	Aptitud		
			Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Institucionalidad	Comités	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1 – 2	> 2
	Entidades Prestadoras del Servicio de Extensión Agropecuaria (Epsea)	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1 – 2	> 2
	Agrosavia	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1 – 2	> 2
	ICA	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1 – 2	> 2
Infraestructura, bienes y servicios	Conectividad terrestre y fluvial	Distancia (metros)	Vías tipo 1 a 5 con buffer de 500 m a las vías	Vías tipo 1 a 5 con buffer de 1000 m a las vías	Resto
	Centros de servicios	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1 – 2	> 2
	Puertos marítimos	Tiempo de desplazamiento en horas	< 3	3 – 6	> 6
	Aeropuertos	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1 – 3	> 3
	Energía eléctrica rural	Favorabilidad en el acceso (unidades)	> 7	5 – 7	< 5
	Cobertura de internet móvil	Número de antenas/10 km^2	> 2 antenas /10 km^2	< 2 antenas /10 km^2	Sin cobertura
Disponibilidad de mano de obra	Densidad de la población en edad de trabajar (PET)	Número de habitantes rurales/km^2	> 46,57	16,34 - 46,57	< 16,34
	Oferta educativa	Tiempo de desplazamiento en horas	Desplazamiento con los tiempos más bajos a cabeceras con oferta educativa	Desplazamiento con los tiempos moderados a cabeceras con oferta educativa	Desplazamiento con los tiempos altos a cabeceras con oferta educativa

Dinámica del mercado de tierras	Tamaño predial rural	Hectárea (ha)	> 50	20 – 50	< 20
	Arriendo rural	Miles de COP/ha/año	< 500	500 – 1000	> 1000
	Tendencia a la formalidad	Predio	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, predios con resolución de inscripción en el registro 1 de la Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente y predios inscritos en el RUPTA
	Avalúo catastral rural	Millones de COP/ha	< 5	5 – 15	> 15 y predios en propiedad horizontal (PH y condominio) y con destinos económicos industriales, comerciales y recreativos.
Seguridad ciudadana	Homicidios rurales	Tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤ 0,8265	> 0,8265
	Extorsiones rurales	Tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤ 0,2066	> 0,2066
	Hurtos rurales	Tasa de hurtos rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤ 6,2464	> 6,2464
	Secuestros rurales	Tasa de secuestros rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤ 0,0617	> 0,0617
Indicadores económicos	Desempeño municipal	Indicador desempeño municipal DNP	> 55	45 - 55	< 45

	Valor agregado agrícola municipal	Participación (%)	> 49,2	19,6 – 49,2	< 19,6
	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	Dimensión condiciones en trabajo	% medio de privación en los hogares	< 60,75	60,75 - 71,15	>71,15
	Dimensión condiciones en salud	% medio de privación en los hogares	< 8,40	8,40 - 13,35	> 13,35
	Dimensión condiciones de la niñez y la juventud	% medio de privación en los hogares	< 6,93	6,93 - 11,50	> 11,50
	Dimensión condiciones de vivienda y acceso a servicios públicos	% medio de privación en los hogares	< 15,88	15,88 - 30,94	> 30,94
	Dimensión condiciones educativas del hogar	% medio de privación en los hogares	< 44,45	44,45 - 54,60	> 54,60

Fuente: elaboración propia.

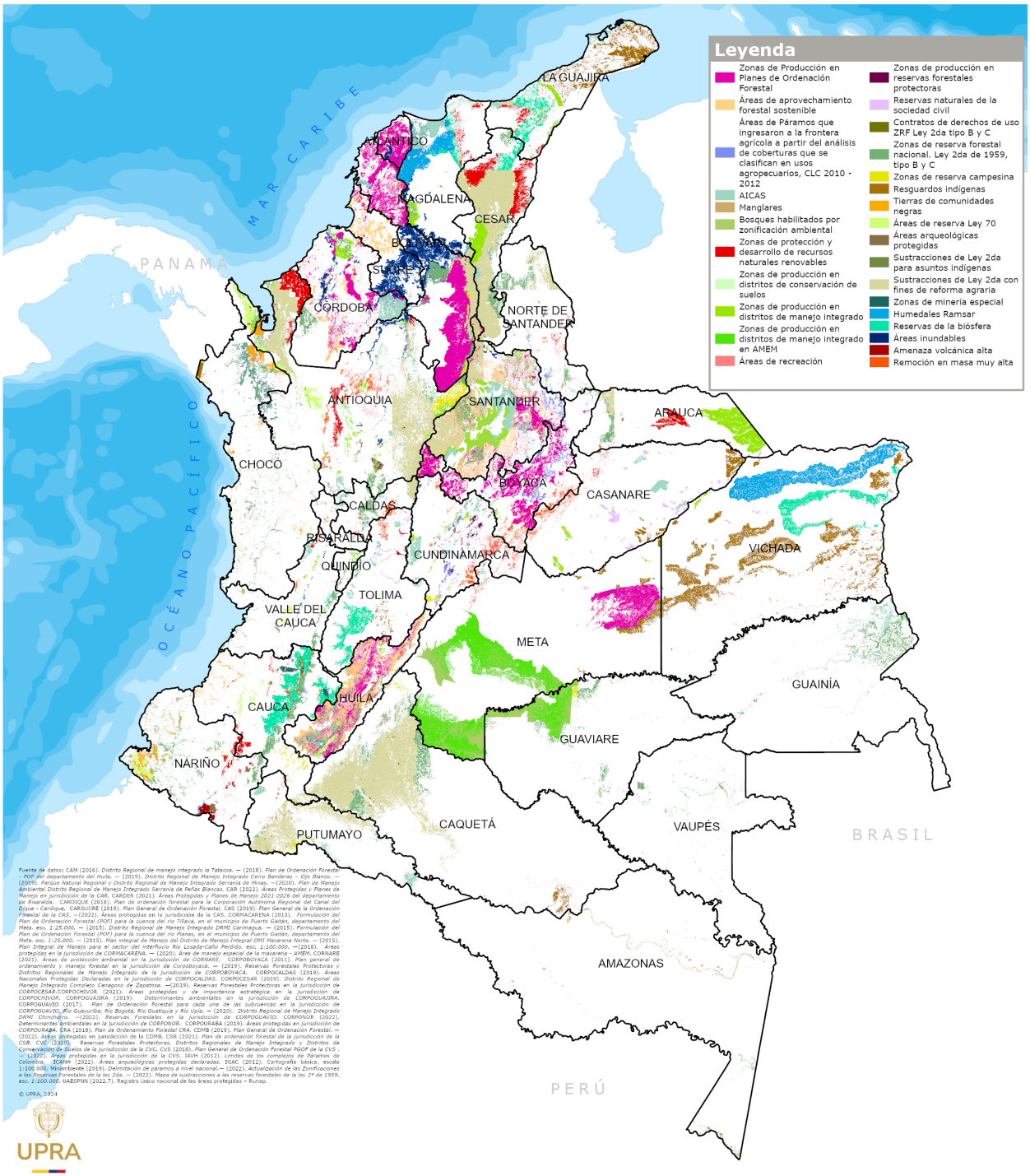
3.4. Frontera agrícola nacional (FAN)

En esta fase de la metodología se identificó la normatividad que regula la realización de las actividades agropecuarias, ya sea de forma condicionante o restringida. Los lineamientos corresponden a las directrices o reglas que orientan o restringen un uso determinado del territorio rural, lo que implicó, en este caso, condicionantes o restricciones para el uso.

La FAN es el límite del suelo rural donde se permiten y promueven las actividades agropecuarias (agrícolas, pecuarias, acuícolas, pesqueras y forestales) y reconoce aquellas áreas en las que, por consideraciones legales, políticas y técnicas, están restringidas (Adaptado de la Resolución 261 de 2018 del MADR).

Para el 2024, la FAN es de 42.944.940 ha en su versión V4_1 (37,6 % del territorio continental e insular). De esta superficie, 20.141.450 ha corresponden a aquellas áreas donde las actividades agropecuarias son permitidas. Las restantes 22.803.490 ha están condicionadas por ser territorios con características diferenciales desde el punto de vista étnico-cultural; ambiental o de gestión de riesgo agropecuario (figura 8). Estas zonas merecen especial atención al momento de efectuar en ellas cualquier actividad agropecuaria dado que, en los ámbitos regional o local, pueden llegar a tener algún tipo de restricción.

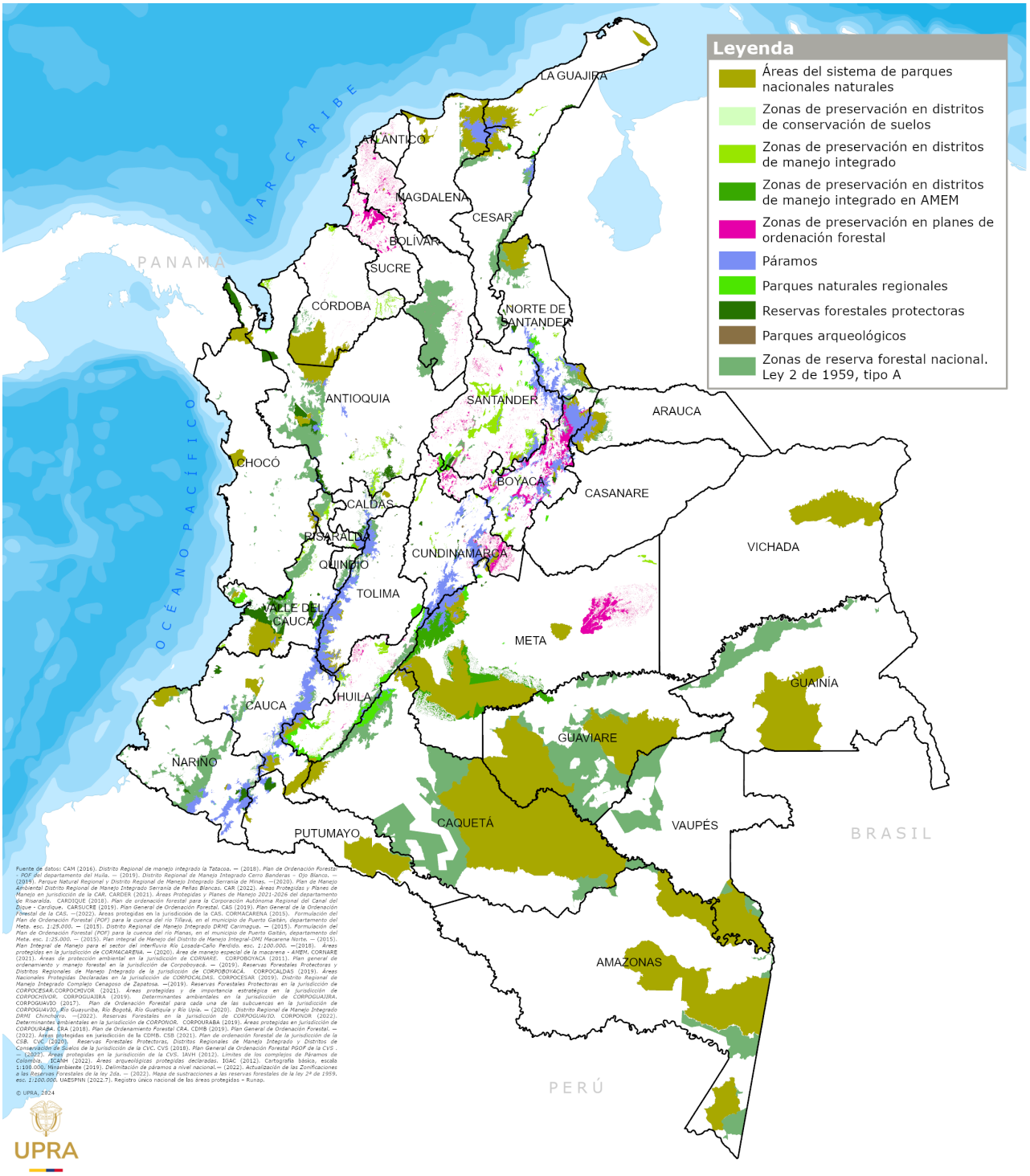
Figura 8. Mapa de condicionantes legales



Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, el área por fuera de la FAN tiene restringidas para actividades agropecuarias 26.419.249 ha, representadas en las siguientes figuras: páramos; áreas de Ley 2 categoría A; parques arqueológicos protegidos; zonas de preservación de la AMEN; zonas de preservación de los Distritos de Manejo Integrado y de los Distritos Regionales de Manejo Integrado; el sistema de parques nacionales naturales (PNN); los parques regionales naturales; las reservas forestales protectoras nacionales y regionales; las zonas de preservación de los planes de ordenación forestal; y las zonas de preservación de los Distritos de Conservación de Suelos (DCS) (figura 9).

Figura 9. Mapa de restricciones legales



Fuente: elaboración propia.

Otras restricciones llegan a 38.372.737 ha que hacen parte del Acuerdo Cero deforestación suscrito por Colombia en el Acuerdo de París, basado en la cartografía de Bosque no Bosque del Ideam (2010), y otras 6.338.045 ha de restricciones técnicas que corresponden a otras coberturas no agropecuarias.

3.5. Análisis multicriterio

Método diseñado para alcanzar, de manera estructurada, un objetivo específico mediante la valoración, de manera estructurada, de varios criterios. Un criterio es la base para una decisión que puede medirse o evaluarse. En términos de la zonificación de aptitud, 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 un cultivo de cáñamo con fines industriales.

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 et al., 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 con la construcción de un modelo jerárquico. El propósito de este método consiste en 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 la comparación de pares de alternativas y permite, mediante la realización de una matriz de doble entrada o de comparación pareada,

generar la calificación del grado de incidencia que un factor tiene sobre los otros, comparándolos por pares. De la misma manera, al generar los vectores propios de estas relaciones, estima el grado de consistencia de las calificaciones como un valor de significancia estadística, donde 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 para la presente zonificación, se compararon los criterios entre pares; 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 otorgar 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 efectuar 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 11).

Tabla 11. 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: UPRA (2014).

3.5.2. Matriz del proceso analítico jerárquico

Siguiendo el procedimiento planteado, se compararon por pares de criterios para calificarlos según la importancia relativa de un criterio respecto a otro. Este procedimiento se aplicó para todos los criterios definidos para el análisis en un taller donde se calificaron por pares los criterios usando una escala de importancia.

La tabla 12 muestra que *A* es una matriz de comparaciones pareadas de *n* criterios a_{ij} es la medida de la preferencia del criterio en el renglón *i* cuando se le compara con el criterio de la columna *j*. Cuando *i* = *j*, el valor de a_{ij} fue igual a 1, pues se estaba comparando el criterio consigo mismo. La posición transpuesta de la medida de la preferencia a_{ij} automáticamente fue el valor recíproco de a_{ij}, es decir $1/a_{ij}$.

Tabla 12. Esquema de la matriz de comparación a nivel de criterio

A =

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

Fuente: UPRA (2014).

Partiendo de la matriz de comparaciones obtenida, se calcularon las ponderaciones de los criterios y el análisis de consistencia estadística utilizando el programa PriEsT (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 el 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:

$$(\mathrm{P}_1 * \mathrm{criterio}_1) + (\mathrm{P}_2 * \mathrm{criterio}_2) + \cdots + (\mathrm{P}_\mathrm{n} * \mathrm{criterio}_\mathrm{n})$$

donde:

n = número de criterios

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

La tabla 13 presenta la matriz de evaluación multicriterio para la zonificación de aptitud del cultivo de cáñamo con fines industriales para los componentes físicos y socioecosistémicos. Por su parte, la tabla 14 muestra la matriz de evaluación multicriterio para el componente socioeconómico.

Tabla 13. Matriz de evaluación multicriterio del componente biofísico para la zonificación de aptitud del cultivo de cáñamo con fines industriales

Criterios	Condiciones climáticas	Disponibilidad de nutrientes	Integridad ecológica	Capacidad de laboreo	Toxicidad por sales, sodio y aluminio	Variación del contenido estimado de carbono	Apropiación de agua	Disponibilidad de oxígeno	Condiciones de enraizamiento	Susceptibilidad a la pérdida de suelos	Cambio de cobertura	Disponibilidad de humedad	Peso ponderado (%)
Condiciones climáticas	**1**												22,2
Disponibilidad de nutrientes	1/3	**1**											17,4
Integridad ecológica	1/3	1/3	**1**										13,9
Capacidad de laboreo	1/3	1/3	1/3	**1**									11,0
Toxicidad por sales, sodio y aluminio	1/3	1/3	1/3	1/3	**1**								8,8
Variación del contenido estimado de carbono	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	**1**							7,0
Apropiación de agua	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	**1**						5,4
Disponibilidad de oxígeno	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	**1**					4,3
Condiciones de enraizamiento	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	**1**				3,4
Susceptibilidad a la pérdida de suelos	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	**1**			2,7
Cambio de cobertura	1/5	1/5	1/5	1/5	1/5	1/3	1/3	1/3	1/3	1/3	**1**		2,2
Disponibilidad de humedad	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

Fuente: elaboración propia.

Tabla 14. Matriz de evaluación multicriterio del componente socioeconómico para la zonificación de aptitud del cultivo de cáñamo con fines industriales

Criterio	Institucionalidad	Infraestructura, bienes y servicios	Disponibilidad de mano de obra	Dinámica mercado de tierras	Seguridad ciudadana	Indicadores económicos	condiciones de vida	Pesos ponderados (%)
Institucionalidad	1							36,6
Infraestructura, bienes y servicios	1/3	1						24,9
Disponibilidad de mano de obra	1/3	1/3	1					16,1
Dinámica mercado de tierras	1/5	1/3	1/3	1				9,7
Seguridad ciudadana	1/5	1/5	1/3	1/3	1			6,6
Indicadores económicos	1/7	1/7	1/5	1/3	1/3	1		3,8
condiciones de vida	1/7	1/7	1/7	1/5	1/5	1/3	1	2,3

Fuente: elaboración propia.

La tabla 15 muestra la matriz de paso mediante la cual se cruzan los criterios físicos y socioecosistémicos (biofísicos) y los criterios socioeconómicos para la generación del mapa integrado de la zonificación de aptitud del cultivo de cáñamo con fines industriales a escala 1:100.000 en Colombia.

Tabla 15. Matriz de paso para el cruce de componentes para la zonificación de aptitud del cultivo de cáñamo

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

Fuente: elaboración propia.

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 la zonificación de aptitud para el cultivo de cáñamo con fines industriales en Colombia.

$$S = \sum W_i * X_i$$

donde:

S = mapa con categorías de aptitud

W_i = peso del criterio i

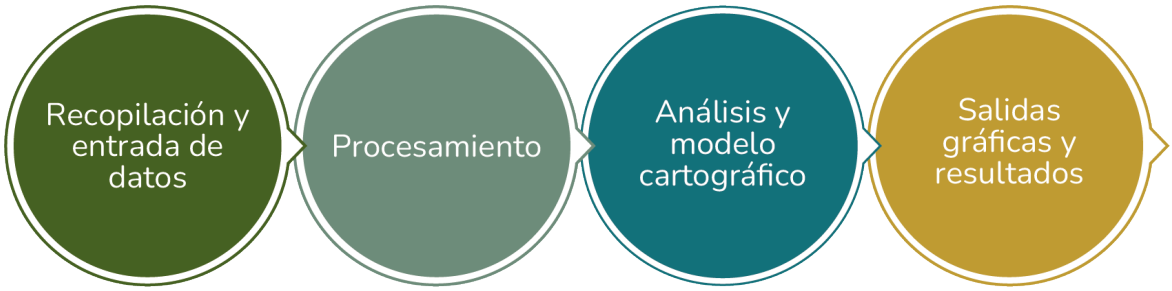
X_i = valor del criterio i (valores 1, 2 o 3, correspondientes a la categoría de aptitud).

3.6. Análisis espacial y modelo cartográfico

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

Dentro del proceso de zonificación, esta fase soportó muchos de los productos espaciales intermedios para obtener el mapa de aptitud del cultivo de cáñamo con fines industriales. Los pasos que la Oficina de Tecnologías de la Información y Comunicaciones (OTIC) de la UPRA siguió en el proceso de análisis espacial se desarrollan a continuación (figura 10).

Figura 10. Proceso de análisis de información espacial para la obtención del mapa de aptitud



Fuente: UPRA (2014).

- **Recopilación de información:** consistió en buscar, solicitar y evaluar información espacial y alfanumérica utilizada por los tres componentes. Esta información provino de entidades oficiales relacionadas con la producción de cáñamo.
- **Procesamiento de la información:** abarcó una serie de procedimientos encaminados a encontrar la información de la forma más adecuada para ser analizada. Una de las operaciones más comunes utilizadas fue los procesos de reclasificación y generalización temática, dirigidas a la estandarización o reescalamiento de las variables, los criterios y los lineamientos definidos en cada componente para la espacialización dentro del modelo cartográfico definido en la zonificación.
- **Análisis de la información:** consistió en generar y evaluar las salidas gráficas de cada criterio según los rangos de calificación establecidos por el grupo de expertos. Los criterios se estandarizaron en rangos que oscilaron entre 0 y 3, los cuales 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, para lo cual se asignó 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

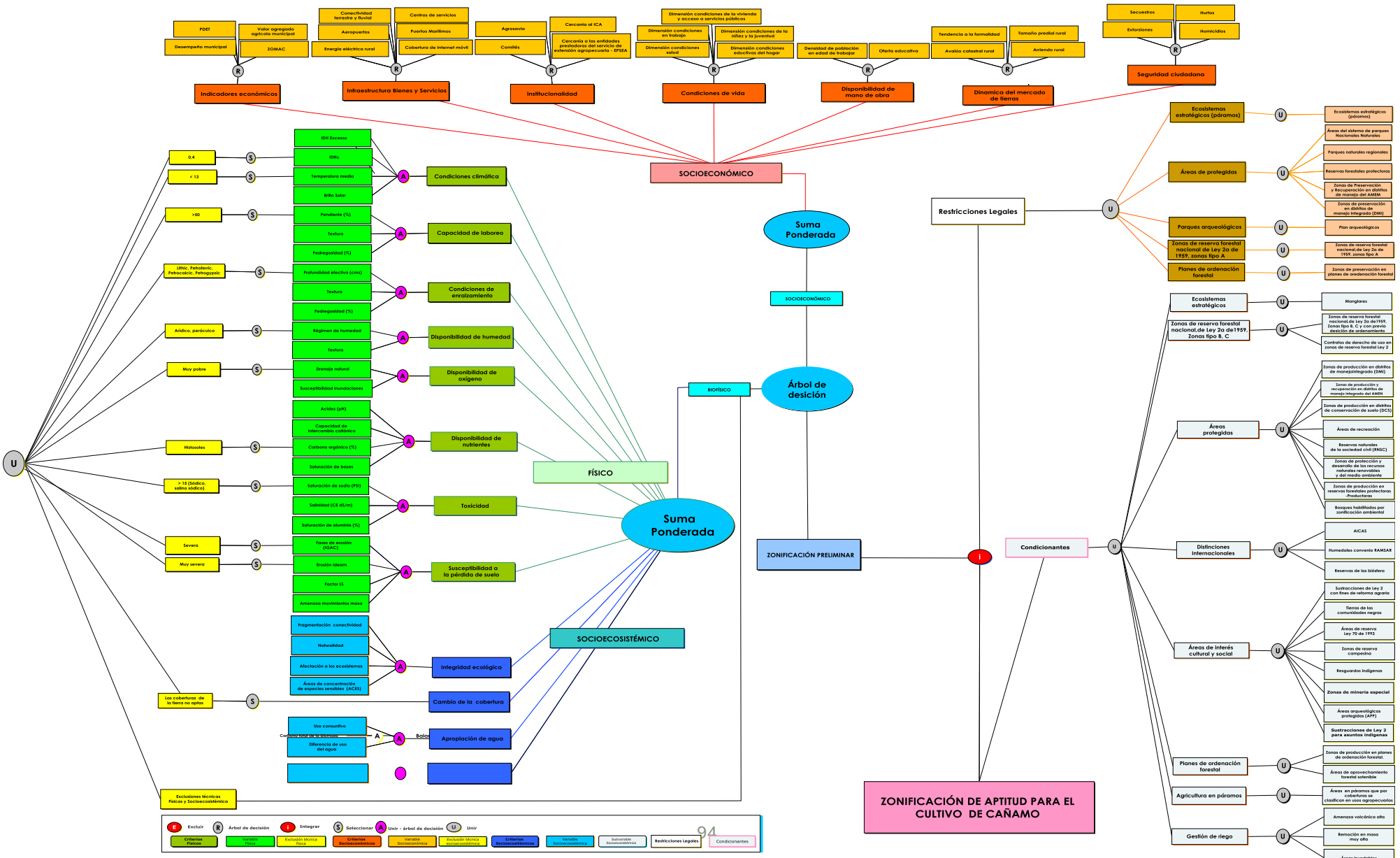
como insumos de entrada los mapas de las variables y los criterio generados por cada componente; la integración de estas capas ponderando su valor de acuerdo con los resultados del análisis multicriterio; y la integración de las restricciones legales y los condicionantes legales.

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 departamentos y por municipios, de las zonas aptas y no aptas para el cultivo de cáñamo con fines industriales. Estas salidas fueron soportadas dentro de la geodatabase (GDB) del proyecto.

  En la figura 11 se presenta el modelo cartográfico integral para la zonificación de aptitud del cultivo de cáñamo con fines industriales.

Figura 11. Modelo cartográfico integral para la zonificación de aptitud del cultivo de cáñamo con fines industriales

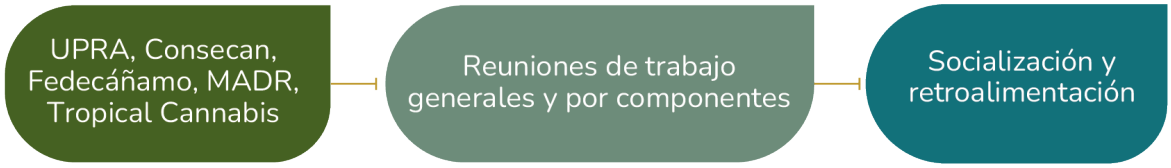


Fuente: elaboración propia

3.7. Proceso de socialización y validación de los mapas

En la figura 12 se presenta la estrategia planteada para la socialización y validación de la zonificación de aptitud para el cultivo de cáñamo con fines industriales a escala 1:100.000.

Figura 12. Estrategia de socialización y validación de la zonificación de aptitud

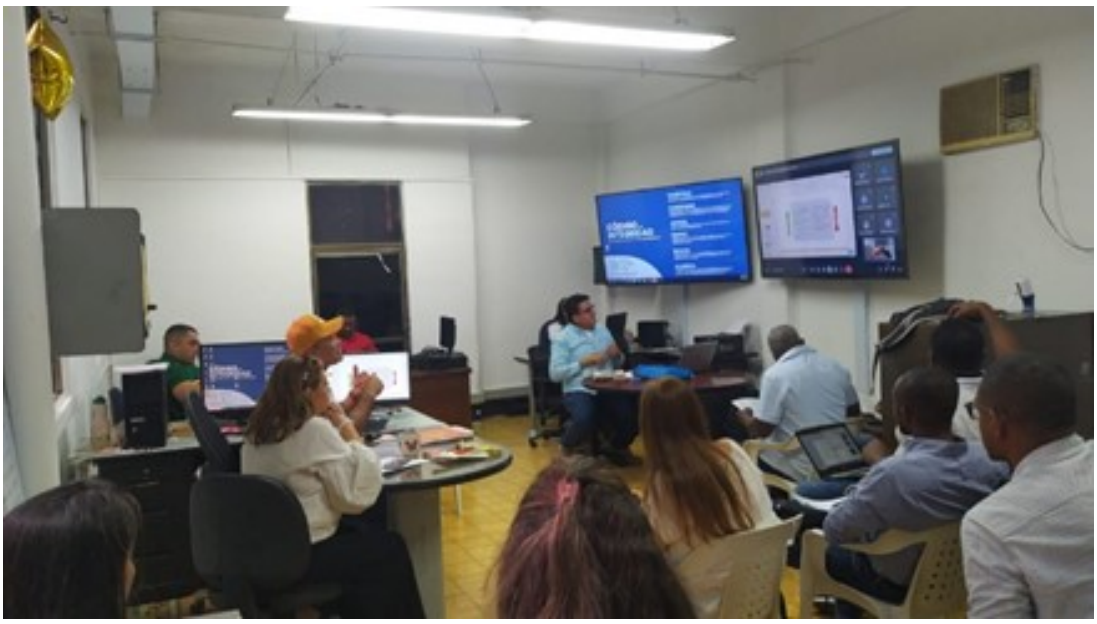


Fuente: elaboración propia.

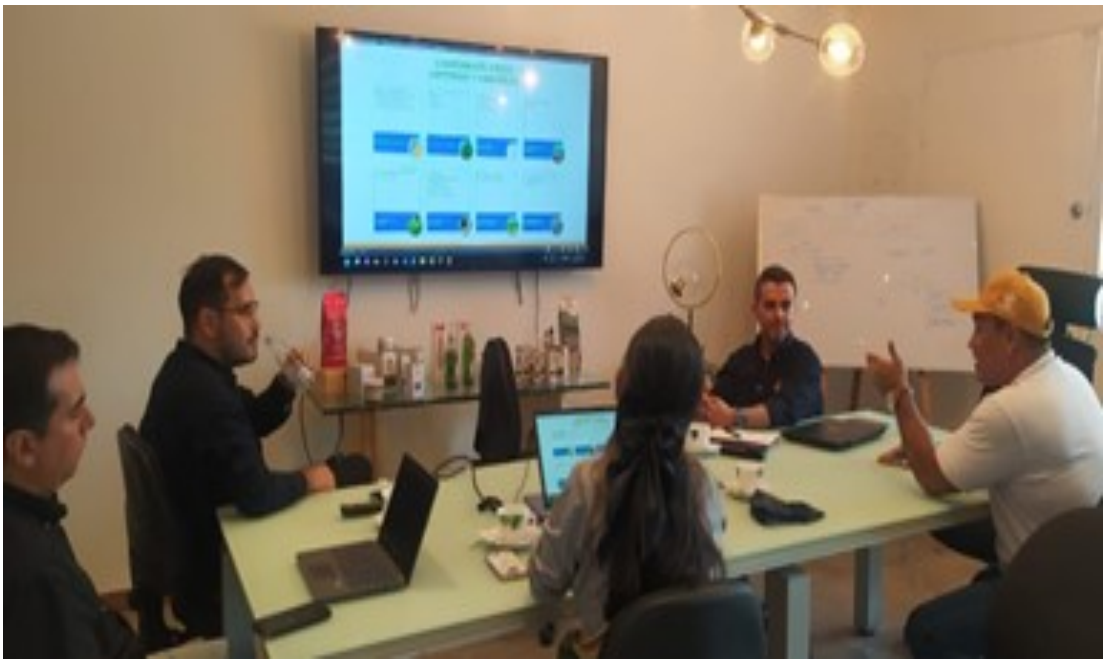
Durante todo el proceso de identificación de zonas aptas, de manera conjunta se buscó la participación de los actores de la cadena productiva del cáñamo que representaba. Para esto, se utilizó una estrategia permanente para retroalimentar el proceso con los productores, los técnicos, las instituciones, y los entes territoriales en las zonas productivas con un alto potencial para la actividad.

La tabla 16 muestra la socialización efectuada con diferentes actores vinculados a la cadena del cáñamo, sobre la metodología, la definición de criterios, de variables y de rangos para la identificación de zonas aptas para el cultivo de cáñamo con fines industriales. Asimismo, se presenta la validación de mapas efectuada a campo, con el fin de corroborar la consistencia de la información obtenida.

Tabla 16. Socialización y recorridos de campo para la zonificación de aptitud para el cultivo de cáñamo

Primera mesa técnica institucional del Consejo Nacional de la organización de cadena del cannabis y cáñamo en Colombia (Consecan). Junio 4 de 2024.
Cali, Valle del Cauca. Septiembre 19 de 2024. Socialización de la metodología de la zonificación de aptitud de cáñamo ante la gobernación y la cadena de cáñamo del departamento.


Municipio de Candelaria, Valle del Cauca. Granja experimental de Tropical Cannabis. Septiembre 19 de 2024. Socialización de la metodología de la zonificación de aptitud y recorrido por las instalaciones de la empresa.



Municipio de Yumbo, Valle del Cauca. Septiembre 19 de 2024. Fundación Comunidad Tribal de pequeños productores. Socialización del TUT.

Municipio de Acacías, Meta. Septiembre 20 de 2024. Visita finca La Esperanza. En casa malla se evalúan diferentes genotipos de *C. sativa* para la producción de cáñamo para fines industriales y medicinales.

Fuente: Elaboración propia.

Además de lo anterior, se sostuvo una reunión virtual organizada por la UPRA con Fedecáñamo el día 27 de junio de 2024. Los resultados de las reuniones y de los recorridos a cultivos de cáñamo con fines industriales, permitieron realizar algunos ajustes de rangos y obtener los mapas correspondientes a los criterios y variables, los mapas intermedios biofísico y socioeconómico, así como el mapa integrado nacional.

4. Resultados

El mapa de la zonificación de aptitud para el cultivo de cáñamo con fines industriales mostró que Colombia dispone de 28.002.173 ha aptas para el desarrollo de esta actividad con fines industriales, un 24,5 % del área del país, equivalente a 65,2 % de la FAN. Del total de las áreas aptas, el 26,5 %, corresponde a *aptitud alta (A1)*; el 25,8 %, a *aptitud media (A2)* y el 47,8 %, a *aptitud baja (A3)*. Las zonas no aptas (N1) llegaron a 59.653.549 ha (tabla 17 y figura 13).

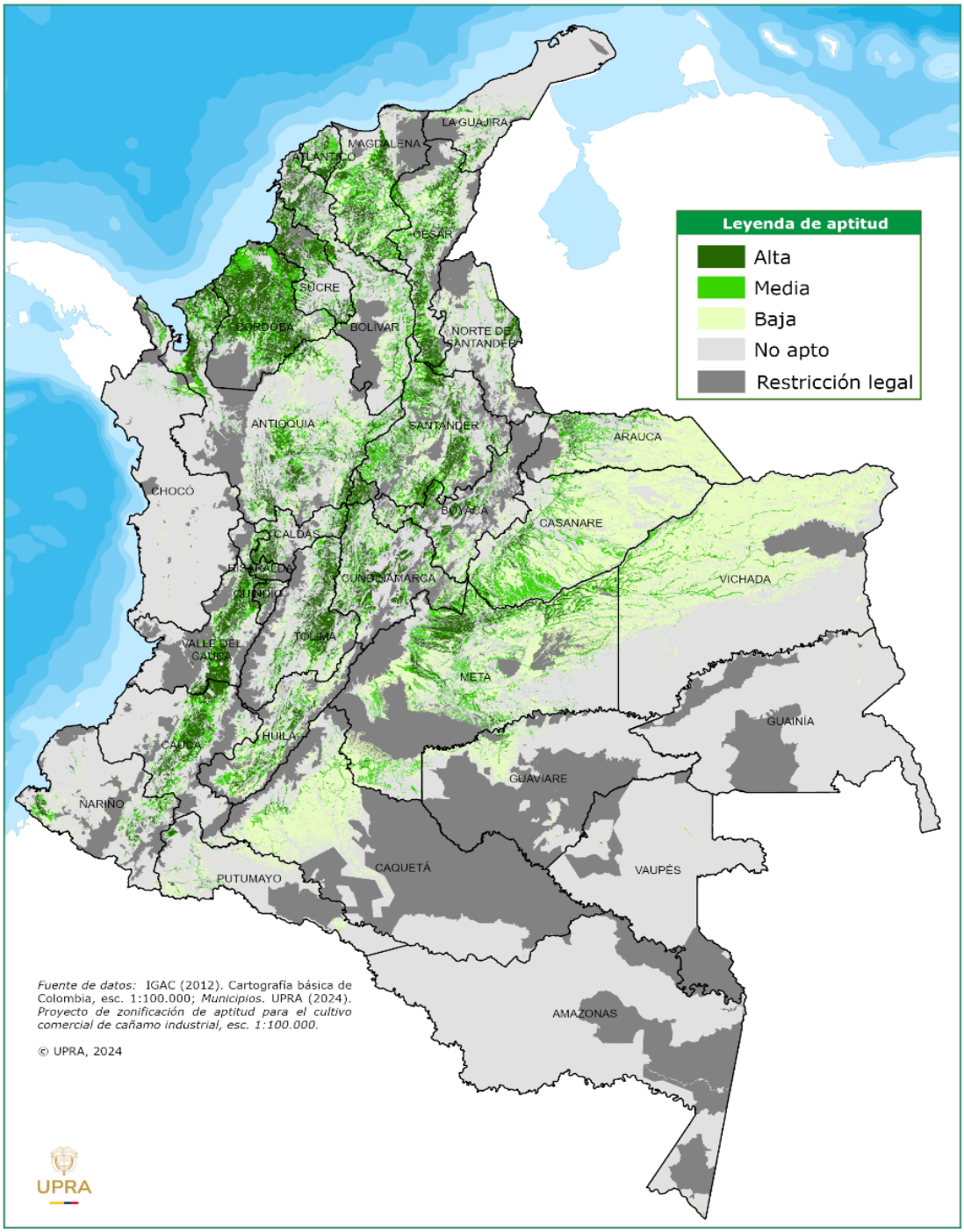
Tabla 17. Áreas según categorías de aptitud para el cultivo de cáñamo con fines industriales en Colombia a escala 1:100.000

Aptitud	Área (ha)	% Nacional	% FAN*
Alta (A1)	7.416.458	6,5	17,3
Media (A2)	7.211.107	6,3	16,8
Baja (A3)	13.374.608	11,7	31,1
Total, área apta	**28.002.173**	**24,5**	**65,2**
No apto técnico (N1)	59.653.549	52,3	
Restricción legal (N2)	26.419.249	23,2	
Total, territorio nacional	114.074.970		

*FAN: 42.944.940 ha.

Fuente: elaboración propia.

Figura 13. Mapa integrado de aptitud para el cultivo de cáñamo con fines industriales en Colombia a escala 1:100.000



Fuente: elaboración propia.

Con respecto a la aptitud total, la mayor superficie se encuentra en la Orinoquía en Vichada; Meta y Casanare. Estos tres departamentos suman un 37,2 % del área apta potencial para este cultivo en Colombia (tabla 18).

Tabla 18. Departamentos con aptitud total, aptitud alta (A1), aptitud media (A2) y aptitud baja (A3) para el cultivo de cáñamo con fines industriales en Colombia (ha)

Departamento	Aptitud alta (A1)	Aptitud media (A2)	Aptitud baja (A3)	Total, general
Vichada	31.687	330.759	3.678.035	4.040.480
Casanare	119.583	725.177	2.061.590	2.906.350
Meta	532.847	1.112.358	1.815.028	3.460.234
Caquetá	17.406	132.713	1.218.155	1.368.274
Arauca	98.431	223.334	1.110.290	1.432.055
Antioquia	754.920	663.702	586.970	2.005.592
Guaviare	16.437	49.567	283.966	349.971
Huila	149.087	227.682	271.326	648.095
Santander	523.137	525.599	266.163	1.314.900
Putumayo	26.586	43.100	231.204	300.890
Magdalena	398.178	399.149	229.698	1.027.025
Norte de Santander	121.025	118.964	184.942	424.931
Cesar	480.475	354.332	183.065	1.017.871
Bolívar	314.624	312.295	168.023	794.942
Boyacá	268.312	188.373	164.568	621.252
Cundinamarca	414.916	288.410	149.259	852.586
Tolima	484.363	191.457	142.646	818.466
Cauca	352.923	228.671	123.368	704.961
Nariño	80.676	112.972	108.808	302.456
La Guajira	44.009	82.312	96.845	223.166
Córdoba	1.037.437	400.654	77.481	1.515.572
Chocó	26.673	71.264	55.017	152.953
Valle del Cauca	419.921	111.361	40.948	572.231
Caldas	156.761	77.711	33.620	268.092
Guainía	-	75	31.242	31.317
Atlántico	98.845	72.653	15.525	187.023
Vaupés	-	1.788	15.223	17.010
Sucre	313.790	129.703	13.522	457.015
Risaralda	68.302	29.392	9.514	107.209
Amazonas	138	1.114	5.840	7.093
Quindío	64.968	4.466	2.725	72.159
San Andrés, Providencia y Santa Catalina	-	-	-	-
Total general	**7.416.458**	**7.211.107**	**13.374.608**	**28.002.173**

Fuente: elaboración propia.

Los departamentos que mostraron la mayor *aptitud alta (A1)* fueron Córdoba con 1.037.437 ha; Antioquia con 754.920 ha; Meta con 532.847 ha; Santander con 523.137 ha; y Tolima con 484.363 ha.

La *aptitud media (A2)* se concentra en Meta, Casanare; Antioquia; Santander y Córdoba. Por otra parte, los departamentos que representan la mayor superficie de *aptitud baja (A3)* se distribuyen en la Orinoquía y Amazonía colombiana, en Vichada; Casanare; Meta; Caquetá y Arauca.

Asimismo, los municipios que presentaron la mayor aptitud total para el cultivo de cáñamo con fines industriales en Colombia se encuentran localizados en Vichada (Cumaribo y La Primavera); Meta (Puerto Gaitán) y Casanare (Paz de Ariporo) (tabla 19).

Tabla 19. Municipios con mayor aptitud total para el cultivo cáñamo con fines industriales en Colombia

Municipio (Departamento)	Aptitud total (ha)
Cumaribo (Vichada)	1.500.694
La Primavera (Vichada)	1.467.286
Puerto Gaitán (Meta)	1.010.548
Paz de Ariporo (Casanare)	814.444
Puerto Carreño (Vichada)	758.560
Cravo Norte (Arauca)	422.026
Puerto López (Meta)	419.843
Arauca (Arauca)	402.954
Hato Corozal (Casanare)	382.167
Orocué (Casanare)	373.399

Fuente: elaboración propia.

La tabla 20 muestra los municipios que obtuvieron las mayores extensiones por categoría de aptitud: con *aptitud alta (A1)* sobresalen municipios localizados en Córdoba (montería y Planeta Rica); en Meta (Puerto López, Puerto Gaitán y Villavicencio) y en Boyacá (Puerto Boyacá). Por otra parte, en *aptitud media (A2)* se destacan municipios de la Orinoquía como Puerto Gaitán; Maní; Cumaribo; San Martín y La Macarena. Por último, los municipios de mayor *aptitud baja (A3)* se localizan en Vichada y Casanare: La Primavera; Cumaribo; Paz de Ariporo y Puerto Carreño.

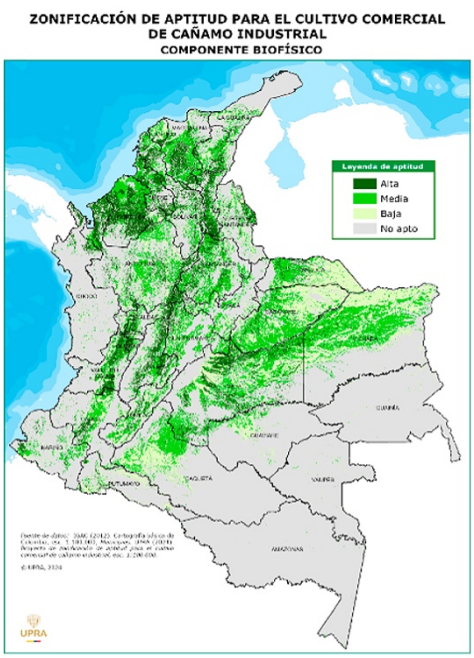
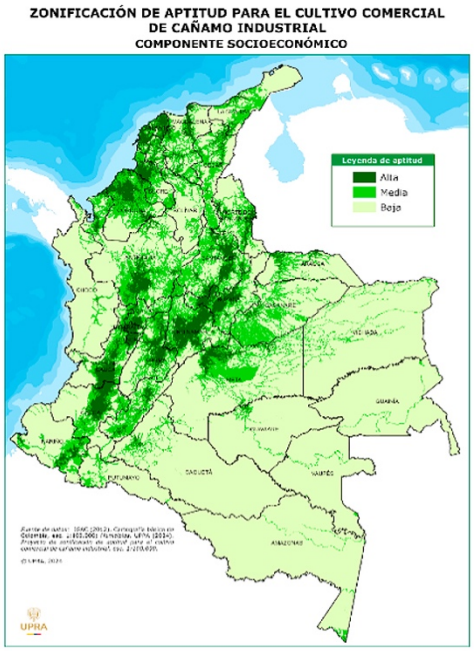
Tabla 20. Municipios con mayor aptitud alta (A1), aptitud media (A2) y aptitud baja (A3) para el cultivo de cáñamo con fines industriales en Colombia (ha)

Municipio	Aptitud alta (A1)	Municipio	Aptitud media (A2)	Municipio	Aptitud baja (A3)
Montería (Córdoba)	226.892	Puerto Gaitán (Meta)	246.303	La Primavera (Vichada)	1.359.825
Puerto López (Meta)	113.529	Maní (Casanare)	207.564	Cumaribo (Vichada)	1.341.114
Puerto Gaitán (Meta)	86.873	Cumaribo (Vichada)	144.414	Paz de Ariporo (Casanare)	760.407
Puerto Boyacá (Boyacá)	82.599	San Martín (Meta)	134.930	Puerto Carreño (Vichada)	743.623
Villavicencio (Meta)	65.674	La Macarena (Meta)	133.282	Puerto Gaitán (Meta)	677.372
Planeta Rica (Córdoba)	63.765	Puerto López (Meta)	125.305	Cravo Norte (Arauca)	420.876
Cimitarra (Santander)	61.609	Cimitarra (Santander)	106.620	Arauca (Arauca)	351.481
Buenavista (Córdoba)	59.482	Tauramena (Casanare)	102.076	Hato Corozal (Casanare)	336.728
Turbo (Antioquia)	57.246	La Primavera (Vichada)	99.962	Orocué (Casanare)	326.929
Valencia (Córdoba)	53.779	San Luis de Palenque (Casanare)	86.358	San Vicente del Caguán (Caquetá)	246.592

Fuente: elaboración propia.

Por otra parte, el mapa biofísico que integra los criterios físicos y socioecosistémicos, muestra una mejor aptitud en la costa Caribe en Córdoba; Antioquia; Sucre; Atlántico, Magdalena y Cesar. Igualmente, la Orinoquía presenta extensas zonas de *aptitud media (A2)* y *aptitud baja (A3)* en Arauca; Casanare; Vichada; Meta y Caquetá. En el valle geográfico del río Magdalena se identificaron zonas aptas en Santander; Antioquia; Caldas, Cundinamarca y Tolima, mientras que en la zona de influencia del río Cauca se distinguen el Valle del Cauca; Cauca; Quindío; Risaralda; Caldas y Antioquia que registran áreas potenciales para la producción de cáñamo con fines industriales (figura 14).

Figura 14. Mapas intermedios de la zonificación de aptitud para el cultivo de cáñamo con fines industriales en Colombia a escala 1:100.000

Mapa biofísico	Mapa socioeconómico
	

Fuente: elaboración propia.

El mapa socioeconómico muestra tres principales zonas con *aptitud alta (A1)*: la primera, en la costa Caribe en Córdoba; Sucre; Atlántico, Bolívar y Magdalena; la segunda en el centro del país en Cundinamarca, Boyacá; Santander y Tolima; y una tercera zona en el occidente colombiano en Valle del cauca; departamentos del antiguo Eje cafetero y Antioquia. Este comportamiento es el resultado de la oferta institucional, de bienes, de infraestructura y de servicios que ofrece la zona para el cultivo. En contraste, la Amazonía y la Orinoquía colombianas reflejan una menor competitividad para la producción de cáñamo con fines industriales dado el difícil acceso a bienes, servicios e infraestructura necesarios.

5. Conclusiones

El cultivo de cáñamo con fines industriales cuenta con un alto potencial de producción en Colombia. Se identificaron 28 millones de ha aptas a lo largo del territorio nacional.

El mapa integrado muestra tres zonas con la mejor aptitud como resultado de una amplia oferta de bienes, servicios e infraestructura disponible que facilita la producción del cáñamo con fines industriales: la primera, la costa Caribe en el norte de Antioquia, Córdoba; Cesar y Magdalena. La segunda zona comprende Valle del Cauca y Cauca; y la tercera se encuentra en Santander, Tolima y Cundinamarca.

Los departamentos que muestran la mayor extensión apta para el cultivo de cáñamo con fines industriales se localizan en el oriente colombiano en Vichada; Meta; Casanare; Arauca y Caquetá, aunque la categoría de aptitud baja (A3) es la de mayor participación, dadas las limitadas condiciones de oferta de bienes, servicios, institucionalidad e infraestructura presentes.

6. Bibliografía

Agencia de Renovación del Territorio. (2020). *Municipios priorizados con planes de desarrollo con enfoque territorial*. https://www.renovacionterritorio.gov.co

Asamblea Nacional Constituyente. (1991). *Constitución política de Colombia*.

Banco Interamericano de Desarrollo. (2019). *¿Por qué el capital natural es fundamental para el desarrollo económico?* https://publications.iadb.org/es/capital-natural-en-america-latina-y-el-caribe

Beltrán, F., & Vallejo, L. (2021). *Creación de una cadena de valor sostenible a partir del cáñamo*. https://repositorio.uniandes.edu.co/server/api/core/bitstreams/17209a24-2807-4f2e-97bb-a77bd9a1395e/content

Bouloc, P. (Ed.), Allegret, S. (Ed.), & Arnaud, L. (Ed.). (2013). *Hemp: Industrial production and uses*. CAB International. https://vdoc.pub/documents/hemp-industrial-production-and-uses-30d291srgm00

Ciontescu, N. (2012). *Instructivo metodológico para ejecutar indicadores de estado de conservación ArcGis-Fragstats*.

Comisión Europea. (2024). *Agriculture and rural development: Cáñamo*. https://agriculture.ec.europa.eu/farming/crop-productions-and-plant-based-products/hemp_es

Comisión Interamericana de Derechos Humanos. (2009). *Informe sobre seguridad ciudadana y derechos humanos*. https://www.cidh.org/countryrep/Seguridad/seguridadvi.sp.htm

Comisión Nacional de Crédito Agropecuario. (2023). *Resolución 006 de 2023 de la Comisión Nacional de Crédito Agropecuario*. https://www.finagro.com.co/transparencia-acceso-informacion-publica/normativa/resoluciones-cnca/cnca

Congreso de la República de Colombia. (1993). *Ley 41: Por la cual se organiza el subsector de adecuación de tierras y se establecen sus funciones*.

Congreso de la República de Colombia. (2003, junio). *Ley 811*. https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/06/ley-811-2003.pdf

Congreso de la República de Colombia. (2004). *Ley 906. Por la cual se expide el Código de Procedimiento Penal*. https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=14787

Congreso de la República de Colombia. (2007). *Ley 1143: Por medio de la cual se aprueba el "Acuerdo de promoción comercial entre la República de Colombia y los Estados Unidos de América"*. Congreso de la República de Colombia.

Congreso de la República de Colombia. (2013). *Ley 1669: Por medio de la cual se aprueba el "Acuerdo Comercial entre Colombia y el Perú, por una parte, y la Unión Europea y sus Estados Miembros, por otra"*. Congreso de la República de Colombia.

Congreso de la República de Colombia. (2014). *Ley 1721: Por medio de la cual se aprueba el "Acuerdo Marco de la Alianza del Pacífico"*. Congreso de la República de Colombia.

Cortés, A., & Malagón, D. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*. Universidad de La Salle.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2016). *Boletín mensual insumos y factores asociados a la producción agropecuaria* (pp. 1–10). https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_abr_2016.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2018). *Censo nacional de población y vivienda: Medida de pobreza multidimensional*.

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2019). *Encuesta nacional agropecuaria*. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/enda/ena/2019/boletin_ena_2019.pdf

Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE). (2022). *Cuentas nacionales: Indicador valor agregado municipal, Actividad agrícola*.

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

Doorenbos, J., & Kassam, A. (1979). *Efecto del agua sobre el rendimiento de los cultivos: Riego y drenaje*.

Eastman, J. (1995). Raster procedures for multicriteria/multi objective decisions. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*.

Eastman, J., Jin, W., Kiem, P., & Toledano, J. (1995). Raster procedures for multicriteria/multi objective decisions. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*.

Fassio, A., & Caretta, S. (2013). *Cáñamo (Cannabis sativa L.)*. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA), Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=2348

Fedesarrollo. (2019). *La industria del cannabis medicinal en Colombia*. https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/3823

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), & World Health Organization (WHO). (2017). *Manual sobre la elaboración y uso de las especificaciones de plaguicidas de la FAO y la OMS* (Estudio FAO: Producción y Protección Vegetal No. 228).

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

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1976). *Evaluación de tierras para políticas de uso de la tierra*. http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es/

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1985). *Directivas: Evaluación de tierras para la agricultura de regadío*.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1991). *Guidelines: Land evaluation for extensive grazing* (FAO Soils Bulletin No. 58).

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2003). *Evaluación de tierras con metodología FAO*. Oficina Regional para América Latina y el Caribe.

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2007a). *Land and water discussion paper*. http://www.fao.org/nr/lman/docs/lman_070601_en.pdf

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2007b). *Land and water discussion paper* (F. A. Nations, Ed.). http://www.fao.org/nr/lman/docs/lman_070601_en.pdf

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2020). *Mecanización agrícola sostenible*. http://www.fao.org/sustainable-agricultural-mechanization/guidelinesoperations/es/

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2023, abril). *FAOSTAT*. https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2023, 11 de agosto). *Portal terminológico de la FAO*. https://www.fao.org/faoterm/es/

Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2024, abril). *FAOSTAT*. https://www.fao.org/faostat/es/#data/QCL

Garavito, F. (1979). *Propiedades químicas de los suelos* (pp. 128–130). Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Grupo Promotor de la Industria del Cannabis (GPIC). (2008). *Cáñamo: Ventajas competitivas de México*. https://comisiones.senado.gob.mx/ambiente/reu/docs/presentacion3_e200820.pdf

Harms, B., Brough, D., Philip, S., Bartley, R., Clifford, D., Thomas, M., & Willis, R. (2015). Digital soil assessment for regional agricultural land evaluation. *Global Food Security, 5*, 25–36. https://doi.org/10.1016/j.gfs.2015.04.001

Huertas, S., & Toro, M. S. (2021). *Bioprospección del cáñamo soportada en procesos verdes para la industria colombiana*. Universidad EAN. https://repository.universidadean.edu.co/bitstream/handle/10882/10857/HuertasStiven2021.pdf

Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2023). *Resolución 19655*.

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 (IDEAM). (2015). *Degradación de suelos por erosión*.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos*.

Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC). (2015). *Degradación de suelos por erosión*.

Instituto Nacional de Investigación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). (2022). *Resultados de la investigación en el cultivo de cáñamo Cannabis sativa L*. https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f01-11125.pdf

Instituto Nacional de Medicina Legal y Ciencias Forenses (INMLCF). (2008). *Homicidio Colombia*.

Jackson, M. L. (1958). *Soil chemical analysis* (p. 205). Prentice-Hall.

Legiscomex. (2024). *Estadísticas de comercio exterior: Inteligencia comercial y comercio internacional*. https://www.legiscomex.com/

León, J. (1987). *Botánica de los cultivos tropicales*. https://books.google.com.co/books/about/Bot%C3%A1nica_de_los_cultivos_tropicales.html?id=NBtu79LJ4h4C&redir_esc=y

Malagón, D. (1995). *Suelos de Colombia: Origen, evolución, clasificación, distribución y uso* (pp. 423–427). Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Malagón, D., & Montenegro, H. (1990). *Propiedades físicas de los suelos* (pp. 101, 157). Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC).

Maracchi, G. (2007). *Manuale di coltivazione e prima lavorazione della canapa da fibra*. RICERCA TRASFERIMENTO INNOVAZIONE. https://agronotizie.imagelinenetwork.com/materiali/Varie/File/Mario_Rosato/Manuale-coltivazione-prima-lavorazione-canapa-.pdf

Martínez, R. (2022). *Niveles óptimos del pH del suelo para el cultivo del cáñamo*. Centro de Investigación Permacultural Andino –CIPA–, GeoSemillas. *Agricultura de las Américas, 546*. https://www.researchgate.net/publication/364383482_Niveles_optimos_del_pH_del_suelo_para_el_cultivo_del_canamo

Merfield, C. (1999). *Industrial hemp and its potential for New Zealand: A report for the 1999 Kellogg Rural Leadership Course*. https://www.researchgate.net/publication/277111429_Industrial_hemp_and_its_potential_for_New_Zealand

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2012). *Resolución 282*. https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/Resoluci%C3%B3n%20No%20000282%20de%202012.pdf

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (2018). *Resolución 261 de 2018*. https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Resoluciones/Resoluci%C3%B3n%20No%20000261%20de%202018.pdf

Ministerio de Hacienda y Crédito Público. (2017). *Decreto 1650 de 2017: Anexo 2. Listado de municipios Zomac*.

Ministerio de Salud y Protección Social. (2013). *Resolución 2674: Por la cual se reglamenta el artículo 126 del Decreto Ley 019 de 2012 y se dictan otras disposiciones*.

Ministerio de Salud y Protección Social. (2022). *Resolución 1407: Por la cual se establecen los criterios microbiológicos que deben cumplir los alimentos y bebidas destinados para consumo humano*.

Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. (2022). *Growing industrial hemp in Ontario*. https://files.ontario.ca/omafra-growing-industrial-hemp-in-ontario-22-020-en-2023-07-21.pdf

Organización Meteorológica Mundial (OMM), & Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2012). *Glosario hidrológico internacional* (p. 127). WMO.

Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA). (2023). *Código sanitario para los animales terrestres: Capítulo 9. Apidae*. https://www.woah.org/fileadmin/Home/esp/Health_standards/tahc/current/es_titre_1.9.htm

Ortiz-Lozano, L., & Granados-Barba, A. (2009). Ecosystemic zonification as a management tool for marine protected areas in the coastal zone: Applications for the Sistema Arrecifal Veracruzano National Park. *Ocean & Coastal Management*, *52*(7), 317–323. https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2009.03.004

Pantoja, B. (1931). El cultivo del cáñamo en el Valle del Cauca. *Revista Cafetera de Colombia*, *3*(28/29), 1063–1065.

https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/1030/1/Rev%20cafetera%20Col%203%2828%2029%291063-1065.pdf

Policía Nacional de Colombia (PONAL). (2020). *Delitos ocurridos de hurtos rurales 2018–2022*.

Riboulet-Zemouli, K. (2021). *Cannabis sostenible: Manual de políticas públicas – Alinear las políticas del cannabis y del cáñamo con la Agenda 2030 de desarrollo sostenible*. FAAAT & OECCC. https://www.researchgate.net/publication/349058125_Cannabis_Sostenible_Manual_de_Politicas_Publicas_-_Alinear_las_politicas_del_Cannabis_y_del_canamo_con_la_Agenda_2030_de_desarrollo_sostenible

Rodiek, J. (2008). Protecting ecosystems and open spaces in urbanizing environments. *Landscape and Urban Planning, 84*, 3. https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.10.001

Rossiter, D. (2009). *Land evaluation towards a revised framework* (Land and Water Discussion Paper). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).

Saaty, T. (1980). *The analytic hierarchy process*. McGraw-Hill.

Servicio Geológico Colombiano (SGC). (2016). *Amenaza de movimiento en masa*.

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

Soil Science Society of America. (2018). *Glossary of soil science terms*. https://www.soils.org/publications/soils-glossary?ssoContinue=1#

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

TradeMap. (2024). https://www.trademap.org

Ucar, E. (1948). *Contribución al estudio del cultivo e industrialización del cáñamo* [Tesis de grado, Universidad de la República (Uruguay), Facultad de Agronomía]. https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/27899

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

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2014a). *Metodología de zonificación de aptitud para plantaciones forestales a escala semidetallada 1:25.000*.

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2014b). *Zonificación para plantaciones forestales con fines comerciales en Colombia, escala 1:100.000*.

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2017). *Lineamientos para la implementación de la estrategia de ordenamiento territorial agropecuario*.

Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2024). *Línea base de indicadores: Cadena productiva cáñamo para uso industrial*.

United Nations Conference on Trade and Development (UNCTAD). (2022). *Commodities at a glance: Special issue on industrial hemp* (No. 16). Naciones Unidas.

United States Department of Agriculture (USDA), & Natural Resources Conservation Service (NRCS). (2022). *Keys to soil taxonomy* (13th ed.).

United States Department of Agriculture (USDA). (1961). *Land capability classification* (Agriculture Handbook No. 210).

Van Wambeke, A., & Forbes, T. (1987). *Criterios para el uso de la taxonomía de suelos en la denominación de unidades cartográficas* (Monografía técnica No. 15). Soil Management Support Services (SMSS).

Zambrano, A., Romero-Perdomo, F., Santana Medina, J., Ovalle Másmela, J., & Uribe Galvis, C. (2023). *Análisis competitivo del cultivo de Cannabis spp. y Erythroxylum coca en Colombia*. Agrosavia. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/38632/Doc%20Cannabis-Coca_DOI%20%282%29.pdf?sequence=7&isAllowed=y

Tabla de contenido

1. Componente físico 119

1.1. Criterio *Condiciones climáticas* 119

1.1.1. Variable *Temperatura media anual* 122

1.1.2. Variable *Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)* 125

1.1.3. Variable *Brillo solar medio diario anual* 128

1.2. Criterio *Capacidad de laboreo* 130

1.2.1. Variable *Pendiente* 134

1.2.2. Variable *Textura* 137

1.2.3. Variable *Pedregosidad* 140

1.3. Criterio *Disponibilidad de nutrientes* 143

1.3.1. Variable *Acidez (pH)* 149

1.3.2. Variable *Saturación de bases* 153

1.3.3. Variable *Carbono orgánico* 156

1.3.4. Variable *capacidad de intercambio catiónico (CIC)* 160

1.4. Criterio *Toxicidad por sales, sodio y aluminio* 163
1.4.1. Variable *Salinidad y sodicidad* 167
1.4.2. Variable *Saturación de aluminio* 170
1.5. Criterio *Condiciones de enraizamiento* 173
1.5.1. Variable *Profundidad efectiva* 177
1.5.2. Variable *Textura* 180
1.5.3. Variable *Pedregosidad* 185
1.6. Criterio *Disponibilidad de oxígeno* 187
1.6.1. Variable *Susceptibilidad a inundaciones* 190
1.6.2. Variable *Drenaje natural* 193
1.7. Criterio *Susceptibilidad a la pérdida del suelo* 196
1.8. Criterio *Disponibilidad de humedad* 202
1.8.1. Variable *Régimen de humedad* 205
1.8.2. Variable *Textura* 209
2. Componente socioecosistémico 213
2.1. Criterio *Integridad ecológica* 213
2.1.1.Variable *Fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales (FCECN)* 222
2.1.2. Variable *Índice de naturalidad (INAT)* 234
2.1.3. Variable *Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)* 237
2.1.4.Variable *Afectación a ecosistemas naturales y seminaturales* 247
2.2. Criterio *Variación del contenido estimado de carbono* 252
2.3. Criterio *Apropiación de agua* 259
2.3.1. Variable *Diferencia de uso consuntivo* 265
2.3.2. Variable *Diferencia de uso del agua* 270
2.4. Criterio Cambio de cobertura 276

3. Componente socioeconómico 286
3.1 Criterio *Institucionalidad* 286
3.1.1 Variable *Comités* 290
3.1.2 Variable *ICA* 293
3.1.3 Variable *Agrosavia* 296
3.1.4 Variable *Entidades prestadoras de servicio de extensión agropecuaria (EPSEA)* 298
3.2 Criterio *Infraestructura, bienes y servicios* 301
3.2.1. Variable *Conectividad terrestre y fluvial* 306
3.2.2 Variable *Centros de servicios* 309
3.2.3. Variable *Puertos marítimos* 312
3.2.4. Variable *Aeropuertos* 315
3.2.5. Variable *Cobertura de internet móvil* 318
3.2.6. Variable *Energía eléctrica rural* 323
3.3 Criterio *Dinámica del mercado de tierras* 332
3.3.1 Variable *Tamaño predial* 339
3.3.2 Variable *Arriendo rural* 343
3.3.3. Variable *Tendencia a la formalidad* 348
3.3.4 Variable *Avalúo catastral rural* 354
3.4 Criterio *Disponibilidad de mano de obra* 358
3.4.1 Variable *Densidad de población en edad de trabajar (PET)* 362
3.4.2 Variable *Oferta educativa* 368
3.5 Criterio *Seguridad ciudadana* 374
3.5.1. Variable *Homicidios rurales* 379
3.5.2. Variable *Extorsiones rurales* 382
3.5.3. Variable *Hurtos rurales* 384
3.5.4. Variable *Secuestros rurales* 387

3.6. Criterio *Indicadores económicos* 389
3.6.1. Variable *Valor agregado agrícola municipal (VAAM)* 393
3.6.2. Variable *Desempeño municipal* 400
3.6.3. Variable *zonas más afectadas por el conflicto armado (Zomac)* 410
3.6.4. Variable *Planes de desarrollo con enfoque territorial (PDET)* 412
3.7. Criterio *Condiciones de vida* 415
3.7.1. Variable *Dimensión condiciones de salud* 422
3.7.2. Variable *Dimensión condiciones de trabajo* 425
3.7.3. Variable *Dimensión condiciones de la niñez y la juventud* 428
3.7.4 Variable *Dimensión condiciones educativas del hogar* 432
3.7.5 Variable *Dimensión condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos* .. 435

1. Componente físico

1.1. Criterio *Condiciones climáticas*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Físico	**SUBCOMPONENTE:** Climático	
CRITERIO: Condiciones climáticas		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	√
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- Temperatura media anual, expresada en °C.
- Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc), expresado como índice, entre 0 y 1.
- 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, y que afectan directamente la fisiología de las plantas (FAO, 1976). (UPRA, 2013)

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Inciden directamente en la fisiología del cáñamo, 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, 2205).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Debido a que no está disponible la normal climatológica 1991-2020 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 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 del cultivo (IDHc)* y *brillo solar medio diario anual*, construidas a partir de las normales climatológicas 1981-2010 del Ideam.

Los siguientes son los rangos para las variables que integran el criterio:

Variables	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Temperatura media anual	°C	> 22	20-22	13-20	< 13
Brillo solar medio diario anual	Horas/día	> 5	4-5	<4	-
Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)	Índice	> 0,760	0,704-0,760	0,400-0,704	< 0,400
IDHc (Excesos)		No aplica	2,2-3,2	> 3,2	No aplica

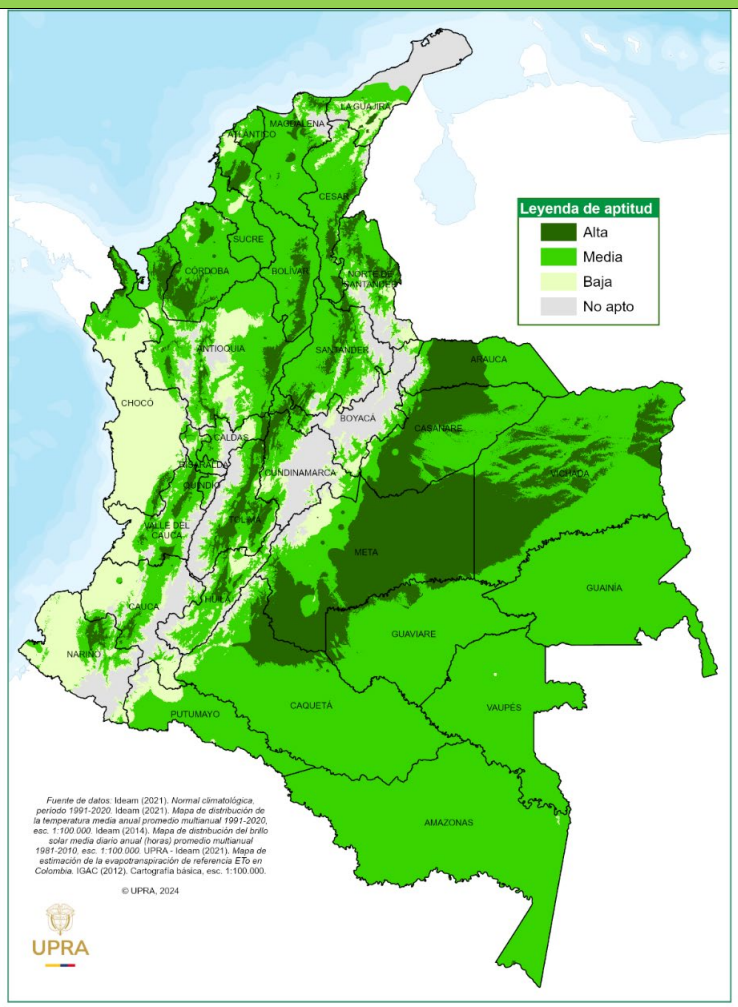
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Este criterio se integró a través de un árbol de decisión, así:

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

A3	A1	A1	A3
		A2	A3
		A3	A3
	A2	A1	A3
		A2	A3
		A3	A3
	A3	A1	A3
		A2	A3
		A3	A3
Cualquiera	N1	Cualquiera	N1
N1	Cualquiera	Cualquiera	N1
N1	Cualquiera	Sin distrito	N1
Cualquiera	N1	Con distrito	A1

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Campos, D. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos*. México: Trillas. • Doorembos, J. y Kassam, A. (1979). *Yield response to water. Estudio de riego y drenaje* N°33, FAO, Roma. p. 193. • Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (1976). http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (Ideam). (2017). *Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000*. Bogotá: Ideam. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (Ideam). (2017). *Mapa distribución del brillo solar medio diario anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000*. Bogotá: Ideam • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (Ideam). (2017). *Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación y evapotranspiración de referencia, periodo 1981-2010*. Bogotá: Ideam. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.

1.1.1. Variable *Temperatura media anual*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
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 °C (Ideam, 2017).		
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 este se afecta; el valor óptimo se encuentra entre estos dos (Doorenbos y Kassam, 1979). Los efectos acumulativos de la temperatura tienen directa incidencia en el crecimiento y desarrollo del cultivo de cáñamo		

Para la zonificación de aptitud es fundamental conocer la distribución espacial anual de la temperatura del aire ya que es la base para establecer áreas con condiciones térmicas diferenciales, lo cual permite establecer zonas con aptitudes alta (A1), media (A2), baja (A3) y no apto (N1) para el cultivo de cáñamo con fines industriales.

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

Los valores asignados para la construcción de rangos de temperatura se realizaron según los requerimientos térmicos del cáñamo.

Temperatura media anual (°C)	Aptitud
> 22	Alta (A1)
20 -22	Media (A2)
13-20	Baja (A3)
< 13	No apto (N1)

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

No se dispone con una cobertura idónea de estaciones que registren la variable temperatura en todo el territorio nacional. En consecuencia, el análisis espacial anual no refleja de manera precisa la condición térmica actual del país.

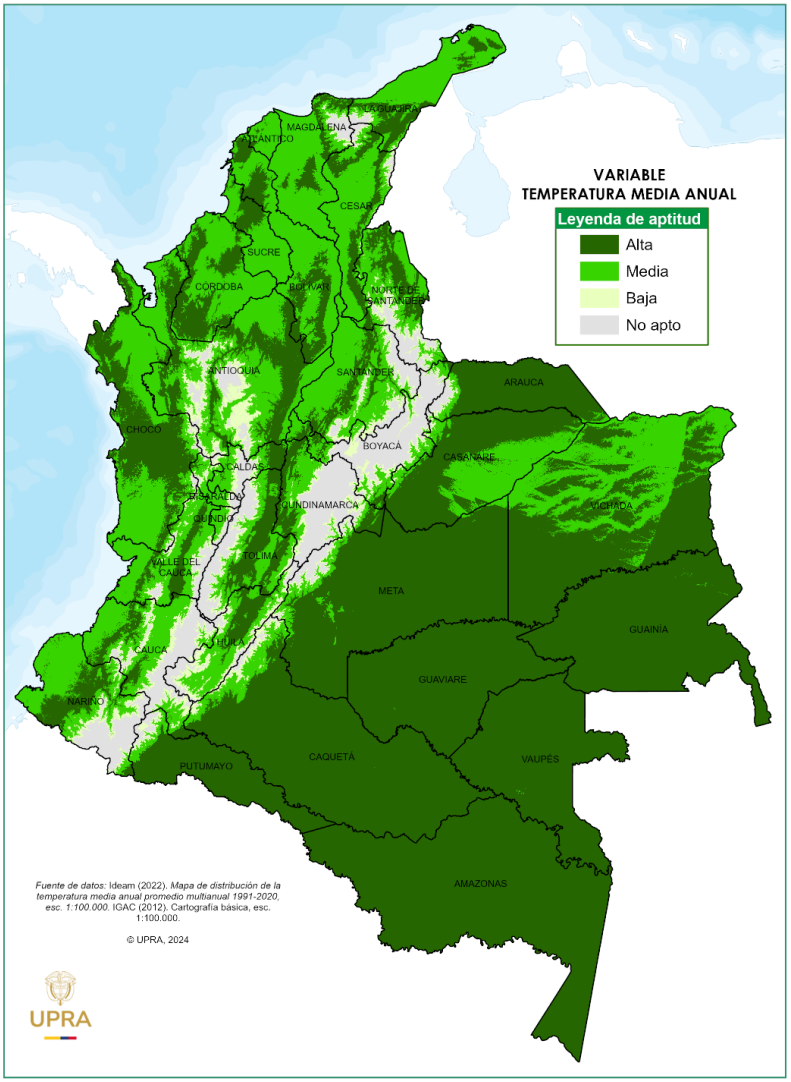
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La información de base para las unidades térmicas se tomó de los datos publicados por el Ideam en la normal climática 1981-2010.

Se realizó la delimitación a escala espacial, de acuerdo con los rangos establecidos por el equipo profesional de trabajo del componente físico, actividad que fue soportada por el grupo de la Oficina TIC de la UPRA.

Unidad de análisis	Distribución de la temperatura media anual en el territorio nacional

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Campos, D. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos*. México: Trillas.
- Doorembos, J. y Kassam, A. (1979). *Yield response to water. Estudio de riego y drenaje* N.° 33, FAO, Roma. p. 193.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (Ideam). (2017). *Mapa de distribución de la temperatura media anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (1976). http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es.

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

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Físico	**SUBCOMPONENTE:** Climático	
CRITERIO ASOCIADO: Condiciones climáticas		
VARIABLE: Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)	**UNIDAD DE MEDIDA:** índice, entre 0 y 1	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	√
	Análisis jerárquico	√
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

Relación mensual entre la precipitación y la evapotranspiración actual del cultivo (Campos, 2005).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

La variable se refiere al potencial de agua que se podría suministrar por la precipitación natural. Las necesidades de agua para los cultivos son estimadas a través de la evapotranspiración actual y son suplidas en la medida que la precipitación esté disponible; esta relación indica que cuando los valores estén cercanos o iguales a 1, las necesidades de agua están siendo compensadas y, en la medida que se aleja, aumentan los déficits hídricos, lo que afecta 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 ocasiona estrés hídrico y, por lo tanto, imposibilidad para establecer y permitir el crecimiento, desarrollo y producción del cáñamo con fines industriales.

Índice de disponibilidad de humedad para el cultivo (IDHc)	IDHc _ Exceso	Aptitud
> 0,760	Sin calificación	Alta (A1)
0,704-0,760	2,2-3,2	Media (A2)
0,400-0,704	> 3,2	Baja (A3)
< 0,4	Sin calificación	No apto (N1)

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 de condiciones de baja evaporación.

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, la información de suelos que tiene cubrimiento nacional son los estudios generales (escala 1:100.000) y estos contienen asociaciones como unidades cartográficas de suelos.

Es así como, 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 para ésta (USDA, 1961).

Así mismo, el *Kc* máximo para el cultivo de cáñamo no se encuentra claramente establecido en la literatura pero se encuentran valores que varían desde 0,4 hasta 1,01, condición que no permite un establecimiento de dicho parámetro de manera precisa.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

Índice de disponibilidad de humedad del cultivo (IDHc) se calculó en función de la siguiente ecuación:

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

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, 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 a 2010.

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

*ETc = Kc * ETo*

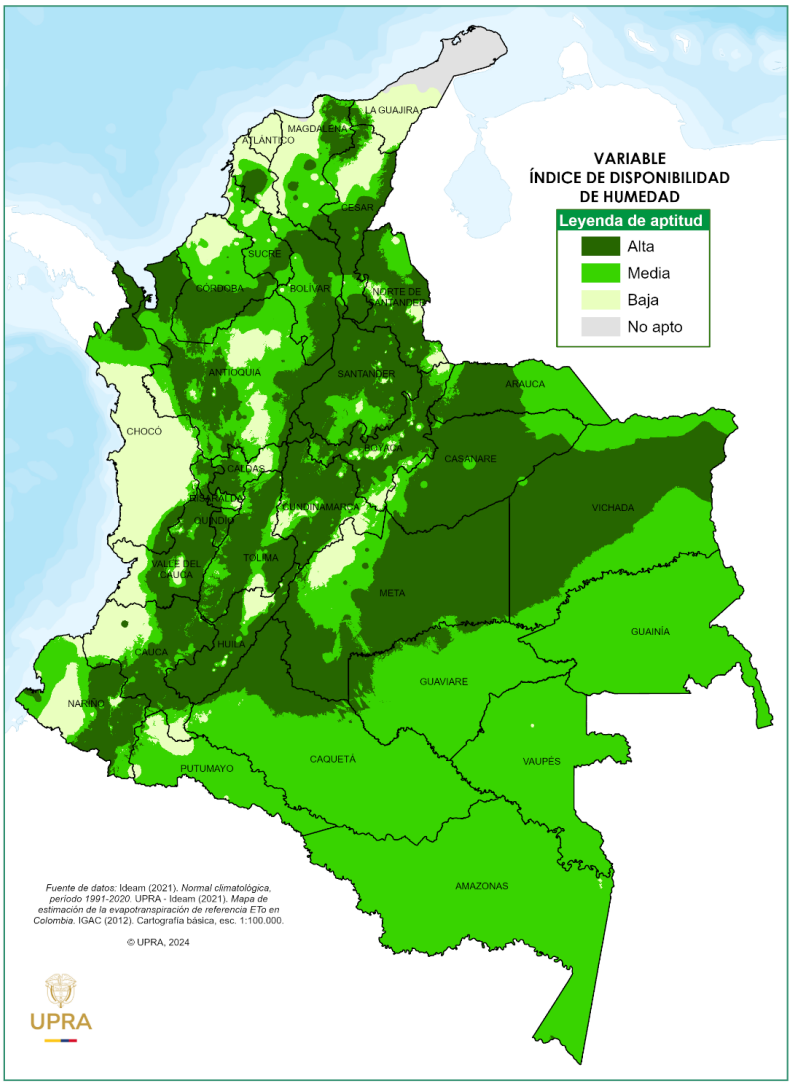
Donde:

Kc: Coeficiente hídrico del cultivo de cáñamo. Valor utilizado = 1,01

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

Unidad de análisis	Distribución del IDHc anual

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Campos, D. (2005). *Agroclimatología cuantitativa de cultivos*. México: Trillas. • Doorembos, J. y Kassam, A. (1979). *Yield response to water. Estudio de riego y drenaje* N.° 33, FAO, Roma, p. 193. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (Ideam). (2017). *Tabla promedios mensuales multianuales de precipitación y evapotranspiración de referencia, periodo 1981-2010*. Bogotá: Ideam. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC. • Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (1976). http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es.

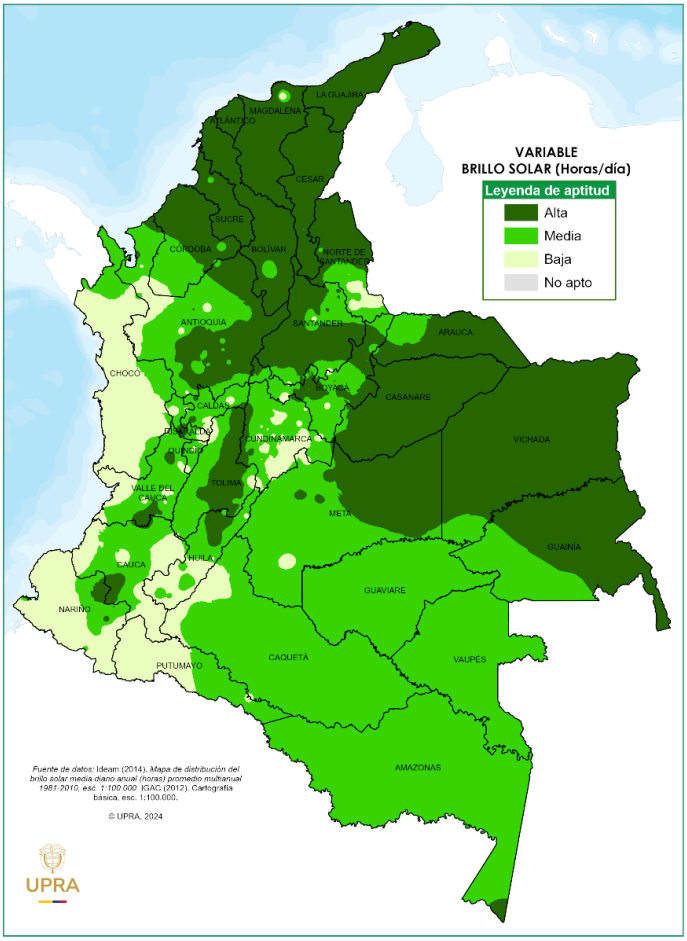
1.1.3. Variable *Brillo solar medio diario anual*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
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
El brillo solar o insolación, se refiere a la cantidad de horas en la que los rayos del sol llegan directamente sobre la superficie terrestre (Ideam, 2017).
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE
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.
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO
Los valores asignados para la construcción de rangos de brillo solar se realizaron según los requerimientos de la especie.

Brillo solar medio diario anual (horas sol/día)	Aptitud
> 5	Alta (A1)
4-5	Media (A2)
< 4	Baja (A3)
-	No apto (N1)

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 2017 del Ideam. En consecuencia, el análisis espacial anual, no refleja de manera precisa 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 1991 a 2020. 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.
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. • Doorembos, J. y Kassam, A. (1979). *Yield response to water. Estudio de riego y drenaje* N°33, FAO, Roma, p. 193. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (Ideam). (2017). *Mapa distribución del brillo solar medio diario anual, promedio multianual 1981-2010, escala: 1:100.000*. Bogotá: Ideam. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC. • Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (1976). http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es.

1.2. Criterio *Capacidad de laboreo*

FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Físico	**SUBCOMPONENTE:** Edáfico	
CRITERIO: Capacidad de laboreo		
TIPO DE CRITERIO	**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 en fase cartográfica de pedregosidad.

DEFINICIÓN
Características del terreno para preparar un lecho con los nutrientes adecuados y con unas condiciones 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 PARA EL CULTIVO
Influye en la realización de las diferentes labores culturales, tanto manuales como mecanizadas, que van desde la preparación del lote, trazado, siembra, desyerbas, aplicación de plaguicidas, fertilizaciones y cosecha, entre otros.

El establecimiento del cultivo de cáñamo implica el uso de maquinaria, en las actividades de preparación del terreno y construcción de drenajes y, eventualmente, infraestructura de riego, especialmente cuando se encuentra en áreas planas.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

La pendiente presenta límites que se califican como no aptos (N1), cuando son mayores de 50 %, ya que no permiten el desarrollo de labores, especialmente las mecanizadas.

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

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

La pedregosidad no se encuentra en rangos por porcentaje, solamente si es pedregoso, lo cual implica que es mayor de 35 %.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

Variable	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Pendiente	Porcentaje (%)	≤ 12	12-25	25-50	> 50
Textura	Clase textural	F, FL, FA, FArA, FArL, FAr	ArA, ArL, L	A, AF, Ar	-
Pedregosidad	Fase de pedregosidad	No pedregoso	-	Pedregoso	-

En la aptitud media (A2), se incluyen los horizontes orgánicos, los subgrupos *Vertic*, los *Oxisoles* y los *Ultisoles*; en la aptitud baja (A3) se incluyen los suelos clasificados como *Vertisoles* por su alto contenido de arcilla, al igual que los *Psamments* por su alto contenido de arenas; el resto de las texturas se califican con *aptitud alta (A1)*.

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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

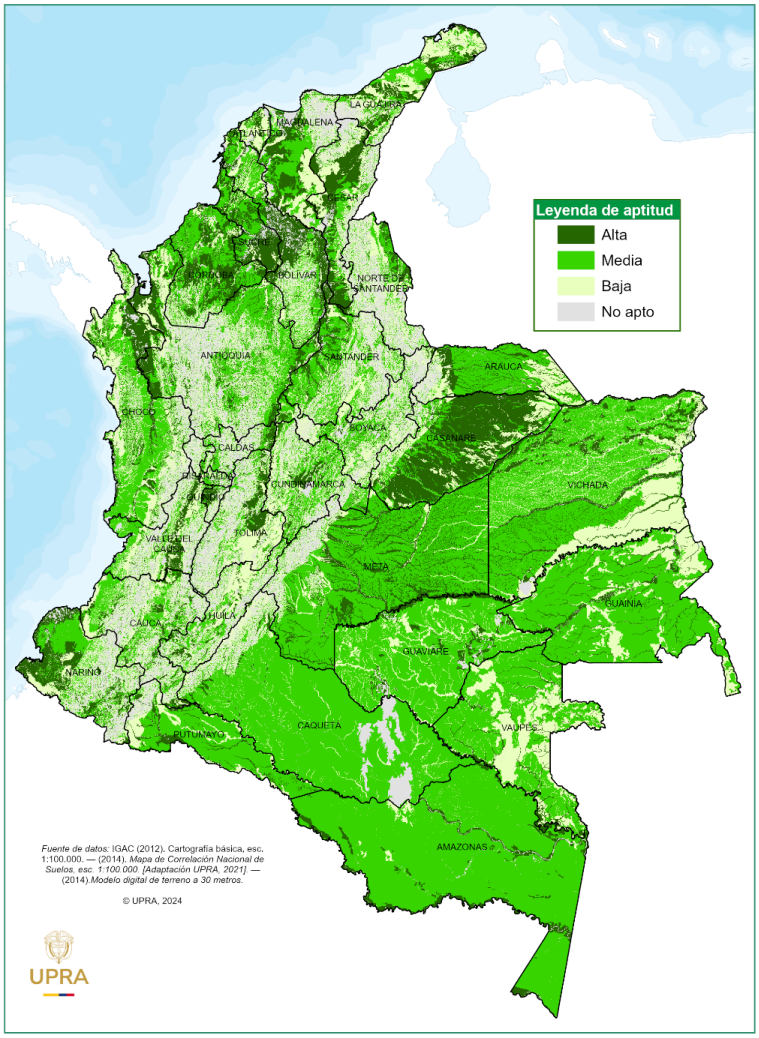
La determinación de la clase de aptitud se obtiene tomando las tres variables y comparando los rangos de aptitud entre sí:

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

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

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá. 119 p.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (2020). *Mecanización agrícola sostenible*. Obtenido de http://www.fao.org/sustainable-agricultural-mechanization/guidelinesoperations/es/.

1.2.1. Variable *Pendiente*

<table>
<tr><th colspan="3">FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE</th></tr>
<tr><td>TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td colspan="2">Cultivo de cáñamo (Cannabis sativa var. sativa) con fines industriales</td></tr>
<tr><td colspan="2">COMPONENTE: Físico</td><td>SUBCOMPONENTE: Edáfico</td></tr>
<tr><td colspan="3">CRITERIO ASOCIADO: Capacidad de laboreo</td></tr>
<tr><td colspan="2">VARIABLE: Pendiente</td><td>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">Grado de inclinación de una superficie desde la horizontal, generalmente expresada en porcentaje o grados (Soil Science Society of America, 2018). Se relaciona con el desplazamiento a través del cultivo y con las facilidades de mecanización.</td></tr>
<tr><td colspan="3">IMPORTANCIA DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="3">Incide directamente en la traficabilidad de la maquinaria y de las personas y, por lo tanto, en la eficiencia de la adecuación, preparación y mantenimiento y demás labores de los cultivos del cáñamo, ya sea en forma manual, con tracción animal o mecanizada.

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 del cultivo, especialmente en sistemas comerciales intensivos como el del cáñamo.</td></tr>
<tr><td colspan="3">VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO</td></tr>
<tr><td colspan="3">Pendientes mayores del 50 % se excluyen como zonas no aptas (N1) para cultivos comerciales de cáñamo, debido a las exigencias en el desempeño de la maquinaria.</td></tr>
<tr><td colspan="3">LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="3">El uso de las fases cartográficas por pendiente, 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.</td></tr>
</table>

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El aspecto de la pendiente, su forma y 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 la variable se basó en el uso de las fases de pendiente que se encuentran en el Mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), hasta el 25 %, de aquí en adelante se utilizan los mismos rangos, pero originados del modelo de elevación *DEM* de 30 metros.

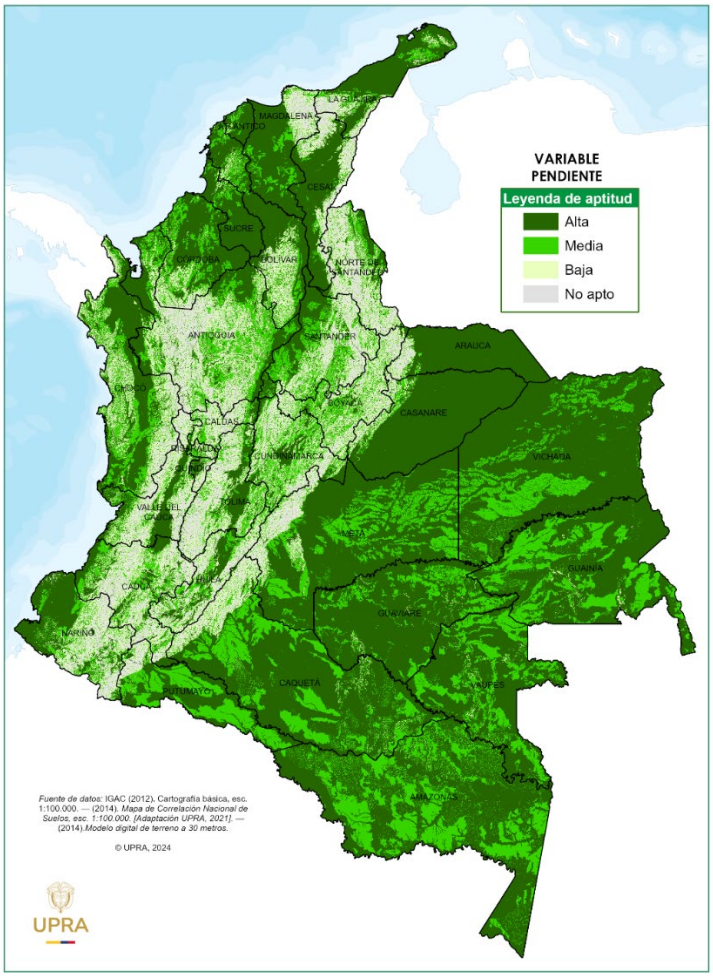
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Esta variable presenta rangos de aptitud de acuerdo con las condiciones del terreno (Maracchi, 2007) y con la exigencia a la maquinaria utilizada en las diferentes labores de los cultivos, así:

Pendiente (%)	Aptitud
≤ 12	Alta (A1)
12-25	Media (A2)
25-50	Baja (A3)
> 50	No apto (N1)

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. 119 p. Bogotá: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Maracchi, G. (2007). *Manuale di coltivazione e prima lavorazione della canapa da fibra*. Pubblicazione collegata alla Collana: RICERCA TRASFERIMENTO INNOVAZIONE. Settore delle politiche regionali dell'innovazione e della ricerca. https://agronotizie.imagelinenetwork.com/materiali/Varie/File/Mario_Rosato/Manuale-coltivazione-prima-lavorazione-canapa-.pdf.
- Soil Science Society of America. (2018). *Glosario de términos de ciencias del suelo*. Obtenido de: <https://www.soils.org/publications/soils-glossary?ssoContinue=1#>.

1.2.2. Variable *Textura*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Físico	**SUBCOMPONENTE:** Edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: Capacidad de laboreo		
VARIABLE: Textura	**UNIDAD DE MEDIDA:** Clases texturales	
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, que afecta los requerimientos de potencia de la tracción utilizada. Para que los implementos, ya sean manuales o mecánicos, 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 (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, el uso de la maquinaria e implementos, no se excluye alguna clase.		
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 argumento 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 cada unidad de suelos con texturas de diferente calificación, que no es posible diferenciar en la calificación de la unidad, dada la escala que se determinó para la presente zonificación de aptitud.		

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La información base para determinar la textura de las unidades de suelos fue 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. Las clases texturales se presentan 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)

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Fuente: USDA (2017).

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

Las clases texturales con *aptitud media (A2)* corresponden a las que presentan altos contenidos de arcillas que pueden compactar el suelo y generar pegajosidad. También se incluyen en esta categoría las texturas orgánicas, ya que su alta porosidad facilita la compactación del suelo. Igualmente, los suelos con dominancia de arcillas 1:1 (*Oxisoles*, *Ultisoles* y subgrupos *Oxic*), por su baja pegajosidad. También se incluyen los subgrupos *Vertic*.

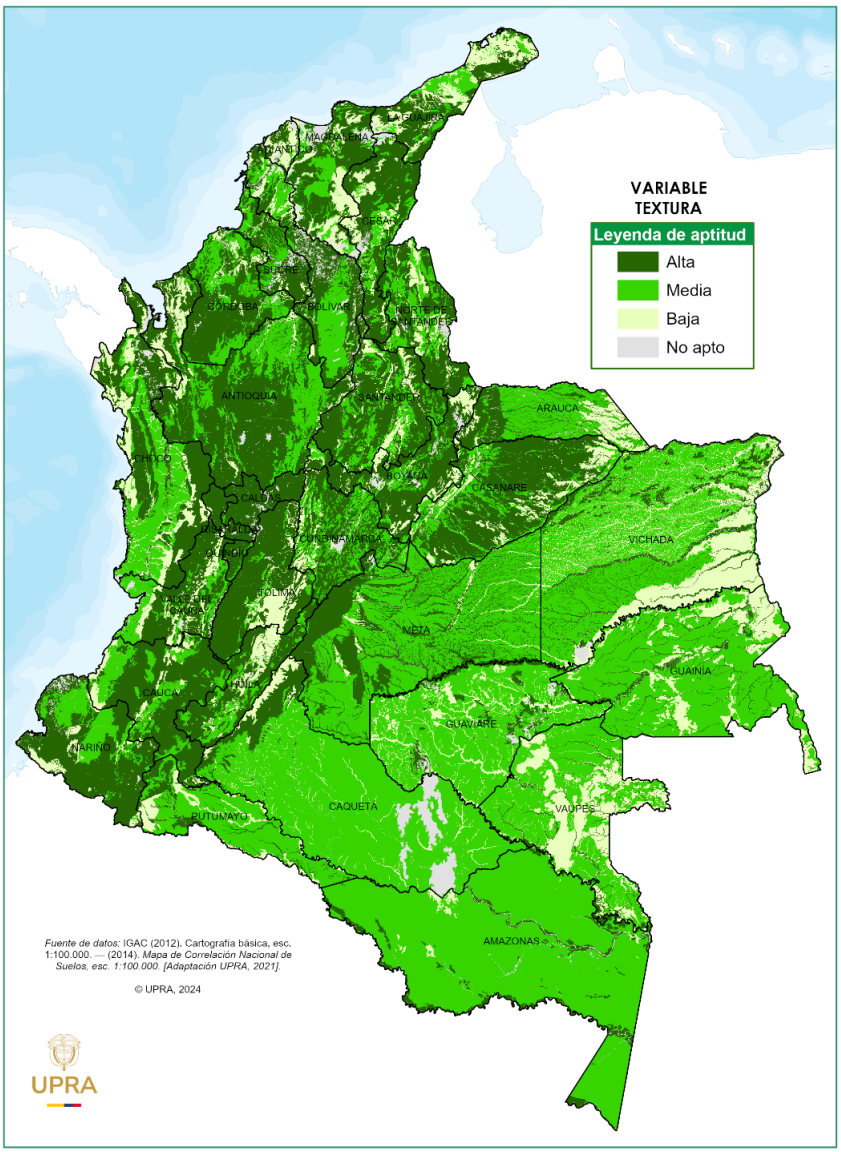
Las clases texturales con *aptitud baja (A3)* corresponden a las gruesas (*Psamments*), porque facilitan la compactación del suelo, desgastan con mayor rapidez las herramientas y no permiten la construcción de surcos; igualmente, para la clase arcillosa y cuando ésta tiene proporción mayor del 60 %,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

Rangos de aptitud

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

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. 119 p. Bogotá: IGAC. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC. • Malagón, Dimas y Montenegro, Hugo. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Bogotá: IGAC. p. 101 y 157. • United States Department of Agriculture. (USDA) (2017). *Soil sourvey manual*. Agriculture Handbook N.° 18. 639 p. https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf.

1.2.3. Variable *Pedregosidad*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Físico	**SUBCOMPONENTE:** Edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: Capacidad de laboreo		
VARIABLE: Pedregosidad	**UNIDAD DE MEDIDA:** Fase cartográfica de pedregosidad	
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, lo que limita 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 tierras y demás prácticas culturales como el uso de herramientas, elaboración de drenajes, surcados y cosecha.

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

No se considera rango de exclusión técnica (N1) ya que se pueden mejorar las condiciones del suelo removiendo la pedregosidad, solo que estas prácticas elevan los costos de preparación de las tierras; de otra parte, no todos los cultivos de cáñamo 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), donde solamente aparece 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 aparecen 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

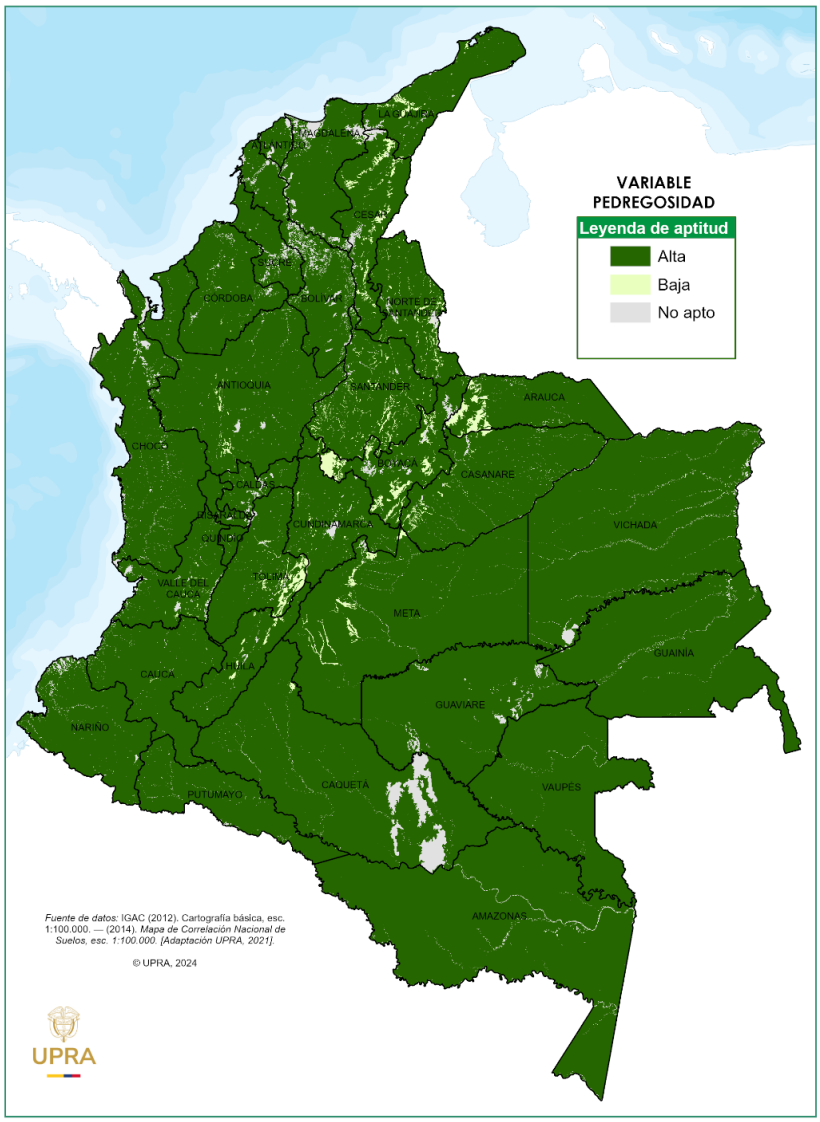
La asignación de rangos corresponde a la fase cartográfica de pedregosidad, es decir, fase pedregosa y sin fase de pedregosidad (expresión que indica tácitamente que no hay pedregosidad).

Rangos de pedregosidad

Pedregosidad (fase de pedregosidad)	Aptitud
No pedregoso	Alta (A1)
-	Media (A2)
Pedregoso	Baja (A3)

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá. 119 p.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (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 N.° 15. p. 44-46.

1.3. Criterio *Disponibilidad de nutrientes*

FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Físico	**SUBCOMPONENTE:** Edáfico	
CRITERIO: Disponibilidad de nutrientes		
TIPO DE CRITERIO	**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 balanceadas y apropiadas para el crecimiento de plantas específicas, cuando otros factores tales como la luz, la humedad, la temperatura y la condición física del suelo son favorables (USDA, 1961).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO

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

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

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Como exclusión técnica (N1), se encuentran los suelos denominados *Histosoles*, 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 y fijación de nitrógeno (MADS, 2020).

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

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

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los valores de cada una de las variables involucradas en el criterio se extrajeron del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014), en el cual 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 afecta la disponibilidad de los elementos. La calificación que se consideró en cada una de las variables es:

Variables	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Acidez (pH)	pH	5,0-7,0	4,5 –5,0 y 7,0-7,5	< 4,5 y > 7,5	-
Capacidad de intercambio catiónico	cmol/kg de suelo	> 20	10-20	< 10	-
Saturación de bases	Porcentaje	> 20	10-20	< 10	-
Carbono orgánico	Porcentaje	0,5-7,6	0,2-0,5 y > 7,6	< 0,2	Histosoles

Los rangos de aptitud de cada una de las variables están dados de acuerdo con diferentes consultas con productores 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 el favorecimiento que cada una de las variables representan al desarrollo del cultivo (acidez 30 %; CIC, 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 y A3: ≤ 2.

Árbol de decisión del criterio

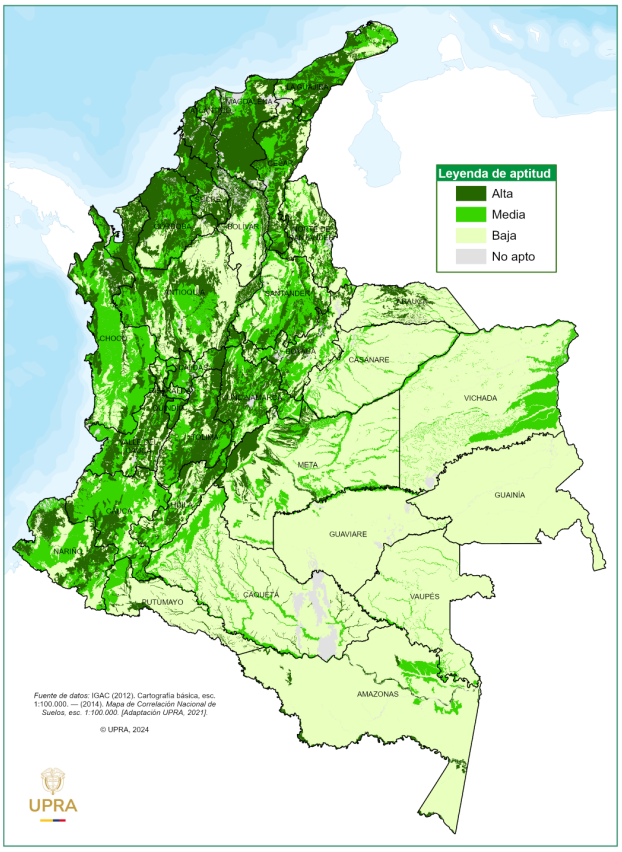
Acidez (pH)	Saturación de bases	Capacidad de Intercambio catiónico	Carbono orgánico	Aptitud
5,0-7,0	> 20	≥ 20	0,5-7,6	A1
			0,2- 0,5 y > 7,6	A1
			< 0,2	A2
		10-20	0,5-7,6	A1
			0,2-0,5 y > 7,6	A1
			< 0,2	A2
		10	0,5-7,6	A1
			0,2-0,5 y > 7,6	A2
			< 0,2	A2
	10-20	≥ 20	0,5-7,6	A1
			0,2-0,5 y > 7,6	A2
			< 0,2	A2
		10-20	0,5-7,6	A1
			0,2-0,5 y > 7,6	A2
			< 0,2	A3
		10	0,5-7,6	A2
			0,2-0,5 y > 7,6	A2
			< 0,2	A3
	< 10	≥ 20	0,5-7,6	A2
			0,2-0,5 y > 7,6	A2
			< 0,2	A3
		10-20	0,5-7,6	A2

				0,2-0,5 y > 7,6	A3
				< 0,2	A3
			10	0,5-7,6	A2
				0,2-0,5 y > 7,6	A3
				< 0,2	A3
		> 20	≥ 20	0,5-7,6	A1
				0,2-0,5 y > 7,6	A2
				< 0,2	A2
			10-20	0,5-7,6	A1
				0,2-0,5 y > 7,6	A2
				< 0,2	A3
			10	0,5-7,6	A2
				0,2-0,5 y > 7,6	A2
				< 0,2	A3
	4,5-5,0 y 7,0-7,5	10-20	≥ 20	0,5-7,6	A2
				0,2-0,5 y > 7,6	A2
				< 0,2	A3
			10-20	0,5-7,6	A2
				0,2-0,5 y > 7,6	A3
				< 0,2	A3
			10	0,5-7,6	A2
				0,2-0,5 y > 7,6	A3
				< 0,2	A3
		< 10	≥ 20	0,5-7,6	A2
				0,2-0,5 y > 7,6	A3
				< 0,2	A3
			10-20	0,5-7,6	A3
				0,2-0,5 y > 7,6	A3
				< 0,2	A3
			10	0,5-7,6	A3
				0,2- 0,5 y > 7,6	A3
				< 0,2	A3
	< 4,5 y > 7,5	> 20	≥ 20	0,5-7,6	A2
				0,2-0,5 y > 7,6	A2
				< 0,2	A3
			10-20	0,5-7,6	A2

			0,2-0,5 y > 7,6	A3
			< 0,2	A3
		10	0,5-7,6	A2
			0,2-0,5 y > 7,6	A3
			< 0,2	A3
	10-20	≥ 20	0,5-7,6	A2
			0,2-0,5 y > 7,6	A3
			< 0,2	A3
		10-20	0,5-7,6	A3
			0,2-0,5 y > 7,6	A3
			< 0,2	A3
		10	0,5-7,6	A3
			0,2-0,5 y > 7,6	A3
			< 0,2	A3
	< 10	≥ 20	0,5-7,6	A3
			0,2-0,5 y > 7,6	A3
			< 0,2	A3
		10-20	0,5-7,6	A3
			0,2-0,5 y > 7,6	A3
			< 0,2	A3
		10	0,5-7,6	A3
			0,2-0,5 y > 7,6	A3
			< 0,2	A3
Histosoles				N1

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Ministerio de Ambiente y >Desarrollo Sostenible (MADS). (2020). *Plan nacional de adaptación al cambio climático*. Obtenido de https://www.minambiente.gov.co/index.php/plan-nacional-de-adaptacion-al-cambio-climatico-pnacc/plan-nacional-de-adaptacion-al-cambio-climatico-pnacc
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (1976). *A Framework for Land Evaluation*. En: Soils Bulletin 32. Roma.
- United States Department of Agriculture. (USDA). (1961). *Land-Capability Classification*. Agriculture Handbook N.° 210. EUA: Soil Conservation Service.

1.3.1. Variable *Acidez (pH)*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
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

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 en la escala de 0 a 14 de pH. (Soil Science Society of América, 2018).

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 fisicoquímicas 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.

- Absorción de nutrientes por parte de las raíces. Todas las especies vegetales presentan rangos característicos de pH en los que su absorción es ideal; fuera de ellos, la absorción radicular se dificulta y si los valores de pH son extremos, puede verse deteriorado el sistema de raíces o presentarse toxicidades debidas a la excesiva absorción de elementos fitotóxicos (aluminio).

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

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

No se consideraron rangos no aptos (N1) para el cultivo de cáñamo, 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, escala 1:100.000, son asociaciones y se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; significa que, dentro de la misma, existen áreas de diferentes tamaños que tienen pH diferente al componente calificado; por lo tanto, pueden presentarse niveles diferentes de aptitud.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El IGAC (2010), en el manual codificado de reconocimiento de suelos, clasifica el pH 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 superficiales de los perfiles modales.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

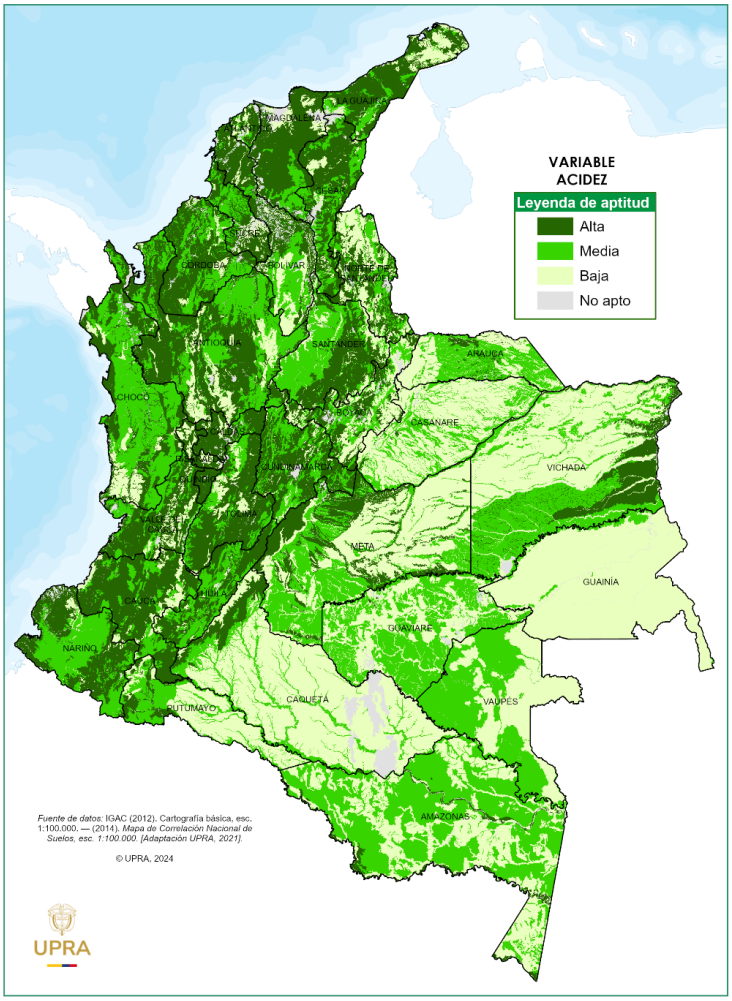
De acuerdo con la adaptabilidad del cultivo de cáñamo a diferentes condiciones de acidez (Ucar, 1948; Merfield, 1999; Fassio y Caretta, 2013; Martínez , 2022; INTA, 2022; Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2022; Zambrano *et al*., 2023;), se establecieron los siguientes rangos:

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

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

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Fassbender, H. y Bornemisza, E. (1987). Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina. Segunda edición. San José de Costa Rica: IICA.
- Fassio Alberto; Rodríguez, Marcelo y Caretta, Sergio. (2013). Cáñamo (*Cannabis sativa* L.). Boletín de divulgación N.° 103. Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. República Oriental del Uruguay. 96 p. Obtenido de: https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=2348.
- Garavito N., Fabio. (1979). Propiedades químicas de los suelos, 2 ed. Bogotá: IGAC. p. 30, 119 y 128.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2010). Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos). Bogotá. 119 p.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Instituto Nacional de Investigación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria. (INTA). (2022). Resultados de la investigación en el cultivo de cáñamo C*annabis sativa* L. Costa Rica. https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f01-11125.pdf.
- Martínez, R. (2022). Niveles óptimos del pH del suelo para el cultivo del cáñamo. Centro de Investigación Permacultural Andino –CIPA–, (Federico Quijano, Mayu Roca, Paolo Serventi), GeoSemillas (Ricardo Martínez, Antonio Garzón). Agricultura de las Américas. Edición 546. https://www.researchgate.net/publication/364383482_Niveles_optimos_del_pH_del_suelo_para_el_cultivo_del_canamo/link/63508a2912cbac6a3edacf45/download?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIiwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uIn19.
- Merfield, C. (1999). Industrial Hemp and its Potential for New Zealand. A Report for the 1999 Kellogg Rural. Leadership Course. https://www.researchgate.net/publication/277111429_Industrial_hemp_and_its_potential_for_New_Zealand.
- Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. (2022). Growing Industrial Hemp in Ontario. omafra. Ontario. https://files.ontario.ca/omafra-growing-industrial-hemp-in-ontario-22-020-en-2023-07-21.pdf.
- Ucar, E. (1948.). *Contribución al estudio del cultivo e industrialización del cáñamo.* Tesis de grado. Universidad de la República (Uruguay). https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/27899.
- United States Department of Agriculture. (USDA) (2017). Soil sourvey manual. https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf.
- Zambrano, A., Romero-Perdomo, F., Santana Medina, J., Ovalle Másmela, J. y Uribe Galvis, C. (2023). *Análisis competitivo del cultivo de Cannabis* spp. y *Erythroxylum coca* en Colombia. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/38632/Doc%20Cannabis-Coca_DOI%20%282%29.pdf?sequence=7&isAllowed=y.

1.3.2. Variable *Saturación de bases*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
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 las bases 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 (protones) del suelo, la cual determina su productividad natural.

El contenido alto de saturación de bases indica que el complejo de cambio está saturado con elementos nutritivos para las plantas de cáñamo. Una mayor saturación de bases indica disponibilidad de nutrientes para las plantas, especialmente cuando la capacidad de intercambio catiónica es elevada. Cuando en condiciones naturales los contenidos de bases son bajos, deben adicionarse fertilizantes.

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, es posible aplicar fertilizantes como parte del manejo del cultivo.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

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

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).

Los valores de saturación de bases se tomaron de los horizontes superficiales de cada uno de los perfiles modales. Se tomaron como base los cinco rangos la tabla de consideraciones generales para evaluación de la fertilidad de los suelos (IGAC, 2010), donde las mejores condiciones son las superiores al 35 %.

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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

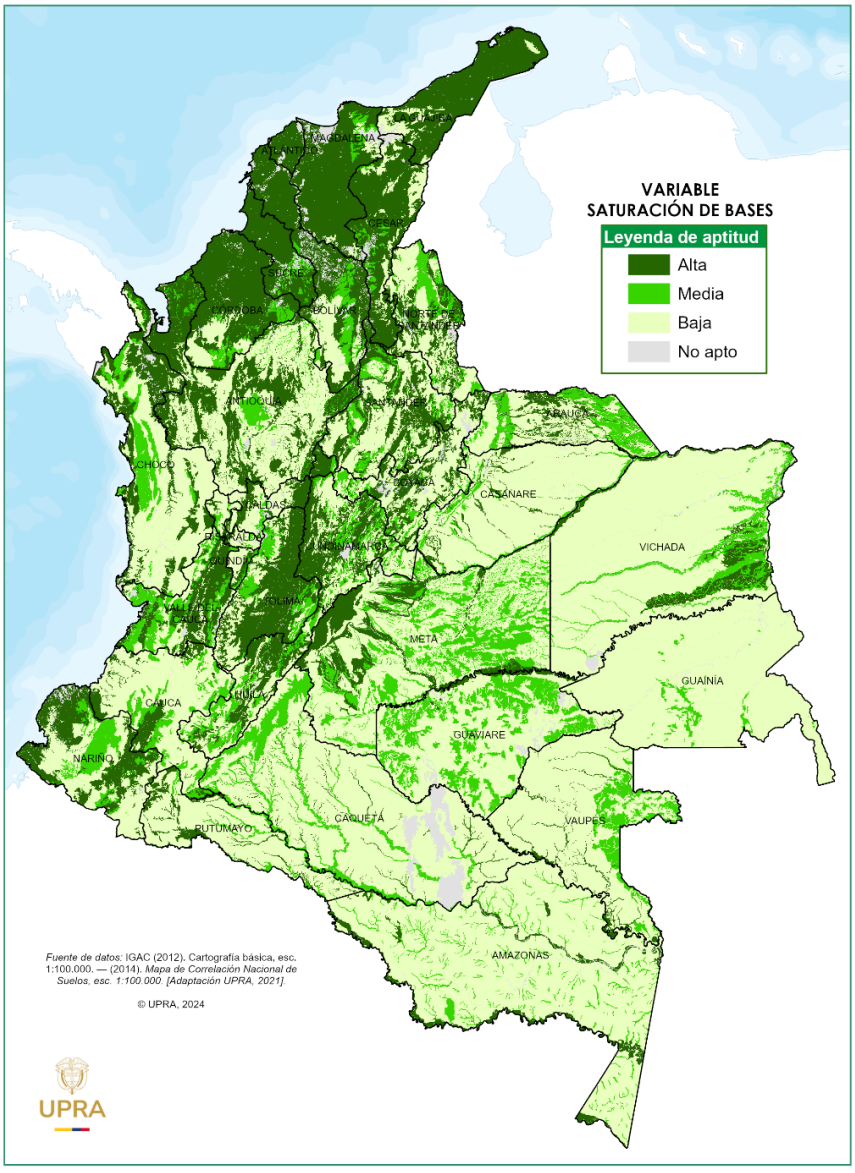
De acuerdo con los requerimientos mínimos de nutrientes en el suelo para el establecimiento de un cultivo de cáñamo (GPIC, 2008; Pierre Bouloc et al, 2013), se establecieron los siguientes rangos de aptitud:

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 productores e investigación relacionada.

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Bouloc, Pierre (Ed.), Allegret, Serge (Ed.) y Arnaud, Laurent (Ed.). (2013). *Hemp: Industrial Production and Uses*. CAB International 2013. https://vdoc.pub/documents/hemp-industrial-production-and-uses-30d291srgm00.
- Grupo promotor de la industria del cannabis (GPIC). (2008). *Cáñamo: ventajas competitivas de México*. https://comisiones.senado.gob.mx/ambiente/reu/docs/presentacion3_e200820.pdf.
  Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (1995). *Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso*. P. 423-427.

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

Malagón, D. (1995). *Suelos de Colombia: origen, evolución, clasificación, distribución y uso*. p. 423-427. Bogotá: IGAC.

Soil Science Society of America. (2018). *Glosario de términos de ciencias del suelo*. <https://www.soils.org/publications/soils-glossary?ssoContinue=1#>.

1.3.3. Variable *Carbono orgánico*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Físico	**SUBCOMPONENTE:** Edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de nutrientes		
VARIABLE: Carbono orgánico	**UNIDAD DE MEDIDA:** Porcentaje (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	✓
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
El carbono orgánico del suelo se encuentra en forma de residuos orgánicos alterados de plantas y animales y microorganismos vivos y muertos, en el humus y en forma muy condensada, casi como carbono elemental (carbón vegetal, grafito, carbón) (Jackson, 1958).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
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 proporciona fuentes energéticas a los organismos del suelo, generalmente heterótrofos en forma de carbono lábil (hidratos de carbono o compuestos orgánicos de bajo peso molecular) (Borie *et al.*, 1999).		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO,		

SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO

Como exclusión técnica (N1) se encuentran los suelos denominados Histosoles, 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 y fijación de nitrógeno (MADS, 2020).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

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 la unidad existen áreas de diferentes tamaños que tienen variadas cantidades de carbono orgánico, lo cual puede significar aptitud diferente al componente calificado.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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

Se tienen la tabla para el cálculo de la fertilidad de los suelos (IGAC, 2010), la cual discrimina los contenidos en cinco categorías, de acuerdo con el clima donde se encuentra, considerando que el cáñamo es cultivado principalmente en clima cálido y que los mejores contenidos son los mayores a 1,7 %.

Rangos de carbono orgánico (%)					
Clima cálido	≤ 0,2	0,2-0,5	0,5-1,7	1,71-2,9	< 3,0

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

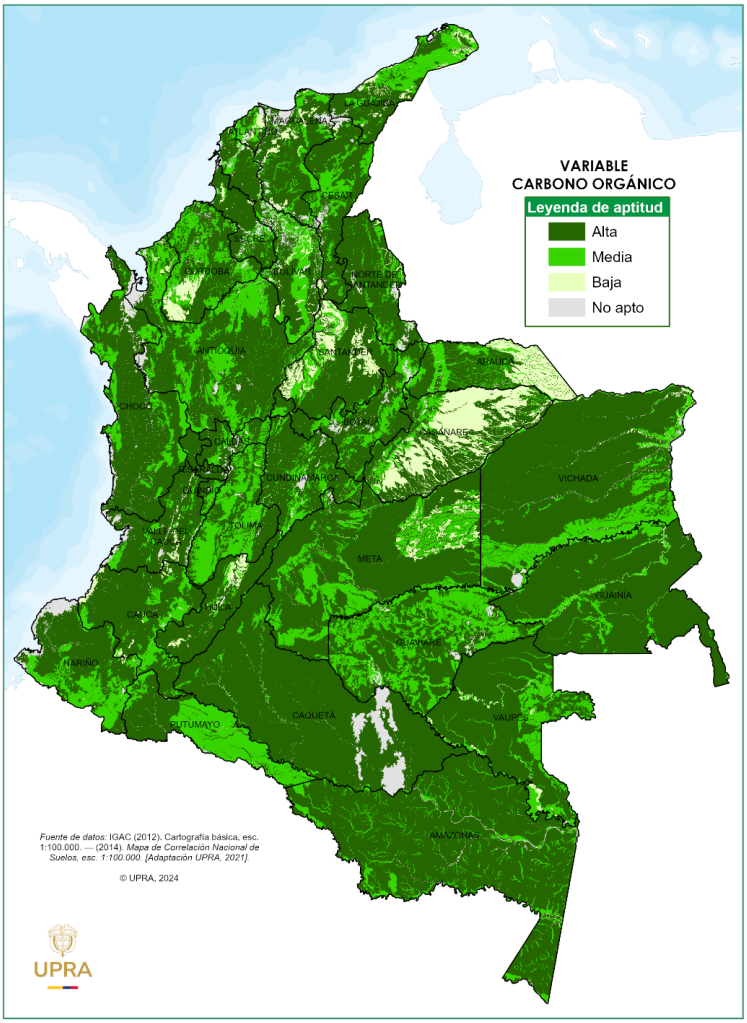
Los rangos para asignar los valores de aptitud para la variable se construyen teniendo en cuenta los requerimientos de materia orgánica y de nitrógeno referenciados para el cultivo del cáñamo (Merfield, 1999; Pantoja, 1931; Ucar, 1948; Maracchi, 2007; GPIC., 2008; Huertas y Toro, 2021; INTA, 2022; Zambrano *et al*., 2023;) de la siguiente forma:

Carbono orgánico (%)	Aptitud
0,5-7,6	Alta (A1)
0,2-0,5 y > 7,6 andisoles	Media (A2)
< 0,2	Baja (A3)
Histosoles	No apto (N1)

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

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Borie, G.; Aguilera, S. y Peirano, P. (1999). «*Actividad biológica en suelos*». En: *Frontera Agrícola* 5. p. 29-32.
- Fassbender, H. y Bornemisza, E. (1987). *Química de suelos con énfasis en suelos de América Latina*. Segunda ed. San José de Costa Rica: IICA.
- Grupo promotor de la industria del cannabis GPIC. (2008). Cáñamo: ventajas competitivas de Mexico. https://comisiones.senado.gob.mx/ambiente/reu/docs/presentacion3_e200820.pdf.

- Huertas C., S y Toro S., M.S. (2021). Bioprospección del Cáñamo Soportada en Procesos Verdes para la Industria Colombiana. Universidad EAN. https://repository.universidadean.edu.co/bitstream/handle/10882/10857/HuertasStiven2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. 119 p. Bogotá: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Instituto Nacional de Investigación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). (2022). Resultados de la investigación en el cultivo de cáñamo C*annabis sativa L*. Costa Rica. https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f01-11125.pdf.
- Jackson, M. L. (1958). Soil chemical analysis. Prentice-Hall. Englewood Cliffs, N.J. p. 205.
- Maracchi G. (2007). Manuale di coltivazione e prima lavorazione della canapa da fibra. Pubblicazione collegata alla Collana: RICERCA TRASFERIMENTO INNOVAZIONE. Settore delle politiche regionali dell'innovazione e della ricerca. https://agronotizie.imagelinenetwork.com/materiali/Varie/File/Mario_Rosato/Manuale-coltivazione-prima-lavorazione-canapa-.pdf.
- Merfield C. (1999). Industrial Hemp and its Potential for New Zealand. A Report for the 1999 Kellogg Rural. Leadership Course. https://www.researchgate.net/publication/277111429_Industrial_hemp_and_its_potential_for_New_Zealand.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). (2020). *Plan nacional de adaptación al cambio climático*. Obtenido en marzo 15 de 2023 de: https://www.minambiente.gov.co/index.php/plan-nacional-de-adaptacion-al-cambio-climatico-pnacc/plan-nacional-de-adaptacion-al-cambio-climatico-pnacc.
- Pantoja, B. (1931). El Cultivo del cáñamo en el valle del Cauca. Revista cafetera de Colombia 3(28/29)1063-1065. https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/1030/1/Rev%20cafetera%20Col%203%2828%2029%291063-1065.pdf.
- Ucar, E. (1948.). *Contribución al estudio del cultivo e industrialización del cáñamo*. Tesis de grado. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Agronomía. https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/27899.
- Zambrano, A., Romero-Perdomo, F., Santana Medina, J., Ovalle Másmela, J., Uribe Galvis, C. (2023). *Análisis competitivo del cultivo de Cannabis spp. y Erythroxylum coca en Colombia*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/38632/Doc%20Cannabis-Coca_DOI%20%282%29.pdf?sequence=7&isAllowed=y.

1.3.4. Variable *capacidad de intercambio catiónico (CIC)*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Físico	**SUBCOMPONENTE:** Edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de nutrientes		
VARIABLE: Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	**UNIDAD DE MEDIDA:** cmol/kg de suelo	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

DEFINICIÓN

De acuerdo con Chapman (citado por 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 (CIC) 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 (Cortes 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 de cáñamo. Interviene en los procesos de floculación y dispersión de la arcilla y, por consiguiente, en la estructura y estabilidad de los agregados.

La capacidad de intercambio catiónico del 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 de las plantas de cáñamo; también es un indicativo de la capacidad reguladora de los suelos (capacidad de evitar cambios bruscos en el pH del suelo o capacidad amortiguadora contra ellos).

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

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

No se determinó área no apta (N1) por esta variable, debido a que a las unidades de tierras con baja CIC se les puede aplicar enmiendas, 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, escala 1:100.000, son asociaciones y se califica el componente taxonómico de mayor representatividad dentro de la unidad; esto significa que, dentro de ésta, existen áreas de menores tamaños que pueden tener saturaciones 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).

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

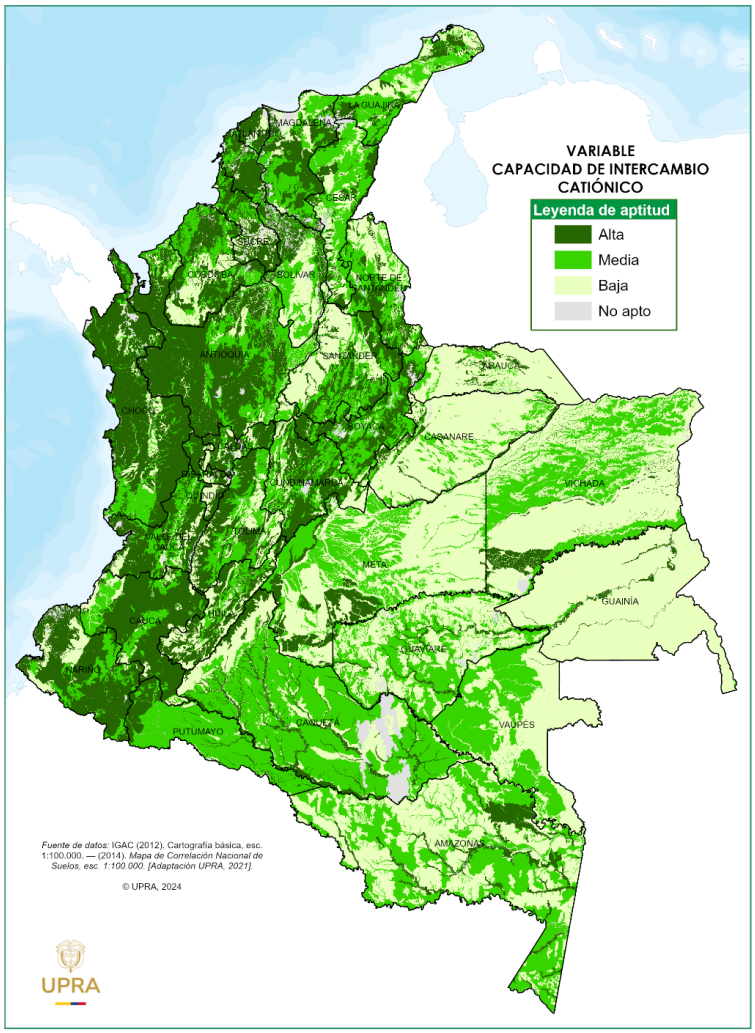
Los límites de variación (rangos de aptitud) se conforman de acuerdo con los valores considerados en la tabla original (IGAC, 2010), de la siguiente forma:

CIC (cmol/kg de suelo)	Aptitud
> 20	Alta (A1)
10-20	Media (A2)
< 10	Baja (A3)

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

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

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

1.4. Criterio *Toxicidad por sales, sodio y aluminio*

FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Físico	**SUBCOMPONENTE:** Edáfico	
CRITERIO: 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: salinidad expresada en dS/m y sodicidad expresada en porcentaje de saturación de sodio (PSI).
- Saturación de aluminio: expresada en porcentaje (%).

DEFINICIÓN

La fitotoxicidad es la capacidad de un elemento o 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 y OMS, 2017).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO

La presencia de elementos en el suelo en concentraciones mayores a las requeridas, que son tóxicas para las plantas de cáñamo, restringe el crecimiento y la producción de tallos, además de producir 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 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, 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, PO_4) por la planta, aumentan la presión osmótica en la solución del suelo e inhiben la división celular.

El aluminio (Al^{+++}) 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.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

De acuerdo con la fisiología de las plantas de cáñamo, se consideran no aptas (N1) las tierras que presenten salinidad superior a 8 dS/m y sodio superior a 15 %.

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

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

En cuando 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.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La aptitud de cada una de las variables involucradas en el criterio se obtuvo 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 variable, así:

Variables	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Saturación de aluminio	Porcentaje (%)	≤ 30	30-60	> 60	_
Salinidad	dS/m	≤ 2	2-4	4-8	> 8
Sodicidad	PSI	≤ 15 (No sódico)	-	-	> 15 (sódico, salino sódico)

Los rangos de aptitud de las variables están dados de acuerdo con diferentes consultas con productores e investigación relacionada con el cultivo.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

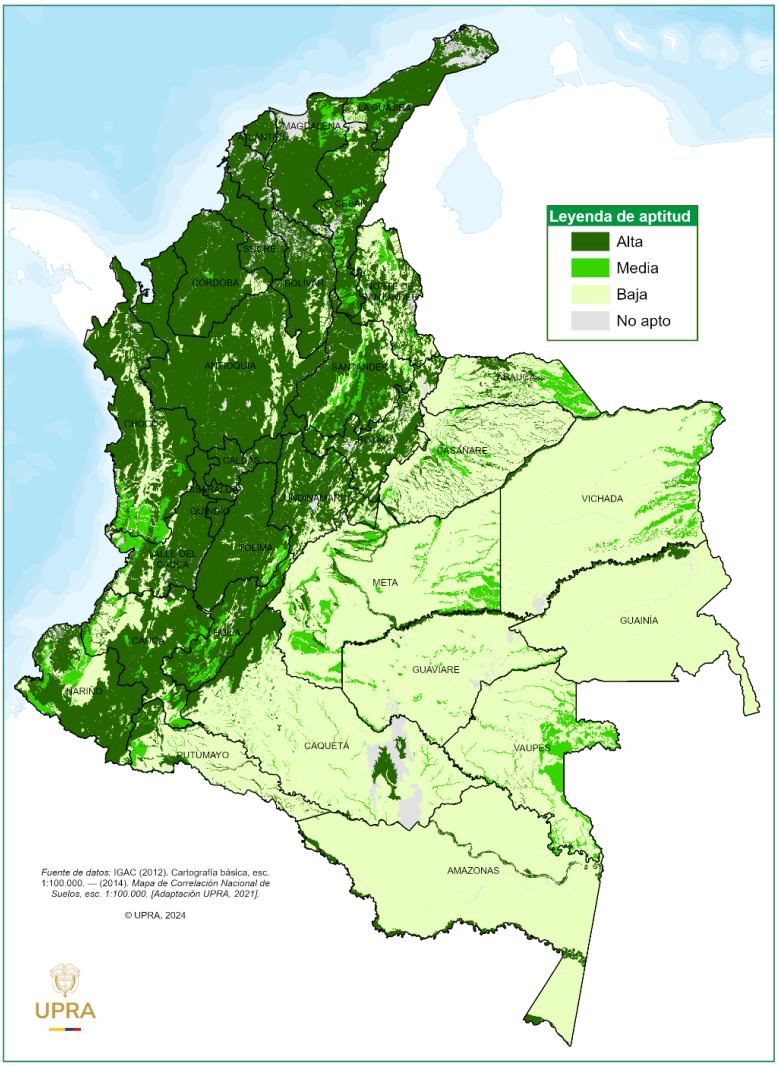
El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud fue la limitación que cada una de las variables representa en el desarrollo del cultivo, de acuerdo con las fuentes consultadas, ya que reduce las posibilidades del adecuado desarrollo de las plantas de cáñamo.

Árbol de decisión para el criterio

Saturación de aluminio	Salinidad (dS/m)	Sodicidad (PSI)	Aptitud
≤ 30	≤ 2	≤ 15 (No sódico)	A1
		> 15 (Sódico, salino sódico)	N1
	2-4	≤ 15 (No sódico)	A2
		> 15 (Sódico, salino sódico)	N1
	4-8	≤ 15 (No sódico)	A3
		> 15 (Sódico, salino sódico)	N1
	> 8	Cualquiera	N1
30-60	≤ 2	≤ 15 (No sódico)	A2
		> 15 (Sódico, salino sódico)	N1
	2-4	≤ 15 (No sódico)	A2
		> 15 (Sódico, salino sódico)	N1
	4-8	≤ 15 (No sódico)	A3
		> 15 (Sódico, salino sódico)	N1
	> 8	Cualquiera	N1
> 60	≤ 2	≤ 15 (No sódico)	A3
		> 15 (Sódico, salino sódico)	N1
	2-4	≤ 15 (No sódico)	A3
		> 15 (Sódico, salino sódico)	N1
	4-8	≤ 15 (No sódico)	A3
		> 15 (Sódico, salino sódico)	N1
	> 8	Cualquiera	N1

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. 119 p. Bogotá: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) y Organización mundial de la Salud (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.

1.4.1. Variable *Salinidad y sodicidad*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
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. Los contenidos altos de sales solubles o de sodio intercambiable, elevan de forma considerable el pH del suelo, lo que a su vez afecta en forma significativa los rendimientos de los cultivos de cáñamo.

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.

El principal efecto perjudicial de las sales es la alta presión osmótica que se desarrolla en la solución del suelo (Garavito, 1979). El cáñamo es una especie que tolera moderados contenidos de sales en el suelo.

Algunos sectores del país con aptitud para el cultivo de cáñamo se localizan en regiones donde se requiere de riego complementario, el cual precisa de un óptimo manejo para que se evite la salinización.

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 en forma adecuada: las raíces profundizan menos y hay menos ramificaciones.
- No hay división y crecimiento celular y, por tanto, las plantas disminuyen su desarrollo.

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

Se considera que unidades de tierra con altos contenidos de sales, mayor al 8 %, no son aptas (N1) para el establecimiento de cultivos de cáñamo, debido a las mínimas probabilidades de buen desarrollo.

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. Para las sales se presentan afloramientos de costras blancas, mientras que el sodio, en costras negras debido a la dispersión de la materia orgánica).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Los suelos salinos y sódicos o no sódicos se obtuvieron a partir de la base de del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). La calificación de salino o no salino y de sódico o no sódico se le otorga al mayor componente taxonómico dentro de la unidad cartográfica de suelos.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

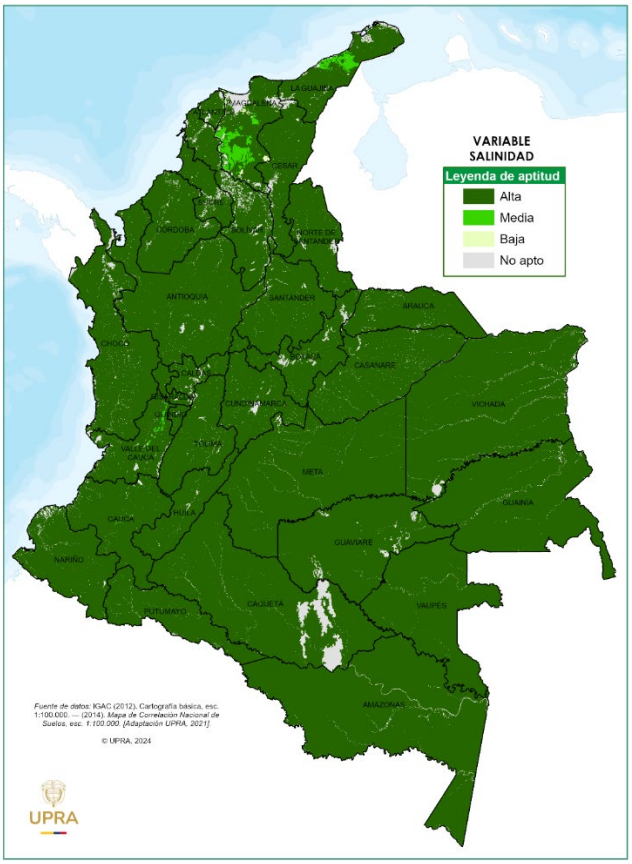
El cáñamo se considera una especie que no tolera suelos salinos (Ucar, 1948). Los suelos con *aptitud alta (A1)* son los que presentan conductividad eléctrica menor de 2 dS/m (no salino) y menos del 15 % de Na intercambiable; con *aptitud media (A2)* se califican los suelos ligeramente salinos (2-4 dS/m) y menos de 15 % de saturación de Na; los suelos con *baja aptitud (A3)* presentan entre 4 y 8 dS/m y menos de 15 % de sodio. Se excluyen como suelos no aptos (N1) los que tienen más de 8 % de sales y sodio mayor de 15 %.

Salinidad y sodicidad

Variables	Aptitud			
	Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Salinidad (dS/m)	< 2	2-4	4-8	> 8
Sodicidad	≤ 15 (No sódico)	-	-	> 15 (sódico, salino sódico)

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Garavito, Fabio. (1979). *Propiedades químicas de los suelos*. Bogotá: IGAC. p. 148 y 149. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2010). Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos). 119 p. Bogotá: IGAC. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá. • Ucar, E. (1948.). *Contribución al estudio del cultivo e industrialización del cáñamo*. Tesis de grado. Universidad de la República (Uruguay). https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/27899.

1.4.2. Variable *Saturación de aluminio*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
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		
Es la 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 hace referencia a la acidez debida al ión aluminio (Al^{+++}), que es abundante en suelos ácidos con pH menor de 5,5 y que afecta el desarrollo de las plantas: inhibe la división celular, causa deficiencias de fósforo e impide la absorción del calcio, del magnesio y del 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).

Un alto contenido de aluminio en el suelo 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. Los excesos de aluminio disminuyen la disponibilidad del fósforo, elemento importante en el suministro de energía para las plantas de cáñamo y responsable de un buen desarrollo del sistema de 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 (Cortes y Malagón, 1984).

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

No se considera rango no apto (N1), para el cultivo de cáñamo, dado que es moderadamente tolerante al aluminio y además se pueden aplicar enmiendas.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

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 misma; esto significa que dentro de ésta existen áreas de menor tamaño 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).

La calificación se hace a partir de los cinco rangos que se obtienen de la tabla para la evaluación de la fertilidad de los suelos (IGAC, 2010), donde los mayores contenidos representan menor aptitud.

Saturación de aluminio (%)					
Rangos (%)	> 60	30-60	15-29	5-14	< 5

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

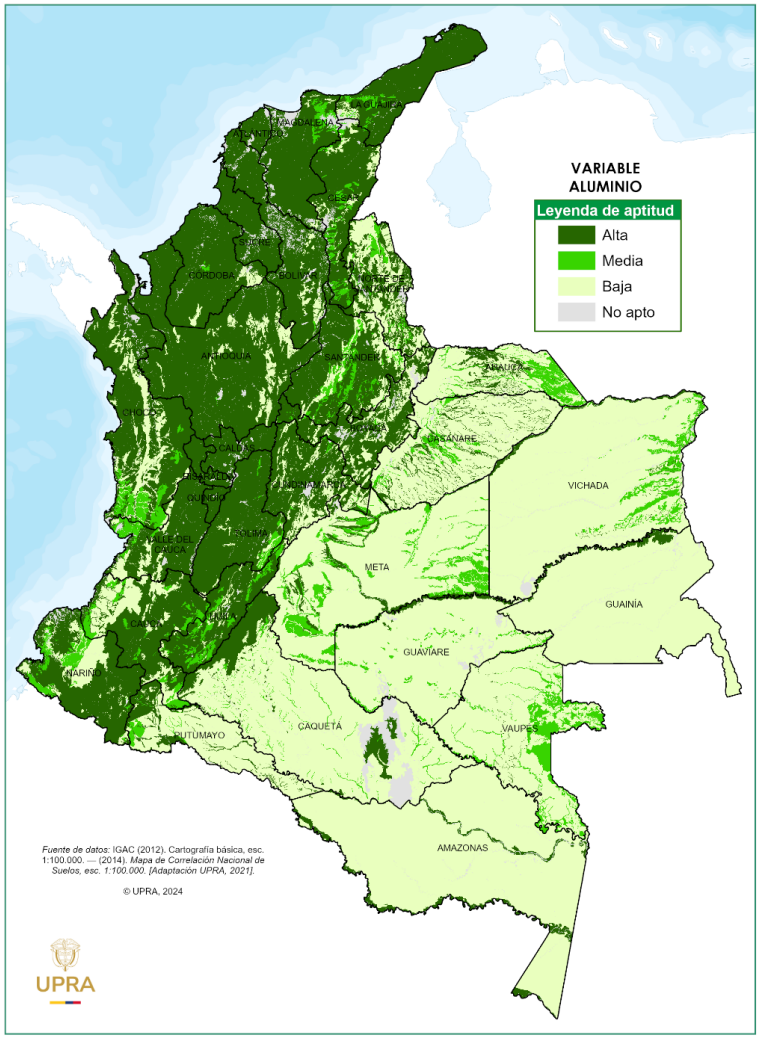
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Teniendo como base las diferentes consultas con productores y reportes técnicos, se determinaron las siguientes aptitudes:

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

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Cortés, Abdón y Malagón, Dimas. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*. Bogotá: UJTL. • Garavito N., Fabio. (1979). *Propiedades químicas de los suelos*. p. 128-130. Bogotá: IGAC. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá. 119 p. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

1.5. Criterio *Condiciones de enraizamiento*

FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Físico	**SUBCOMPONENTE:** Edáfico	
CRITERIO: Condiciones de enraizamiento		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO
• Profundidad efectiva, expresada en centímetros (cm). • Textura, expresada en clases texturales. • Pedregosidad, expresada como fases cartográficas de pedregosidad.
DEFINICIÓN
Conjunto de características físicas del suelo que permiten el establecimiento, fijación y buen desarrollo de las raíces del cáñamo que, en conjunto, conllevan a la formación adecuada de sus estructuras.
IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO
En la medida en que se desarrollen adecuadamente las raíces, tanto la principal como las secundarias, pueden explorar mayor volumen de suelo y tener un espacio físico con mayores posibilidades para abastecerse de agua y nutrientes, de los cuales depende la capacidad para la adecuada formación de los tallos y demás partes de las plantas de cáñamo. 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 formación adecuada de las raíces y profundidad radicular adecuada, el desarrollo del cultivo y la producción se llevan a cabo satisfactoriamente.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Los límites a partir de los cuales se consideró que no es posible el establecimiento de cultivos de cáñamo, considerados no aptos (N1), corresponden a suelos con contactos líticos o pétricos.

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

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

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), las fases de pedregosidad y las clases texturales; la calificación de este criterio se da por medio de un árbol de decisión.

Variables	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 (0-25)	Lithic, Petroferric, Petrocalcic, Petrogypsic
Textura	Clases de texturas	F, FL, FA, AF, FArA, L, FArL	FAr, ArA, A	Ar, ArL	-
Pedregosidad	Fase de pedregosisdad	No pedregoso	-	Pedregoso	-

Además de las texturas consideradas, los horizontes orgánicos se consideran con *aptitud media (A2)*, por su alto contenido de materia orgánica, igualmente se incluyen en esta clasificación los suelos *Oxisoles* y *Ultisoles*, los subgrupos *Oxic*, por tener arcillas de mejores características físicas y, además, los subgrupos *Vertic*. En *aptitud baja (A3)* se incluyen los suelos *Vertisoles*, los *Psamments*, los primeros por altos contenidos de arcilla y los últimos por alto contenido de arena.
Los rangos de aptitud de las variables están dados de acuerdo con diferentes consultas con productores y reportes técnicos.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Se tomaron las tres variables (profundidad efectiva, pedregosidad y textura) y se dio calificación de acuerdo con la limitación que cada variable representa en el adecuado enraizamiento de las plantas de cáñamo.

El argumento para discriminar los diferentes niveles de aptitud fue la limitación que cada una de las variables representa en el desarrollo del cultivo, ya que reduce las posibilidades de una buena formación de raíces y, por lo tanto, su producción de biomasa aérea.

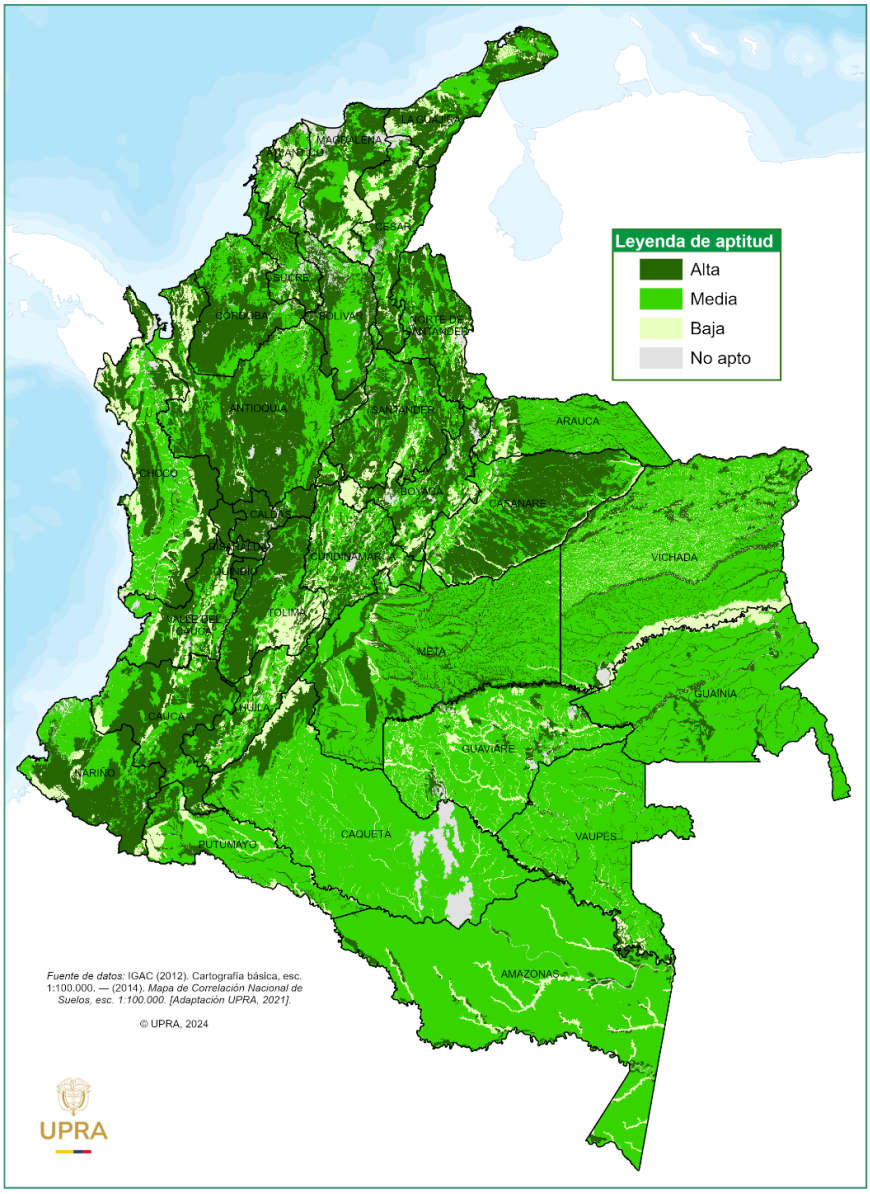
Las consociaciones de suelos calificados como *Lithic*, *Petrocalcic*, *Petroferric* y *Petrogypsic*, no se consideran aptos debido a la limitación extrema para la penetración de las raíces.

Árbol de decisión para el criterio

Profundidad efectiva	Textura	Pedregosidad	Aptitud
Muy profundo, profundo, moderadamente profundo, superficial (> 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	A2
		Con fase de pedregosidad	A3
	Ar, ArL	Sin fase de pedregosidad	A3
		Con fase de pedregosidad	A3
Muy superficial (0-25)	Cualquiera	Cualquiera	A3
Lithic, Petroferric, Petrocalcic, Petrogypsic			N1

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

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

1.5.1. Variable *Profundidad efectiva*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
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 desarrollo de las raíces (USDA, 1961).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
La profundidad del suelo puede influir en el tipo de plantas que pueden crecer en él. 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 y Boyd, 2008). Determina el espacio donde las raíces pueden desarrollarse, afectando el proceso vegetativo y la formación de tallos con buenas fibras. En un suelo profundo las plantas pueden encontrar mayor humedad; por lo tanto, resisten mejor la sequía. Para el cultivo del cáñamo, se considera que el suelo debe tener una profundidad efectiva mayor a 25 cm, libre de fragmentos gruesos, contactos (líticos, *petroférricos*, *petrogypsicos* y *petrocálcicos*) y sin presencia de horizontes argílicos o compactados. 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 en otros criterios.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
Se definieron las profundidades efectivas como no aptos (N1) para el establecimiento del cultivo comercial de cáñamo, cuando existen contactos líticos, petroférricos, petrogypsicos o petrocálcicos, debido a extrema dificultad de ser penetrados por el sistema radicular.		

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

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

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), 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

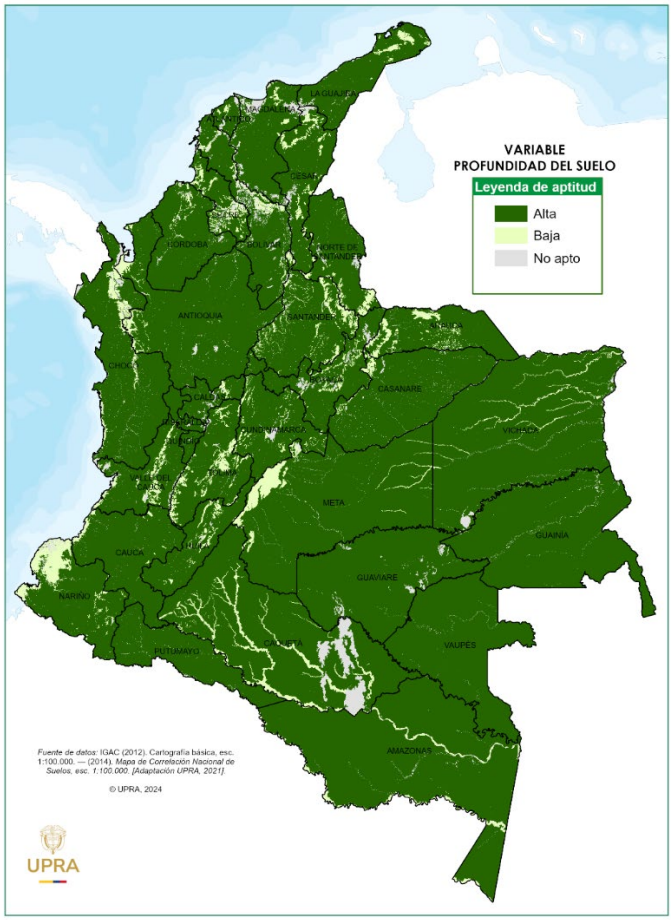
De acuerdo con los requerimientos de profundidad efectiva para el cultivo de cáñamo (Ucar, 1948; Merfield, 1999; Maracchi, 2007; GPIC, 2008; Bouloc *et al*., 2013), se determinaron como tierras con *aptitud alta (A1)*, los suelos con profundidad mayor de 25 cm; y mayor de 25 cm, *aptitud baja (A3*. Se excluyeron los contactos, por no tener espacio físico suficiente para el desarrollo del sistema subterráneo de las plantas, así:

Profundidad efectiva (cm)	Aptitud
Muy profundo, profundo, moderadamente profundo (> 50)	Alta (A1)
Superficial (25-50)	Media (A2)
Muy superficial (0-25)	Baja (A3)
Consociaciones de suelos *Lithic*, *Petroferric*, *petrogypsic* y *Petrocalcic*	No apto (N1)

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

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Bouloc, Pierre (Ed.), Allegret, Serge (Ed.) y Arnaud, Laurent (Ed.). (2013). *Hemp Industrial Production and Uses*. CAB International 2013. https://vdoc.pub/documents/hemp-industrial-production-and-uses-30d291srgm00.
- Grupo promotor de la industria del cannabis (GPIC). (2008). Cáñamo: ventajas competitivas de Mexico. https://comisiones.senado.gob.mx/ambiente/reu/docs/presentacion3_e200820.pdf.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá. 119 p.

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Maracchi, G. (2007). *Manuale di coltivazione e prima lavorazione della canapa da fibra*. Pubblicazione collegata alla Collana: RICERCA TRASFERIMENTO INNOVAZIONE. Settore delle politiche regionali dell'innovazione e della ricerca. https://agronotizie.imagelinenetwork.com/materiali/Varie/File/Mario_Rosato/Manuale-coltivazione-prima-lavorazione-canapa-.pdf.
- Merfield, C. (1999). *Industrial Hemp and its Potential for New Zealand. A Report for the 1999 Kellogg Rural*. Leadership Course. https://www.researchgate.net/publication/277111429_Industrial_hemp_and_its_potential_for_New_Zealand.
- Rajakaruna, N. y Boyd, R. S. (2008). *Edaphic Factor*. En: Encyclopedia of Ecology. <https://www.sciencedirect.com/topics/agricultural-and-biological-sciences/soil-depth#:~:text=Soil%20depth%20can%20greatly%20influence,e.g.%2C%20shrubs%2C%20trees>.
- Ucar, E. (1948.). *Contribución al estudio del cultivo e industrialización del cáñamo*. Tesis de grado. Universidad de la República (Uruguay). https://www.colibri.udelar.edu.uy/jspui/handle/20.500.12008/27899.
- United States Department of Agriculture. (USDA) (1961). *Land-Capability Classification. Agriculture Handbook* N.° 210. EUA: Soil Conservation Service.

1.5.2. Variable *Textura*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Físico	**SUBCOMPONENTE:** Edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: Condiciones de enraizamiento		
VARIABLE: Textura	**UNIDAD DE MEDIDA:** Clases texturales	
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, que afectan la penetración de las raíces y el espacio entre partículas, permitiendo que circule el oxígeno que favorece la aireación y, por lo tanto, buena formación del sistema radicular.

En suelos de texturas finas, las raíces tienen mayor gasto de energía para penetrarlos, más aún si se tiene en cuenta que las raíces jóvenes son muy débiles; 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.

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

No se excluye alguna clase textural para el desarrollo del cultivo de cáñamo, aunque 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 con texturas de diferente calificación que no es posible reflejar en la calificación de la unidad.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La información base para determinar la textura 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. Las clases texturales se presentan 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)

Fuente: USDA (2017).

Esta variable se define con base en los requerimientos para los cultivos de cáñamo, en relación con su crecimiento y desarrollo, consultados con productores y reportes técnicos.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

De acuerdo con los requerimientos para obtener buenos resultados en los cultivos de cáñamo (Pantoja, 1931; Maracchi, 2007; GPIC, 2008; Fassio y Caretta, 2013; Huertas y Toro, 2021; INTA, 2022; Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2022), las clases texturales que se determinaron con *aptitud alta (A1)*, tienen proporciones adecuadas de partículas (arcillas, limos y arenas), donde el cultivo puede obtener un mejor desarrollo debido al buen suministro de oxígeno y condiciones de suelo suelto, para crecimiento de las raíces.

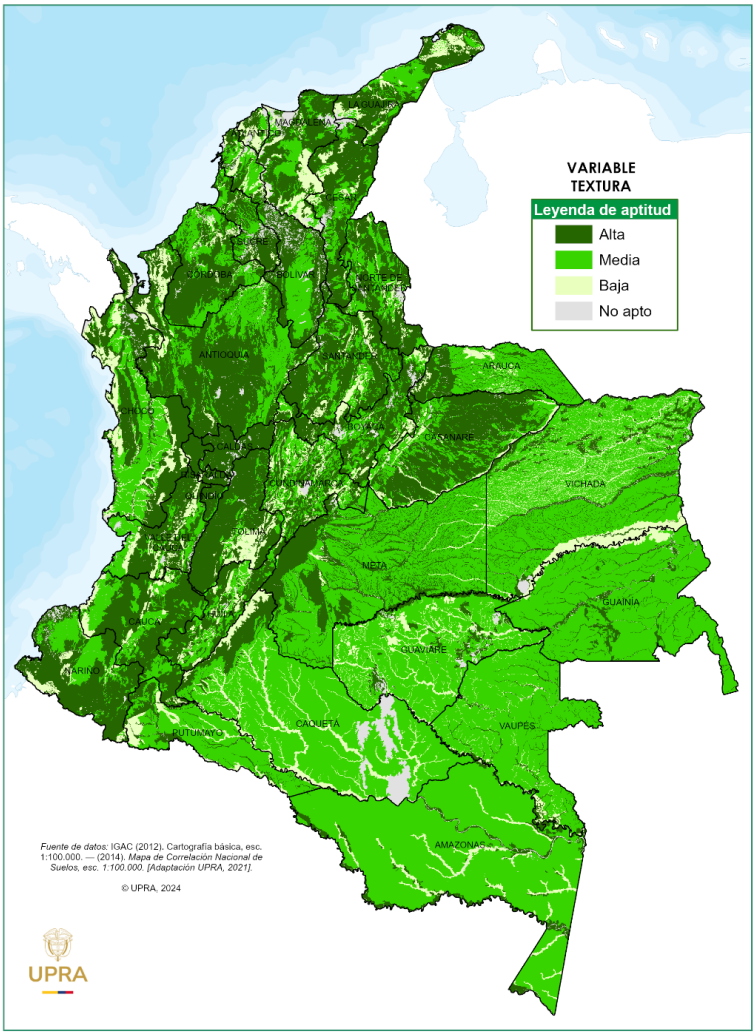
Los grupos texturales con *aptitud media (A2)*, se califican de esta forma debido a que la clase que integran los grupos texturales finas y francas finas, presentan baja permeabilidad, dificultan el movimiento del agua en suelo y por tanto favorecen los encharcamientos con problemas en disponibilidad de oxígeno y, en épocas secas, el endurecimiento del suelo; igualmente, los suelos orgánicos y los *Oxisoles*, *Ultisoles* y subgrupos *Oxic* por sus buenas características físicas y los subgrupos *Vertic*. La clase textural arcillosa, se califican con *aptitud baja (A3)*, por su alto contenido de arcilla, lo cual desarrolla alta pegajosidad y baja aireación, donde se incluyen los *Vertisoles* y, los *Psamments*, por efectos contrarios de poca adherencia.

Rangos de aptitud

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

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Fassio, Alberto; Rodríguez, Marcelo y Caretta, Sergio. (2013). Cáñamo (Cannabis sativa L.). Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria INIa. Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. República Oriental del Uruguay. https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=2348.
- Grupo promotor de la industria del cannabis (GPIC). (2008). Cáñamo: ventajas competitivas de Mexico. https://comisiones.senado.gob.mx/ambiente/reu/docs/presentacion3_e200820.pdf.
- Huertas C., S. y Toro S., M. S. (2021). Bioprospección del Cáñamo Soportada en Procesos Verdes para la Industria Colombiana. Universidad EAN.

https://repository.universidadean.edu.co/bitstream/handle/10882/10857/HuertasStiven2021.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000.* Bogotá: IGAC.
- Instituto Nacional de Investigación y Transferencia en Tecnología Agropecuaria (INTA). (2022). Resultados de la investigación en el cultivo de cáñamo C*annabis sativa L*. Costa Rica. https://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/f01-11125.pdf.
- Malagón C., Dimas y Montenegro G., Hugo. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Bogotá: IGAC.
- Malagón C., Dimas. (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá: IGAC. 119 p.
- Maracchi G. (2007). Manuale di coltivazione e prima lavorazione della canapa da fibra. Pubblicazione collegata alla Collana: Ricerca Trasferimento Innovazione. Settore delle politiche regionali dell'innovazione e della ricerca. https://agronotizie.imagelinenetwork.com/materiali/Varie/File/Mario_Rosato/Manuale-coltivazione-prima-lavorazione-canapa-.pdf.
- Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. (2022). Growing Industrial Hemp in Ontario. omafra.Ontario. https://files.ontario.ca/omafra-growing-industrial-hemp-in-ontario-22-020-en-2023-07-21.pdf.
- Pantoja B. (1931). El Cultivo del cáñamo en el valle del Cauca. Revista cafetera de Colombia 3(28/29)1063-1065. https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/1030/1/Rev%20cafetera%20Col%203%2828%2029%291063-1065.pdf.
- United States Department of Agriculture. (USDA) (2017). *Soil sourvey manual*. Agriculture Handbook N.° 18. 639 p. https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf.

1.5.3. Variable *Pedregosidad*

<table>
<tr><th colspan="3">FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE</th></tr>
<tr><td colspan="2">TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td>Cultivo de cáñamo (Cannabis sativa var. sativa) con fines industriales</td></tr>
<tr><td colspan="2">COMPONENTE: Físico</td><td>SUBCOMPONENTE: Edáfico</td></tr>
<tr><td colspan="3">CRITERIO ASOCIADO: Condiciones de enraizamiento</td></tr>
<tr><td colspan="2">VARIABLE: Pedregosidad</td><td>UNIDAD DE MEDIDA: Fase cartográfica de pedregosidad</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">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); se relaciona con el efecto sobre el volumen y espacio de exploración de las raíces.</td></tr>
<tr><th colspan="3">IMPORTANCIA DE LA VARIABLE</th></tr>
<tr><td colspan="3">Los altos contenidos de fragmentos de roca en el suelo tienen efectos negativos para el cultivo de cáñamo porque, disminuyen el área útil por unidad de superficie y de almacenamiento de agua, y acelera la infiltración.

La alta pedregosidad influye negativamente en los cultivos de cáñamo, por tener influencia en la diferenciación, formación y desarrollo del sistema de raíces.</td></tr>
<tr><th colspan="3">VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO</th></tr>
<tr><td colspan="3">No se consideran áreas no aptas (N1), por la variable.</td></tr>
<tr><th colspan="3">LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE</th></tr>
<tr><td colspan="3">La principal limitante para la evaluación de esta variable es la forma como se encuentra registrada la información en el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). Solamente aparece la fase pedregosa (> 35 %), pero no están discriminadas en rangos por porcentaje. Se asume tácitamente como no pedregoso, como cuando no se encuentra la fase cartográfica.</td></tr>
<tr><th colspan="3">METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN</th></tr>
<tr><td colspan="3">Las clases de pedregosidad se obtuvieron a partir de las fases cartográficas del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

La variable se tomó como aparece en los registros de la información de la base de datos, es decir, fase pedregosa o sin fase de pedregosidad, sin especificar rangos por porcentaje de pedregosidad.</td></tr>
</table>

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 se califican con *aptitud baja (A3)* los suelos con presencia > 35 % (fase pedregosa), porque obstaculiza el desarrollo de raíces.

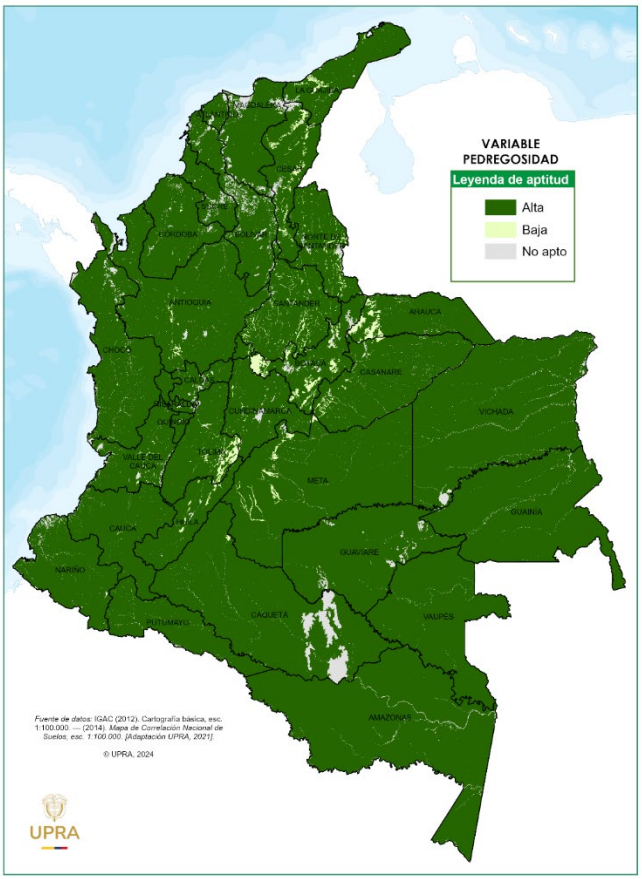
Rangos de aptitud

Fase de pedregosidad	Aptitud
No pedregoso	Alta (A1)
-	Media (A2)
Pedregoso	Baja (A3)

Los rangos de aptitud de las variables están dados de acuerdo con diferentes consultas a productores e investigación relacionada.

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. 119 p. Bogotá: IGAC. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (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.

1.6. Criterio *Disponibilidad de oxígeno*

FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Físico	**SUBCOMPONENTE:** Edáfico	
CRITERIO: Disponibilidad de oxígeno		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• *Susceptibilidad a inundaciones*, expresada en fase cartográfica de inundabilidad. • *Drenaje natural*, expresado en clases de drenaje natural.		
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 cáñamo, ya que indica el buen suministro de oxígeno en suelos bien drenados, así como el estrés generado por excesos de agua (anoxia), que afecta el metabolismo y la nutrición de las plantas. La aireación del suelo permite el desarrollo de las raíces aeróbicas y, por ende, todas las funciones fisiológicas de las plantas que terminan con producciones de excelentes tallos y fibras.		

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

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Para el cultivo de cáñamo se consideran tierras sin aptitud técnica (N1), aquellas donde el drenaje natural es muy pobre.

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

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

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

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Las clases de aptitud de cada variable involucrada 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 variable:

Variables	Unidad de medida	Aptitud			
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)	No apto (N1)
Susceptibilidad a inundaciones	Clase por duración	No hay	Cortas	Largas, muy largas	-
Drenaje natural	Clase de drenaje natural	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 y literatura relacionada.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

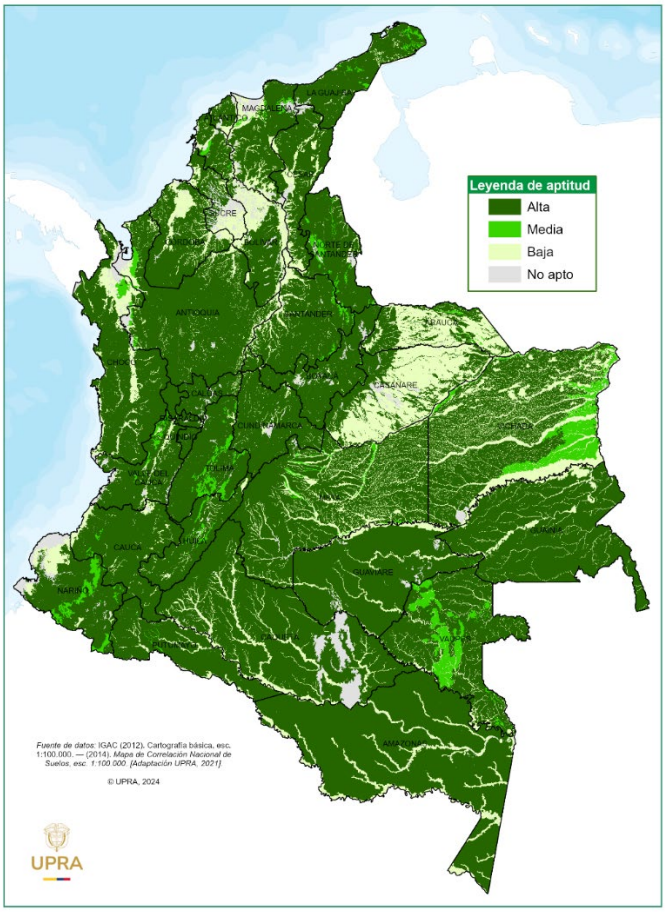
El argumento para determinar los diferentes niveles de aptitud del criterio fue la limitación que cada una de las variables representa en el desarrollo del cultivo de cáñamo, ya que implica bajo desarrollo de las plantas y, en general, disminución de la producción.

Árbol de decisión para el criterio

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

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. 119 p. Bogotá: IGAC. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

1.6.1. Variable *Susceptibilidad a inundaciones*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Físico	**SUBCOMPONENTE:** Edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de oxígeno		
VARIABLE: Susceptibilidad a inundaciones	**UNIDAD DE MEDIDA:** Fase cartográfica de inundabilidad	
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 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 los encharcamientos depende de cada especie vegetal. El cultivo de cáñamo tolera encharcamientos e inundaciones por periodos muy cortos; en caso contrario, se presentan pérdidas económicas significativas, por 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 técnica (N1).		

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 pero que no se pueden representar cartográficamente.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Se tomó como base la fase cartográfica por inundación y encharcamientos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

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

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

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

La tabla se construye con las denominaciones que se encuentran en la base de datos del Mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

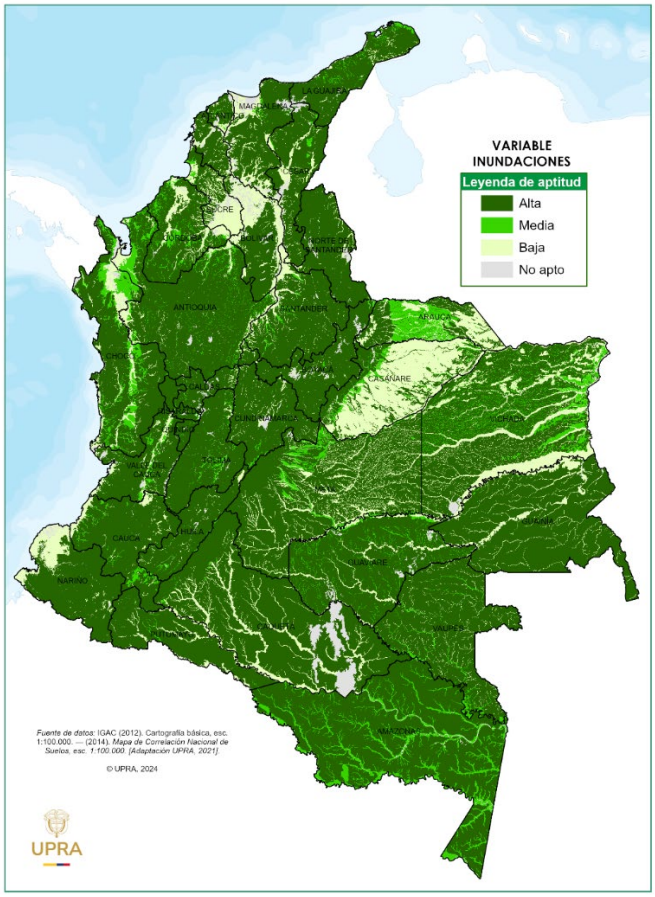
Por los requisitos de humedad de las plantas de cáñamo (Merfield, 1999; Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2022), se determinaron los siguientes rangos de aptitud:

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 a cultivadores y reportes técnicos.

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. 119 p. Bogotá: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Merfield, C. (1999). *Industrial Hemp and its Potential for New Zealand. A Report for the 1999 Kellogg Rural*. Leadership Course https://www.researchgate.net/publication/277111429_Industrial_hemp_and_its_potential_for_New_Zealand.

- Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. (2022). *Growing Industrial Hemp in Ontario*. Omafra. Ontario. https://files.ontario.ca/omafra-growing-industrial-hemp-in-ontario-22-020-en-2023-07-21.pdf.
- Organización Meteorológica Mundial. (OMM) y Organización de las Naciones Unidas para la Cultura, las Ciencias y la Educación. (Unesco). (2012). *Glosario hidrológico internacional*. Ginebra: WMO. p. 127.

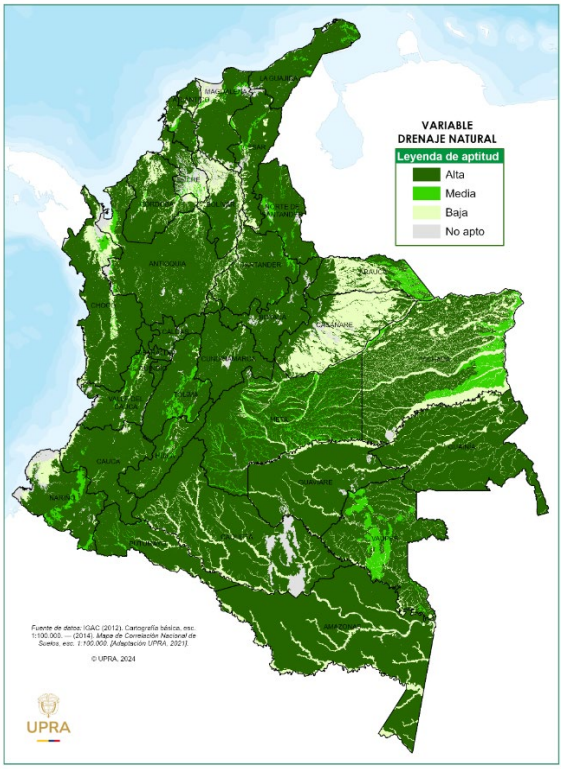
1.6.2. Variable *Drenaje natural*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Físico	**SUBCOMPONENTE:** Edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de oxígeno		
VARIABLE: Drenaje natural	**UNIDAD DE MEDIDA:** Clase de drenaje	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	✓
	Análisis jerárquico	✓
	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		
Influye sobre la respuesta de las plantas de cáñamo a la presencia o ausencia de niveles freáticos a diferentes profundidades dentro de la zona radicular. Los cultivos de cáñamo no soportan suelos muy pobremente drenados. 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).		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
Para el cultivo de cáñamo se consideran zonas no aptas (N1), aquellas donde el drenaje natural de los suelos es muy pobre, debido a la falta de oxígeno en la zona radicular.		
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 realizó a partir de la información de la base de datos del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD
Debido a las exigencias de drenaje para el cultivo de cáñamo (Merfield, 1999; Maracchi, 2007; Fassio *et al*., 2013; INTA, 2022; Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs, 2022), se consideran los siguientes 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 de acuerdo con diferentes consultas a productores y literatura relacionada.	
Unidad de análisis	Unidades cartográficas de suelos: asociaciones, consociaciones y complejos
REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE	



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Cortés L., Abdón y Malagón C., Dimas. (1984). *Los levantamientos agrológicos y sus aplicaciones múltiples*. Bogotá: UJTL.
- Fassio, Alberto; Rodríguez, Marcelo y Caretta, Sergio. (2013). Cáñamo (Cannabis sativa L.). Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. República Oriental del Uruguay. https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=2348.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. Bogotá. 119 p.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Maracchi, G. (2007). *Manuale di coltivazione e prima lavorazione della canapa da fibra*. Pubblicazione collegata alla Collana: RICERCA TRASFERIMENTO INNOVAZIONE. Settore delle politiche regionali dell'innovazione e della ricerca. https://agronotizie.imagelinenetwork.com/materiali/Varie/File/Mario_Rosato/Manuale-coltivazione-prima-lavorazione-canapa-.pdf.
- Merfield, C. (1999). *Industrial Hemp and its Potential for New Zealand. A Report for the 1999 Kellogg Rural*. Leadership Course. https://www.researchgate.net/publication/277111429_Industrial_hemp_and_its_potential_for_New_Zealand.
- Ontario Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. (2022). *Growing Industrial Hemp in Ontario*. Omafra. Ontario. https://files.ontario.ca/omafra-growing-industrial-hemp-in-ontario-22-020-en-2023-07-21.pdf.
- United States Department of Agriculture. (USDA) (1961). *Land-Capability Classification*. Agriculture Handbook no. 210. EUA: Soil Conservation Service USDA.

1.7. Criterio *Susceptibilidad a la pérdida del suelo*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Físico	**SUBCOMPONENTE**: Edáfico	
CRITERIO: Susceptibilidad a la pérdida del suelo		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	**ü**
	Análisis jerárquico	**ü**
	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, 1991; FAO, 1976).

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

Las variables asociadas al criterio no se califican en forma independiente para dar rangos de aptitud por separado, sino que se generan aptitudes por combinación entre ellas.

- *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*: 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 de cultivos de cáñamo, lo ideal es que no haya erosión, o que el grado sea ligero o máximo moderado, porque el movimiento de suelo que implica el cultivo, lo expone a su pérdida por erosión, la cual se intensifica si la pendiente y la alta pluviosidad le favorecen.

La pérdida de suelo implica disminución de la profundidad y pérdida de la fertilidad, lo cual redunda en el bajo crecimiento de los cultivos. Por otro lado, el desgaste de suelo genera sedimentos que afecta la calidad de las aguas, una vez son contaminadas por el proceso de escorrentía.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Se considera que la erosión actual tiene límites que se califican como no aptos (N1), en los grados severo y muy severo, ya que prácticamente no existe capa productiva y deben estar destinadas a la restauración ecológica. Igualmente, la combinación entre ellas, cuando la susceptibilidad a los movimientos en masa es muy alta, genera exclusiones técnicas (N1).

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Las variables *Susceptibilidad a movimientos en masa* y *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.

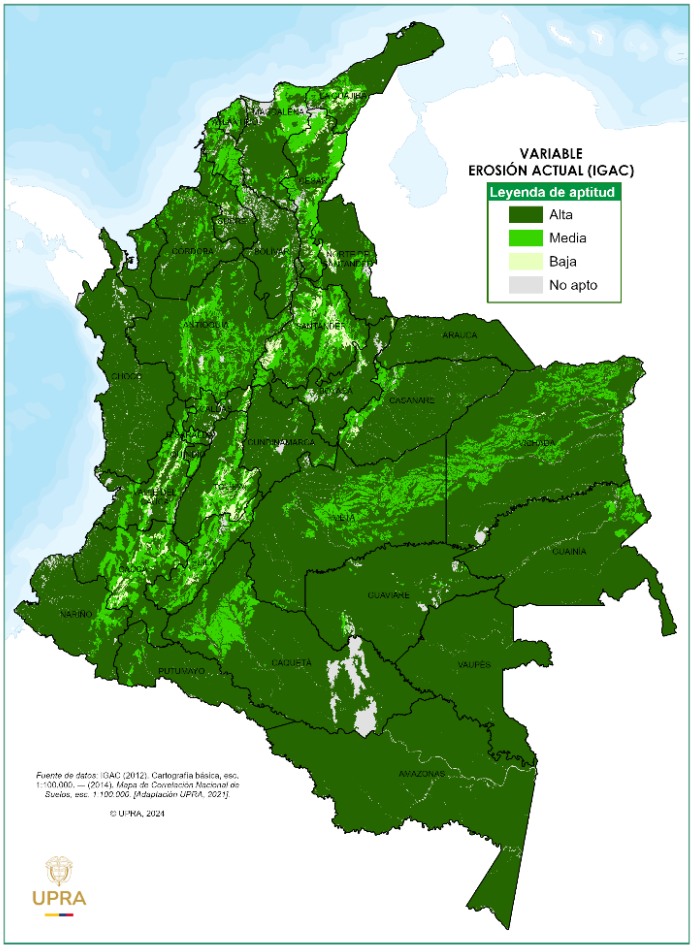
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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, fue generar un mapa de susceptibilidad a los 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, fue 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 CAÑAMO INDUSTRIAL
CRITERIO SUSCEPTIBILIDAD A LA PÉRDIDA DE SUELOS



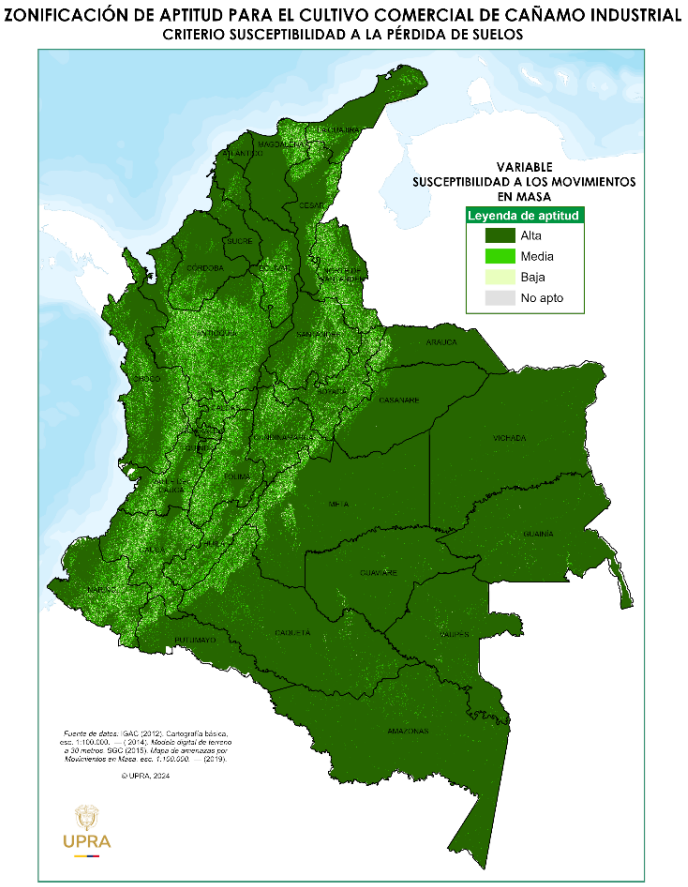
En el mapa de susceptibilidad a movimientos en masa, se utilizó el factor LS con los siguientes rangos:

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



Finalmente, se construyó el mapa del criterio mediante el siguiente árbol de decisión:

Criterio susceptibilidad a la pérdida de suelos		
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

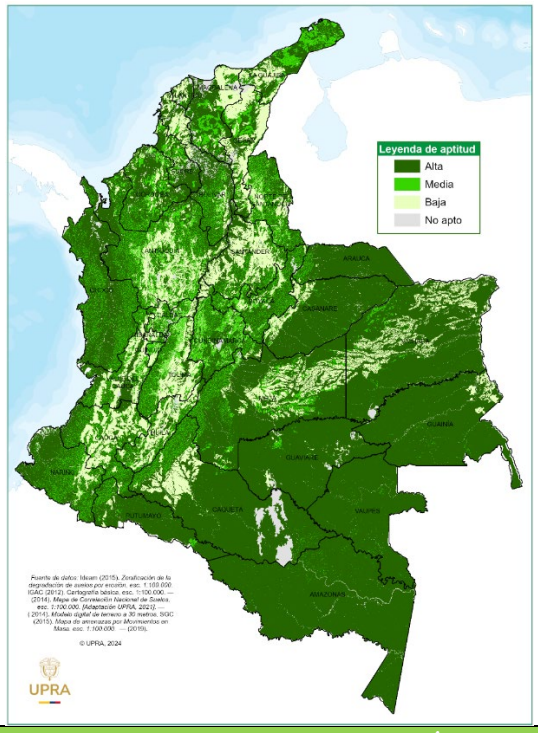
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

El argumento para diferenciar la 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 los cultivos de cáñamo	Alta (A1)
Condiciones que presentan moderada susceptibilidad a la pérdida de suelo para los cultivos de cáñamo	Media (A2)
Condiciones que presentan alta susceptibilidad a la pérdida de suelo, para los cultivos de cáñamo	Baja (A3)
Restricciones por muy alta susceptibilidad a la pérdida de suelo, que imposibilitan los cultivos de cáñamo	No apto (N1)

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales de Colombia (Ideam). (2015). *Degradación de suelos por erosión*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos*. Bogotá: IGAC.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). (1976). (FAO, Editor, & FAO, Producer). http://www.fao.org/nr/land/land-policy-and-planning/eval/es.
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO) (1991). *Guidelines: land evaluation for extensive grazing*. FAO Soils Bulletin 58. Rome, Italy.
- Servicio Geológico Colombiano. (SGC). (2016). *Amenaza de movimientos en masa*. Bogotá.
- Soil Science Society of America. (2018). *Glosario de términos de ciencias del suelo*. <https://www.soils.org/publications/soils-glossary?ssoContinue=1#>.
- United States Department of Agriculture. (USDA) (1961). *Land-Capability Classification.* Agriculture Handbook N.° 210. EUA: Soil Conservation Service USDA.

1.8. Criterio *Disponibilidad de humedad*

FICHA METODOLÓGICA DEL CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Físico	**SUBCOMPONENTE**: Edáfico	
CRITERIO: 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 texturales.

DEFINICIÓN

Capacidad que tienen los suelos, en condiciones naturales, de almacenar y suministrar agua para las plantas en cantidades suficientes para su desarrollo. Se relaciona con el contenido y movimiento interno del agua en el suelo durante el año.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO PARA EL CULTIVO

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

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.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Se considera que los regímenes de humedad *arídico* y Perácuico no tienen aptitud técnica (N1) para desarrollar cultivos de cáñamo, ya que, en el primer caso, no hay suficientes lluvias que permitan el almacenamiento de humedad y en el segundo hay excesos de humedad durante todo el año.

La textura no presenta exclusiones técnicas para el cultivo de cáñamo, ya que, en las diferentes clases texturales es posible el establecimiento y desarrollo del cultivo, aunque pueden representar diferentes niveles de producción.

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

La mayoría de las unidades cartográficas de suelos, 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 que tienen calificaciones diferentes al componente calificado y que pueden corresponder a aptitudes diferentes.

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), dando la calificación que técnicamente se consideró en cada una de las variables.

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

Los rangos de aptitud de cada variable están dados de acuerdo con diferentes consultas a cultivadores 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 del cultivo, ya que reduce las posibilidades de un buen desarrollo de las plantas, reflejándose en la disminución de la producción.

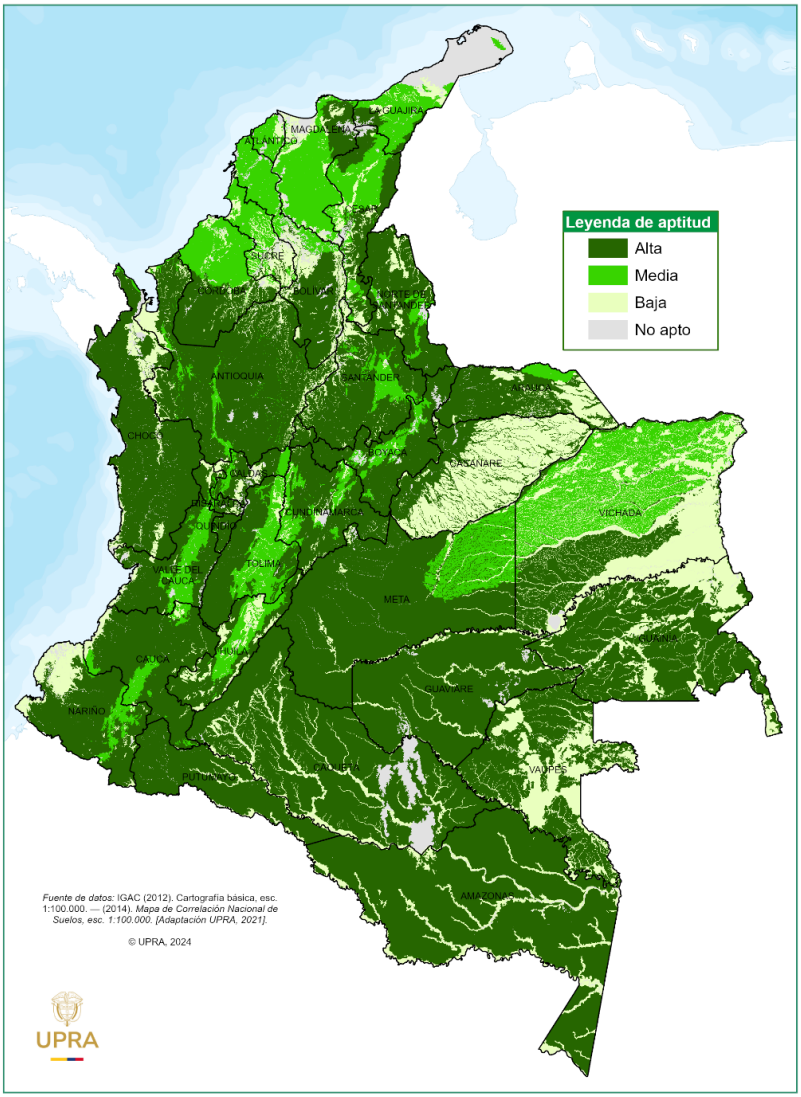
Los horizontes orgánicos tienen califican moderada (A2) por muy alta retención, mientras que la baja capacidad de retención de humedad de los *Psamments*, reciben aptitud baja (A3), el resto de las texturas se califican aptitud alta (A1).

Árbol de decisión para el criterio

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

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

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

1.8.1. Variable *Régimen de humedad*

<table>
<tr><th colspan="3">FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE</th></tr>
<tr><td colspan="2">TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)</td><td>Cultivo de cáñamo (Cannabis sativa var. sativa) con fines industriales</td></tr>
<tr><td colspan="3">COMPONENTE: Físico SUBCOMPONENTE: Edáfico</td></tr>
<tr><td colspan="3">CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de humedad</td></tr>
<tr><td colspan="2">VARIABLE: Régimen de humedad</td><td>UNIDAD DE MEDIDA: Clase de régimen de humedad</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">Se refiere a la presencia o ausencia 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, 2022).

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 en 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. *aqua*) es de reducción en un suelo que está virtualmente libre de oxígeno disuelto porque está saturado de agua. Algunos suelos están saturados con agua, a veces mientras el oxígeno disuelto está presente, ya sea porque el agua</td></tr>
</table>

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

Los regímenes de humedad están condicionados por la distribución de las lluvias de cada una de las regiones y al número de días secos consecutivos durante el año. En condiciones de secano, la disponibilidad natural de agua en el suelo es indispensable para el establecimiento, desarrollo y producción de cultivos de cáñamo; los regímenes de humedad *údico* y *perúdico* son óptimos, 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 de cáñamo.

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 tanto, se consideran un indicador de la disponibilidad de agua para las plantas.

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

Se excluyen, como zonas no aptas (N1), los suelos con régimen de humedad de condiciones extremas por déficit (*arídico*) y por excesos, el perácuico.

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

El proceso de evaluación de la variable se realizó a partir de la información del régimen de humedad de los suelos consignado en las unidades cartográficas del mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014).

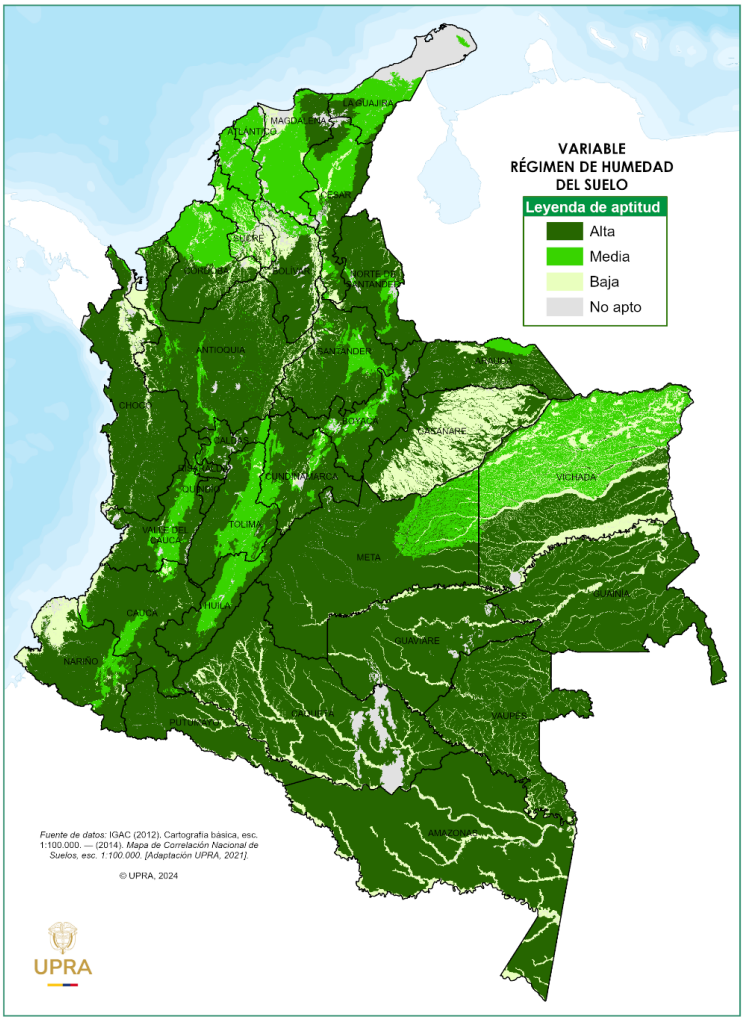
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD	

Teniendo en cuenta los requerimientos y el aporte de humedad del suelo para los cultivos de cáñamo (Merfield, 1999; Maracchi, 2007; GPIC, 2008; Fassio y Caretta, 2013) se consideran los siguientes rangos de aptitud:

Clases de regímenes de humedad	Aptitud
Údico, perúdico	Alta (A1)
Ústico	Media (A2)
Ácuico	Baja (A3)
Arídico, perácuico	No apto (N1)

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Fassio, Alberto; Rodríguez, Marcelo y Caretta, Sergio. (2013). Cáñamo (Cannabis sativa L.). Instituto Nacional de Investigación Agropecuaria (INIA). Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca. República Oriental del Uruguay. https://catalogo.latu.org.uy/opac_css/doc_num.php?explnum_id=2348.
- Grupo promotor de la industria del cannabis. (GPIC). (2008). Cáñamo: ventajas competitivas de México. https://comisiones.senado.gob.mx/ambiente/reu/docs/presentacion3_e200820.pdf.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. 119 p. Bogotá: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá.
- Maracchi, G. (2007). *Manuale di coltivazione e prima lavorazione della canapa da fibra*. Pubblicazione collegata alla Collana: Ricerca Trasferimento Innovazione. Settore delle politiche regionali dell'innovazione e della ricerca. https://agronotizie.imagelinenetwork.com/materiali/Varie/File/Mario_Rosato/Manuale-coltivazione-prima-lavorazione-canapa-.pdf.
- Merfield, C. (1999). *Industrial Hemp and its Potential for New Zealand. A Report for the 1999 Kellogg Rural*. Leadership Course. https://www.researchgate.net/publication/277111429_Industrial_hemp_and_its_potential_for_New_Zealand.
- United States Department of Agriculture. (USDA) y Natural Resources Conservation Service (NRCS). (2022). *Keys to Soil Taxonomy*. EUA: USDA. Soil Survey Staff.

1.8.2. Variable *Textura*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Físico	**SUBCOMPONENTE:** Edáfico	
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de humedad		
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		
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 presenten mayores porcentajes de arcilla, se aumenta proporcionalmente la capacidad de retener humedad; las partículas más gruesas 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 el cultivo de cáñamo se puede desarrollar, 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, lo cual dificulta su calificación; ésta 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		

La información base para determinar la textura de las unidades cartográficas de suelos fue el mapa de correlación nacional de suelos (IGAC, 2014). Las clases texturales se presentan 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)

Fuente: USDA (2017).

Esta variable se califica con base en los requerimientos del cultivo de cáñamo consultados a productores y reportes de literatura relacionada.

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.

Las texturas con *aptitud media (A2)*, tienen mayor contenido de partículas 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 alta capacidad que tiene la materia orgánica de retener humedad, igualmente la textura arcillosa y los *Oxisoles*, *Ultisoles* y subgrupos *Oxic*, por tener la mayor parte de arcillas de baja retención.

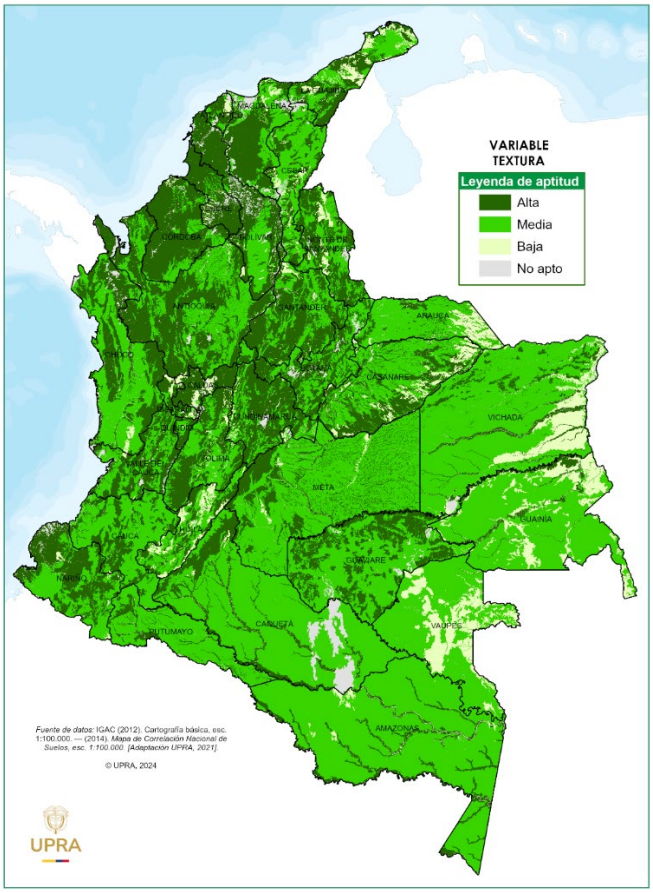
Las clases texturales gruesas se determinaron con *aptitud baja (A3)*, debido a que el dominio de los porcentajes de arena sobre los de limo y arcilla, desfavorece la retención de agua necesaria para el normal crecimiento y desarrollo de los cultivos de cáñamo. Se incluyen los *Psamments* por su alto contenido de arena.

Rangos de aptitud

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

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

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2010). *Instructivo para los levantamientos de suelos (manual de códigos)*. 119 p. Bogotá: IGAC. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Mapa de correlación nacional de suelos, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC. • Malagón C., Dimas y Montenegro G., Hugo. (1990). *Propiedades físicas de los suelos*. Bogotá: IGAC. p. 101, 157 y 158. • United States Department of Agriculture. (USDA) (2017). *Soil sourvey manual*. Agriculture Handbook N.° 18. 639 p. https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2022-09/The-Soil-Survey-Manual.pdf.

2. Componente socioecosistémico

2.1. Criterio *Integridad ecológica*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO: Criterio integridad ecológica		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	P
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- *Fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales (FCECN)*, 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;
- *Índice de naturalidad (INAT)*, calculado como la proporción de área de la unidad biogeográfica (%)
- *Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)*, expresada como adimensional. Requiere asignación de pesos para integrar especies sensibles en AICAS y APC; riqueza potencial de especies migratorias.
- *Afectación a ecosistemas naturales y seminaturales*

DEFINICIÓN

Capacidad del ecosistema, para soportar y mantener su capital natural sin degradarse y 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.

En relación con el cultivo de cáñamo con fines industriales, se tienen reportes de una abundante producción de polen, lo cual permite considerar al cultivo como un atractivo para una amplia variedad de abejas (O'Brien y Arathi, 2019). Por su parte Ryan *et al*. (2019), observaron que este cultivo recibe visitas de más de 16 especies de abejas. Este es uno de los servicios ecosistémicos que ofrece el cultivo de cáñamo, además de la captura de carbono y la regeneración de suelos reportada en diferentes estudios (Rocha, 2022)

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Aproxima el estado de conservación de un área determinada, permitiendo establecer el grado de salud de los ecosistemas o paisajes, y por lo tanto su vocación como área de conservación, su orientación hacia la restauración, o, por el contrario, su aptitud hacia el establecimiento de cultivos de cáñamo con fines industriales. 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 lo 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 mediante el Decreto presidencial 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 cáñamo con fines industriales 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.

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).

LIMITANTES PARA 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, es la última información oficial generada y disponible.

Adicionalmente, la información sobre biodiversidad usualmente cuenta con limitaciones relacionadas con la representatividad de los grupos taxonómicos y el esfuerzo de muestreo, por lo cual es difícil presentar la información de forma homogénea para las diferentes regiones del país.

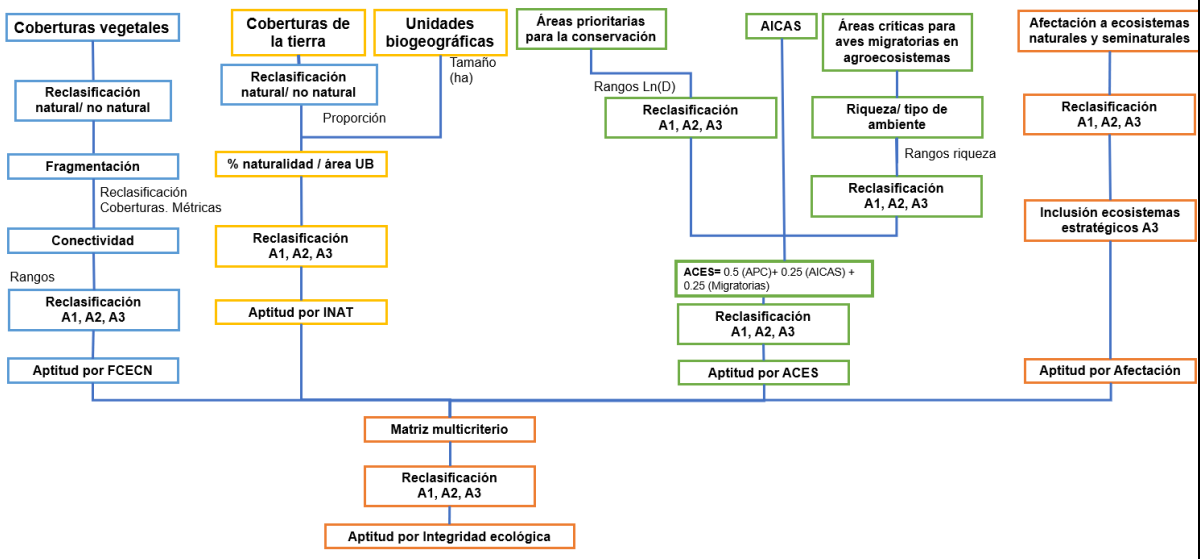
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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 estructural de las coberturas naturales (FCECN)*: 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.
- *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)*.
- *Afectación a ecosistemas naturales y seminaturales*.

Para la evaluación del criterio se realizó el procesamiento independiente de cada una de sus cuatro variables, como se describe en las respectivas fichas técnicas de las variables.

Esquema metodológico para la determinación de la aptitud del criterio integridad ecológica



Para la construcción del criterio, se realizó la integración de las variables, mediante la suma ponderada de sus valores de aptitud, de acuerdo con la siguiente fórmula:

$$A_{IE} = \alpha A_{FCECN} + \beta A_{ACES} + yA_{AFECTACIÓN} + xA_{INAT}$$

En la que α, β, γ, x representan los coeficientes o factores de ponderación de la aptitud de las cuatro variables, determinados a través de una matriz multicriterio y el criterio de experto.

Para este proceso, los valores de los coeficientes son:

$\alpha = 0{,}494$

$\beta = 0{,}285$

$\gamma = 0{,}165$

$x = 0{,}057$

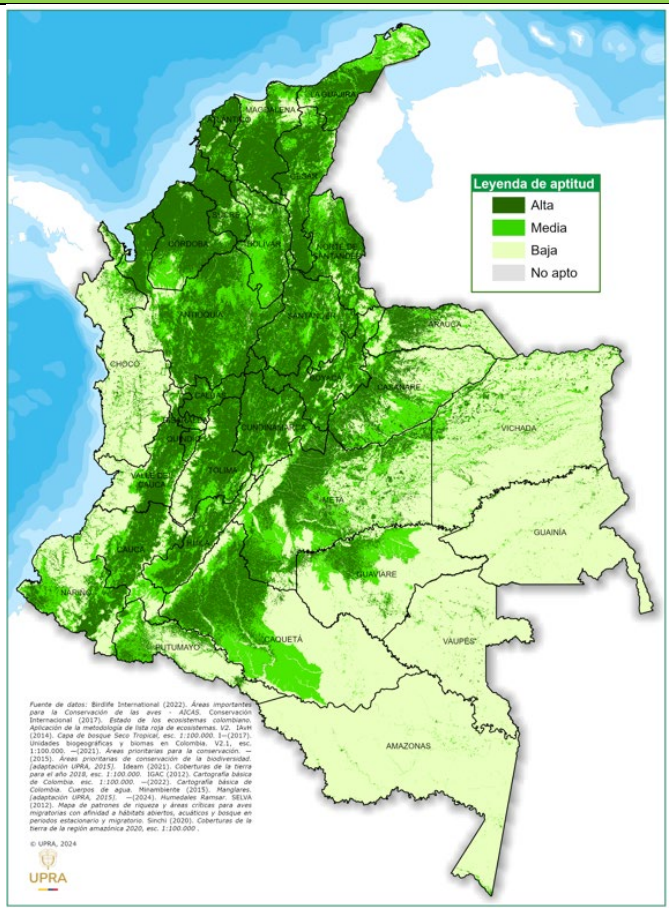
Los resultados de la suma se agruparon en tres categorías de aptitud para el criterio, alta (A1), media (A2) y baja (A3), como se presentan en la siguiente tabla, empleando los intervalos geométricos como método de agrupamiento del software *ArcGis*:

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 naturales, o los procesos vitales de especies sensibles. (> 1,728)	La actividad productiva irrumpe en grado moderado la conectividad natural, los espacios naturales, o los procesos vitales de especies sensibles. Debe actuarse con cierta precaución durante el proceso productivo. (1,2105-1,728)	Lugares donde la integridad ecológica es mayor. La actividad productiva irrumpe fuertemente la conectividad natural, los espacios naturales, o los procesos vitales de especies sensibles. Debe actuarse con mayor precaución durante el proceso productivo. (< 1,2105)	-

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 estructural 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 dimensión fractal media del parche (> 1,45); parches cortos con menor complejidad de forma	Conectividad media. 0-17.000.000 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	Conectividad alta. 0 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	-
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)	Categorías de concentración de especies sensibles	Zonas de muy baja densidad de especies sensibles.	Zonas de baja densidad de especies sensibles.	Zonas de moderada, alta y muy alta densidad	–

		Áreas sin identificación o baja presencia de APC. Ausencia de AICAS. Áreas sin importancia para especies migratorias. > 2,333	APC con alta presencia de especies sensibles. Ausencia de AICAS. Áreas de importancia moderada o alta para especies migratorias. 1,667-2,333	de especies sensibles. APC con densidad muy alta asociada a coberturas naturales. Presencia de AICAS. Áreas de importancia muy alta para especies migratorias. < 1,667	
Afectación a ecosistemas naturales y seminaturales	Calificación del estado de conservación	Áreas transformadas, agrícolas y artificiales sin calificación de riesgo	Estado de conservación vulnerable (VU) y preocupación menor (LC)	Estado de conservación critico (CR) y en peligro (EN). Ecosistemas estratégicos (manglares, humedales Ramsar, bosque seco, lagunas, ciénagas, drenajes dobles, madre viejas, morichales)	
Unidad de análisis		Polígonos de coberturas Corine Land Cover			

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



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). Amsterdam: KIT Publishers BV.
- Franco, A. M., Devenish, C., Barrero, M. C. y Romero, M. H. (2009). «Colombia». En: C. Devenish, D. F.; Díaz Fernández, R. P.; Clay, I. Davidson e I. Yépez Zabala (Eds.). Important bird areas Americas-Priority sites for biodiversity conservation. Quito: Birdlife International (Birdlife Conservation Series num. 16), pp. 135-148.
- Instituto Alexander von Humboldt y Agencia Nacional de Hidrocarburos (IAvH y ANH). (2010). Áreas prioritarias para la conservación, escala 1:250.000. Bogotá:

IAvH y ANH.

- 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. Bogotá: Ideam, 72 p.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (Ideam). (2010). Estudio nacional del agua: capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000. Bogotá: Ideam.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (Ideam). (2021). Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2017-2018, escala 1:100.000. Bogotá: Ideam.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- O'Brien, C., y Arathi, H. (2019). Bee diversity and abundance on flowers of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). Biomass and bioenergy. 122, 331-335.
- Rocha, V. (2022). Cáñamo y desarrollo sustentable. Revista Biorrefinería Vol. 4 N°. 4 Año: 2021.
- Ryan Flicker, N., Poveda, K., y Grab, H. (2019). The Bee Community of Cannabis sativa and Corresponding Effects of Landscape Composition. Environmental Entomology, 20 (20), 1-6. doi: 10.1093/ee/nvz141
- Selva. (2012). «Modelamiento de áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia». Mapa de patrones de riqueza y áreas críticas para aves migratorias con afinidad a hábitats abiertos, acuáticos y de bosque en periodos estacionario y migratorio. Informe final del Convenio 044 de 2012 entre Selva y UPRA. 165 p. Bogotá, Colombia.
- Instituto Sinchi. (2020). Cobertura de la tierra de la región amazónica 2020, escala 1:100.000. Bogotá: Instituto Sinchi.
- Vélez, L. y Gómez, A. (2008). Un marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje. Arbor CLXXXIV 729: 31-44

2.1.1. Variable *Fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales (FCECN)*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Integridad ecológica		
VARIABLE: Fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales (FCECN)	**UNIDAD DE MEDIDA:** Categoría costo distancia acumulada de fragmentación y conectividad estructural	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	**p**
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		

La heterogeneidad espacial del paisaje se analiza a partir de la conectividad y la fragmentación (McArthur y Wilson, 1967; Tischendorf y Fahrig, 2000; Correa, 2009). Requiere establecer la continuidad y determinar la existencia de barreras (resistencias, contrastes) 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 la prestación de los servicios ecosistémicos (que son la base ambiental que sustenta los procesos productivos). Por lo 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 el establecimiento de cultivos de cáñamo con fines industriales, 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 cáñamo con

fines industriales puede aumentar la matriz de áreas transformadas y afectar la continuidad de los procesos naturales.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

La variable contribuye a estimar la sostenibilidad ambiental, mediante el análisis de la favorabilidad del hábitat para el desplazamiento de la biodiversidad, mantenimiento de poblaciones tanto de animales como de 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

Esta variable no genera exclusión técnica (N1). Se identifica un rango de variación entre 0 (sin conectividad) y 1 (altamente conectado). Se establece un rango de variación empleando los intervalos geométricos como método de agrupamiento del software *ArcGis*.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La capa de Coberturas de la Tierra 2018, a escala 1:100000 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

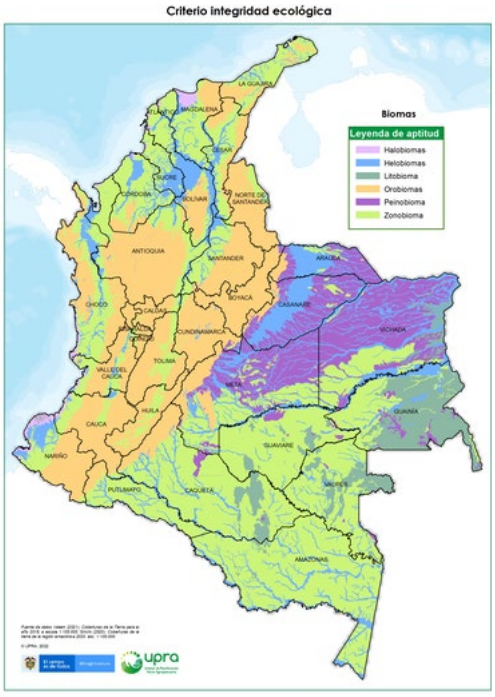
Para el procesamiento de esta variable, se partió de la realización de una reclasificación de las categorías de cobertura Corine Land Cover del mapa de coberturas de la tierra generado por el Ideam, (2021). Esta reclasificación se hace necesaria para obtener precisión sobre el grado de artificialización de las coberturas y reconocer el probable impacto positivo o negativo, que pueda tener el establecimiento de cultivos de cáñamo con fines industriales sobre los diferentes ecosistemas, 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 de las coberturas se obtuvo la siguiente cartografía:

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE CÁÑAMO INDUSTRIAL
CRITERIO INTEGRIDAD ECOLÓGICA

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 *ArcGis*. Las métricas evaluadas correspondieron 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 polígono de cada una de las diferentes coberturas reclasificadas); mediante este cálculo se puede deducir que cuando una categoría determinada de cobertura posee pocos parches y parches de una extensión importante, ésta presenta menos fragmentación y viceversa.

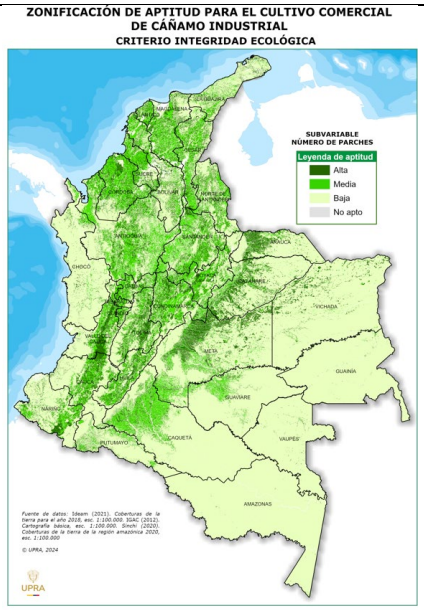
Por otro lado, con la medición de los índices de forma basados en geometría de fractales (dimensión fractal y complejidad de forma), se puede establecer el grado de mantenimiento y consolidación geométrica de los parches frente a la probabilidad de ruptura o fragmentación de estos.

La dimensión fractal a partir de una relación área/perímetro, 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.

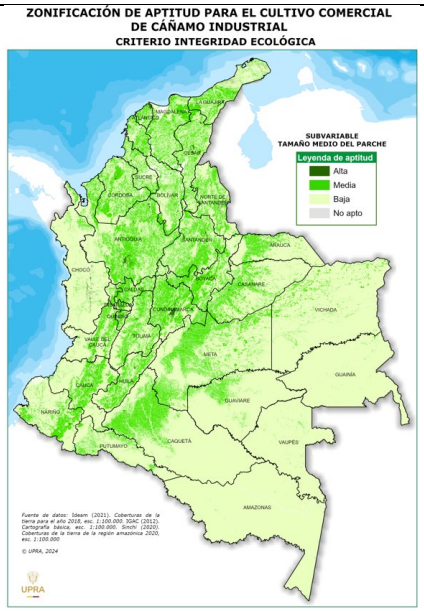
El otro índice calculado, complejidad de forma, muestra similares resultados a la dimensión fractal, diferenciándose en que este genera una relación entre la forma de cada uno de los parches frente al total de la clase (suma de todos los polígonos) de cada una de las coberturas reclasificadas.

A continuación, se presentan los diferentes mapas de cada uno de los índices calculados:

Índices descriptores

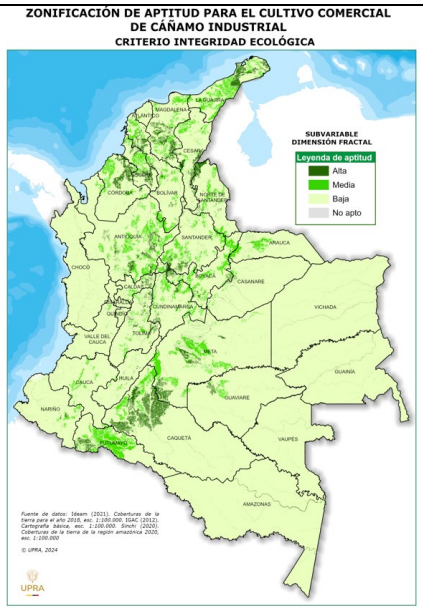


Número de parches

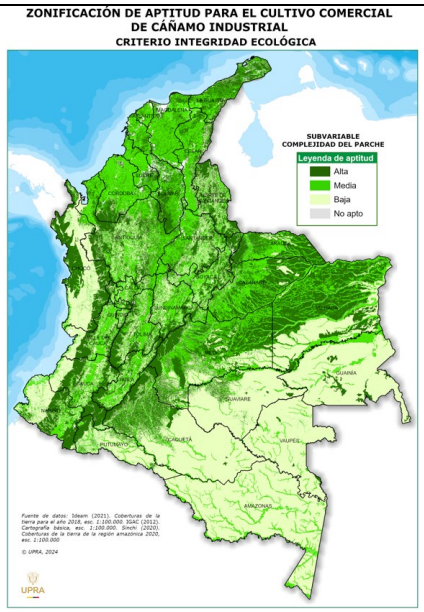


Tamaño medio del parche

Índices de forma



Dimensión fractal



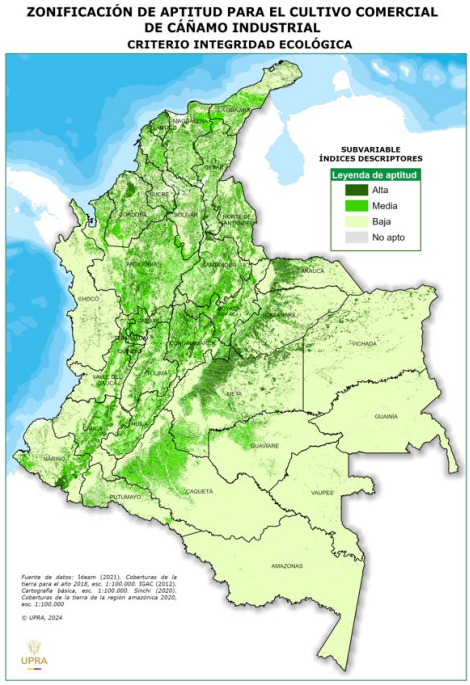
Complejidad de forma

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	A3
A3	A1	A2
A3	A2	A3
A3	A3	A3

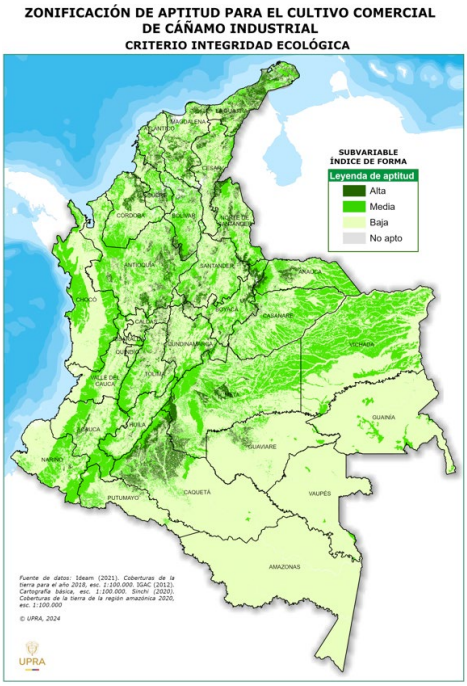
A partir de la aplicación del árbol de decisión se obtuvo el siguiente mapa para este grupo de índices:



Índices de forma

Dimensión fractal	Complejidad de forma	Índices de 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:

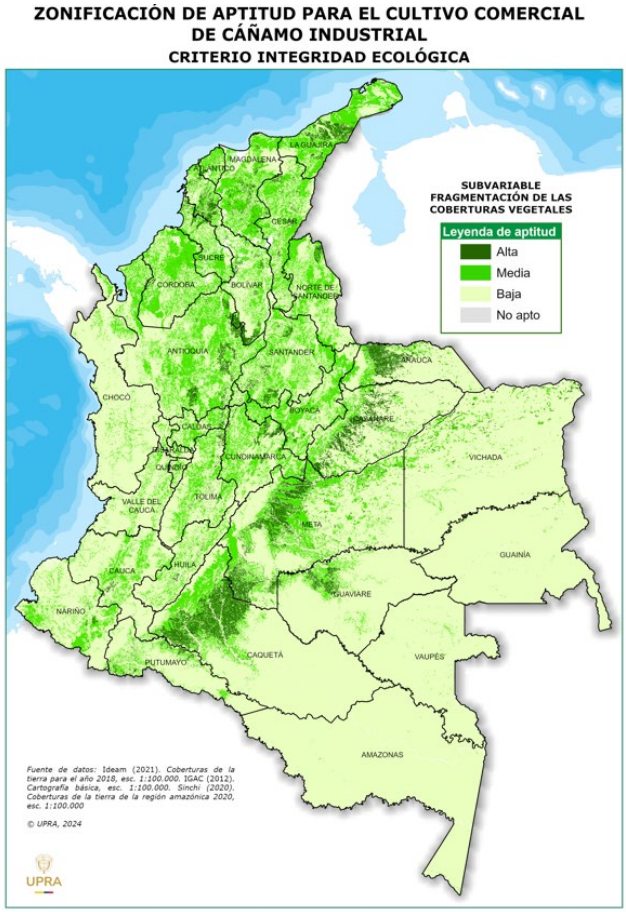


A partir de los mapas construidos (índices descriptores y de forma), y bajo la aplicación de un árbol de decisión se unieron para así obtener el mapa de la subvariable fragmentación, como se aprecia a continuación.

Índices descriptores	Índices de 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

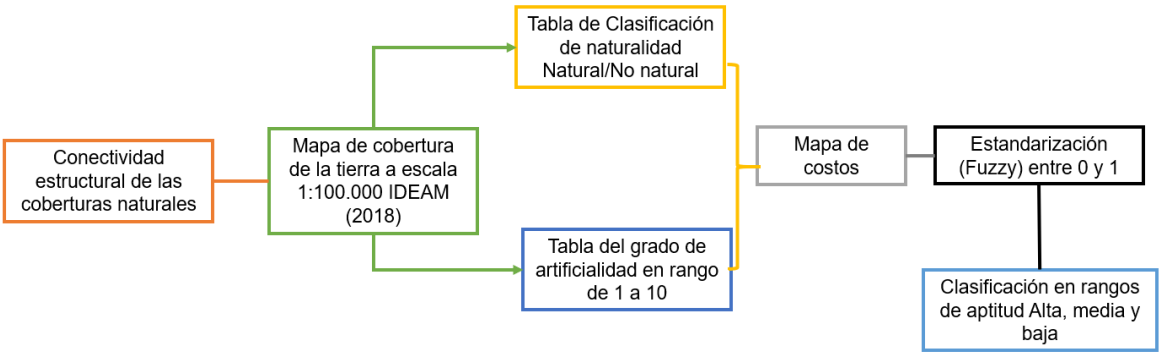
Mapa de la subvariable *Fragmentación*



La siguiente subvariable estudiada para la conformación de la variable, 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 partió del mapa de coberturas de la tierra, adaptada para Colombia (Ideam, 2010). Adicionalmente, se identificaron las coberturas no naturales y el grado de artificialidad, a partir del cual se definieron los pesos de resistencia de paso. A partir de esto se determinó el costo de desplazamiento de las especies haciendo uso de la herramienta costes del programa *ArcGis*.

Esquema metodológico de la variable CECN



Para establecer las calificaciones de artificialidad en la tabla se consideró:

- Áreas que representan un alto costo para la conectividad de las estructuras de las coberturas naturales como los territorios artificializados, tendrán una 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 9.
- Se consideraron las áreas húmedas y los cuerpos de agua con un costo moderado para la conectividad, ya que estas permiten la relación de las distintas especies.

Calificación de costos para el criterio conectividad estructural

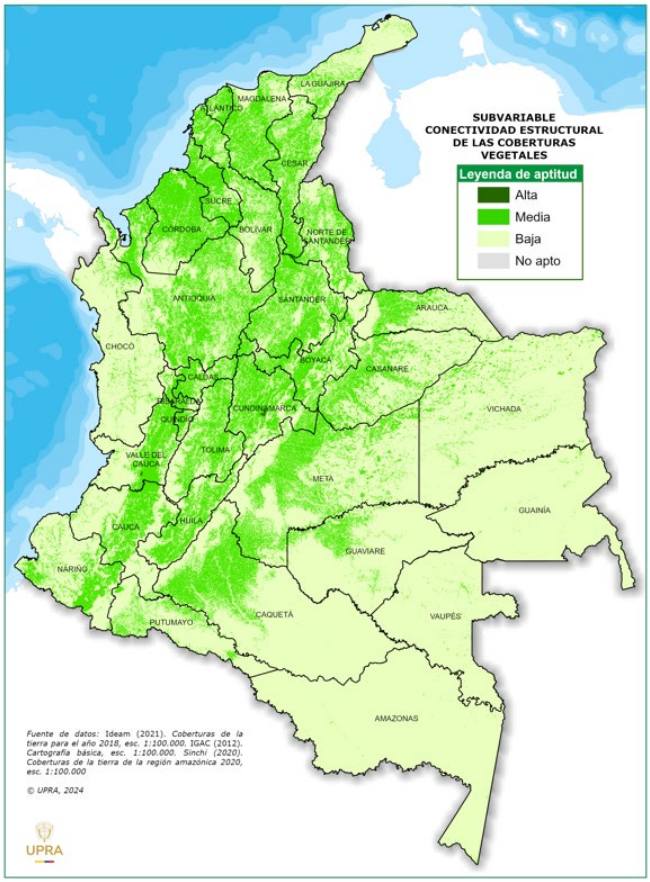
Calificación	
Artificialidad alta	10
Artificialidad media	9
Artificialidad baja	8

Semiartificial alto	7
Semiartificial medio	6
Semiartificial 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 (coste de distancia) a través del análisis de sistema de información geográfica SIG. De forma general para este ejercicio, la conectividad media, tendrá la mayor aptitud (A1), la conectividad baja tendrá *aptitud media (A2)*, y a la alta conectividad se le asigna una menor aptitud o *aptitud baja (A3)*.

ZONIFICACIÓN DE APTITUD PARA EL CULTIVO COMERCIAL DE CÁÑAMO INDUSTRIAL
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

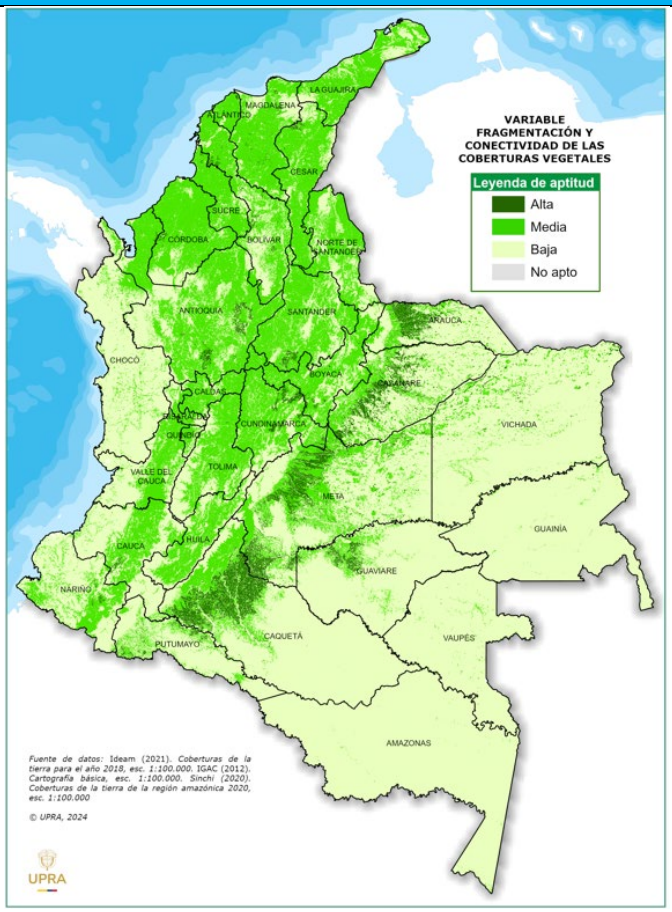
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Calificación de la variable fragmentación y conectividad estructural de las coberturas naturales (FCECN)

Descripción	Aptitud
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	Alta (A1)
Conectividad media. 0-17.000.000 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	Media (A2)
Conectividad alta. 0 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	Baja (A3)
No aplica	No apto (N1)

Unidad de análisis	Unidad de cobertura

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



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 N.° 19: 115-139.
- 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.
- 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.

2.1.2. Variable *Índice de naturalidad (INAT)*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Integridad ecológica		
VARIABLE: índice de naturalidad (INAT)	**UNIDAD DE MEDIDA:** Porcentaje (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	**p**
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
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, etc.), 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 cáñamo con fines industriales, 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 este cultivo, ya que no interrumpe los procesos naturales, e incluso potenciaría la prestación de algún servicio ecosistémico en comparación con la cobertura existente	
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Radica en su contribución 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.		

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

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 de áreas naturales.

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.

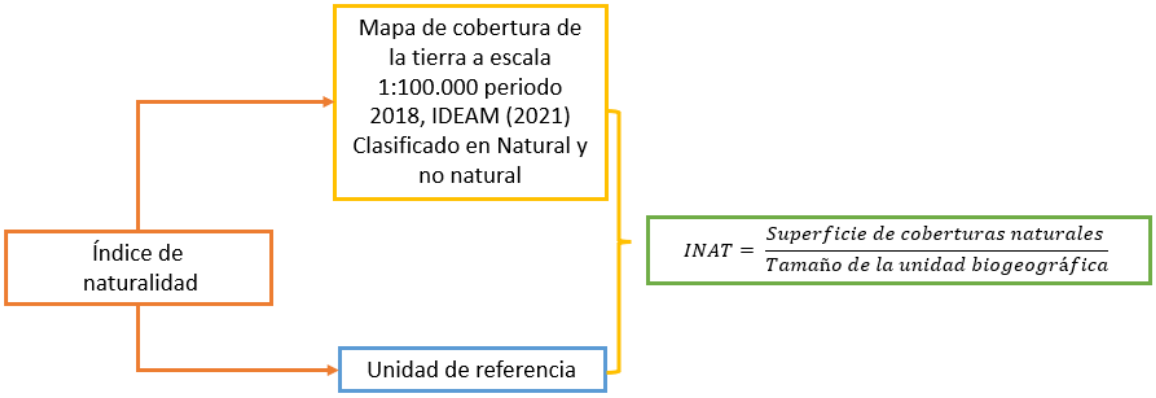
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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 a escala 1:100.000, elaborado por las entidades del SINA (Ideam, 2021).

Se realizó el cruce cartográfico de la capa de cobertura de la tierra con el de las unidades biogeográficas facilitado por el IAvH (2017). Se determinó el índice mediante la expresión:

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

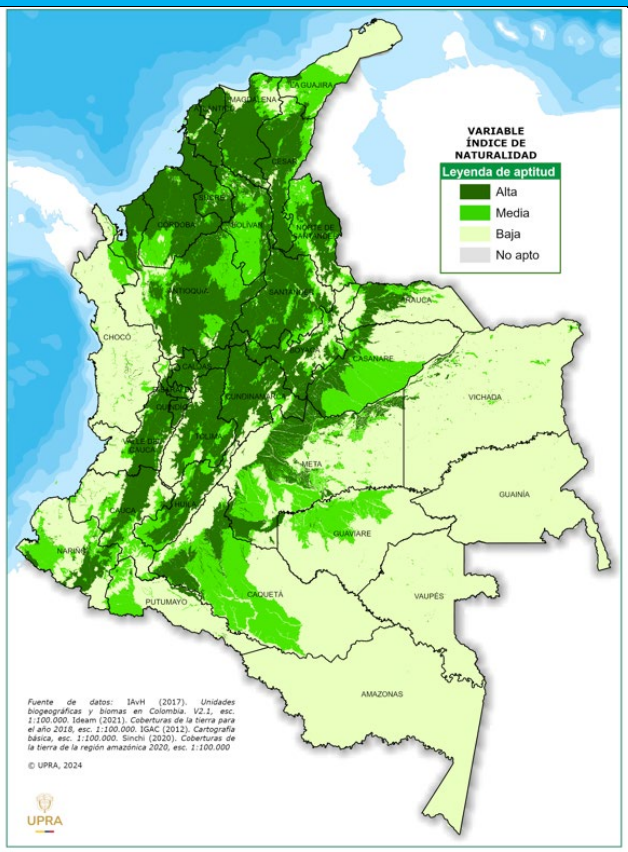
Se establecieron los siguientes rangos, de acuerdo con los parámetros de Márquez (2003) y se reclasificaron en términos de su aporte a la aptitud para el establecimiento de cultivos de cáñamo con fines industriales.

Calificación de la variable índice de naturalidad (INAT)

Descripción	Rango de la proporción de 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	Coberturas vs. Unidad biogeográfica

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- 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. Bogotá: Ideam.

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica. escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- 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 y biomas en Colombia V2.1, escala 1:100.000. Bogotá: IAvH.
- Instituto Sinchi. (2020). Coberturas de la tierra de la región amazónica 2020, escala 1:100.000. Bogotá: Instituto Sinchi.
- Vélez, L. y Gómez, A. (2008). Un marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje. Arbor CLXXXIV 729: 31-44

2.1.3. Variable *Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Integridad ecológica		
VARIABLE: Áreas de concentración de especies sensibles (ACES)	**UNIDAD DE MEDIDA:** Adimensional. Requiere asignación de pesos para integrar especies sensibles en AICAS y APC; riqueza potencial de aves migratorias en paisajes agropecuarios	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	**p**
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Establece zonas donde tiene lugar la concentración de especies sensibles a través de indicadores como la densidad en polígonos definidos como áreas prioritarias de conservación (APC), o la riqueza de aves migratorias en áreas críticas (AC) sobre agroecosistemas. 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 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 cáñamo con fines industriales, por cuanto los procesos productivos presionan sobre los procesos que sostienen las poblaciones de interés. Por el contrario, en áreas donde la concentración de estos elementos de la biodiversidad es baja, la aptitud para el establecimiento de este cultivo es mayor.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

Permite identificar áreas donde el establecimiento de cultivos de cáñamo con fines industriales puede generar un riesgo potencial de afectación a la biodiversidad sensible en áreas no protegidas.

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

La variable no genera exclusiones. 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, etc.), de tal forma que entre mayor sea la concentración de especies sensibles, menor es la aptitud para el establecimiento del cultivo de cáñamo con fines industriales, puesto que pueden generar presiones recíprocas a los ciclos naturales de las especies.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

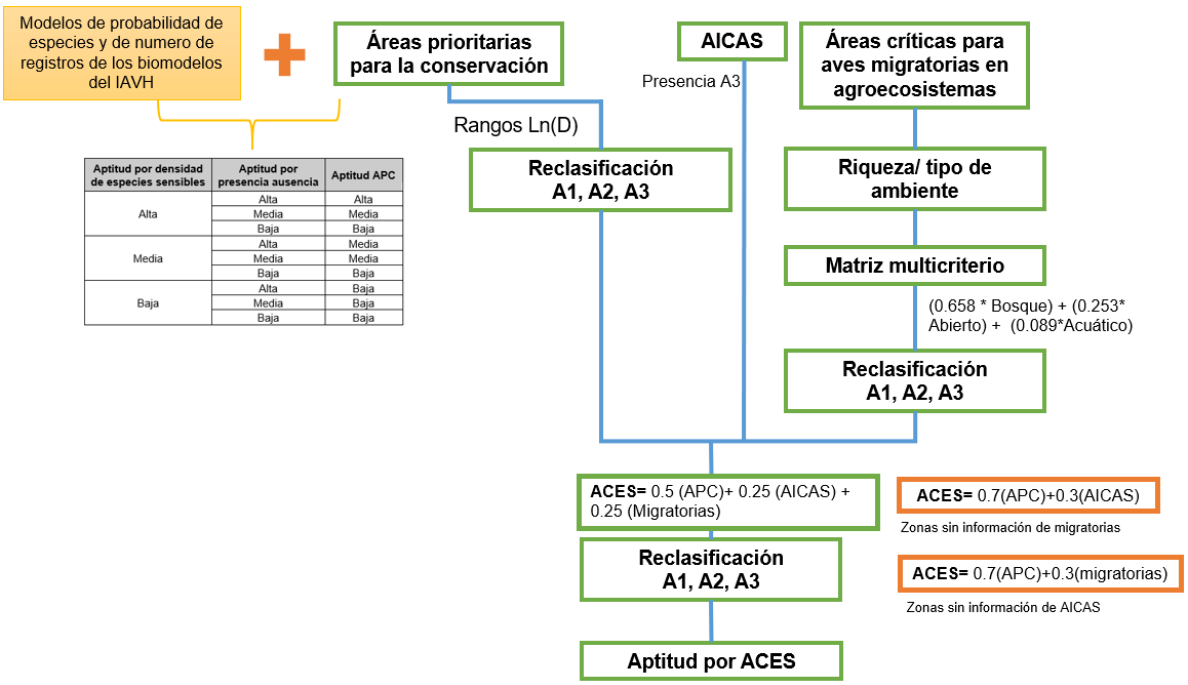
No existen estudios a escala nacional que determinen la distribución y concentración de especies sensibles, por lo que el cubrimiento no es homogéneo. Esto supone integrar varios estudios realizados con metodologías y finalidades variadas, para complementar el panorama nacional.

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 lo tanto, la variable supone una menor concentración en las áreas no mencionadas, pero puede corresponder 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 construyó a partir de los siguientes insumos: mapas de polígonos y bases de datos asociadas de áreas prioritarias de conservación, datos de presencia ausencia de especies de los modelos de probabilidad de especies y de número de registros de los biomodelos del IAvH, libro rojo de especies amenazadas en Colombia, listas de áreas de importancia para la conservación de aves silvestres-AICAS, y riqueza potencial para aves migratorias en paisajes agropecuarios Se emplea la información sobre biodiversidad asociada a las APC (IAvH y ANH, 2013) y las áreas de conservación priorizadas en múltiples escenarios de portafolios de áreas de conservación para la biodiversidad; los servicios ecosistémicos; y la adaptación al riesgo (IAvH, 2021), 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).

Esta subvariable se mide a través de la densidad de especies sensibles / km^2, en áreas prioritarias de conservación (APC) no declaradas en el Sinap, para lo cual se toma de base la información generada por el IAvH y la ANH en 2013 en el portafolio de APC, escala 1:100.000. Adicionalmente se incluyó la capa geográfica de las unidades biogeográficas y biomas en Colombia —que están siendo utilizadas para los CONPES nacionales ambientales— con datos para 355 áreas sobre bioma y superficie (ha). Datos de presencia-

ausencia de especies de los modelos de probabilidad de especies y de número de registros de los biomodelos del IAvH. Listado de especies de mamíferos, peces, aves y plantas endémicas o amenazadas.

Para incorporar esta información, se tomaron los *Objetos de conservación (Odc)* de filtro fino y de filtro grueso del portafolio de APC, los cuales representan unidades de análisis para la conservación de elementos de la biodiversidad a nivel de especies, o ecosistemas respectivamente. Entre mayor sea el número N (riqueza) de especies sensibles o endémicas 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 cultivos de cáñamo con fines industriales.

Para este análisis se asignó a cada polígono de APC, el valor de la densidad de la riqueza, teniendo en cuenta la riqueza por hectárea, calculada 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
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. > 2,333	Alta (A1)
Zonas de baja densidad de especies sensibles. APC con alta presencia de especies sensibles. Ausencia de AICAS. Áreas de importancia moderada o alta para especies migratorias. 1,667-2,333	Media (A2)
Zonas de moderada, alta y muy alta densidad de especies sensibles. APC con densidad muy alta asociada a coberturas naturales. Presencia de AICAS.	Baja (A3)

Áreas de importancia muy alta para especies migratorias. < 1,667	

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 uno (1) para las especies presentes y cero (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* 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 reclasificaron los parámetros evaluados de acuerdo con el siguiente árbol de decisión, en el cual se adoptó el nivel de mayor restricción para ser consecuente con el principio de precaución, así:

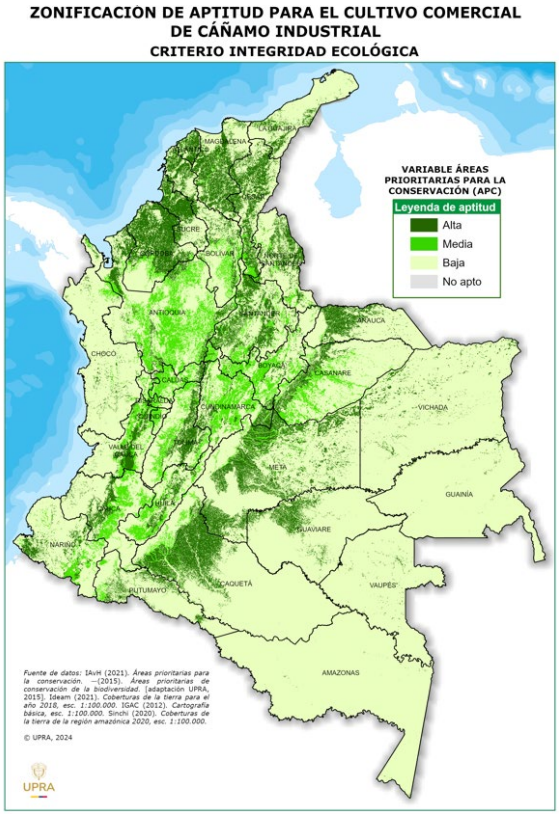
Aptitud por densidad de especies sensibles	Aptitud por presencia-ausencia	Aptitud APC
Alta	Alta	Alta
	Media	Media
	Baja	Baja
Media	Alta	Media
	Media	Media
	Baja	Baja
Baja	Alta	Baja
	Media	Baja
	Baja	Baja

Una vez obtenido este mapa, se realizó una comparación con las áreas naturales; 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 *aptitud 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)

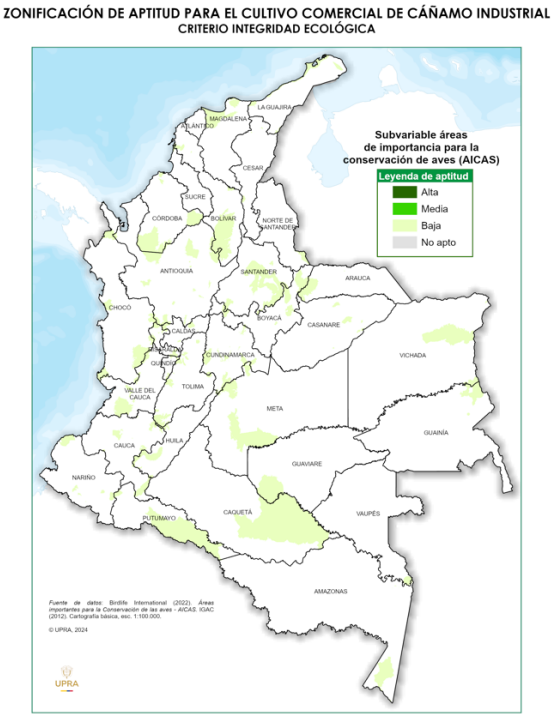
Finalmente, se incluyeron en *aptitud baja (A3)* los polígonos con valores de 60 a 100 % de frecuencia de selección en múltiples escenarios, del mapa de Áreas de conservación priorizadas en múltiples escenarios de portafolios de áreas de conservación para la biodiversidad, los servicios ecosistémicos y la adaptación al riesgo de Burbano *et al*., (2021).



- 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, se definió la *aptitud baja (A3)* para la totalidad de estos polígonos.

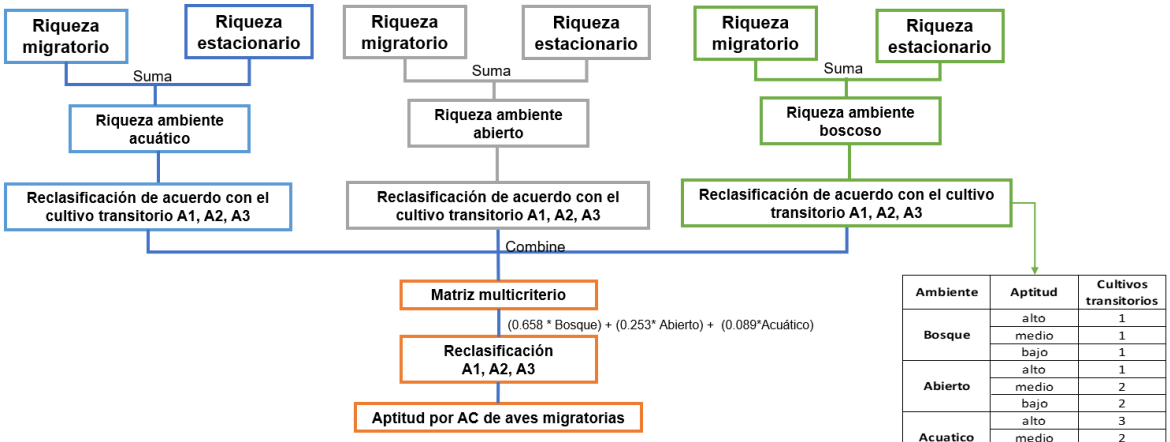


- Áreas críticas (AC) para aves migratorias en paisajes agropecuarios.

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 transitorios como el cáñamo con fines industriales, 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, 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

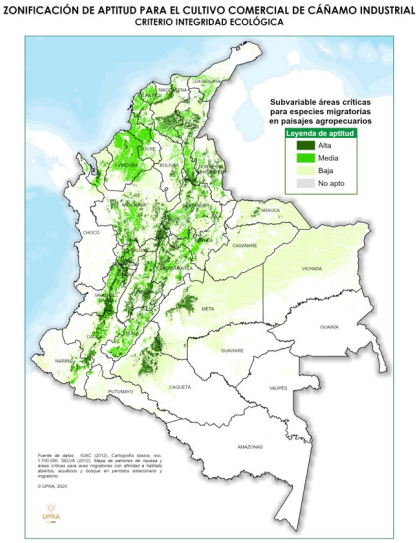
La consolidación de los diferentes ambientes se realizó mediante matrices multicriterio, las cuales permiten determinar el porcentaje de participación de cada ambiente:

Riqueza de especies migratorias = (0,658 * Bosque) + (0,253 * Abierto) + (0,089 * Acuático)

Los valores de la riqueza se reclasifican aplicando la herramienta intervalos geométricos de ArcGis para asignar categorías de aptitud.

Rango	Aptitud
1,324-1,431	Alta (A1)
1,184-1,324	Media (A2)
< 1,184	Baja (A3)

Representación cartográfica de la subvariable *Áreas críticas (AC) para aves migratorias en paisajes agropecuarios*



La integración de toda la información de concentración de especies sensibles relacionada con biodiversidad se realizó a través de matrices multicriterio, con los siguientes pesos ponderados:

ACES = 0,5 (APC) + 0,25 (AICAS) + 0,25 (Migratorias)

Para aquellas áreas que no presentan información de especies migratorias, se manejó la siguiente integración:

ACES = 0,7 (APC) + 0,3 (AICAS)

Para las áreas que no presentan información de AICAS se manejó la siguiente integración:

ACES= 0,7 (APC) + 0,3 (migratorias)

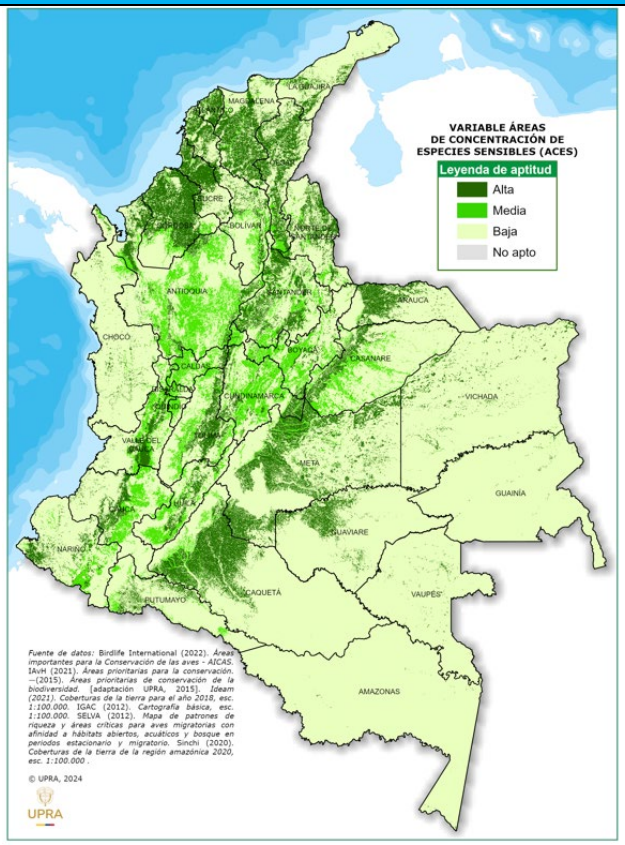
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Se establecieron los siguientes rangos de aptitud para la variable *ACES*:

Rango	Aptitud
> 2,333	Alta (A1)
1,667-2,333	Media (A2)
< 1,667	Baja (A3)

Unidad de análisis	Cualitativo

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- BirdLife International (2022). Important bird and biodiversity area (IBA) digital boundaries: March 2022 version. BirdLife International, Cambridge, UK.
- Burbano, J., Gutiérrez, C., Diaz, J., Molina, M.A., Gómez, B., Rodríguez-Buriticá, S., Suárez-Castro, A.F., Corzo, G., Ramírez, C., Ochoa, J.A. y Londoño, M.C. (2021). Sinergias entre biodiversidad, servicios ecosistémicos, adaptación al riesgo y mitigación del cambio climático. Biodiversidad y Cambio Climático. Instituto Alexander von Humboldt.
- 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*, (p. 135 – 148). Quito, BirdLife International (BirdLife Conservation Series N.° 16).
- García-Márquez, J. R.; Moreno I. y Sacharow O. (2012). Modelamiento de áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia. Informe final del Convenio 044 del 2012 entre Selva y UPRA.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (Ideam). (2021).

Coberturas de la tierra para el año 2018, escala 1:100.000. Bogotá: Ideam.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Instituto Alexander von Humboldt y Agencia Nacional de Hidrocarburos (IAvH y ANH). (2013). Áreas prioritarias para la conservación. Escala 1:250.000.
- Instituto Sinchi. (2020). Coberturas de la tierra de la región amazónica 2020, escala 1:100.000. Bogotá: Instituto Sinchi.
- Selva. (2012). Mapas de modelamiento de áreas críticas para especies migratorias con relación a los agroecosistemas de Colombia. Convenio N.° 044 del 2012 entre Selva y UPRA. Bogotá.

2.1.4. Variable *Afectación a ecosistemas naturales y seminaturales*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO ASOCIADO: Integridad ecológica		
VARIABLE: Afectación a ecosistemas naturales y seminaturales	**UNIDAD DE MEDIDA:** Calificación cualitativa del estado de conservación	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	**p**
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		

Evaluación del estado actual y las vulnerabilidades de los ecosistemas colombianos, con el fin de identificar áreas que hacen parte de la estructura ecológica principal, que deben preservarse, conservase y restaurarse, debido a que brindan una capacidad de soporte para el desarrollo socioeconómico de la población, basados la reclasificación de las áreas evaluadas en el trabajo de Etter *et al*. (2017).

Durante varios años los ecosistemas terrestres y acuáticos a escala mundial han sido intervenidos y modificados de forma progresiva por la humanidad (Tilman et al., 2002), siendo la expansión de la frontera agrícola y los cambios de uso del suelo las principales causas de pérdida de biodiversidad (Norris, 2008), llegando a presentarse una reducción considerable del área de sistemas naturales con frecuente perdida de especies (Leadley *et al*., 2014). Lo anterior a contribuido a la degradación de más del 60 % de los servicios ecosistémicos que ofrecen los diferentes ecosistemas (MEA, 2005).

Por lo tanto, Etter *et al*. (2017) señala la importancia de evaluar la transformación en los ecosistemas y sus servicios ecosistémicos asociados, dado que la conservación de la biodiversidad no debe solo abordar el componente biótico, sino que también debe considerar el impacto sobre los sistemas ecológicos. De acuerdo con Keith *et al*. (2013), se tienen una serie de categorías y criterios que constituyen el fundamento de la lista roja de ecosistemas (LRE), que se considera como una herramienta clave en la evaluación de riesgos, que permite identificar áreas prioritarias para la conservación y restauración, asociadas a ecosistemas con evaluaciones altas de amenaza. Esto permitiría el mantenimiento de la provisión de servicios ecosistémicos brindados por estas áreas.

En general, la variable se basa en la evaluación del estado actual y las vulnerabilidades de los ecosistemas colombianos, con el fin de identificar áreas que hacen parte de la estructura ecológica principal, que deben preservarse, conservase y restaurarse, debido a que brindan una capacidad de soporte para el desarrollo socioeconómico de la población, basados la reclasificación de las áreas evaluadas en el trabajo de Etter *et al*. (2017).

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE

La variable permite identificar el estado actual y las vulnerabilidades de los ecosistemas colombianos, dada la potencial pérdida de biodiversidad que ocasiona el deterioro de ecosistemas que favorecen el desarrollo de procesos ecológicos esenciales, necesarios para sustentar la vida (Etter *et al*., 2017). Dicho deterioro es el resultado de la expansión de la frontera agrícola y la reducida conservación de las remanentes de ecosistemas importantes que se encuentran dentro de mosaicos de paisaje rural. Por tanto, se considera que áreas de especial importancia biológica y ecológica, se definirán con categorías altas de amenaza con el fin de garantizar su conservación.

Adicionalmente la variable otorga una calificación de conservación (aptitud baja) a los ecosistemas estratégicos, los cuales juegan un papel fundamental en el sostenimiento de procesos naturales, sociales y ecológicos, puesto que 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).

Se consideran como ecosistemas estratégicos manglares, humedales Ramsar, bosque seco, lagunas, ciénagas, drenajes dobles, madre viejas y morichales.

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 2002.

En estos ecosistemas se prohíbe cualquier obra, industria o actividad que se localice en su área, 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.º, la existencia de ecosistemas de importancia estratégica para la conservación de recursos hídricos, entendiéndolos como aquellos que garantizan la oferta de servicios ecosistémicos relacionados con el ciclo hidrológico y, en general, con los procesos de regulación y disponibilidad del recurso hídrico en un área determinada.

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 y/o actividad pecuaria.

Este ecosistema hace parte de las zonas secas donde dominan especies con características morfofisiológicas con notable adaptación a la sequía. En estas zonas las sequías son pronunciadas (baja humedad atmosférica) y la evapotranspiración potencial es alta, a menudo asociada con escasez de nutrientes en el suelo. Estas zonas están sufriendo una rápida pérdida, fragmentación y degradación de sus ecosistemas, por ello MinAmbiente desarrolló el *Plan de acción nacional de lucha contra la desertificación y la sequía (PAN) 2005*, a través del cual se busca adelantar acciones para el manejo sostenible de los ecosistemas de las zonas secas, así como la aplicación de medidas prácticas que permitan prevenir, detener y revertir procesos degradativos y contribuir al desarrollo sostenible de las zonas afectadas.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO
Esta variable no genera exclusión técnica (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

El insumo base corresponde al trabajo de Etter et al. (2017) que en su momento representaba el estado y la vulnerabilidad de los ecosistemas, producto de la expansión histórica de la frontera agrícola y el bajo nivel de conservación de áreas remanentes de estos ecosistemas en los mosaicos de los paisajes rurales del país.

Dado que la herramienta de Lista Roja de Ecosistemas (LRE), planteada por los autores considera también amenazas derivadas al cambio climático, es de esperarse que la información contenida en la capa requiere actualización.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La variable se espacializó mediante la reclasificación del mapa del Estado de conservación de los ecosistemas (UICN) del estudio de Etter et al. (2017), considerando que los polígonos con estado de vulnerabilidad Critico (CR) y en peligro (EN) se dejan en *aptitud baja (A3)*, estado Vulnerable (VU) y preocupación menor (LC) se califican con aptitud media A2 y las Áreas transformadas, agrícolas y artificiales que no presentan calificación de riesgo se dejan en *aptitud alta (A1)*.

Adicionalmente, ecosistemas estratégicos como manglares, humedales Ramsar, bosque seco, lagunas, ciénagas, drenajes dobles, madre viejas y morichales se clasifican en *aptitud baja (A3)*, dada su importancia en la prestación de servicios ecosistémicos y la potencial amenaza que presentan actualmente.

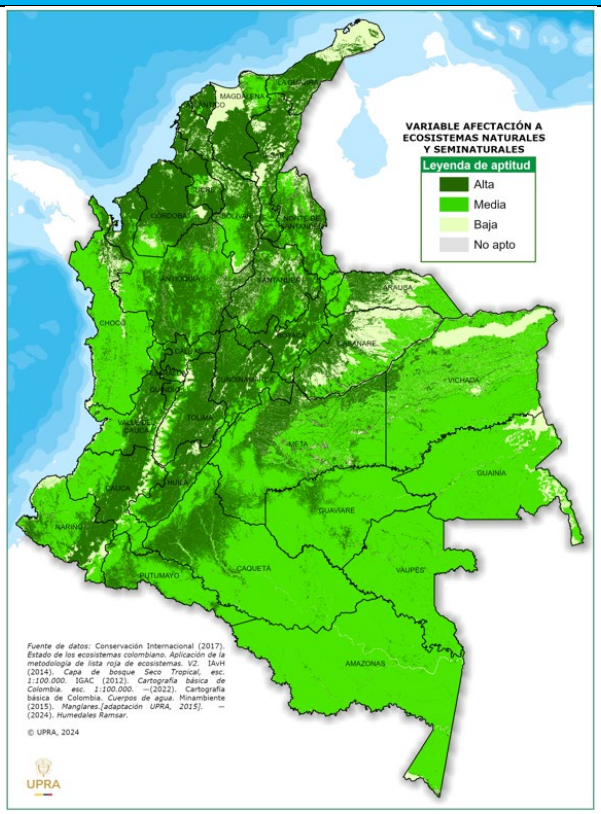
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

La calificación de la variable *Afectación a ecosistemas naturales y seminaturales* se muestra a continuación:

Descripción	Aptitud
Áreas transformadas, agrícolas y artificiales sin calificación de riesgo	Alta (A1)
Estado de conservación Vulnerable (VU) y preocupación menor (LC)	Media (A2)
Estado de conservación Critico (CR) y en peligro (EN). Ecosistemas estratégicos (manglares, humedales Ramsar, bosque seco, lagunas, ciénagas, drenajes dobles, madreviejas, morichales)	Baja (A3)

Unidad de análisis	Polígonos del Estado de conservación de los ecosistemas y ecosistemas estratégicos (manglares, humedales Ramsar, bosque seco, lagunas, ciénagas, drenajes dobles, madreviejas, morichales)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Etter A., Andrade A., Saavedra K., Amaya P. y Arévalo, P. (2017). Estado de los Ecosistemas Colombianos: una aplicación de la metodología de la Lista Roja de Ecosistemas (Vers2.0). Informe Final. Pontificia Universidad Javeriana y Conservación Internacional Colombia. Bogotá. 138 p.
- Leadley, P.W., Krug, C.B., Alkemade, R., Pereira, H.M., Sumaila U.R., Walpole, M., Marques, A., Newbold, T., Teh, L.S.L, van Kolck, J., Bellard, C., Januchowski-Hartley, S.R. and P.J Mumby. (2014). Progress towards the Aichi Biodiversity Targets: An Assessment of Biodiversity Trends, Policy Scenarios and Key Actions. (Technical Series 78, 500 p.). Montreal, Canada: Secretariat of the Convention on Biological Diversity.
- Márquez, C., G. (2003). Ecosistemas estratégicos de Colombia. Sociedad Geográfica de Colombia. Recuperado de: http://www.sogeocol.edu.co/documentos/07ecos.pdf.
- (MEA) Millennium Ecosystem Assessment. 2005. Ecosystems and Human Well-being: Synthesis. Washington, DC.: Island Press
- Norris, K. (2008). Agriculture and biodiversity conservation: opportunity knocks. Conservation Letters 1(1):2-11.
- Tilman, D., Reich, P.B. and Knops, J.M.H. (2006). Biodiversity and ecosystem stability in a decade-long grassland experiment. Nature 441, 629–632.

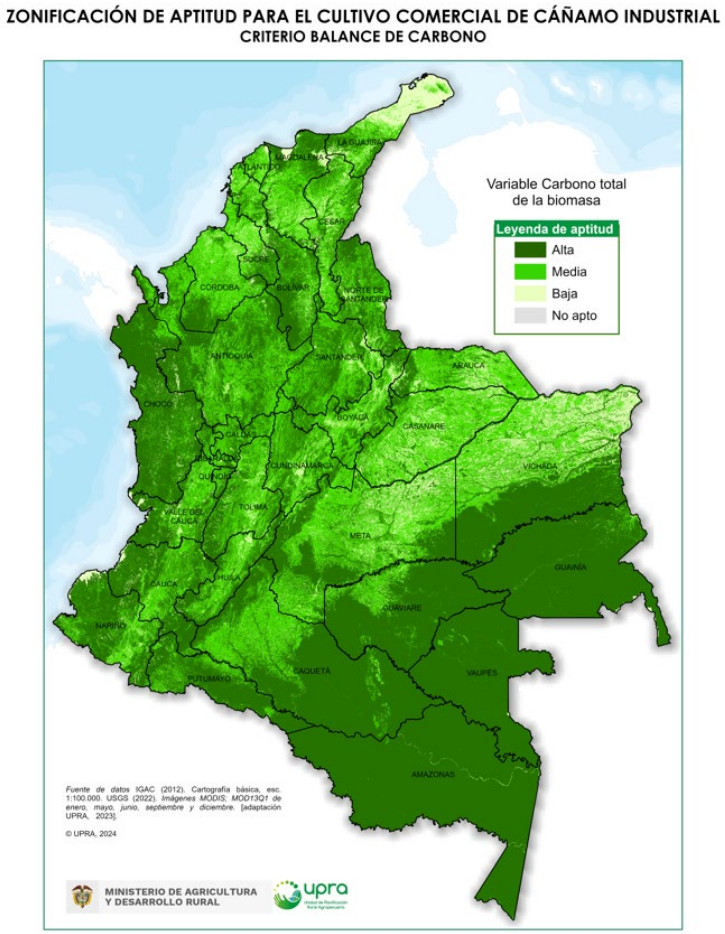
2.2. Criterio *Variación del contenido estimado de carbono*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO: Variación del contenido estimado de carbono		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	P
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
No presenta 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 cáñamo con fines industriales en diferentes zonas con aptitud potencial para su implementación en el país. Por lo tanto, el criterio contempla el balance entre el contenido de carbono de la biomasa área y subterránea de la cobertura vegetal frente al potencial de cambio debido al establecimiento de cultivos de cáñamo con fines industriales, permitiendo determinar la sostenibilidad ambiental asociada al almacenamiento de carbono, clasificando áreas que se comportan como sumidero o emisión de carbono (UPRA, 2016). Se considera que este cultivo tiene una alta capacidad de secuestrar carbono atmosférico (CO_2) (Suardi *et al*., 2024), debido a su rápido crecimiento y producción (Viskovic *et al*., 2023), además es una planta que tiene una demanda de nitrógeno baja debido a la alta eficiencia en el uso fotosintético del nitrógeno en las hojas y su bajo nitrógeno estructural (Blandinières *et al*., 2023).		
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 la incorporación de 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.		

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO
No hay valores de exclusión técnica (N1).
LIMITANTES PARA 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 la mediana de las imágenes Landsat 2022 que cubren el territorio nacional, las cuales tienen como mayor limitante la resolución espacial y la temporalidad
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
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 + 9255 (X) Donde: *X* corresponde a la inversa de la banda 6 del mosaico de la mediana de las imágenes Landsat 2022, relacionada al rango del espectro electromagnético de infrarrojo de onda corta (SWIR 2). La estimación del contenido de carbono se realizó de acuerdo con la ecuación propuesta por el IPCC (2006): C (biomasa aérea) = Biomasa aérea/2 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 (biomasa subterránea) = Biomasa subterránea/2

c. Contenido de carbono en la biomasa.

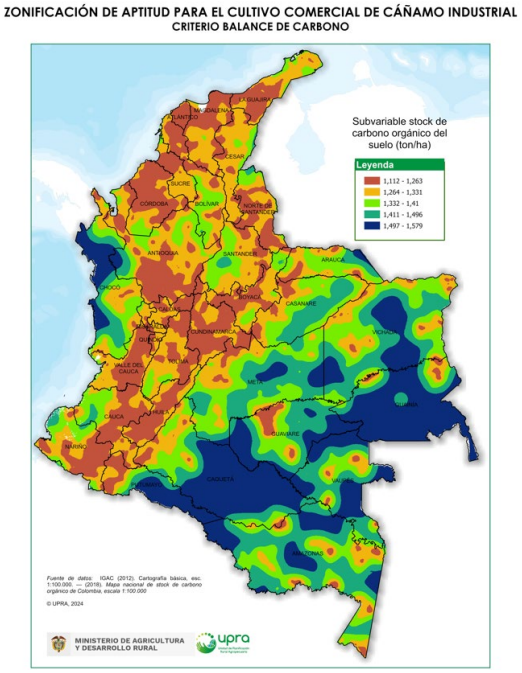
Posteriormente, mediante la suma de los mapas de carbono en biomasa aérea y de carbono en biomasa subterránea, se calcula el mapa de carbono total contenido en la biomasa.



d. Contenido de carbono en el suelo.

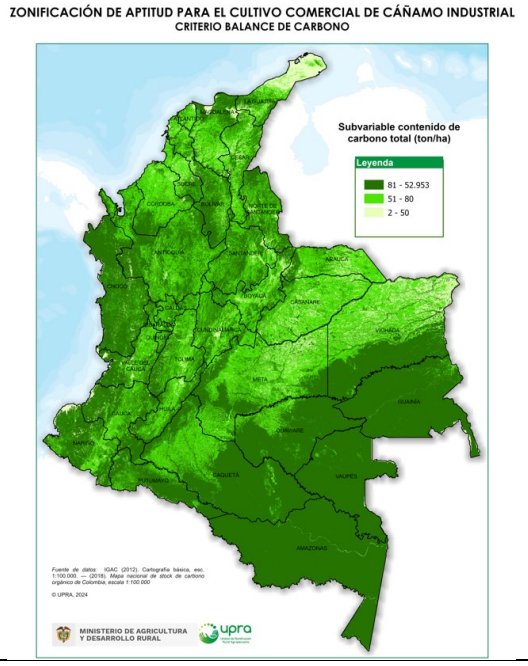
Se estimó mediante algebra de mapas, a partir de la información suministrada por ISRIC (Soil World information, 2015), relacionada con las capas de porcentaje de Carbono orgánico en el suelo, densidad aparente y porcentaje de fragmentos de más de 2 mm (organic carbon, bulk density, coarse fragments > 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 metros) × (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 (aérea y subterránea) y carbono orgánico en el suelo.



f. Estimación de la aptitud por la variación del contenido estimado de carbono.

Con el fin de realizar el balance de carbono del potencial establecimiento del cultivo de cáñamo con fines industriales, se consideró una captura de carbono total de 32,51 t/ha/año, de acuerdo con Suardi *et al*. (2024), en cuyo estudio se resalta el potencial almacenable de carbono orgánico en el suelo bajo coberturas de cáñamo, correspondiente a 8,3 t)/ha. Adicionalmente, se cita una diferenciación entre la biomasa contenida en tallos, raíces y los residuos aéreos y subterráneos.

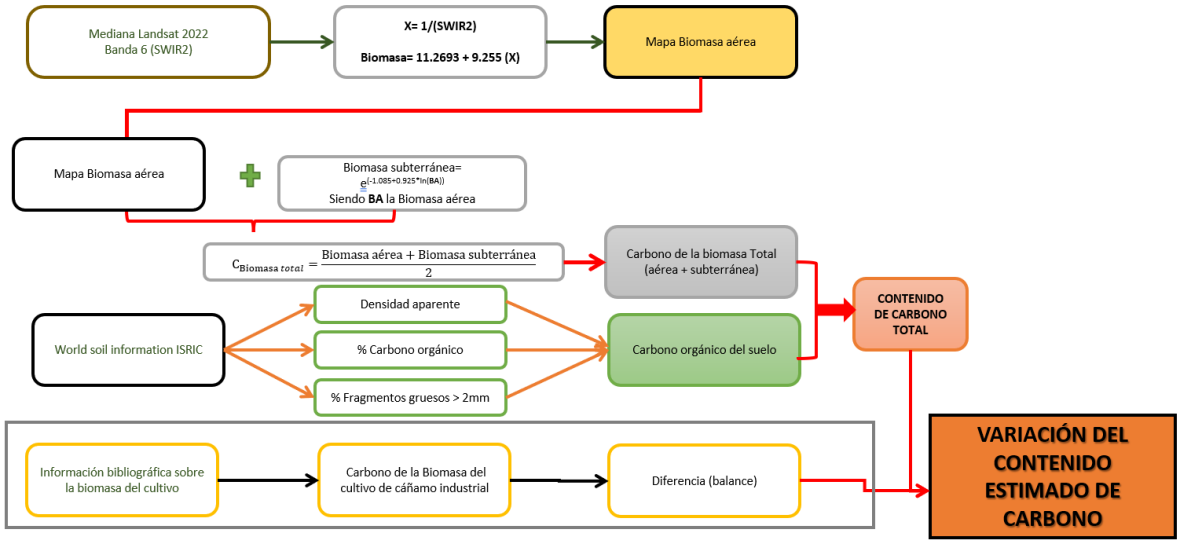
La calificación de la aptitud se lleva a cabo mediante la comparación del valor estimado de carbono (valor del píxel o de la unidad de análisis espacial), con el valor de referencia estimado de carbono capturado por el cultivo de cáñamo con fines industriales con el fin de obtener el mapa de diferencia en carbono total frente al cultivo, mediante la siguiente ecuación aplicada espacialmente a través del álgebra de mapas:

Variación del contenido estimado de carbono = C de la biomasa total-C capturado por el cultivo de cáñamo con fines industriales.

De esta forma, dependiendo de la cobertura existente, el establecimiento de cultivos de cáñamo con fines industriales 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.

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

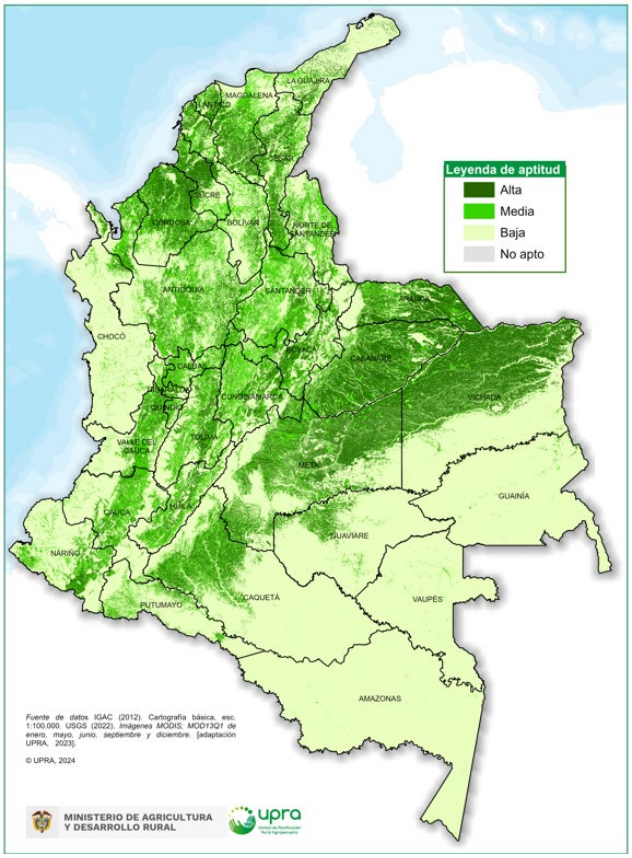
La calificación de la aptitud para el cultivo de cáñamo con fines industriales, desde el punto de vista de este criterio se estableció a partir de intervalos por Natural breaks y siguiendo los siguientes preceptos:

Descripción	Variación del contenido estimado de carbono (t/ha)	Aptitud
El cultivo es sumidero de carbono	< 36,888	Alta (A1)
El cultivo está en equilibrio entre emisión y captura de carbono	36,888-82,16	Media (A2)
El cultivo es fuente de emisión de carbono	> 82,16	Baja (A3)

Se aclara que no se realiza comparación con las coberturas naturales; por lo tanto, estas áreas se mantienen en *aptitud baja (A3)*.

Unidad de análisis	Pixel (t/ha/año)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Blandinières, H., Croci, M., Impollonia, G., Marcone, A., Gay, A., Winters, A., Palmer, S. and Amaducci, S. (2023). Multi-environment assessment of a yellow hemp (Cannabis sativa L.) cultivar's eco-physiology and productivity under varying levels of nitrogen fertilization. Industrial Crops & Products 195 (2023) 116360. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2023.116360
- 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 N.°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 Vargas, M.I. (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

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (Ideam). (2021). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2018-2020, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (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>.
- World Soil Information (ISRIC). (2013). *SoilGrids: An Automated System for Global Soil Mapping*. Recuperado de: <http://soilgrids1km.isric.org>.
- Páramo, G. (2011). *Susceptibilidad de las coberturas vegetales de Colombia al fuego*. In. Incendios de la cobertura vegetal en Colombia. Tomo I. Alvaro del Campo Parra (Ed). p. 73-142. Universidad Autónoma de Occidente, PNUMA, Cali
- Suardi, A., Bravo, I., Beni, C., Papetti, P. and R. Rana. (2024). Carbon footprint of hemp and sunflower oil in southern Italy: A case study. Ecological Indicators 160 (2024) 111786. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2024.111786
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria UPRA. 2016. *Cultivo comercial de papa: identificación de zonas aptas en Colombia, a escala 1:100.000*. Bogotá (Colombia).
- Visković, J., Zheljazkov, V.D., Sikora, V., Noller, J., Latković, D., Ocamb, C.M. and Koren, A. (2023). "Industrial Hemp (*Cannabis sativa* L.) Agronomy and Utilization: A Review" Agronomy 13, no. 3: 931. https://doi.org/10.3390/agronomy13030931

2.3. Criterio *Apropiación de agua*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO: Criterio apropiación de agua		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	P
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• Diferencia de uso consuntivo, expresada en millones de m^3. • Balance oferta-demanda hídrica, expresada en millones de m^3.		

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 cáñamo con fines industriales tanto para su crecimiento, como materia prima para el sustento y producción de las plantas. En el balance hídrico de la cuenca una parte del agua captada por las plantas queda contenida en la biomasa, otra parte retorna a la cuenca (excesos o menores rendimientos de aprovechamiento de agua), y otra se pierde 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; en casos excepcionales a partir de transvases desde cuencas circundantes. Así, entre mayor sea la demanda del cultivo de cáñamo con fines industriales, 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 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 la producción de dicho cultivo. La demanda hídrica del cultivo de cáñamo con fines industriales se calcula considerando el uso consuntivo del cultivo 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 *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 cáñamo con fines industriales.

De esta forma, es posible identificar sí dada la capacidad hídrica de la SZH se configura un riesgo para el abastecimiento del cultivo, o si su establecimiento entra en competencia con los ecosistemas, agrosistemas y demás usos existentes a su interior.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

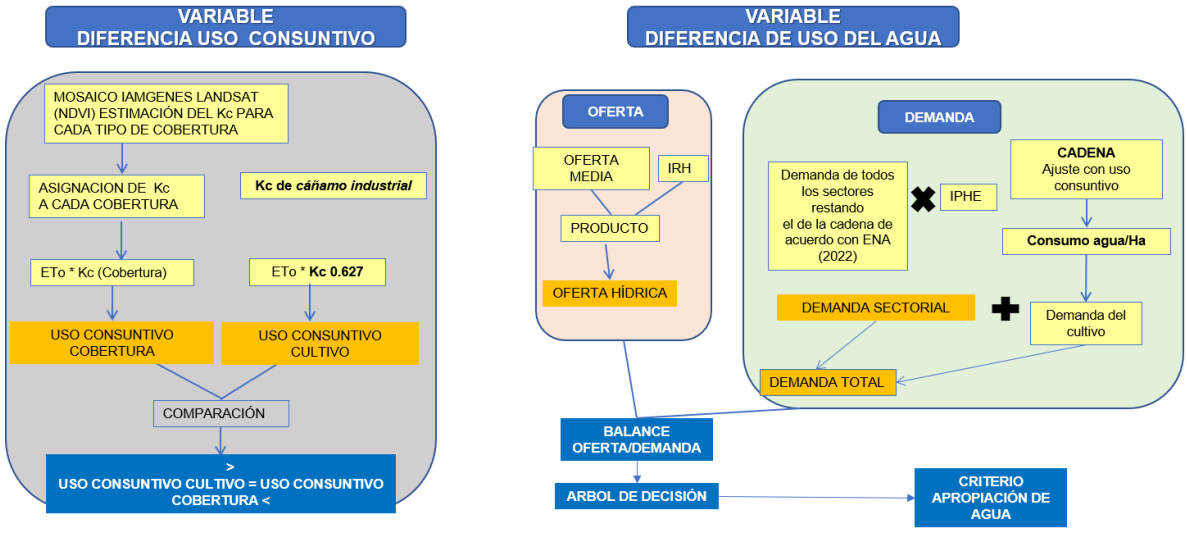
No hay valores de exclusión, ninguna variable presenta límites que califiquen zonas del territorio nacional como no aptas (N1).

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Los consumos de agua corresponden a datos teóricos estimados. Para la estimación del componente de diferencia de uso consuntivo se determinó el Kc de las coberturas actuales haciendo uso del mosaico de la mediana de las imágenes Landsat de 2022, las cuales tienen como mayor limitante la resolución espacial y la temporalidad.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

El criterio está compuesto por dos variables, la diferencia del uso consuntivo y la diferencia de uso del agua



Donde:

CLC: *Corine Land Cover*,

Kc: coeficiente del cultivo,

IRH: índice de regulación hídrica,

IPHE: índice de presión hídrica de los ecosistemas.

De acuerdo con el Ideam (2010) el uso consuntivo se refiere al requerimiento de agua para el crecimiento adecuado de las plantas; para su cálculo se parte del valor de evapotranspiración y el coeficiente del cultivo (*Kc*); por lo 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 cáñamo con fines industriales, a escala 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 cáñamo con fines industriales. Si el dato de la relación es mayor a 0 representa que la evapotranspiración del cultivo es más alta que la de la cobertura actual, por lo cual es mejor continuar con la cobertura actual. Si el valor 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 el cultivo de cáñamo con fines industriales sería favorable. Hay un rango intermedio alrededor del 0, donde la variación no es grande, donde las dos coberturas tienen similares evapotranspiraciones.

Posteriormente se adiciona la demanda hídrica del cultivo de cáñamo con fines industriales, teniendo en cuenta el *Kc* descrito en la variable de diferencia de uso consuntivo, llevando el dato de milímetros a litros por hectárea mediante la superposición por subzonas hidrográficas, y ajustando con el valor de 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:

Diferencia de uso del agua	Diferencia uso consuntivo	Aptitud por 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 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 cáñamo con fines industriales pueda generar un riesgo por desabastecimiento tanto para el cultivo, como para los demás usos establecidos en la subzona hidrográfica.

La obtención de los rangos de variación procede del procesamiento entre los rangos de sus mapas constitutivos: diferencia de uso consuntivo y diferencia de uso de agua por el cultivo.

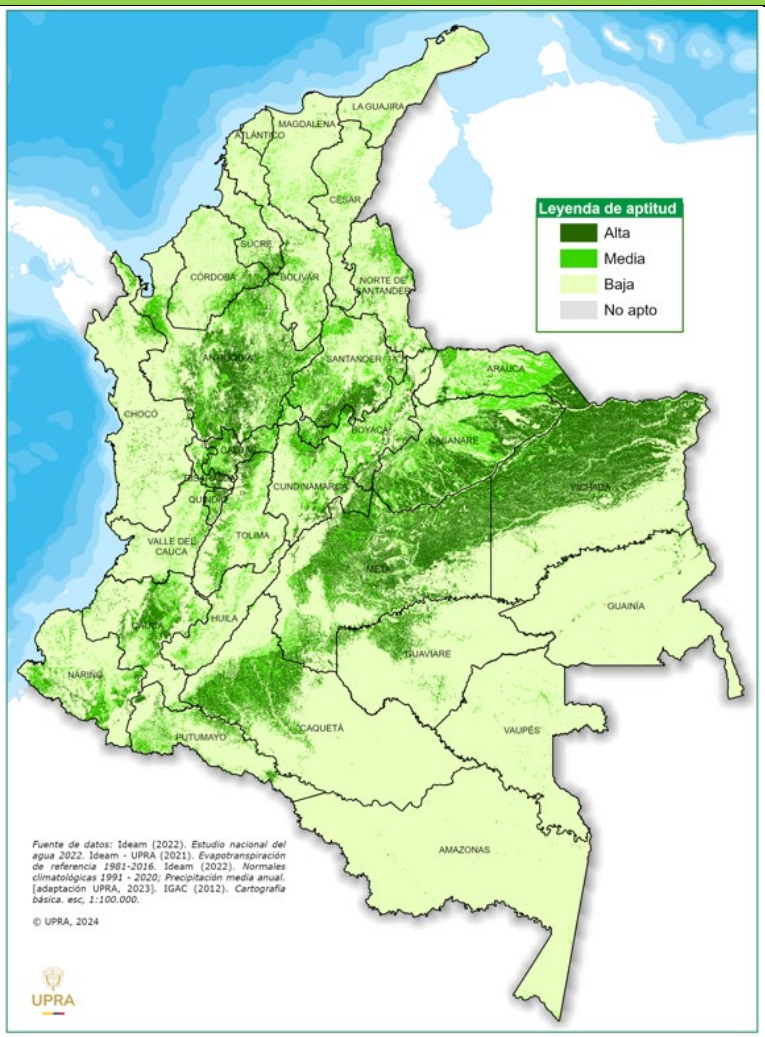
Se aclara que no se realiza comparación con las coberturas naturales, por tanto, estas áreas se mantienen en *aptitud baja (A3)*.

Rango de variación de la aptitud por apropiación de agua

Descripción	Rango de variación	Aptitud
Zonas con sostenibilidad hídrica alta para el abastecimiento de la demanda del cultivo de cáñamo con fines industriales 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 cáñamo con fines industriales 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 cáñamo con fines industriales 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)

Unidad de análisis	Polígono de cobertura y pixel de 30 metros

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- 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. Bogotá: Ideam. 72 p.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (Ideam). (2018). Estudio Nacional del Agua, 2018. Bogotá: Ideam.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (Ideam). (2021). Estudio Nacional del Agua, 2021. Bogotá: Ideam.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

2.3.1. Variable *Diferencia de uso consuntivo*

<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">Cultivo de cáñamo (Cannabis sativa var. sativa) con fines industriales</td></tr>
<tr><td colspan="4">COMPONENTE: Socioecosistémico</td></tr>
<tr><td colspan="4">CRITERIO ASOCIADO: Apropiación de agua</td></tr>
<tr><td colspan="2">VARIABLE: Diferencia de uso consuntivo</td><td colspan="2">UNIDAD DE MEDIDA: Millones de m^3</td></tr>
<tr><td rowspan="4">TIPO DE CRITERIO ASOCIADO</td><td colspan="2">Exclusión técnica</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Análisis jerárquico</td><td>p</td></tr>
<tr><td colspan="2">Restricción legal</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Condicionante legal</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="4">DEFINICIÓN</td></tr>
<tr><td colspan="4">De acuerdo con el Ideam (2010) el uso consuntivo corresponde al requerimiento de agua neta para el establecimiento del 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 cáñamo con fines industriales y las otras coberturas vegetales.</td></tr>
<tr><td colspan="4">IMPORTANCIA DE LA VARIABLE</td></tr>
<tr><td colspan="4">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 cáñamo con fines industriales, 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 cáñamo con fines industriales. 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 cáñamo con fines industriales. Esta evaluación analiza la sostenibilidad del territorio con relación a la evapotranspiración, y a la acumulación y disponibilidad natural del agua.</td></tr>
</table>

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

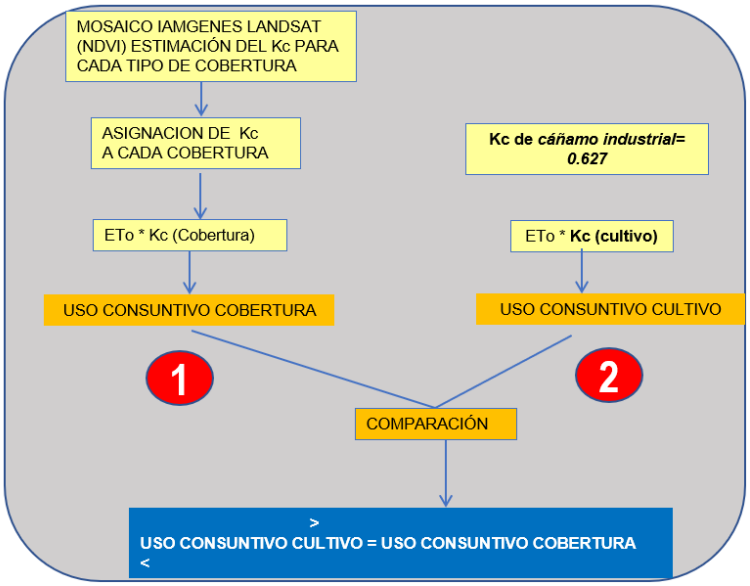
Los valores del Kc tanto para las coberturas actuales, como para algunas especies evaluadas son valores estimados a partir de modelamiento matemático, basado en imágenes Landsat, ya que no existen datos de campo elaborados con precisión

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*) (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).

El procesamiento de la variable diferencia de uso consuntivo se llevó a cabo, mediante la estimación a partir de modelamiento y procesamiento de imágenes de satélite LANDSAT, del *Kc* de las coberturas actuales, de acuerdo con lo planteado por Cuesta *et al*. (2005), versus los *Kc* promedio estimado para el cultivo de cáñamo con fines industriales (0,627) basados en los estudios de Noghabi *et al*. (2021); Thevs y Aliev (2022); Thevs y Nowotny (2023).

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), adoptada por el grupo físico del equipo de Evaluación de Tierras Nacional de la UPRA.

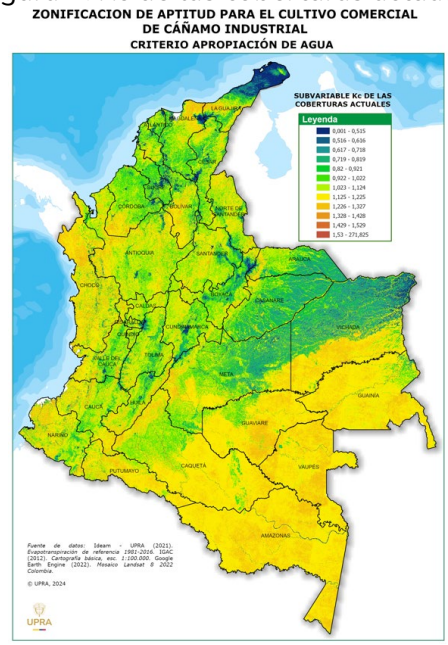
Los *Kc* de la cobertura actual se determinaron de acuerdo con la ecuación de Cuesta *et al.* (2005):

Kc = 1,5625 * NDVI-0,05
Esta ecuación permite obtener el denominado *Kc* NDVI basado en la relación lineal existente entre el NDVI y el coeficiente de cultivo basal. El fundamento conceptual de dicho modelo se basa en que "diversos trabajos anteriores han mostrado la posibilidad de estimar el Kc a partir del denominado índice de vegetación normalizado, NDVI, que se calcula mediante una combinación algebraica de la reflectividad espectral de la cubierta vegetal en las bandas del rojo e infrarrojo cercano".

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 4 del infrarrojo cercano del mosaico de la mediana de las imágenes Landsat 2022 y RED a la banda 3 del rojo.

Figura 1. *Kc* de las coberturas actuales



Fuente: Elaboración propia.

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:

ETo = Kc × ETP

El valor de *Kc* para el cultivo de cáñamo con fines industriales (0,627) se calculó mediante el promedio de los *Kc* reportados en los estudios de Noghabi *et al*. (2021); Thevs y Aliev (2022); y Thevs y Nowotny (2023).

Los datos generados requirieron una conversión por un factor multiplicador de 10, que representa el cambio de unidades de mm de precipitación (de la información climática), a m^3 de agua/ha (para hacerlo compatible con la información de oferta de las subzonas hidrográficas).

Es importante señalar que las coberturas naturales se dejan en *aptitud baja (A3)*, y no se realiza esta diferencia de uso consuntivo.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

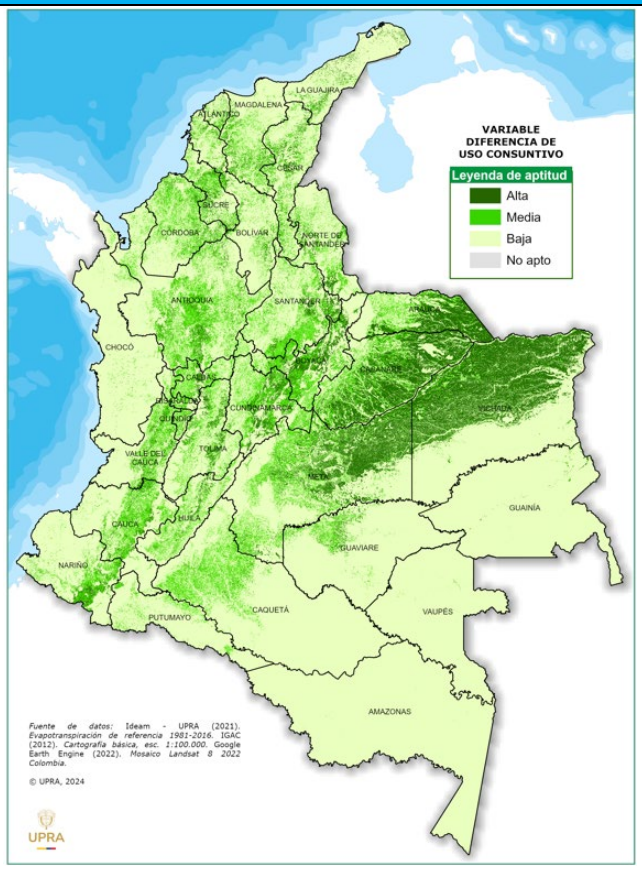
De acuerdo con la amplitud de los rangos de los datos, se estableció una división en tres intervalos equivalentes, y se realizó la siguiente reclasificación para obtener los datos de aptitud por uso consuntivo:

Aptitud por diferencia de uso consuntivo para el cultivo de cáñamo con fines industriales

Descripción	Rango ETo (Millones m^3)	Aptitud
El cultivo evapotranspira menos que la cobertura actual. Uso consuntivo menor	< 373,862	Alta (A1)
La evapotranspiración del cultivo es similar a la cobertura actual. Uso consuntivo moderado	373,862-608,287	Media (A2)
La cobertura actual evapotranspira menos que el cultivo. Uso consuntivo alto	> 608,287	Baja (A3)

Unidad de análisis	Píxel 30 metros

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Cuesta, A., Montoro, A, A.M. Jochum, P. López y Calera, A. (2005). Metodología operativa para la obtención del coeficiente de cultivo desde imágenes de satélite. ITEA (2005), Vol. 101 (3) 212-224. Madrid
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Servicio de Recursos, Fomento y Aprovechamiento de Aguas. FAO. Roma: FAO.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2019). Aquastat web site. Recuperado de: http://www.fao.org/nr/water/aquastat/data/glossary/search.html
- González, M.; Saldarriaga G. y Jaramillo, O. (2010). Estimación de la demanda de agua: Conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial. En: Estudio nacional del agua. Cap. 5. Bogotá: Ideam.

- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (Ideam). (2010). Estudio nacional del agua. Bogotá: Ideam.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (Ideam). (2012). Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000. Bogotá: Ideam.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (Ideam). (2014). Atlas climático de Colombia. Capa de zonas de evapotranspiración potencial, escala 1:100.000. Bogotá: Ideam.
- Noghabi, S.G., Shahidi, A. & H. Homami, H. (2021). Estimation of Water Requirement and Crop Coefficient for Hemp at Different Growth Stages in Birjand Plain. Journal of Water Research in Agriculture. DOI: 10.22092/jwra.2021.122794.
- Thevs, N. y R. Nowotny. (2023). Water consumption of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) during dry growing seasons (2018–2022) in NE Germany. Journal für Kulturpflanzen, 75 (07-08). S. 173–184, 2023 | DOI: 10.5073/JfK.2023.07-08.01
- Thevs. N. y K. Aliev. (2022). Water consumption of industrial hemp (Cannabis sativa L.) from a site in northern Kazakhstan. Central Asian Journal of Water Research (2022) 8(2): 1-19. https://doi.org/10.29258/CAJWR/2022-R1.v8-2/19-30.eng

2.3.2. Variable *Diferencia de uso del agua*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
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	**p**
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Representa la cantidad de agua que es retenida del flujo de la cuenca, para satisfacer la demanda del cultivo de cáñamo con fines industriales, 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		

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 cáñamo con fines industriales. De esta forma, es posible identificar si dada la capacidad hídrica de la SZH se configura un riesgo para el abastecimiento de agua 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

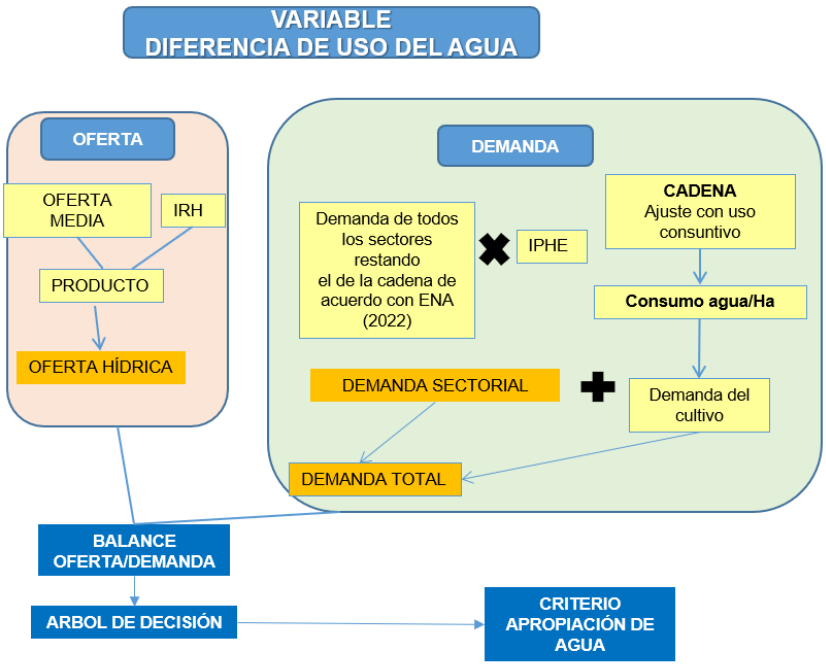
Esta variable no presenta ningún límite que califique zonas del territorio nacional como no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

La estimación del consumo de agua de cáñamo con fines industriales 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

La metodología empleada para la evaluación de esta variable se observa en el siguiente diagrama:



El procesamiento de esta variable se realizó a partir de la evaluación de tres subvariables, estimación de la oferta hídrica aprovechable (caudal ecológico), estimación de la demanda sectorial y estimación del consumo potencial de agua por el cultivo.

Estimación de la oferta hídrica.

Con el propósito de conocer la oferta hídrica se realizó un estimativo de la oferta hídrica total a partir de la generación del mapa de escorrentía a escala nacional, y posteriormente el mapa de oferta hídrica total disponible o caudal ecológico (figura 1), estimado mediante el producto del mapa de oferta total y el índice de regulación hídrica calculado por subzonas hidrográficas (Ideam, 2022), siguiendo la metodología propuesta por el ENA (Ideam, 2018).

Para el cálculo de la oferta hídrica total, de acuerdo con la metodología mencionada anteriormente, se realizó en primera instancia la estimación de la evapotranspiración real mediante la siguiente ecuación:

$$ETR = \sqrt[2]{\left(ETP * P * \tanh\frac{P}{ETP}\right) * \left(1 - \cosh\frac{ETP}{P} + \sinh\frac{ETP}{P}\right)}$$

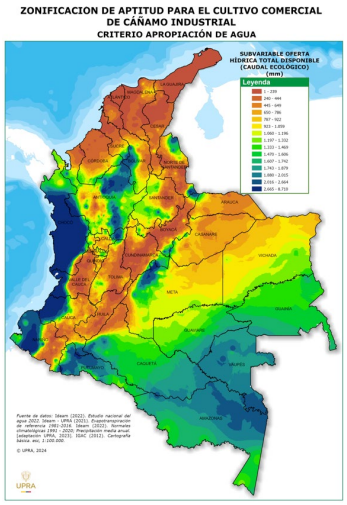
Donde:
ETR: evapotranspiración real (mm/año)
ETP:evapotranspiración potencial (mm/año)
P: precipitacion (mm/año)

Posteriormente, a partir de la generación del mapa de evapotranspiración real, se realizó el mapa de escorrentía por medio de la ecuación propuesta en el ENA del 2018, de la siguiente forma:

$$Esc = P - ETR$$

Donde:
Esc: escorrentía superficial (mm/año)
P: precupitacion (mm/año)
ETR: evapotranspiración real (mm/año)

Oferta hídrica total disponible (caudal ecológico)

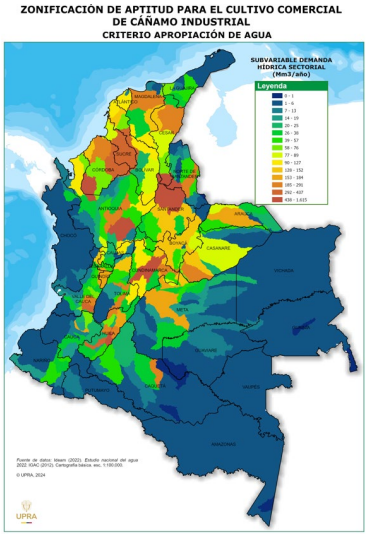


Fuente: Elaboración propia a partir del ENA de 2021.

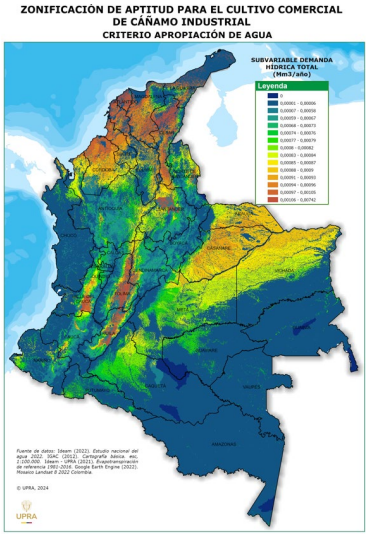
Estimación de la demanda sectorial.

La demanda del agua se calculó tomando la información de la demanda sectorial del ENA (2022), información que se encuentra disponible a escala de subzona hidrográfica para todo el país, teniendo en cuenta, que la información de oferta se cartografió en formato ráster con píxeles de 30 * 30 metros, fue necesario realizar un remuestreo de la cartografía de demanda sectorial para poder obtener el posterior mapa del balance entre oferta y demanda.

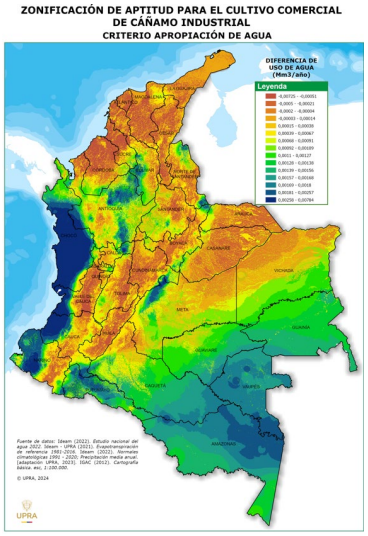
El resultado de esta demanda hídrica sectorial se multiplica por el índice de presión hídrica de los ecosistemas (IPHE), con el propósito de considerar las necesidades hídricas de mantenimiento de los ecosistemas naturales.



Posteriormente, a esta demanda sectorial, se le incluye la demanda de agua del cultivo de cáñamo con fines industriales, calculada a partir del uso consuntivo del cultivo de cáñamo (*Kc* = 0,627) (Noghabi *et al*. 2021; Thevs y Aliev, 2022; Thevs y Nowotny, 2023) y llevando los valores a consumo de agua por hectárea mediante la superposición de las subzonas hidrográficas con el área apta para el 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.



La diferencia de uso del agua corresponderá entonces a la diferencia entre la oferta y la demanda total.



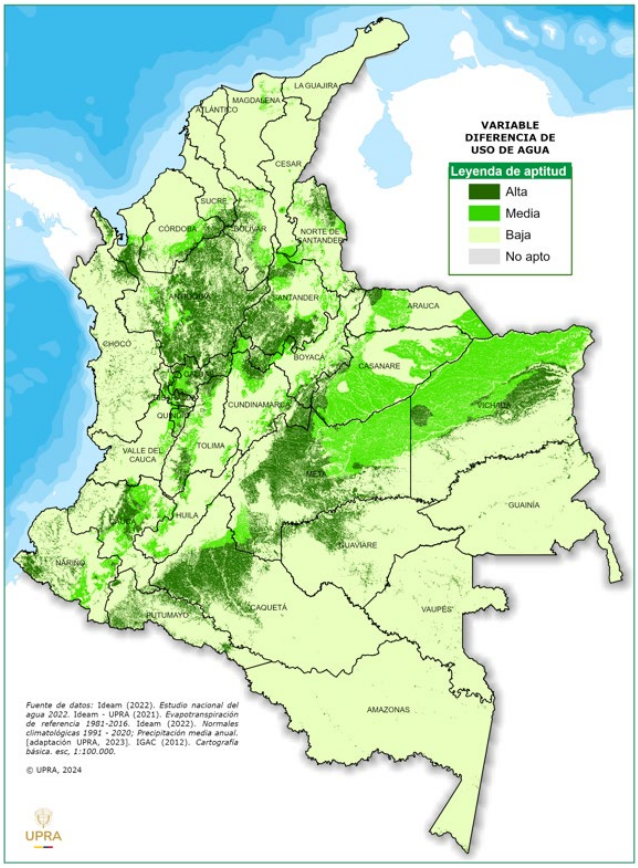
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Aptitud por diferencia de uso de agua para el cultivo de cáñamo con fines industriales

Descripción	Diferencia de uso (Mm^3)	Aptitud
La subzona hidrográfica se encuentra en superávit hídrico mayor. La disponibilidad hídrica real (DHR) es muy superior en comparación con la demanda hídrica sectorial total incluida la del cultivo de cáñamo con fines industriales.	> 0,00006	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 cáñamo con fines industriales.	0,000289-0,00006	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 cáñamo con fines industriales.	<-0,000289	Baja (A3)

Unidad de análisis	Pixel 30 metros

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2006). Evapotranspiración del cultivo. Guías para la determinación de los requerimientos de agua de los cultivos. Servicio de Recursos, Fomento y Aprovechamiento de Aguas. FAO. Roma: FAO. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (Ideam). (2019). *Estudio nacional del agua*. Bogotá: Ideam. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (Ideam). (2019). *Estudio nacional del agua: capa de subzonas hidrográficas, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (Ideam). (2012). *Mapa nacional de cobertura de la tierra, imágenes 2005-2009, escala 1:100.000*. Bogotá: Ideam. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:1000.000. Bogotá: IGAC. • Noghabi, S.G., Shahidi, A. y Homami, H. (2021). Estimation of Water Requirement and Crop Coefficient for Hemp at Different Growth Stages in Birjand Plain. Journal of Water Research in Agriculture. DOI: 10.22092/jwra.2021.122794. • Thevs, N. and R. Nowotny. (2023). Water consumption of industrial hemp (Cannabis sativa L.) during dry growing seasons (2018–2022) in NE Germany. Journal für Kulturpflanzen, 75 (07-08). S. 173–184, 2023 | DOI: 10.5073/JfK.2023.07-08.01 • Thevs. N. and Aliev, K. (2022). Water consumption of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) from a site in northern Kazakhstan. Central Asian Journal of Water Research (2022) 8(2): 1-19. https://doi.org/10.29258/CAJWR/2022-R1.v8-2/19-30.eng

2.4. Criterio *Cambio de cobertura*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioecosistémico		
CRITERIO: Cambio de cobertura		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	P
	Análisis jerárquico	
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
No contiene variables, se basa en la clasificación *Corine Land Cover* (CLC) adaptada para Colombia (Ideam, 2021) y biomas de Colombia. La unidad de medida corresponde a la		

categoría de favorabilidad del cambio de cobertura para el establecimiento del cultivo de cáñamo con fines industriales.

DEFINICIÓN

La cobertura de la tierra puede definirse como el recubrimiento biofísico que se observa sobre la superficie de la tierra (Di Gregorio, 2005) y describe la vegetación y elementos antrópicos existentes sobre esta.

La cobertura de la tierra y los cambios que ocurren dentro de ella, son fundamentales para un gran número de procesos físicos del cambio global. Este criterio es relevante para determinar la aptitud del territorio, debido a que es el resultado de la interacción de una serie de factores físicos, económicos, tecnológicos, institucionales y culturales que operan en diferentes escalas espaciales y temporales y que se correlacionan con procesos que ocurren a nivel de los ecosistemas y las poblaciones biológicas; cualquier tipo de cambio de cobertura que ocurra por diversas actividades humanas, inciden en cambios en la productividad primaria, la diversidad biótica, la sedimentación, los flujos de materia y energía en los ecosistemas incluyendo las emisiones de gases de efecto de invernadero y el ciclo hidrológico (Lambin y Geist, 2006; Di Gregorio, 2005); es decir, las coberturas son el resultado de la asociación espacio-temporal de elementos naturales y sociales característicos.

Este criterio determina la aptitud del territorio al cambio de cobertura existente producido por el establecimiento del cultivo de cáñamo con fines industriales, determinando la favorabilidad o no del cambio de la cobertura, en el marco de la sostenibilidad del territorio, bajo los principios que se mencionan a continuación:

- Grado de antropización y transformación de las coberturas.
- Importancia ecológica y ambiental de cada tipo de cobertura de acuerdo con sus diferentes características.
- Importancia de la cobertura frente a la producción alimentaria.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Permite identificar áreas con vegetación natural sujeta a exclusiones y áreas transformadas donde es favorable establecer el cultivo de cáñamo con fines industriales, bajo una visión integral del territorio, identificando las zonas donde el cambio propuesto genera menor y mayor impacto en la dinámica ecológica.

VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO

Las exclusiones técnicas del criterio 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

LIMITANTES PARA LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

Los limitantes se relacionan con la información básica a través de la cual se construyó este criterio, 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).

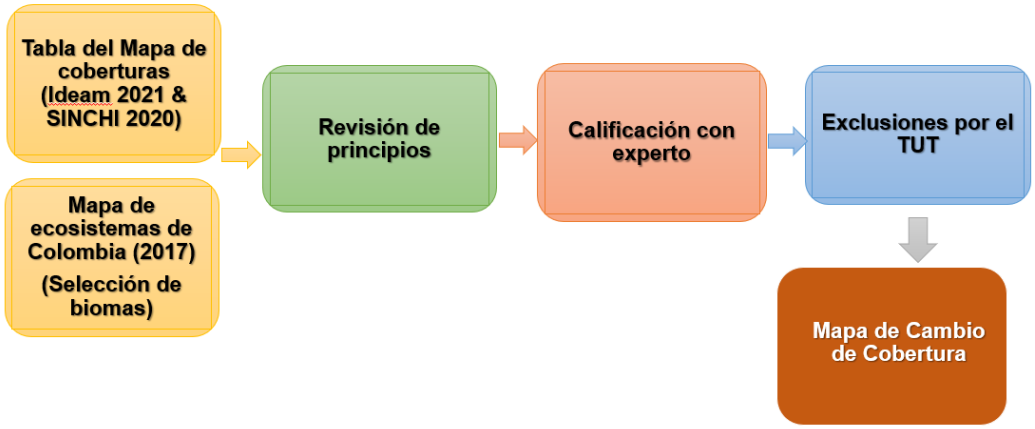
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

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. Esta 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, que facilitan los procesos de seguimiento de los cambios y la evaluación de la dinámica de las coberturas terrestres (Ideam, 2010).

Para la construcción de este criterio 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*., 2017), a través de este análisis se califica la aptitud de cada una de

las coberturas de acuerdo con el bioma donde se localizan, como se observa en el esquema metodológico. Ambas fuentes de información se trabajan con una escala 1:100.000.

Esquema metodológico del criterio cambio de cobertura



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 del cultivo de cáñamo con fines industriales.

La calificación de las unidades de cobertura-bioma se muestra en la siguiente tabla:

Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
2.1.1. Otros cultivos transitorios	2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos	2.1.2. Cereales
2.1.2. Cereales	2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos	2.1.2.1. Arroz
2.1.2.1. Arroz	2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos	2.1.2.2. Maíz
2.1.2.2. Maíz	2.2.2.2. Café	2.1.2.3. Sorgo
2.1.2.3. Sorgo	2.3.1. Pastos limpios	2.1.3.4. Soya
2.1.3. Oleaginosas y leguminosas	2.3.3. Pastos enmalezados	2.1.4. Hortalizas

	2.1.3.1. Algodón 2.1.3.4. Soya 2.1.4. Hortalizas 2.1.4.1. Cebolla 2.1.5. Tubérculos 2.1.5.1. Papa 2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos 2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos 2.2.1.2. Caña 2.2.1.2.1. Caña de azúcar 2.2.1.2.2. Caña panelera 2.3.1. Pastos limpios 2.3.2. Pastos arbolados 2.3.3. Pastos enmalezados 2.4.1. Mosaico de cultivos	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos 2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales	2.2.1. Cultivos permanentes herbáceos 2.2.1.1. Otros cultivos permanentes herbáceos 2.2.1.2. Caña 2.2.1.3. Plátano y banano 2.2.2. Cultivos permanentes arbustivos 2.2.2.1. Otros cultivos permanentes arbustivos 2.2.2.2. Café 2.2.2.3. Cacao 2.2.2.4. Viñedos 2.2.3. Cultivos permanentes arbóreos 2.2.3.1. Otros cultivos permanentes arbóreos 2.2.3.2. Palma de aceite 2.2.3.3. Cítricos 2.2.3.4. Mango 2.2.4. Cultivos agroforestales	

	2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos 3.3.4. Zonas quemadas		2.2.4.1. Pastos y árboles plantados 2.2.5. Cultivos confinados 2.3.1. Pastos limpios 2.3.2. Pastos arbolados 2.3.3. Pastos enmalezados 2.4.1. Mosaico de cultivos 2.4.2. Mosaico de pastos y cultivos 2.4.3. Mosaico de cultivos, pastos y espacios naturales 2.4.4. Mosaico de pastos con espacios naturales 2.4.5. Mosaico de cultivos con espacios naturales 3.1.5. Plantación forestal 3.1.5.1. Plantación de coníferas 3.1.5.2. Plantación de latifoliadas 3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado 3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado 3.2.1.1.1.3. Herbazal denso	

			de tierra firme con arbustos 3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable 3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado 3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado 3.3.4. Zonas quemadas	

En lo referente a las coberturas naturales, una vez interpretada la reclasificación coberturas-biomas, se estableció que los herbazales densos de tierra firme no arbolados en algunos casos puntuales no son totalmente excluyentes y pueden ser áreas con alguna categoría de aptitud. Por lo tanto, se calificaron con *aptitud baja (A3)* los siguientes herbazales localizados en los biomas helobiomas de la amazonia y orinoquia, y peinobiomas de la Amazonia y Orinoquia:

3.2.1.1.1.1. Herbazal denso de tierra firme no arbolado
3.2.1.1.1.2. Herbazal denso de tierra firme arbolado
3.2.1.1.1.3. Herbazal denso de tierra firme con arbustos
3.2.1.1.2. Herbazal denso inundable
3.2.1.1.2.1. Herbazal denso inundable no arbolado
3.2.1.1.2.2. Herbazal denso inundable arbolado

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

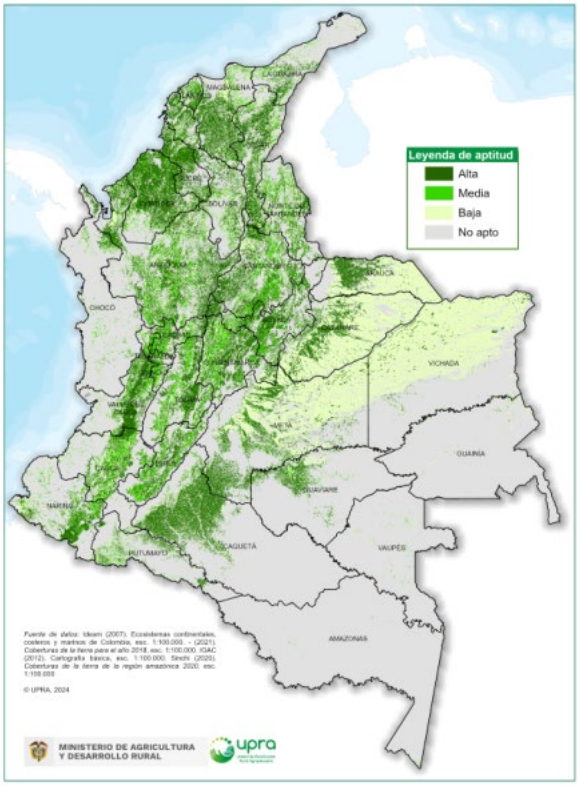
Los siguientes son los rangos de aptitud aplicados para el criterio

Descripción	Aptitud
Zonas de alta favorabilidad para el establecimiento de cultivos de cáñamo con fines industriales, donde predominan las áreas de pastos limpios, arbolados y enmalezados, los cultivos transitorios dedicados para la producción de alimentos como cereales, maíz, arroz, hortalizas, papa, cultivos dedicados a la producción industrial como caña, algodón, zonas quemadas, cultivos permanentes herbáceos, mosaicos de cultivos y mosaicos de pastos y cultivos.	Alta (A1)

Zonas de moderada favorabilidad para el establecimiento de cultivos de cáñamo con fines industriales, donde predominan, cultivos permanentes herbáceos y algunos arbustivos, pastos limpios y enmalezados, mosaicos de pastos y cultivos, mosaicos de cultivos, pastos y espacios naturales, café	Media (A2)
Zonas con favorabilidad baja para el establecimiento de cultivos de cáñamo con fines industriales, donde predominan cultivos confinados, algunos cultivos dedicados a la producción de alimentos humanos como arroz, maíz, hortalizas; cultivos permanentes herbáceos, arbóreos y arbustivos; cultivos agroforestales, plantaciones forestales, mosaicos con espacios naturales, también agrupa algunas unidades de coberturas naturales que pueden ser marginalmente aptas como los herbazales densos de tierra firme no arbolados, algunos inundables y algunos con arbustos.	Baja (A3)
Zonas no favorables para el establecimiento de cultivos de cáñamo con fines industriales, están referidas principalmente a las coberturas naturales y seminaturales, áreas húmedas, las superficies de agua y los territorios artificializados	No apto (N1)

Unidad de análisis	Polígonos de coberturas Corine Land Cover

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



FUENTES DE INFORMACIÓN
• 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, 2005. • (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 • Ideam, IGAC, IAvH, Invemar, Instituto 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. Springer-Verlag Berlin.

3. Componente socioeconómico

3.1 Criterio *Institucionalidad*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** Social	
CRITERIO: Institucionalidad		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- *Comités*, expresados 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 comercial de cáñamo, cuyo apoyo conduce a la competitividad de una región.

Identifica tanto las condiciones internas como externas que afectan a la cadena de producción del cáñamo, considerando la oferta institucional y el fortalecimiento de la actividad productiva. Esto incluye la creación de políticas que fomenten la innovación, el acceso a financiamiento, la capacitación de los agricultores y el establecimiento de redes de comercialización efectivas.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Refleja la existencia de una oferta institucional tanto pública como privada, así como la articulación de productores en instancias que facilitan el desarrollo y el apoyo al sector agrícola en el territorio.

Una mayor oferta institucional a escala nacional, junto con la asociatividad, favorece el acceso a avances en investigación, manejo fitosanitario y el fortalecimiento organizacional del sector. Una oferta institucional pública mejorada en infraestructura, asistencia técnica, servicios públicos y sociales, y proyectos productivos proporcionará condiciones más favorables para

el fortalecimiento del aparato productivo.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

No se cuenta con información actualizada de las asociaciones de productores que hacen parte de los comités departamentales registrados ante el MADR; igualmente, información reciente sobre apertura o cierre de sedes de entidades o registro de nuevas EPSEA.

METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN

Para cada una de las variables, se utilizó la metodología de isócronas empleadas por la UPRA proceso, en el 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.

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 mediante 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 desplazamiento a escala nacional, se utilizaron insumos de tramos terrestres, fluviales y coberturas de la tierra, a los cuales se les asignaron velocidades de desplazamiento promedio. Estas velocidades se basan en estudios previos y en las características específicas de cada tipo de terreno, como la topografía y la calidad de las vías.

Con esta información, se calcula un recorrido acumulado desde diferentes puntos de interés en el territorio. Este análisis permite identificar áreas con mejor conectividad y aquellas que pueden requerir mejoras en su acceso. Además, facilita la planificación de infraestructuras y la ubicación de servicios, contribuyendo al desarrollo regional y a una mejor distribución de oportunidades para la población.

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología *AHP* (Analytics Hierarchy Process), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cuatro variables, posteriormente, teniendo en cuenta el programa PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se

calcularon las ponderaciones de cada una de ellas dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Comités	Entidades prestadoras de servicio de asistencia técnica (Epsea)	Agrosavia	ICA	Peso ponderado (%)
Institucionalidad	**Comités**	1				45,2
	Entidades prestadoras de servicio de asistencia técnica (Epsea)	1	1			36,6
	Agrosavia	1/5	1/3	1		12,4
	ICA	1/7	1/5	1/3	1	5,8

La escala de importancia dentro del proceso *AHP* tiene cuenta la valoración entre pares de variables:

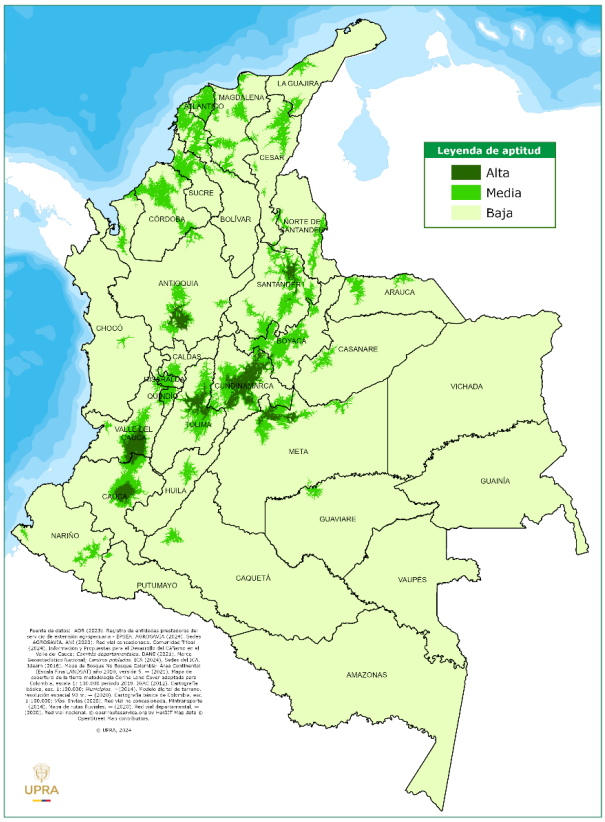
1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Sumamente	Muy fuertemente	Fuertemente	Moderadamente	Igualmente	Moderadamente	Fuertemente	Muy fuertemente	Sumamente
Menos importantes				Igual en importancia	Más importantes			

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Variables	Unidad de medida	Aptitud		
		Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Comités	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2

	Entidades Prestadoras de Servicio de Asistencia Técnica (Epsea)	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
	Agrosavia	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2
	ICA	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agencia de Desarrollo Rural. (ADR). (2023). *Registro de entidades prestadoras del servicio de extensión agropecuaria-EPSEA*. Bogotá.
- Asociación Hortofrutícola de Colombia (Asohofrucol). (2019). *Sedes de Asohofrucol*.

Revista frutas y hortalizas N.° 68. Bogotá.
- Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). (2020). *Red vial concesionada*. Bogotá.
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). (2019). *Ubicación de los centros de investigación*. Bogotá.
- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2020). *Marco geoestadístico nacional. Centros poblados*. Bogotá.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2020). *Oficinas del ICA*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2020). *Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000*. Bogotá.
- Instituto Nacional de Vías. (Invias). (2020). *Red vial no concesionada*. Bogotá.
- Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2014). *Mapa de rutas fluviales*. Bogotá.
- Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2020). *Red vial departamental*. Bogotá.
- Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2020). *Red vial nacional*. Bogotá.

3.1.1 Variable *Comités*

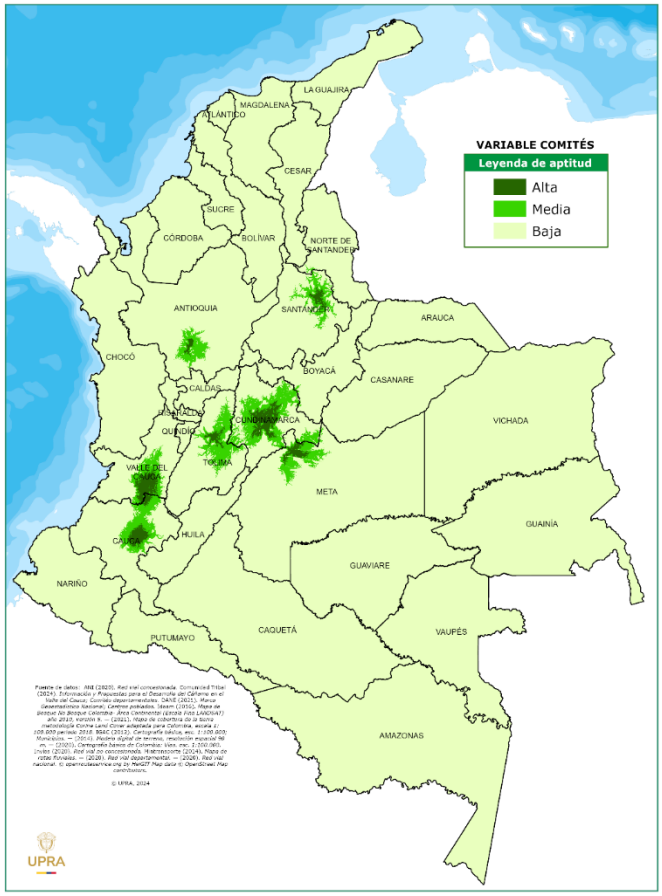
FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** Social	
CRITERIO ASOCIADO: Institucionalidad		
VARIABLE: Comités	**UNIDAD DE MEDIDA:** Tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Son instancias regionales que coordinan el desarrollo del cáñamo con fines industriales. Sus principales funciones incluyen promoción y desarrollo del cultivo, brindar asistencia a productores, manejo fitosanitario y cumplimiento normativo, facilitar la colaboración entre entidades gubernamentales y organizaciones de productores. Impulsar proyectos de investigación y programas de formación, apoyar la creación de redes de mercado para los productos. Estos comités son fundamentales para asegurar que las políticas y estrategias del Consejo Nacional se implementen de manera efectiva en cada departamento, adaptándose a las particularidades y necesidades locales.		

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE
Departamentales que hacen parte del consejo nacional de la cadena de Cannabis y Cáñamo industrial. fortalecen la cadena productiva y mejoran la competitividad del sector agrícola al fomentar la participación de diversos actores, lo que enriquece la toma de decisiones. Además, brindan apoyo técnico a los productores, lo que mejora tanto la productividad como la sostenibilidad. Impulsan la innovación a través de la investigación y la capacitación, lo que permite la adopción de nuevas tecnologías y prácticas. También facilitan la comercialización, mejorando el acceso a mercados y generando oportunidades económicas. Por último, promueven el desarrollo sostenible, asegurando que las prácticas agrícolas sean responsables y respetuosas con el medio ambiente.
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 los municipios que hacen parte de los comités departamentales, ni de las asociaciones que los conforman.
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
Información. Consecann. (2024). Comités departamentales que hacen parte del consejo nacional de la cadena nacional de cannabis y cáñamo industrial, registrados en la gobernación y en el MinAgricultura. Precisiones de la información. A través de la metodología de isocronas empleadas por la UPRA, proceso, en el que se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales. Análisis de la consistencia y preparación de la información. Se utilizaron datos sobre tramos terrestres, fluviales y coberturas de la tierra, a los cuales se les asignaron velocidades promedio según el tipo de transporte, ya sea de carga o de pasajeros. Esta asignación permite un análisis más preciso de la conectividad y accesibilidad en las distintas rutas, facilitando así la evaluación del acceso a servicios y recursos en las áreas estudiadas.
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

- Agencia Nacional de infraestructura (ANI). (2020). *Red vial concesionaria*
- Consejo Nacional de la organización de cadena del Cannabis y Cáñamo en Colombia. (CONSECANN). (2024). Comités departamentales.
- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2020). *Marco geoestadístico nacional. Centros poblados.*
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Método digital de elevación a 30 m.*

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2020). *Cartografía básica; vías, escala 1:100.000*. Bogotá.
- Instituto Nacional de Vías. (Invias). (2020). *Red vial no concesionada*.
- Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Bogotá.
- Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2020). *Red vial departamental y nacional*. Bogotá.
- RUES. (2023). *Asociaciones de productores de cáñamo*.

3.1.2 Variable *ICA*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** Social	
CRITERIO ASOCIADO: Institucionalidad		
VARIABLE: ICA	**UNIDAD DE MEDIDA:** Tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Sedes de la entidad oficial, cuya función es elevar el estatus sanitario para mejorar las condiciones de inocuidad de la producción agroalimentaria nacional y aumentar la competitividad de las actividades agropecuarias.		
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 fitosanitario de los cultivos, buenas prácticas agrícolas, e inspección, vigilancia y control de la producción de semilla certificada, entre otras; con lo que se pueden obtener mayores productividades y mejor calidad.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
En el análisis de la variable no se presentan límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).		

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

El ICA tiene presencia en todo el territorio nacional, pero la cobertura de sus sedes, no necesariamente coincide con las isocronas.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Información.

ICA (2022). Oficinas del ICA.

Precisión de la información.

A través de la metodología de isocronas empleadas por la UPRA, proceso en el que se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales.

Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se utilizaron datos sobre tramos terrestres, fluviales y coberturas de la tierra, a los cuales se les asignaron velocidades promedio según el tipo de transporte, ya sea de carga o de pasajeros. Esta asignación permite un análisis más preciso de la conectividad y accesibilidad en las distintas rutas, facilitando así la evaluación del acceso a servicios y recursos en las áreas estudiadas.

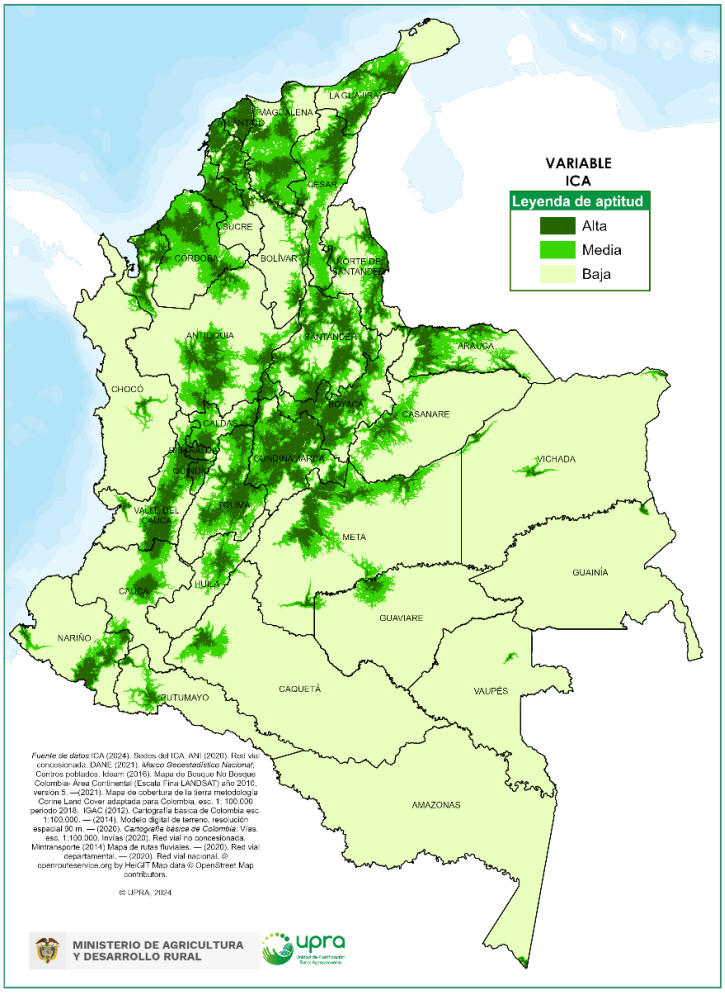
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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

- Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). (2020). *Red vial concesionada*. Bogotá.
- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2020) Marco geoestadístico nacional; *Centros poblados*. Bogotá.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2023). *Oficinas del ICA*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2020). *Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000*. Bogotá.
- Instituto Nacional de Vías. (Invias). (2020). *Red vial no concesionada*. Bogotá.
- Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2014). *Mapa de rutas fluviales*. Bogotá.
- Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2020). *Red vial departamental*. Bogotá.
- Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2020). *Red vial nacional*. Bogotá.

3.1.3 Variable *Agrosavia*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** Social	
CRITERIO: Institucionalidad		
VARIABLE: Agrosavia	**UNIDAD DE MEDIDA:** Tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Sedes de la entidad, cuya función es desarrollar y ejecutar actividades de investigación, tecnología 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.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Incide en la percepción de los agentes económicos con respecto a la oferta institucional asociada a la innovación y transferencia de conocimiento y tecnologías encaminadas a generar cambios tecnológicos y a mejorar la competitividad de los cultivos. 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.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO		
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 cobertura de Agrosavia es nacional, por lo que los puntos de referencia de las sedes, limita el análisis de la variable.		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
Información. Agrosavia. (2023). Sedes de Agrosavia. Precisión de la información. A través de la metodología de isocronas empleadas por la UPRA, proceso, en el que se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales.		

Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se utilizaron datos sobre tramos terrestres, fluviales y coberturas de la tierra, a los cuales se les asignaron velocidades promedio según el tipo de transporte, ya sea de carga o de pasajeros. Esta asignación permite un análisis más preciso de la conectividad y accesibilidad en las distintas rutas, facilitando así la evaluación del acceso a servicios y recursos en las áreas estudiadas.

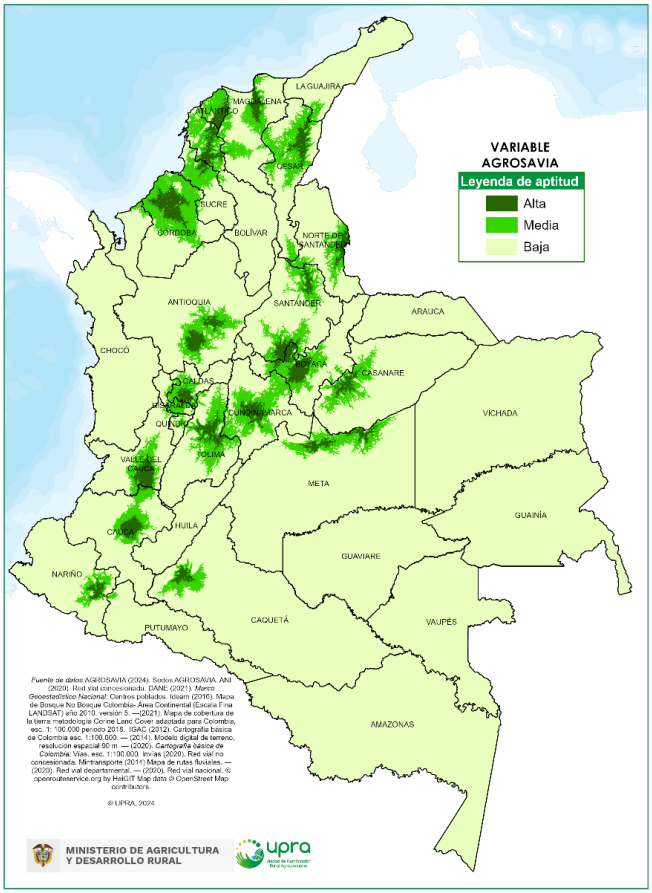
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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
< 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
• Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (Agrosavia). (2023). *Ubicación de sedes*. Bogotá. • Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). (2020). *Red vial concesionada*. Bogotá. • Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2020) *Marco geoestadístico nacional. Centros poblados*. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2020). *Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000*. Bogotá. • Instituto Nacional de Vías. (Invias). (2020). *Red vial no concesionada*. Bogotá. • Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2014). *Mapa de rutas fluviales*. Bogotá. • Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2020). *Red vial departamental*. Bogotá. • Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2020). *Red vial nacional*. Bogotá.

3.1.4 Variable *Entidades Prestadoras de Servicio de Extensión Agropecuaria (Epsea)*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioeconómico.	**SUBCOMPONENTE:** Social	
CRITERIO: 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		
Son entidades como las unidades 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 que trata el artículo 33 de la Ley 1876 de 2017.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Incide en la percepción de los agentes económicos respecto a los servicios de asistencia técnica agropecuaria mediante un enfoque en el desarrollo sostenible de las actividades agrícolas, pecuarias, acuícolas, pesqueras y forestales. Esto se logra a través de un		

acompañamiento integral a los productores, que incluye no solo asesoría técnica y capacitación, sino también el acceso a tecnologías e información actualizada.

Este enfoque integral no solo incrementa los índices de productividad y competitividad de los productores, sino que también fortalece la resiliencia de las comunidades rurales ante desafíos económicos y climáticos. Genera un impacto positivo en la economía local y en la calidad de vida de los agricultores; mejora su capacidad para competir en mercados cada vez más exigentes.

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 isócrona.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Información.

ADR. (2023). Registro de entidades prestadoras del servicio de extensión agropecuaria-EPSEA.

Precisiones de la información.

A través de la metodología de isocronas empleadas por la UPRA, proceso, en el que se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales.

Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se utilizaron datos sobre tramos terrestres, fluviales y coberturas de la tierra, a los cuales se les asignaron velocidades promedio según el tipo de transporte, ya sea de carga o de pasajeros. Esta asignación permite un análisis más preciso de la conectividad y accesibilidad en las distintas rutas, factor que facilita la evaluación del acceso a servicios y recursos en las áreas estudiadas.

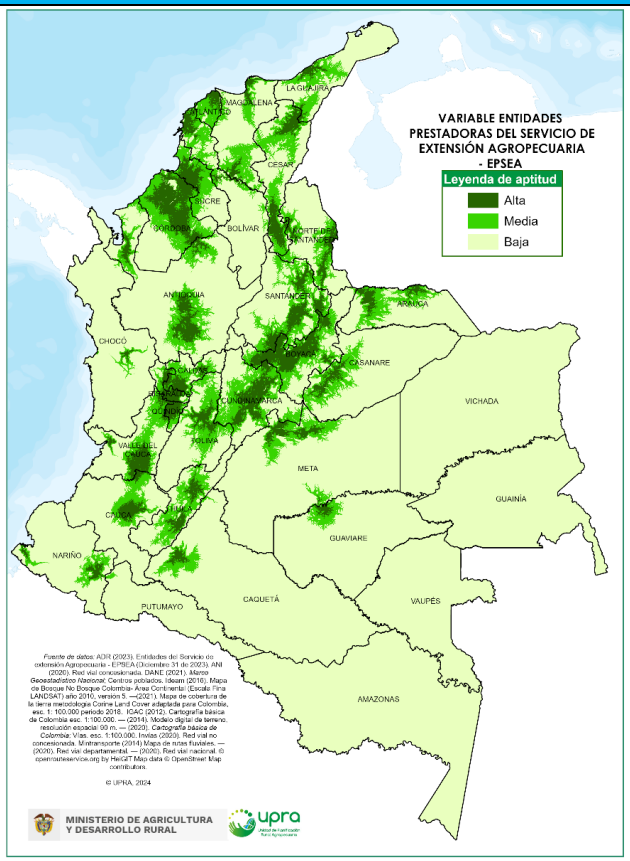
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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

- Agencia de Desarrollo Rural. (ADR). (2023). *Registro de entidades prestadoras del servicio de extensión agropecuaria ADR. EPSEA*. Bogotá.
- Agencia de Nacional de Infraestructura. (ANI). (2020). *Red vial concesionada*. Bogotá.
- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2020) *Marco geoestadístico nacional. Centros poblados*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2020). *Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000*. Bogotá.
- Instituto Nacional de Vías. (Invias). (2020). *Red vial no concesionada*. Bogotá.
- Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2014). *Mapa de rutas fluviales*. Bogotá.
- Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2020). *Red vial departamental*. Bogotá.
- Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2020). *Red vial nacional*. Bogotá.

3.2 Criterio *Infraestructura, bienes y servicios*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales	
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 de servicios*, expresados en tiempo de desplazamiento en horas.
- *Aeropuertos*, expresados en tiempo de desplazamiento en horas.
- *Puertos marítimos*, expresados en tiempo de desplazamiento en horas.
- *Conectividad terrestre y fluvial*, expresada en distancia (metros)
- *Cobertura de internet móvil*, expresada en tecnología y número de antenas por 10 km^2.
- *Energía eléctrica rural*, expresada en nivel de favorabilidad.

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. Ellos pueden llegar a ser utilizados por muchas personas simultáneamente sin que el consumo de uno afecte el de otro. Estos bienes son fundamentales para el desarrollo económico y social.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

Incide en la percepción de los agentes económicos respecto la infraestructura 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 agropecuaria se desarrolle en forma eficiente.

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO

No contar con información actualizada, ni con los datos del volumen transportado y/o comercializado.

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
Para las variables, que se representan con tiempo de desplazamiento, se utilizó la metodología de isocronas empleadas por la UPRA proceso, en el 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. 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 mediante 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 desplazamiento a escala nacional, se utilizaron insumos de tramos terrestres, fluviales y coberturas de la tierra, a los cuales se les asignaron velocidades de desplazamiento promedio. Estas velocidades se basan en estudios previos y en las características específicas de cada tipo de terreno, como la topografía y la calidad de las vías. Con esta información, se calcula un recorrido acumulado desde diferentes puntos de interés en el territorio. Este análisis permite identificar áreas con mejor conectividad y aquellas que pueden requerir mejoras en su acceso. Además, facilita la planificación de infraestructuras y la ubicación de servicios, contribuyendo al desarrollo regional y a una mejor distribución de oportunidades para la población. 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 calcularon las ponderaciones de cada una de ellas dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Conectividad terrestre y fluvial	Centros de servicios	Puertos marítimos	Aero-puertos	Cobertura internet móvil	Energía eléctrica rural	Pesos ponderados (%)
Infraestructura, bienes y servicios	**Conectividad terrestre y fluvial**	1						41,0
	Centros de servicios	1/3	1					24,7
	Puertos marítimos	1/3	1/3	1				15,7
	Aeropuertos	1/5	1/3	1/3	1			9,2
	Cobertura internet móvil	1/5	1/5	1/3	1/3	1		5,9
	Energía eléctrica rural	1/7	1/5	1/5	1/3	1/3	1	3,5

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				Igual en importancia	Más importante			

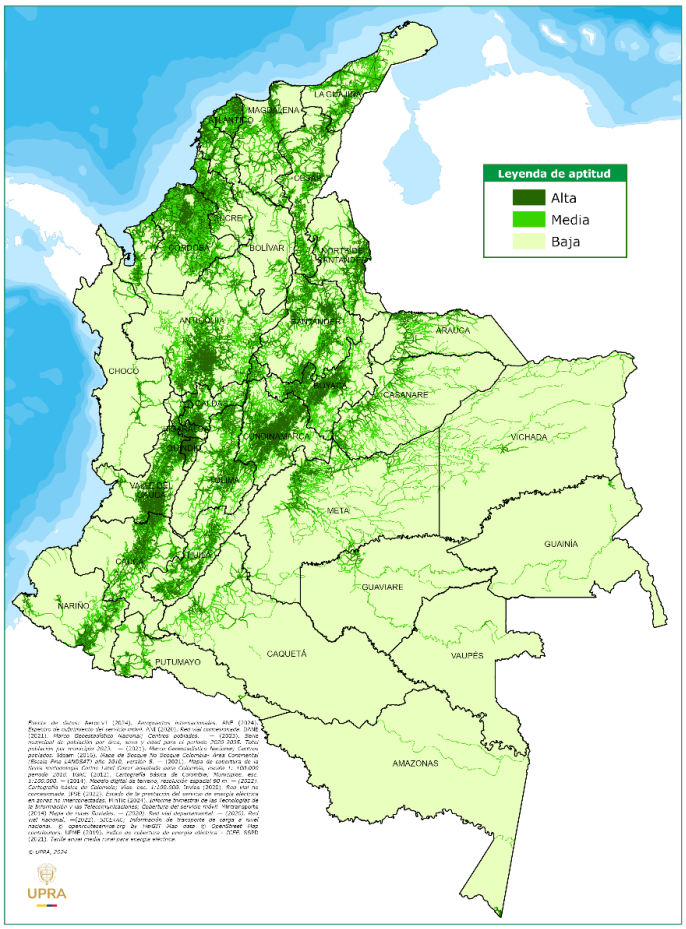
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los siguientes son los rangos de aptitud aplicados para el criterio:

Criterio	Variables	Unidad de medida	Aptitud		
			Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Infraestructura bienes y servicios	Conectividad terrestre y fluvial	Distancia (metros)	Vías tipo 1 a 5 con buffer de 500 m a las vías	Vías tipo 1 a 5 con buffer de 1000 m a las vías	Resto

		Aeropuertos	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-3	> 3	
		Cobertura de internet móvil	Número de antenas/ 10 km^2	> 2 antenas/10 km^2	< 2 antenas /10 km^2	Sin cobertura	
		Energía eléctrica rural	Favorabilidad en el acceso (unidades)	> 7	5 -7	< 5	
		Centros de servicios	Tiempo de desplazamiento en horas	< 1	1-2	> 2	
		Puertos marítimos	Tiempo de desplazamiento en horas	< 3	3-6	> 6	

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Agencia Nacional del Espectro. (ANE). (2022). *Espectro de cubrimiento del servicio móvil*. • Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). (2015). *Puertos concesionados*. • Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). (2020). *Red vial concesionada*. • 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*. • 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*. • Departamento Nacional de Estadística. (DANE). (2020). *Censo Nacional de Población y Vivienda-CNPV 2018. Proyección de población 2018-2023*, total municipal por área. • Departamento Nacional de Estadística. (DANE). (2020). *Marco geoestadístico nacional, centros poblados*. • Gobernación de Antioquia. (2020). *Registros básicos y complementarios de la información rural*. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (Ideam). (2018). *Bosque no bosque 2010 V5*. Bogotá: Ideam. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (Ideam). (2021). *Cobertura de la tierra metodología CORINE Land Cover para Colombia (periodo 2018)*. Bogotá: Ideam. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). *Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Modelo digital de elevación a 30 m*. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2020). *Cartografía básica; vías, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC. • Instituto Nacional de Vías. (Invias). (2020). *Red vial no concesionada*. • Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia. (MinTIC). (2021). *Informe trimestral de las tecnologías de la información y las telecomunicaciones; cobertura del servicio móvil*. • Ministerio de Transporte. (Mintransporte). (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Bogotá: Mintransporte. • Ministerio de Transporte. (Mintransporte). (2020). *Red vial departamental*. Bogotá: Mintransporte. • Ministerio de Transporte. (Mintransporte). (2020). *Red vial nacional*. Bogotá: Mintransporte.

3.2.1. Variable *Conectividad terrestre y fluvial*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**		
COMPONENTE: Socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** Económico		
CRITERIO ASOCIADO: Infraestructura, bienes y servicios			
VARIABLE: conectividad terrestre y fluvial	**UNIDAD DE MEDIDA**: Distancia (m)		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**		
	Análisis jerárquico	✓	
	Restricción legal		
	Condicionante legal		
DEFINICIÓN			
Se refiere a la capacidad de conexión y acceso que tienen diferentes áreas mediante redes de transporte y vías fluviales. Esta conectividad es crucial para la movilidad de personas y mercancías, y para el desarrollo económico y social de una región. La conectividad terrestre se refiere a la red de infraestructuras que facilita el transporte por tierra. Incluye todos los caminos y rutas que permiten el movimiento de vehículos, personas y mercancías, mientras que la conectividad fluvial se refiere a la red de vías navegables que permite el transporte de bienes y personas a través de ríos, canales y otros cuerpos de agua. Es especialmente importante en regiones donde el transporte terrestre es menos viable o más costoso.			
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE			
La conectividad facilita el comercio al permitir el movimiento eficiente de bienes y servicios. Mejora el acceso a mercados y reduce los costos de transporte; permite a las comunidades acceder a servicios esenciales, mercados, y oportunidades de empleo. Adicionalmente, conecta diferentes regiones, fomentando la cooperación y el desarrollo regional. Facilita el intercambio cultural y económico entre áreas urbanas y rurales. La conectividad fluvial es una alternativa más ecológica al transporte terrestre, reduciendo la huella de carbono y el impacto ambiental. Una red bien conectada facilita la respuesta rápida en situaciones de emergencia, como desastres naturales o crisis de salud. Influyen significativamente en la eficiencia económica, la accesibilidad y el desarrollo regional. Una red de transporte bien planificada y mantenida contribuye al crecimiento sostenible y a la mejora de la calidad de vida en las comunidades conectadas.			

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 principal limitante es que la cartografía básica con la que se trabaja, puede no tener la actualización necesaria, para reflejar el verdadero estado de las vías y por ende podría no contarse con el detalle que garantice la óptima información para la construcción de la misma.
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
Información. IGAC. (2020). Cartografía básica, escala 1:100.000. Precisiones de la información. Se utilizan las vías, clasificadas por el IGAC y el Invias de la siguiente manera, hasta la categoría 5. 1. Vías primaria. Son aquellas troncales, transversales y accesos a capitales de Departamento que cumplen la función básica de integración de las principales zonas de producción y consumo del país y de este con los demás países. Este tipo de carreteras pueden ser de calzadas divididas según las exigencias particulares del proyecto. Carretera pavimentada con revestimiento duro (concreto) o flexible (asfalto). Transitable durante todo el año. 2. Vías secundaria. Son aquellas vías que unen las cabeceras municipales entre sí y/o que provienen de una cabecera municipal y conectan con una carretera Primaria. Las carreteras consideradas como Secundarias pueden funcionar pavimentadas o afirmado. Son vías transitables todo el año. 3. Vías terciaria. Son aquellas vías de acceso que unen las cabeceras municipales con sus veredas o unen veredas entre sí. Las carreteras consideradas como Terciarias deben funcionar en afirmado. En caso de pavimentarse deberán cumplir con las condiciones geométricas estipuladas para las vías Secundarias. 4. Placa huella. Vía con placa-huella presenta un volumen de tránsito bajo con muy pocos buses y camiones al día siendo los automóviles, los camperos y las motocicletas el mayor componente del flujo vehicular.

5. Camino. Sendero de adecuación vial generalmente rural, por el cual transitan principalmente peatones y animales. La superficie no tiene pavimento ni afirmado.

Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se tomó como base la información de la estructura vial nacional del IGAC, con su correspondiente clasificación, según las características de las vías que allí se identifican sobre el territorio.

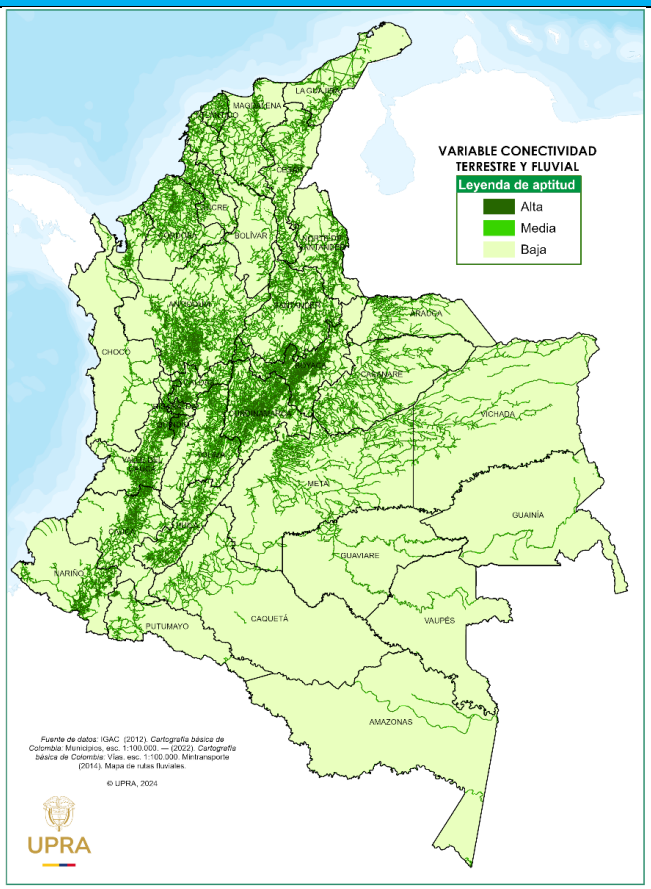
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Distancia (m)	Aptitud
Vías tipo 1 a 5 con buffer de 500 metros a las vías	Alta (A1)
Vías tipo 1 a 5 con buffer de 1000 metros a las vías	Media (A2)
Resto	Baja (A3)

Unidad de análisis	Distancia (metros)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC. • Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (Ideam). (2012). Mapa nacional de cobertura de la tierra Bogotá: Ideam. • Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2014). Mapa de tramos fluviales navegables. Mapa de vías 4G. • Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2014). Información portuaria. Bogotá: Mintransporte. • OAS. (2017). Navegación fluvial en Colombia. Recuperado de: <www.oas.org/navegacionfluvialencolombia>

3.2.2 Variable *Centros de servicios*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
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 la producción del cultivo de cáñamo. El centro de servicios está enmarcado poblaciones con más de 30.000 habitantes.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Incide en la competitividad para el desarrollo de la producción comercial de cáñamo con fines industriales, 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 terrestre, 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 realizó con base en las proyecciones de la población realizadas por el DANE para el 2022, estimada a partir del Censo de población y vivienda del 2018. Hay centros de servicios importantes que podrían omitirse por no contar con más de 30.000 habitantes.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Información.

DANE. (2018). Total, de población del municipio proyectada a 2023.

Precisiones de la información.

A través de la metodología de isocronas empleadas por la UPRA, proceso, en el que se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales.

Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se utilizaron datos sobre tramos terrestres, fluviales y coberturas de la tierra, a los cuales se les asignaron velocidades promedio según el tipo de transporte, ya sea de carga o de pasajeros. Esta asignación permite un análisis más preciso de la conectividad y accesibilidad en las distintas rutas, facilitando así la evaluación del acceso a servicios y recursos en las áreas estudiadas.

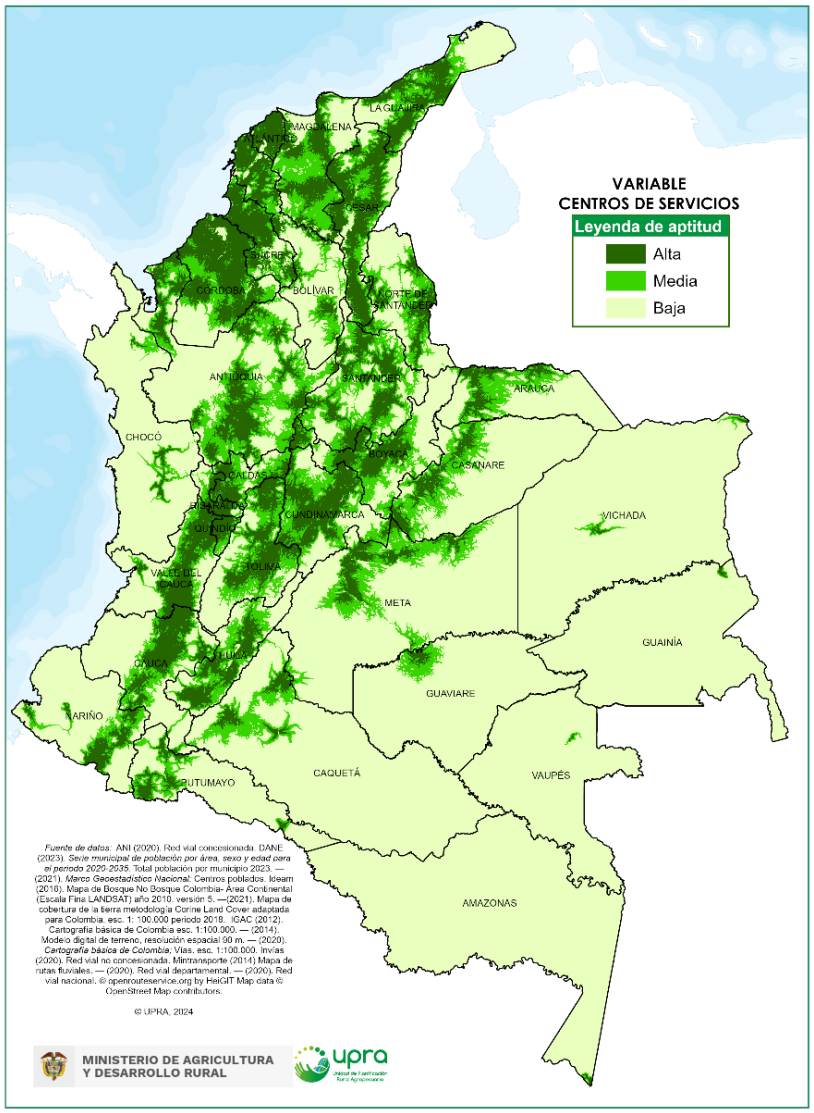
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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

- Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). (2020). *Red vial concesionada*. Bogotá.
- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2020). *Censo Nacional de Población y Vivienda*-CNPV 2018. *Proyecciones de población 2018-2023. Total municipal por área*. Bogotá.
- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2020). *Marco geoestadístico nacional, centros poblados*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Método digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2020). Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000. Bogotá.

- Instituto Nacional de Vías. (Invias). (2020). *Red vial no concesionada*. Bogotá.
- Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2014). *Mapa de tramos fluviales*. Bogotá.
- Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2020). *Red vial departamental*. Bogotá.
- Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2020). *Red vial nacional. Bogotá*.
- Sistema de Información de Costos Eficientes para el Transporte Automotor de Carga. (Sicetac) (2020). Información de transporte de carga a escala nacional, © openrouteservice.org by HeiGIT Map data © OpenStreet Map contributors. Bogotá, Colombia: Mintransporte.

3.2.3. Variable *Puertos marítimos*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
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		
Infraestructuras costeras diseñadas para facilitar el acceso y la operación de embarcaciones en el transporte de mercancías y pasajeros. Estas instalaciones permiten la carga y descarga de buques, así como el almacenamiento y la distribución de productos, y son esenciales para el comercio internacional y la economía de los países. Son esenciales para el comercio global y el desarrollo económico, actuando como puntos de conexión entre el transporte marítimo y terrestre.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Incide en la percepción de los agentes económicos frente a la potencialidad de realizar operaciones de comercio internacional que beneficien la competitividad de la cadena. En este sentido, los 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 apta (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

1. Información.

ANI. (2015). Puertos concesionados

2. Precisiones de la información.

A través de la metodología de isocronas empleadas por la UPRA, proceso, en el que se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales.

3. Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se utilizaron datos sobre tramos terrestres, fluviales y coberturas de la tierra, a los cuales se les asignaron velocidades promedio según el tipo de transporte, ya sea de carga o de pasajeros. Esta asignación permite un análisis más preciso de la conectividad y accesibilidad en las distintas rutas, facilitando así la evaluación del acceso a servicios y recursos en las áreas estudiadas.

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).

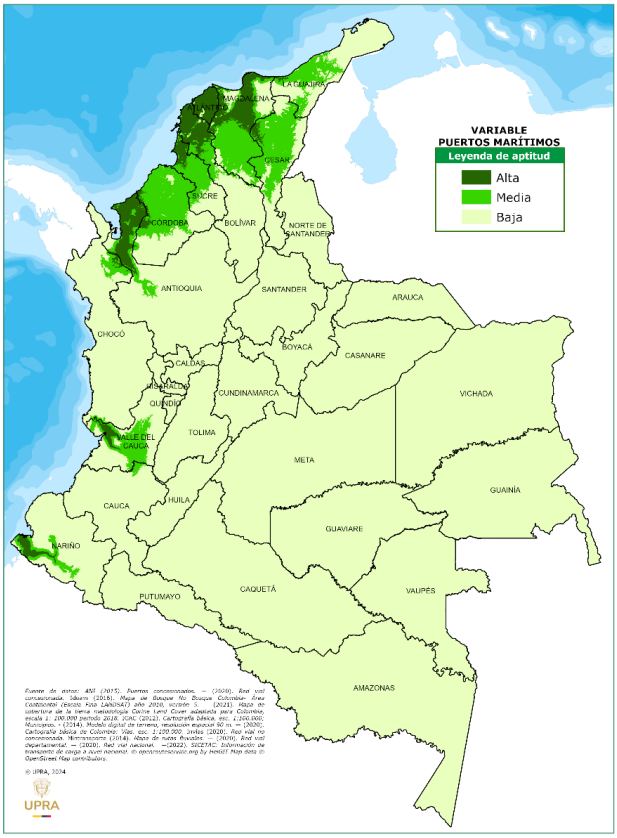
Tiempo de desplazamiento en horas	Aptitud
< 3	Alta (A1)
3-6	Media (A2)
> 6	Baja (A3)

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 el menor grado de aptitud competitiva, por su lejanía a los puertos marítimos.

Se tuvieron en cuenta, los puertos de Buenaventura (Valle del Cauca), Barranquilla (Atlántico), Cartagena (Bolívar), Santa Marta (Magdalena), 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

- Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). (2015). *Puertos concesionados*. Bogotá, Colombia: ANI.
- Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). (2020). *Red vial concesionada*. Bogotá, Colombia: ANI.
- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2020). *Censo Nacional de Población y Vivienda-CNVP 2018*. Proyecciones de población 2018-2023, total municipal por área. Bogotá, Colombia: DANE.
- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2020). *Marco geoestadístico nacional, centros poblados*. Bogotá, Colombia: DANE.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (Ideam). (2018). *Bosque no bosque Colombia -Área Continental (Escala Fina LANDSAT) año 2010 V5*. Bogotá, Colombia: Ideam.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (Ideam). (2021). Mapa de *cobertura de la tierra metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia, escala 1:100.000 periodo 2018*. Bogotá, Colombia: Ideam.

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá, Colombia: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2020). *Cartografía básica de Colombia; Vías. escala 1:100.000*. Bogotá, Colombia: IGAC.
- Instituto Nacional de Vías (Invias). (2020). *Red vial no concesionada*. Bogotá, Colombia: Invias.
- Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2014). *Mapa de rutas fluviales. Bogotá, Colombia*: Mintransporte.
- Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2020). *Red vial departamental*. Bogotá, Colombia: Mintransporte.
- Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2020). *Red vial nacional. Bogotá, Colombia: Mintransporte*.
- Sicetac. *(2020). Información de transporte de carga a escala nacional © openrouteservice.org by HeiGIT Map data © OpenStreet Map contributors*.

3.2.4. Variable *Aeropuertos*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** Económico	
CRITERIO ASOCIADO: Infraestructura, bienes y servicios		
VARIABLE: Aeropuertos	**UNIDAD DE MEDIDA:** Tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Son instalaciones diseñadas para el despegue, aterrizaje y mantenimiento de aeronaves. Funcionan como nodos cruciales en el sistema de transporte aéreo, facilitando el movimiento de personas y mercancías a escala local, nacional e internacional; permitir los servicios de facilitación aeronáuticos, útiles para el transporte de carga nacional e internacional como son: Controles migratorios, aduana, policía, controles fitosanitarios y zoosanitarios, así como servicios de sanidad general.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Incide en la competitividad para el desarrollo de la explotación comercial de cáñamo para fines industriales, frente a las alternativas de movilidad y acceso, tanto para el aprovisionamiento de bienes y servicios (insumos), como para la comercialización de los		

productos que componen la cadena, en especial para la exportación a mercados nacionales e internacionales.

Un territorio que cuente con aeropuertos es más competitivo dado que ofrece al productor una opción de transporte adicional, para satisfacer la demanda del producto en los mercados nacionales e internacionales.

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 las materias primas de cáñamo.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Información.

Aeronáutica. (2023). Aeropuertos internacionales.

Precisiones de la información.

A través de la metodología de isocronas empleadas por la UPRA, proceso, en el que se calcula el tiempo de desplazamiento sobre los diferentes ejes viales.

Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Se utilizaron datos sobre tramos terrestres, fluviales y coberturas de la tierra, a los cuales se les asignaron velocidades promedio según el tipo de transporte, ya sea de carga o de pasajeros. Esta asignación permite un análisis más preciso de la conectividad y accesibilidad en las distintas rutas, facilitando así la evaluación del acceso a servicios y recursos en las áreas estudiadas.

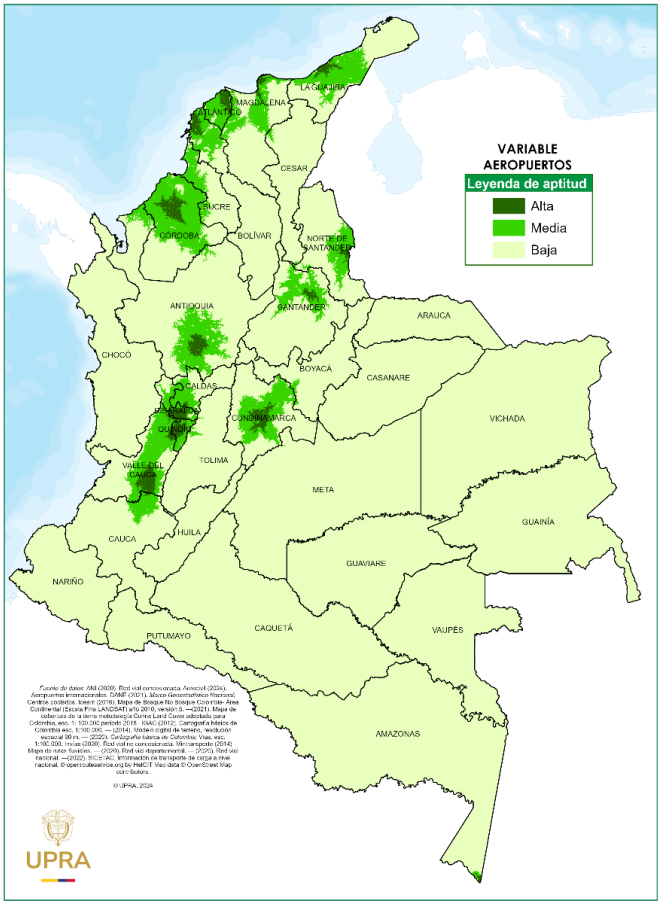
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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)
1-3	Media (A2)
> 3	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). (2020). *Red vial concesionada*. Bogotá.
- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2020). *Censo Nacional de Población y Vivienda*-CNPV 2018. *Proyecciones de población 2018-2023. Total de municipal por área*. Bogotá.
- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2020). *Marco geoestadístico nacional, centros poblados*. Bogotá.
- Centros mayoristas de abasto. (2023). base de datos
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Método digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2020). *Cartografía básica de Colombia, vías*. Bogotá.

3.2.5. Variable *Cobertura de internet móvil*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** Económico	
CRITERIO ASOCIADO: Infraestructura, bienes y servicios		
VARIABLE: Cobertura de internet móvil	**UNIDAD DE MEDIDA:** Número de antenas/10 km^2	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO:	**Análisis jerárquico**	✓
	Condicionante legal	
	Exclusión técnica	
	Restricción legal	
DEFINICIÓN		
Se refiere a la disponibilidad y calidad del acceso a servicios de internet a través de redes móviles en una determinada área geográfica. Esta cobertura es fundamental para el uso de dispositivos móviles, como teléfonos inteligentes, tabletas y módems portátiles, que permiten a los usuarios conectarse a internet sin necesidad de una conexión fija.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
La cobertura de internet móvil es un aspecto esencial para el acceso a servicios digitales y la conectividad general. Mejorar esta cobertura implica abordar desafíos tecnológicos, económicos y regulatorios para garantizar que las personas en todas las regiones puedan beneficiarse de los servicios móviles. 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 apta (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

Información.
Agencia Nacional de Espectro (ANE). (2024). Espectro del cubrimiento del servicio móvil.
MinTIC. (2023). *Informe trimestral de las Tecnologías de la información y las Telecomunicaciones-Tercer trimestre 2023*. Cobertura del servicio móvil.

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. Allí se realizó la consulta del cubrimiento para todo el país, obteniéndose una base datos espacializable con 14 atributos como son ID estación, tipo, banda, Frecuencia, potencia, altura, departamento, municipio, coordenada, entre otros.

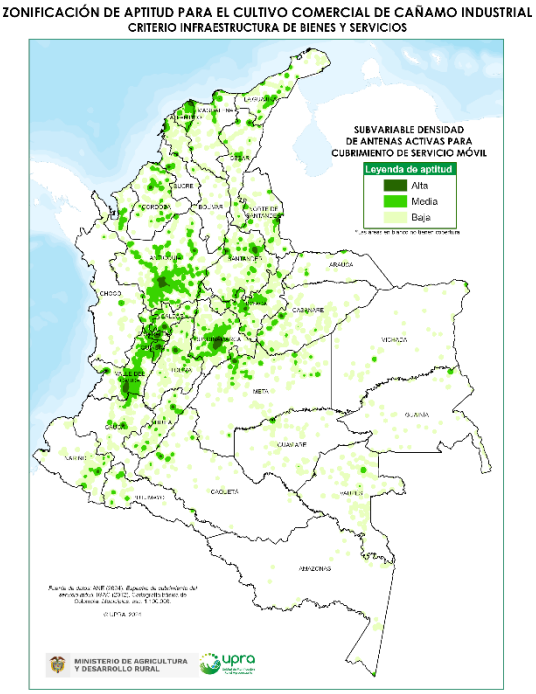
El objetivo de esta subvariable es obtener la distribución de densidad de antenas en el territorio nacional; para ello, se realizó una depuración de la información con el objetivo de identificar los lugares en los cuales se reporta más de una antena y se procedió a realizar un conteo numérico de las 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. Se utilizaron los parámetros: Población 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	Rango	Calificación
Alto	> 2 antenas	A1
Medio	< 2 antenas	A2
Bajo	Sin cobertura	A3

Se generó la siguiente salida gráfica.



b. Subvariable *Tipo de cobertura móvil*: Se construyó a partir de los siguientes insumos:

Informe trimestral de las TIC

Se siguieron los siguientes pasos:

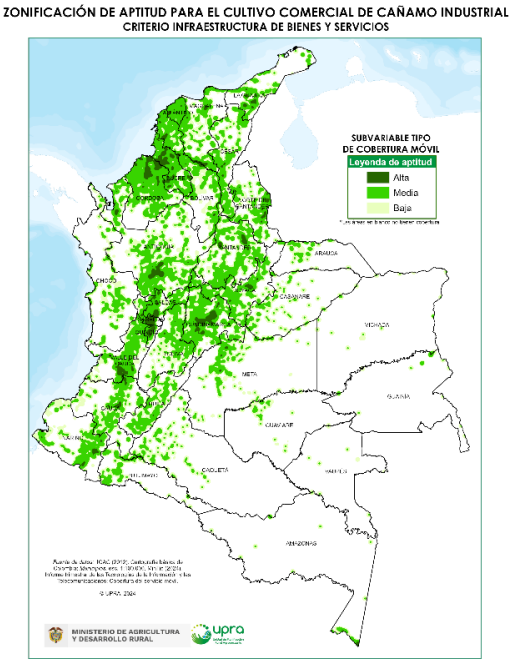
Para la construcción de esta subvariable se tomó como punto de partida la información disponible mediante descarga de la tabla de "Información trimestral de cobertura municipal del servicio móvil" del informe trimestral de las TIC. la cual contiene la información de cobertura del servicio móvil desagregada 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 del 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 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	A1
Medio	Tecnología 3G	A2
Bajo	Tecnología 2G-Sin cobertura	A3

Se generó la siguiente salida gráfica:



Análisis de la consistencia y preparación de la información.

Para generar el mapa de la variable, se realizó una integración de las dos subvariables mediante una matriz de ponderación aritmética 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 %.

Subvariable	Densidad de antenas activas para cubrimiento de servicio			
Tipo de cobertura móvil (70 %)		A1	A2	A3
	A1	A1	A1	A2
	A2	A1	A2	A3
	A3	A2	A3	A3

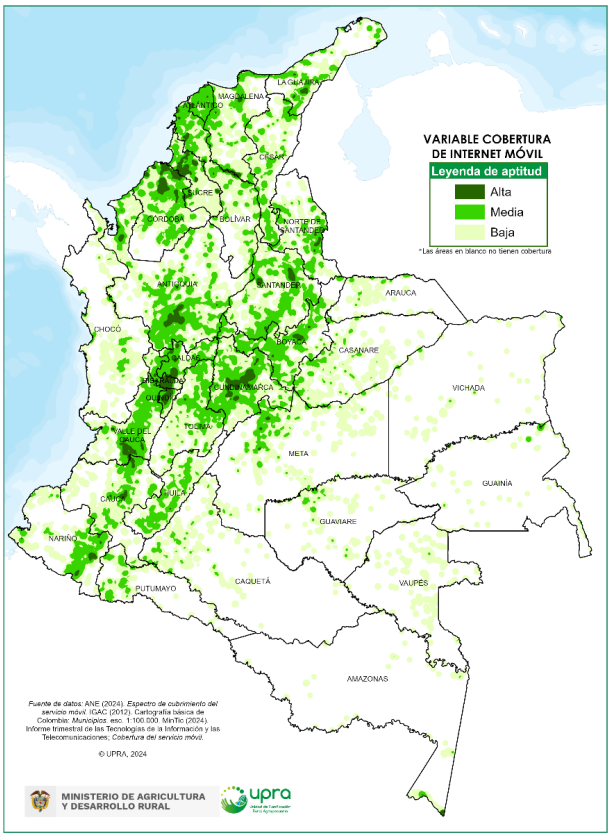
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Número de antenas	Aptitud
> 2 antenas/10 km^2	Alta (A1)
< 2 antenas/10 km^2	Media (A2)
Sin cobertura	Baja (A3)

Unidad de análisis	Número de antenas/10 km^2

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agencia Nacional del Espectro. (ANE). (2024). *Espectro del cubrimiento del servicio móvil*. Recuperada de https://espectro-co.ane.gov.co/ en el módulo Cubrimiento-visor del espectro cubrimiento.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2020). Cartografía básica de Colombia, escala 1:100.000. Bogotá, Colombia IGAC: UPRA.
- Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de Colombia. (MinTIC). (2023). *Informe trimestral de las tecnologías de la información y las Telecomunicaciones*. Cobertura del servicio móvil. Recuperado de https://www.colombiatic.mintic.gov.co/679/w3-article-178487.html.

3.2.6. Variable *Energía eléctrica rural*

FICHA METODOLÓGICA DE LA VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** económico	
CRITERIO ASOCIADO: infraestructura, bienes y servicios		
VARIABLE: energía eléctrica rural	**UNIDAD DE MEDIDA**: Favorabilidad en el acceso (unidad)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Análisis jerárquico**	✓
	Condicionante legal	
	Exclusión técnica	
	Restricción legal	
DEFINICIÓN		
Se refiere a la provisión y uso de electricidad en áreas rurales o menos urbanizadas, donde el acceso a la red eléctrica convencional puede ser limitado o inexistente. Este tipo de energía es fundamental para el desarrollo socioeconómico de las comunidades rurales, mejorando la calidad de vida y facilitando el acceso a servicios básicos. Representa las condiciones en las que es prestado el servicio público de energía eléctrica en un municipio. Este servicio público consiste en la generación, comercialización, interconexión, transmisión y transporte desde redes regionales de transmisión hasta el domicilio del usuario final, incluida su conexión y medición.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
En la actividad agropecuaria el servicio eléctrico se convierte en una de las fuentes de alimentación de motores y maquinaria utilizada para la transformación y demás labores derivadas. Orienta a los agentes económicos en sus decisiones de inversión sobre las áreas rurales del país donde se cuenta con óptimas condiciones de servicio de energía eléctrica pública, valorada por cobertura, sistema de transmisión y tarifa.		
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		
En el *Sistema único de información de servicios públicos domiciliarios (SUI)* se encuentra la información para las zonas interconectadas y mixtas; no obstante, no reporta información para las *zonas no interconectadas (ZNI)*; dicha información de las ZNI se encuentra a cargo del IPSE.		

La información de las dos instituciones no cuenta con los mismos parámetros y estándares de presentación en los campos de información, lo cual en ocasiones dificulta la unión y el procesamiento de la información a escala nacional.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Información.

Superintendencia de servicios públicos domiciliarios. Sistema Único de Información (SUI). (2022). Reportes comerciales del servicio de energía por municipio y departamento.
Unidad De Planificación Minero Energética (UPME). (2022). Índice de cobertura de energía eléctrica ICEE-Resto.
Unidad de planificación minero energética (UPME). (2019). Metodología y resultados de la estimación del Índice de Cobertura de Energía Eléctrica-ICEE-. Bogotá D.C.
Instituto de planificación y promoción de soluciones energéticas para las zonas no interconectadas (IPSE). (2020). Estado de la prestación del servicio de energía en Zonas No interconectadas.

Precisiones de la información.

Para el desarrollo de esta variable, se definieron tres subvariables: el índice de cobertura de energía eléctrica en áreas rurales, la tarifa media rural no residencial de energía eléctrica, y el sistema de transmisión de energía eléctrica. Las dos primeras subvariables fueron elaboradas utilizando la siguiente metodología:

Análisis de la consistencia y preparación de la información.

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 a que se encontraron más del 5 % de datos atípicos, la decisión es utilizar el método de k-medias.

Clasificación de los municipios.

Se utiliza la metodología de agrupamientos de las variables socioeconómicas que en este caso indica la necesidad de utilizar el método de K-Medias.

El algoritmo de K-Medias, como otros métodos de agrupamiento parten de una función de aprendizaje no supervisado donde no existen clases predefinidas y sus resultados están fuertemente determinados por el conjunto de datos disponibles y las medidas de similitud o distancia utilizadas para comparar datos. Se busca minimizar la distancia intraclústeres y maximizar la distancia interclústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si $d(i,j) > d(i,k)$ indica que el objeto *i* es más parecido a *k* que a *j*. El método de K-Medias desarrollado por (MacQueen 1967) se basa un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en 2, y por tratarse de un agrupamiento univariado no está sesgado por el orden de presentación inicial de los datos.

Los pasos para la estimación del clúster de K-Medias fueron los siguientes:

a. 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.
b. De manera inicial se divide en 3 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.
c. 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.
d. Se asigna cada elemento al clúster cuyo dato sea el mínimo de los 2 posibles y se recalculan los centroides con los nuevos agrupamientos.
e. Iterativamente, se van actualizando los centroides en función de las asignaciones de puntos a clúster, hasta que los centroides dejen de cambiar.

Como parte del mismo proceso, el procedimiento de k medias considera una fase de validación que consiste en lo siguiente:

- Evaluar la existencia de clúster que solo están integrados por datos extremos (*outliers*).
- Comparar dos conjuntos de clústeres alternativos evaluando su consistencia con los fenómenos socioeconómicos.

- Comparar los resultados de los agrupamientos con los derivados de otras técnicas de agrupamiento para determinar si los resultados están describiendo el fenómeno socioeconómico en estudio.

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 en y entre clúster (cohesión y separación).

- Subvariable *Índice de cobertura de energía eléctrica resto (ICEE)*

El ICEE fue considerado como subvariable debido a que presenta un panorama del estado de cobertura de energía eléctrica, considerando criterios técnicos básicos para las diferentes alternativas de prestación del servicio. Para el caso específico de esta subvariable se tuvieron en cuenta los datos de ICEE resto, entendiéndose como resto las zonas rurales se encuentran ubicadas geográficamente a una distancia significativa respecto de las zonas urbanas.

De acuerdo con la metodología y resultados de la estimación del ICEE publicada por la UPME en el 2018, el ICEE se estima como la relación entre las viviendas con servicio *Usuarios* y el total de viviendas, discriminando los usuarios ubicados en la cabecera municipal o urbanos de los ubicados en el resto o zona rurales de cada sitio, municipio, o departamento:

$$ICEE_{t,i} = \frac{Usuarios_{t,i}}{Viviendas_{t,i}} \; X \; 100\%$$
$$t = período\ de\ tiempo\ calculado$$
$$i = ubicación\ departamento, municipio, sitio$$

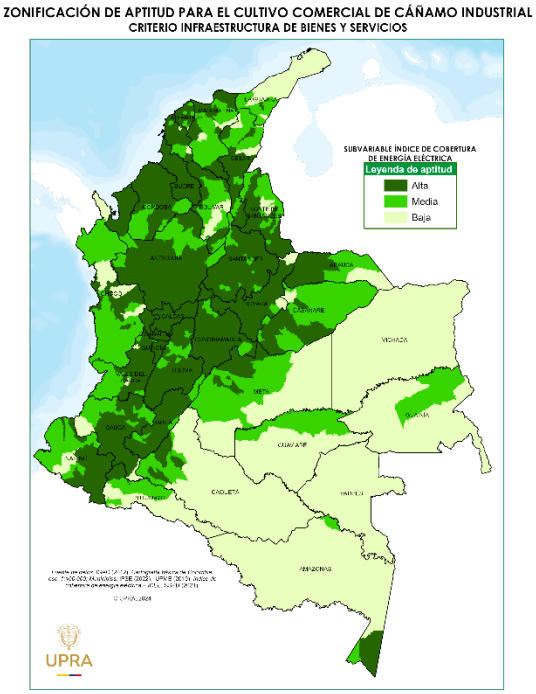
Se entiende en el marco de la metodología de cálculo de este índice, una vivienda como un inmueble con uso residencial y usuario corresponde a las viviendas clasificadas en el sector residencial, que tienen la infraestructura eléctrica disponible, independiente de su condición comercial, la cantidad de horas de servicio o si el servicio se presta a través del Sistema Interconectado Nacional (SIN) o mediante soluciones aisladas (ZNI) Zonas no interconectada (UPME 2019).

Al realizar el procedimiento anteriormente descrito para esta subvariable, el resultado fue 3 agrupamientos, a los que se le asignó la calificación de aptitud, de modo que los rangos quedan definidos de la siguiente manera:

Aptitud alta (A1): Municipios con más de 81,65 % de cobertura

Aptitud media (A2): Municipios entre 46,32 y 81,65 % de cobertura
Aptitud baja (A3): Municipios con menos de 46,32 % de cobertura.

A continuación, se presenta el resultado de la subvariable *Índice de cobertura de energía eléctrica resto*



- Subvariable *tarifa media rural no residencial de energía eléctrica.*

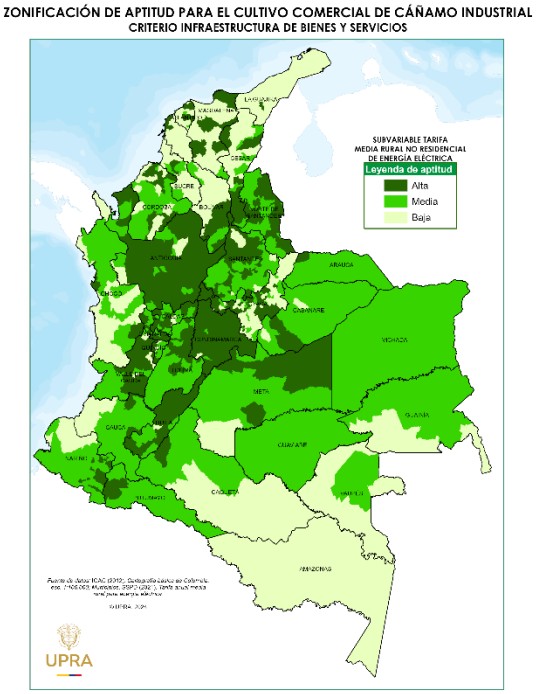
Las tarifas en el contexto de servicios públicos domiciliarios se entienden como la "valoración fijada a los productos de servicios públicos, cuyo insumo para su cálculo es generado por una entidad regulatoria (Comisión de regulación de agua potable y saneamiento básico (CRA); Comisión de regulación de energía y gas (CREG), por ejemplo)" (EPM 2021). En este sentido, la tarifa media rural residencial, se refiere a la tarifa promedio que es cobrada a los usuarios del servicio de energía eléctrica en el ámbito rural y que pertenecen al sector residencial.

Al realizar el procedimiento anteriormente descrito para esta subvariable, el resultado fue 3 agrupamientos, a los que se le asignó la calificación de aptitud, de modo que los rangos quedan definidos de la siguiente manera:

Aptitud alta (A1): Municipios con tarifa media rural inferior a 411 pesos por kilovatio

Aptitud media (A2): Municipios con tarifa media rural entre 411 pesos y 524 pesos por kilovatio
Aptitud baja (A3): Municipios con tarifa media rural superior a 1.027 pesos por kilovatio

A continuación, se presenta el resultado de la subvariable del *Tarifa media rural no residencial*:



- Subvariable *Sistema de trasmisión de energía eléctrica*

El sistema de trasmisión de la energía eléctrica en Colombia se da mediante dos tipos, el primero y más estable se denomina Sistema interconectado nacional (SIN), el cual según la Ley 143 de 1994 se define como “Sistema compuesto por los siguientes elementos conectados entre sí: las plantas y equipos de generación, la red de interconexión, las redes regionales e interregionales de transmisión, las redes de distribución y las cargas eléctricas de los usuarios"; el SIN esta conformado por todas las líneas de transmisión de energía y subestaciones que hay en el país, medios a través de los cuales se transporta la energía desde las centrales de generación hasta los pueblos y ciudades en donde es consumida.

Al estar integrada toda la cadena productiva de la energía en este sistema se garantiza que todas las regiones del país reciban el servicio de energía las 24 horas del día, todo el año (Celsia, 2019). El segundo se denomina *Zonas no interconectadas*, que como su

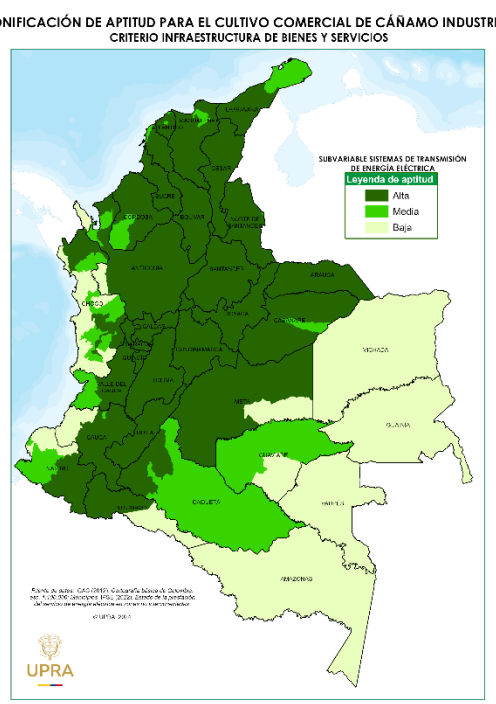
nombre lo indica son áreas del país los cuales no poseen conexión al SIN, se caracterizan por presentar baja densidad poblacional, ubicación lejana de los centros urbanos y dificultad en el acceso; la integración de estas zonas al SIN presenta altos costos, haciéndose necesaria la prestación del servicio mediante la cogeneración por medio de plantas de energía a diésel, las cuales presenta elevados costos de combustible, operación y mantenimiento debido a las dificultades de trasporte de combustible por su ubicación en zonas remotas, lo cual se traduce en altos costos del servicio de energía por kW/h (RAPE, 2020).

Para la construcción de la subvariable se realizó un listado unificado con la información del *Sistema Único de Información de Servicios Públicos Domiciliarios (SUI)*, sistema que reporta los municipios que pertenecen al *Sistema Interconectado Nacional (SIN)*, así como la información de los municipios reportados por el Instituto de *Planificación y promoción de soluciones energéticas para las zonas no interconectadas (IPSE)*, entidad encargada de reportar los municipios pertenecientes al sistema de trasmisión de *Zonas no interconectadas (ZNI)*. Al presentarse el caso de reporte de municipios en los dos sistemas de información (mixtos) se corroboró que tales municipios presentan zonas con servicio eléctrico pertenecientes al SIN, así como zonas con servicio eléctrico vinculadas a las ZNI.

Al realizar el procedimiento anteriormente descrito para la subvariable *Sistema de trasmisión de energía eléctrica*, el resultado fue el siguiente:

Aptitud alta (A1): Municipios con la totalidad de su área perteneciente al SIN
Aptitud media (A2): Municipios mixtos, con áreas pertenecientes al SIN y a ZNI
Aptitud baja (A3): Municipios con la totalidad de su área perteneciente al ZNI

A continuación, se presenta el resultado de la subvariable *Sistema de trasmisión de energía eléctrica*:



Para generar el mapa de la variable, se llevó a cabo un proceso de integración de las tres subvariables mediante un árbol de decisión. Se utilizó una ponderación aritmética igualitaria para las subvariables y se definieron dos cortes por sumatoria, con el objetivo de evaluar la favorabilidad en el acceso al servicio público de energía eléctrica rural. Esta metodología permite una representación clara y objetiva de las áreas con diferentes niveles de acceso al servicio, facilitando así la identificación de oportunidades de mejora.

Esto significa que los valores categóricos de cada subvariable se convierten en valores computables de la siguiente forma, A1 equivale a un valor de 3 puntos, A2 equivale a un valor de 2 puntos y A3 equivale a un valor de 1 punto. De esta forma se ponderan y agregan los resultados de cada subvariable para cada municipio y dicha sumatoria se contrasta para asignar los niveles de aptitud de la variable *Energía eléctrica rural*.

Aptitud	Puntuación	Descripción
A1	> 7	Municipios con más de 81,65 % de cobertura, conectados al SIN y con tarifa media rural inferior a 411 pesos por kilovatio
A2	5-7	Municipios entre 46,32 y 81,65 % de cobertura, con áreas pertenecientes al SIN y a ZNI y con tarifa media rural inferior entre 411 y 524 pesos por kilovatio

A3	< 5	Municipios con menos de 46,32 % de cobertura, pertenecientes al ZNI y con tarifa media rural superior a 1.027 pesos por kilovatio

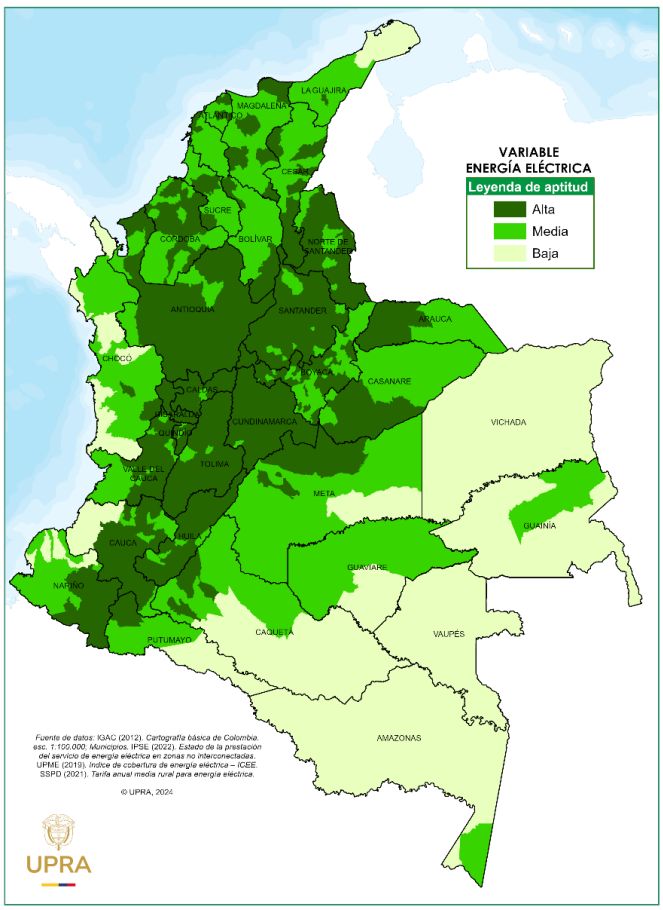
Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud competitiva: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Calificación del índice de prestación del servicio de energía eléctrica rural

Nivel de favorabilidad (unidad)	Aptitud
> 7	Alta (A1)
5-7	Media (A2)
< 5	Baja (A3)

Unidad de análisis	Nivel de favorabilidad (unidad)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Instituto de planificación y promoción de soluciones energéticas para las zonas no interconectadas. (IPSE). (2020). Estado de la prestación del servicio de energía en Zonas No interconectadas. • ICEE. (2022). http://www.siel.gov.co/Inicio/CoberturadelSistemaIntercontecadoNacional/ConsultasEstadisticas/tabid/81/Default.aspx en formato Excel, allí se tuvieron en cuenta los datos de ICCE resto para los 1122 municipios del país. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC. • Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. Sistema Único de Información (SUI). (2022). Reportes comerciales del servicio de energía por municipio y departamento. http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele_com_096 , http://reportes.sui.gov.co/fabricaReportes/frameSet.jsp?idreporte=ele_com_103) . https://www.datos.gov.co/Minas-y-Energ-a/Estado-de-la-prestaci-n-del-servicio-de-energ-a-en/3ebi-d83g/data • Unidad de Planificación Minero Energética (UPME). (2018). "Índice de cobertura de energía eléctrica ICEE-Resto. • Unidad de Planificación Minero Energética (UPME). (2019). Metodología y resultados de la estimación del Índice de Cobertura de Energía Eléctrica-ICEE-. Bogotá.

3.3 Criterio *Dinámica del mercado de tierras*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
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 predios (ha). • *Avalúo catastral rural*, expresado en millones de COP/ha. • *Arriendo rural*, expresado en miles de COP/ha/año. • *Tendencia a la formalidad*, expresada en predios.		

DEFINICIÓN
Expone las características de los predios 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 cáñamo, al mostrar el tamaño, el arriendo, el precio de los predios a través de la utilización del avalúo catastral como un *proxi* de la tendencia de este y la tendencia a la formalidad, con el fin de focalizar las posibles inversiones 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» (Art. 5, Resolución 128 de 2017 de 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 para desarrollar su actividad productiva.
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 estos. 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 escala 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

Con el fin de mostrar los predios que permitan una forma eficiente de acceso, se marcaron aquellos identificados como excluidos del mapa de clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias en su última versión para la vigencia 2023, clasificándolos en aptitud baja (A3), pero mostrándolos gráficamente en color blanco, para facilitar la lectura del usuario y diferenciarlos de los que a partir del análisis de cada una de las variables de este criterio por sus características de avalúo, tamaño , arriendo o presunta formalidad están en A3.

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, a todos aquellos espacios geográficos del país en los que por expresas prohibiciones de la Ley, no se pueden desarrollar actividades pecuarias ya que los territorios están dedicados a la preservación, restauración, conocimiento y disfrute o presentan restricciones legales que impiden que se puedan comprar o vender libremente en el mercado por su carácter inalienable.

Dentro de esta clasificación de áreas excluidas también se tienen en cuenta las zonas urbanas, que, si bien si permiten una compra o venta libre en el mercado, no son aptas para el desarrollo de actividades agropecuarias.

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 • 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 categoría 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

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (*Analytics Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cuatro variables, posteriormente, teniendo en cuenta el software PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se calcularon las ponderaciones de cada una de ellas dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Tamaño predial rural	Arriendo rural	Tendencia a la formalidad	Avalúo catastral	Peso ponderado (%)
Dinámica mercado de tierras	Tamaño predial rural	1				45,2
	Arriendo rural	1	1			36,6
	Tendencia a la formalidad	1/5	1/3	1		12,4
	Avalúo catastral	1/7	1/5	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 importantes				Igual en importancia	Más importantes			

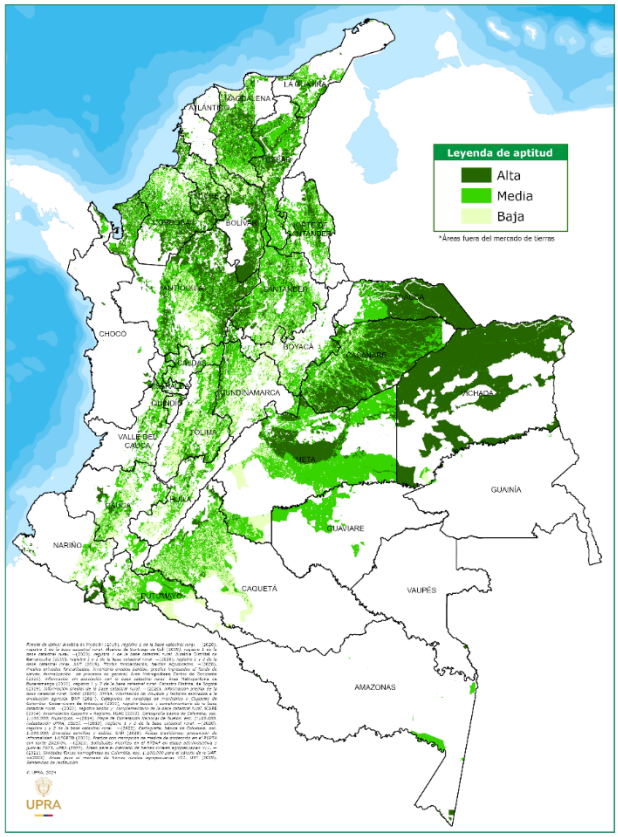
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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)
Tamaño predial rural	Predios (ha)	> 50	20-50	< 20
Avalúo catastral rural	Millones de COP/ha	< 5	5-15	> 15 y predios en propiedad horizontal (PH y condominio) y con destinos económicos industriales, comerciales y recreativos
Arriendo rural	Miles de COP/ha/año	< 500	500-1.000	> 1.000
Tendencia a la formalidad	Predios	Con matrícula inmobiliaria sin presunción de informalidad	-	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 inscritos en el RUPTA

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agencia Nacional de Tierras (ANT). (2019). *Títulos formalización, baldíos adjudicados*, Bogotá: ANT.
- Agencia Nacional de Tierras (ANT). (2020), *predios privados formalizados, inventario predios baldíos, predios ingresados al fondo de Tierras, formalización de procesos en general.*
- 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*.
- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2020). SIPSA. *Sistema de información de precios*. Datos de arriendo para actividades agrícolas. Bogotá: DANE.
- Departamento Nacional de Planeación. (DNP). (2014), *Categorías de ruralidad de municipios y ciudades de Colombia*.
- Gobernación de Antioquia. (2019). *Predial Rural Antioquía*.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). *Cartografía básica escala 1:100.000. Bogotá*: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2019). *Base catastral, Registros 1 y 2*.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (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>
- Superintendencia de Notariado y Registro. (SNR). (2020), *Falsas tradiciones, presunción de informalidad*. Bogotá: SNR.
- Unidad de Gestión de Restitución de Tierras Despojadas (UAEGRTD). (2023). *Solicitudes de inscripción en el registro de Tierras despojadas y abandonadas forzosamente*.
- Unidad de Gestión de Restitución de Tierras Despojadas (UAEGRTD). (2023). 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). (2023). *Clasificación de áreas para el mercado de Tierras rurales agropecuarias última versión*. Bogotá: UPRA.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. (UPRA). (2021). Metodología para el cálculo de la unidad agrícola familiar por unidades físicas homogéneas a escala municipal. *Mapa de zonas homogéneas físicas*.

3.3.1 Variable *Tamaño predial*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** Económico	
CRITERIO ASOCIADO: Dinámica del mercado de tierras		
VARIABLE: tamaño predial	**UNIDAD DE MEDIDA:** predios (ha)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Superficie de terreno en rangos de tamaños prediales definidos de acuerdo con el comportamiento medio de la actividad para la producción de cáñamo con fines industriales 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 desactualizadas 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

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.
- UPRA. (2021). Mapa de zonas homogéneas físicas _ UAF.

Precisión de la información.

Para la definición del tamaño tipo de los predios rurales a escala 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.

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, estos últimos revisaron estructuras de costos como base para determinar los excedentes rentables a partir de datos de rendimiento y precios de venta, que permitieron determinar un área mínima y una esperada para una producción rentable, para evidenciar la representatividad de los tamaños calculados, se validaron los rangos propuestos cruzando los predios con la actividad evidenciados para existencia de cultivos, 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.

Una vez determinado el tamaño, se realizó un ajuste dependiendo del valor potencial según el tipo de unidad física homogénea, identificando así de acuerdo con esta condición un diferencial en las áreas para cada uno de los rangos de aptitud, aumentando los tamaños requeridos entre más bajo sea el valor potencial. Se aplican los 13 índices

obteniendo los mismos diferenciales de tamaños prediales para cada una de las aptitudes, se anota que para la apreciación improductiva la aptitud en todos los casos será A3. Dicho proceso se trabajó según el siguiente cuadro y con base en el mapa de zonas homogéneas físicas para Colombia de la metodología de actualización de la UAF, realizada por la entidad.

La base del cálculo de áreas para el cultivo a las que se aplica el ajuste es la siguiente: A1: > 50 ha; A2: entre 20 y 50 ha y A3: < 20 ha.

Apreciación	Rangos (VP) sobre 100 puntos	Número para expresar el valor potencial	Índice por VP
Excelente	85-100	92	1,0
Muy buena	77-84	80	1,3
Buena	70-76	73	1,4
Moderadamente buena	64-69	67	1,5
Moderadamente buena a mediana	59-63	61	1,6
Mediana	53-58	55	1,8
Mediana regular	47-52	49	2,0
Regular	41-46	44	2,3
Regular a mala	35-40	38	2,6
Mala	24-34	30	3,3
Mala a muy mala	19-26	23	4,3
Muy mala	11-18	17	5,9
Improductiva	<11	6	17

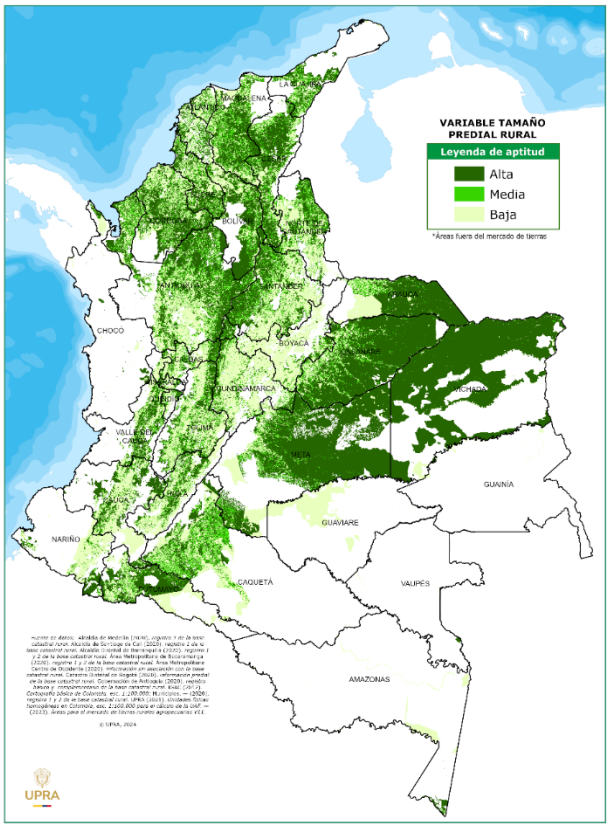
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con la categoría de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3), así:

Predios (ha)	Aptitud
> 50	Alta (A1)
20-50	Media (A2)
< 20	Baja (A3)

Unidad de análisis	Predios (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*.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2020). *Base Catastral, Registros 1 y 2. Bogotá*: IGAC.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. (UPRA). (2023). C*lasificación de áreas para el mercado de Tierras rurales agropecuarias última versión. Bogotá*: UPRA.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. (UPRA). (2021), Metodología para el cálculo de la unidad agrícola familiar por unidades físicas homogéneas a escala municipal. Mapa de zonas homogéneas físicas.

3.3.2 Variable *Arriendo rural*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** Económico	
CRITERIO ASOCIADO: Dinámica del mercado de tierras		
VARIABLE: arriendo rural	**Unidad de medida:** miles de COP/ha/año	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Valor del pago en dinero, establecido de manera conjunta, por el propietario quien concede el goce de un predio por un tiempo determinado y el arrendatario quien paga por este goce un precio definido. Para efectos de la variable, se establece su valor en ha/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 evitando realizar 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 9550 datos, ubicados en 151 municipios que corresponden a 23 departamentos, levantados en el periodo 2013-2024, 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		
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 agropecuaria y		

el nivel de abastecimiento de alimentos en las ciudades.

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)

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 la producción agrícola; 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.

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 2023, con el fin de determinar el comportamiento del pago del arrendamiento para actividades agrícolas, 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. Estos rangos se clasificaron en aptitud alta (A1), media (A2) y baja (A3), teniendo como base los valores de arriendo determinados con el equipo técnico de la UPRA y los productores visitados en las validaciones realizadas en territorio.

Se tomaron de la base del SIPSA, todos los datos de arriendos para actividades agrícolas, 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:

N.°	Rangos de valor de arriendo anual en COP/ha	
1.1.1	Hasta 200.000	
1.1.2	> 200.000	Hasta 300.000
1.2.1	> 300.000	Hasta 400.000
1.2.2	> 400.000	Hasta 500.000
2.1.1	> 500.000	Hasta 600.000
2.1.2	> 600.000	Hasta 700.000
2.1.3	> 700.000	Hasta 800.000
2.1.4	> 800.000	Hasta 900.000
2.1.5	> 900.000	Hasta 1.000.000
2.2.1	> 1.000.000	Hasta 1.200.000
2.2.2	> 1.200.000	Hasta 1.500.000
3.1.1	> 1.500.000	Hasta 2.000.000
3.1.2	> 2.000.000	Hasta 2.500.000
3.2.1	> 2.500.000	Hasta 3.000.000
3.2.2	> 3.000.000	Hasta 3.500.000
4.1.1	> 3.500.000	Hasta 4.000.000
4.1.2	> 4.000.000	Hasta 4.500.000
4.1.3	> 4.500.000	

Para realizar la georreferenciación de los datos y basados en los datos originales se realizaron las siguientes clasificaciones: Para los datos relacionados con la pendiente, se llevó a acabó una reclasificación para buscar su 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 base cartográfica de drenajes, de la siguiente manera:

Dato SIPSA	Clasificación
Con agua	Polígonos prediales que cruzan con drenajes contenidos en la base cartográfica nacional
Sin agua	Polígonos prediales que no cruzan con drenajes contenidos en la base cartográfica nacional

Para realizar la proyección de los datos existentes a todos los municipios, se realizó el vínculo a través de la información de región, subregión y categoría de ruralidad, del DNP (DNP, 2014), buscando proyectar el dato económico del municipio conocido a otros de similares características semejantes y comparables con el que tiene la información económica de arriendo.

Regiones	Subregiones	Categorías de ruralidad
Eje cafetero Caribe Bogotá Centro oriente Centro sur Pacífico Llanos orientales	Todas para cada región	Rural Rural disperso Intermedios Ciudades y aglomeraciones

Esta proyección se realizó únicamente en las zonas incluidas y condicionadas del mercado de tierras, contenidas en el mapa de clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias en su última versión.

Con el fin de mejorar la representación de los datos se incorporó la información del valor potencial según el tipo de unidad física homogénea, identificando las áreas donde los valores potenciales son de 23 y menos puntos, con aptitud baja (A3), dado que por sus condiciones no podrían tener valores altos en sus cánones de arrendamiento. Dicho proceso se trabajó según el siguiente cuadro y con base en el mapa de zonas homogéneas físicas para Colombia de la metodología de actualización de la UAF, realizada por la entidad.

Apreciación	Rangos (VP) sobre 100 puntos	Número para expresar el valor potencial	Índice por VP
Mala a muy mala	19-26	23	4.3
Muy mala	11-18	17	5.9
Improductiva	<11	6	17

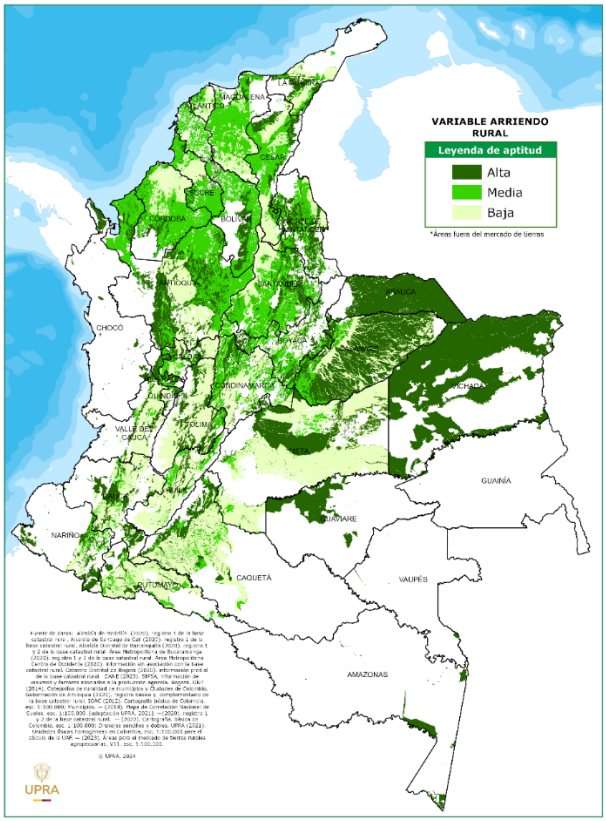
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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 COP/ha/año	Aptitud
< 500	Alta (A1)
500-1.000	Media (A3)
> 1.000	Baja (A3)

Unidad de análisis	Miles de COP/ha/año

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Consejo Nacional Legislativo. (1873). Ley 84 de 1873. Código Civil de la Nación.
- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2021). SIPSA, *información de insumos y factores asociados a la producción agropecuaria*. Bogotá: DANE.
- Departamento Nacional de Planeación. (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.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). *Cartografía básica, escala* 1:100.000.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Mapa de correlación de suelos. Fases por pendiente*. Bogotá: IGAC.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. (UPRA). (2023). *Clasificación de áreas para el mercado de tierras rurales agropecuarias-última versión*. Bogotá: UPRA.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. (UPRA). (2021). Metodología para el cálculo de la unidad agrícola familiar por unidades físicas homogéneas a escala municipal. *Mapa de zonas homogéneas físicas*.

3.3.3. Variable *Tendencia a la formalidad*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
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 indicie 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

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. (2023). Puntos de los centroides RTDAF y RUPTA. URT. 2019. Sentencias de restitución.

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 tiene matricula inmobiliaria y que no cumplen ninguna de las demás variables.

2. Predios que en la base catastral no poseen una matrícula inmobiliaria
3. Predios identificados en la base catastral 2014 que no tienen interrelación catastro registro.
4. Predios identificados con “mejoras en predio ajeno” dentro de la base catastral.
5. Predios identificados en la base 2014_IGAC y en la información entregada por SNR_2020 están en falsa tradición.
6. Predios identificados como presuntos baldíos.
7. Predios con resolución de inscripción en el registro 1 Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente.
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.

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.

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 matricula inmobiliaria y finalmente quedaron los demás predios que se presumen formales.

(*) Estos predios corresponden a aquellas solicitudes que una vez analizadas pasaron a instancia judicial y tienen un proceso legal iniciado, que hacen referencia con resolución de inscripción en el registro 1 de la Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente.

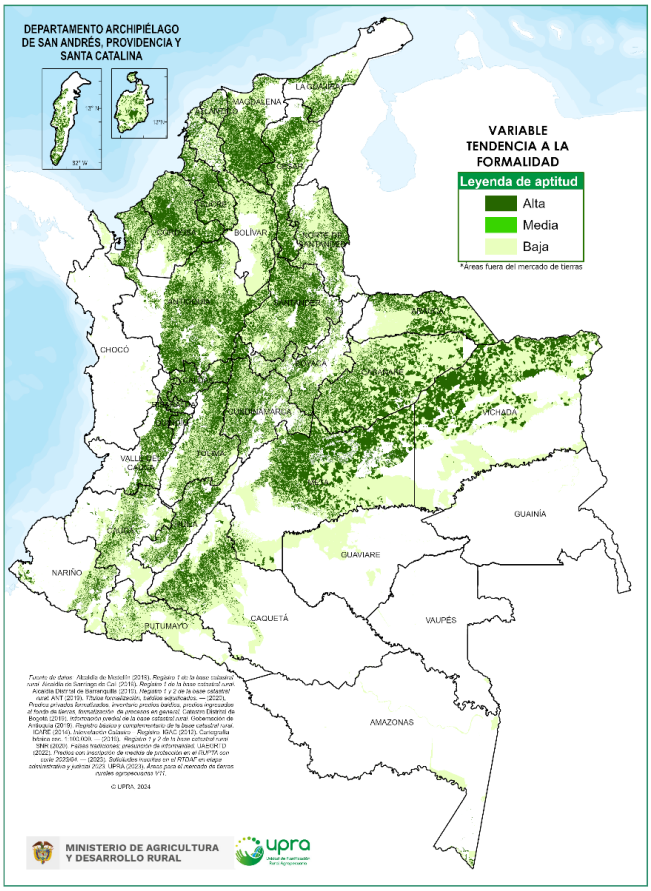
La dinámica del proceso de restitución de tierras que consta de varias fases dentro de las que esta la etapa administrativa correspondiente a los polígonos-P: Preliminar,-G: Georreferenciados, -D: Definitivos y- F: Final., que son las tenidas en cuenta en este análisis y hacen parte de las solicitudes con resolución de Inscripción en el registro 1 Ley de tierras despojadas y abandonadas forzosamente.

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).

Información jurídica de los predios	Aptitud
Predios con matrícula inmobiliaria sin presunción de informalidad	Alta (A1)
-	Media (A2)
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 inscritos en el RUPTA	Baja (A3)

Unidad de análisis	Predios

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Agencia nacional de Tierras (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. • 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.* • Catastro Distrital Bogotá (2019). *Información predial jurídica, física y económica.* • Gobernación de Antioquia (2019). *Información Predial Rural Antioquía.* • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá*: IGAC. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2019). Base predial Registros 1 y 2, vigencia 2016. Bogotá: IGAC. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Predios sin interrelación catastro registro y con falsa tradición.* Bogotá: IGAC. • 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. (SNR). 2020. *Falsas tradiciones.* Bogotá: SNR. • Unidad de Gestión de Restitución de Tierras Despojadas (UAEGRTD). (2023). *Puntos de los centroides, de los polígonos de las solicitudes que se encuentran en etapa administrativa y judicial.* • Unidad de Gestión de Restitución de Tierras Despojadas (UAEGRTD). (2019). *Sentencias de restitución.* • Unidad de Gestión de Restitución de Tierras Despojadas (UAEGRTD). RUPTA (2023). *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). (2023). Clasificación de áreas para el mercado de Tierras rurales agropecuarias_ última versión. Bogotá: UPRA.

3.3.4 Variable *Avalúo catastral rural*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** Económico	
CRITERIO ASOCIADO: Dinámica del mercado de tierras		
VARIABLE: avalúo catastral rural	**UNIDAD DE MEDIDA:** millones de 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). Esta variable se utiliza como un *proxi* del precio comercial posible de intercambio de las tierras rurales por hectárea, en ausencia de información de precios comerciales a escala nacional actualizados, recientes o tomados de fuente directa. El intercambio se entiende como «El conjunto de transacciones o acuerdos, libres de coerción, mediante el cual se realiza el intercambio parcial o total de alguno(s) de los componentes del derecho de propiedad (uso, goce y disposición) de predios rurales que no han sido objeto de exclusiones legales.» (MinAgricultura, 2017).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Incide en la manera de acceder a la tierra, dado que a menores precios (representados por el avalúo catastral) se pueden disminuir los costos de producción (pago por rentas del suelo), lo que por ende permitirá a un productor ampliar su margen de competitividad. Por el contrario, los altos precios de la tierra originan barreras a la actividad productiva por ser más exigente la inversión inicial, generando mayores costos de transacción y de oportunidad, así como mayores pagos por impuesto.		
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL CRITERIO ASOCIADO		
El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
A la fecha, el país no cuenta con información compilada de precios comerciales del suelo a escala 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 415 municipios del país, en 18 departamentos, que cubren aproximadamente 31 millones de ha; 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

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.
IGAC. (2020). Base catastral, registros 1 y 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 estaba disponible, obviando los valores de construcción, partiendo del supuesto que para los predios rurales agropecuarios tiene un peso muy bajo debido a la relación de área entre terreno y construcción.

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 indicie 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 valor del avalúo catastral más favorable y el máximo, se consultó al especialista y a investigadores del Valle del Cauca, quienes están realizando los estudios necesarios para la implementación del cultivo en el país, también se tuvo como referencia el análisis ya realizado en la entidad para cultivos mecanizados transitorios, por su posible similitud con este cultivo, datos que en su momento fueron validados con el cruce de predios productores y el mapa nacional de avalúos catastrales que trabaja la entidad.

Basados en los análisis de la información mencionada 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 bodegas comerciales, hoteles en PH, comercio, hoteles, clubes-casinos, pensiones y residencias, centros comerciales y vivienda recreacional.

Es importante recalcar que los valores catastrales por hectárea de los predios de las zonas rurales del país no corresponden al precio comercial y no existe un porcentaje de adopción para convertirlos y, generalmente, están distantes del mismo, es por ello por lo que, a la información consultada con expertos, productores e inmobiliarios, se le aplica un índice de adopción del 60 %, para poder analizarla con relación a la información de avalúos catastrales trabajada para esta variable.

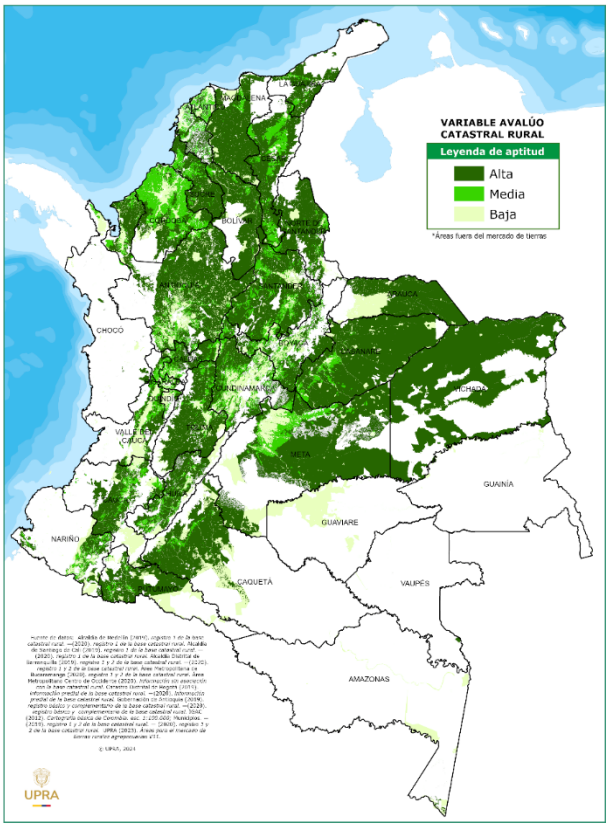
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Millones de COP/ha	Aptitud
< 5	Alta (A1)
5-15	Media (A2)
> 15 y predios en propiedad horizontal (PH y condominio) y con destinos económicos industriales, comerciales y recreativos.	Baja (A3)

Unidad de análisis	Millones de 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*.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (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.
- UPRA. (2023). *Clasificación de áreas para el mercado de Tierras rurales agropecuarias-última versión. Bogotá*: UPRA.

3.4 Criterio *Disponibilidad de mano de obra*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** Social	
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de mano de obra		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- *Densidad de la población rural en edad de trabajar (PET)*, expresada como número de personas rurales por km^2.
- *Oferta educativa*, expresada en tiempo de desplazamiento en horas.

DEFINICIÓN

Se refiere a la cantidad de trabajadores disponibles y la posibilidad de cualificación de estos para la realización de labores agrícolas y de producción primaria en las áreas rurales.

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 cáñamo con fines industriales. Evalúa además las zonas cercanas en horas de desplazamiento a la oferta de capacitación y cualificación existente en el territorio, de acuerdo con la oferta de programas activos de formación académica, que satisfacen las necesidades de los productores agrícolas, ya sea a escala universitario, técnico, tecnológico o de educación no formal.

IMPORTANCIA DEL CRITERIO

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 cáñamo con fines industriales.

También mide la posibilidad de la población de acceder cerca de su territorio a programas de capacitación para elevar su competencia y su productividad laboral. Estos elementos hacen posible que las unidades productivas agrícolas cuenten con mano de obra con posibilidades de incrementar la productividad y la competitividad, al implementar de forma adecuada los procesos técnicos con personal capacitado en la zona. La disponibilidad de mano de obra tiene un impacto significativo en la eficiencia de las actividades agrícolas, pecuarias, acuícolas y/o forestales siendo fundamental para la sostenibilidad de las actividades agropecuarias. Adicionalmente, permite a los agentes económicos prever y dimensionar la cantidad de capital humano en un municipio y sus posibilidades de especialización, factores que determinan la competitividad de la producción en los territorios.
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO
La información disponible para determinar la población rural en edad de trabajar corresponde a las proyecciones de población para el 2023 realizadas por el DANE, ajustadas luego del COVID-19, por distribución etaria (entre 15 y 62 años) y ubicación entre áreas urbanas o rurales de los municipios. Los resultados obedecen a la población proyectada para el 2023, 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, por ejemplo); lo que limita la capacidad de análisis del municipio en cuanto a la menor o mayor oferta de mano de obra en el mediano y largo plazo en cada municipio. Asimismo, no es posible diferenciar la disposición de la población para trabajar en un sector u otro, como puede serlo el sector agropecuario o el de servicios, por ejemplo. 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 o gremios y asociaciones, no reportados en el sistema SNIES. No se considera el uso de las nuevas metodologías de la información y la comunicación, que permiten que la ubicación real de sus estudiantes se distancia de las cabeceras municipales donde están autorizados a funcionar.
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO
En el análisis de cada una de las variables, ninguna presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (*Analytics Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de tres variables, posteriormente, teniendo en cuenta el software PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se

calcularon las ponderaciones de cada una de ellas 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	Pesos ponderados (%)
Disponibilidad de mano de obra	Densidad de población rural en edad de trabajar	1		75,0
	Oferta educativa	1/3	1	25,0

La escala de importancia dentro del proceso *AHP* tiene cuenta la valoración entre pares de variables:

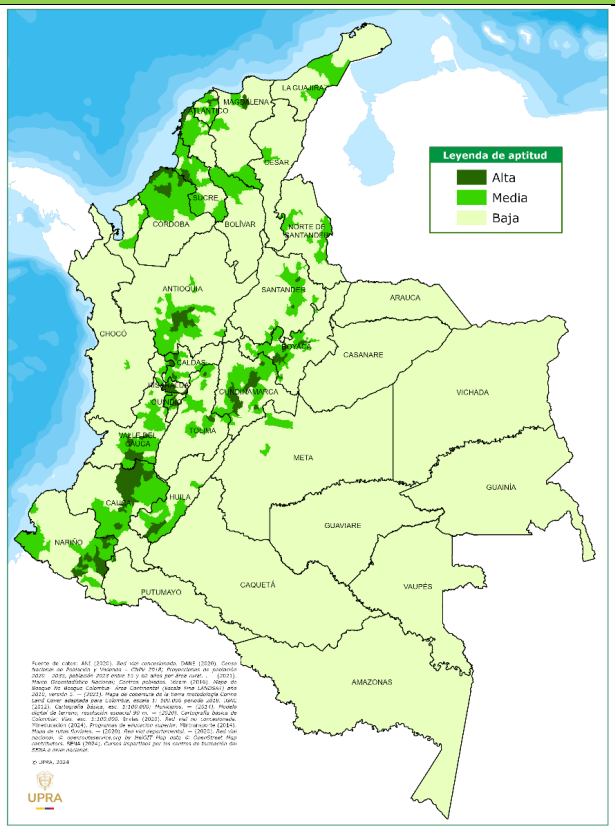
1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Sumamente	Muy fuertemente	Fuertemente	Moderadamente	Igualmente	Moderadamente	Fuertemente	Muy fuertemente	Sumamente
Menos importantes				Igual en importancia	Más importantes			

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 (PET)	Número de personas rurales por km^2	> 46,57	16,34-46,57	< 16,34
Oferta educativa	Tiempo de desplazamiento en horas	Desplazamiento con los tiempos más bajos a cabeceras con oferta educativa	Desplazamiento con los tiempos moderados a cabeceras con oferta educativa	Desplazamiento con los tiempos altos a cabeceras con oferta educativa

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). (2020). *Red vial concesionaria*. Bogotá.
- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2020). Marco geoestadístico nacional: Centros poblados. Bogotá.
- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2020). Censo Nacional de Población y Vivienda-CNPV 2018. *Proyecciones de población 2020-2035, población entre 15 y 62 años por área rural. Bogotá.*
- Departamento Nacional de Planeación. (DNP). (2023). Sistema de estadísticas territoriales (Territata). Recuperado de: <https://terridata.dnp.gov.co/#/.> Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Modelo digital de terreno, resolución 90 m.* Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2020). *Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000*. Bogotá.
- Instituto Nacional de Vías. (Invias). (2020). *Red vial no concesionada*. Bogotá.
- Ministerio de Educación. (MinEducación). (2022). *Programas activos e instituciones académicas de educación superior*. Bogotá.
- Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables. Bogotá.*

- Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2020). *Red vial departamental*. Bogotá.
- Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2020). *Red vial nacional SICETAC: Información de transporte de carga a escala nacional © openrouteservice.org by HeiGIT Map data © OpenStreet Map contributors*.

3.4.1 Variable *Densidad de población en edad de trabajar (PET)*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** Social	
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de mano de obra		
VARIABLE: Densidad de población en edad de trabajar (PET)	**UNIDAD DE MEDIDA:** Número de personas rurales/km^2	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Número de personas de las zonas rurales de los municipios en edad de trabajar/km^2, suficientes para cubrir las necesidades de mano de obra del cultivo de cáñamo con fines industriales de acuerdo con el cálculo de jornales promedio diarios necesarios por hectárea en un ciclo de producción. Se define el rango etario de 15 a 62 años como la población en edad de trabajar según las series de población proyectadas por el DANE para el 2023.		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Se establece una relación directa entre el número de personas en edad de trabajar/km2 en la zona rural y la oferta potencial de mano de obra en el territorio. La aptitud productiva del municipio para desarrollar el cultivo de cáñamo se define según la mano de obra requerida por este cultivo, en contraste con la oferta potencial de mano de obra por km^2. Municipios con una mayor población rural en edad de trabajar en un área relativamente pequeña, tendrán mayores valores de densidad de población, 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 menores 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, inversionistas y los hacedores de política, identifiquen las mejores opciones en la oferta laboral, según el nivel de intensidad en el uso de este factor productivo en la actividad agrícola, y en este caso, puntual, la producción de cáñamo con fines industriales.

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.

No se puede distinguir a quienes no ofrecen su fuerza laboral por vivir de rentas o pertenecer a un régimen pensional que aún en su fase de vida productiva les permite 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 agropecuario como opción y alternativa productiva de vida.

Por otra parte, la distinción urbana y rural de la población por su residencia no excluye que estas ofrezcan su capacidad productiva cuando viven en el casco urbano, o que vivan en la zona rural se desplacen al casco urbano para trabajar (conmutación), incluso existiendo la posibilidad de un desplazamiento a otro municipio cercano. Aquí se contabiliza la población rural (en centros poblados y rural disperso) para evitar una 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
Información. DANE. (2020). 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. Precisiones de la Información. La fuente para la estimación de la población en edad de trabajar-PET_{15-62} 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. El número de jornales requeridos por hectárea para el cultivo de cáñamo, se estimó consultando y estableciendo estructuras de costos de producción donde fue posible establecer la necesidad técnica de al menos 56 jornales promedio anuales para un ciclo de producción. 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 edad de trabajar en la zona rural por kilómetro cuadrado, para determinar el mejor método estadístico de agrupamiento. Tomando como fuente de información las estructuras de costos consultadas, se calculó que el número de jornales promedio por hectárea necesarios para la producción de cáñamo con fines industriales es de 56 jornales/ha/ciclo de 120 días. Así las cosas, se estima como requerimiento técnico de mano de obra es de 46,66 jornales km²/día. Este es el punto de corte (46,57 jornales km²/día) se usa para determinar los municipios con *aptitud alta (A1)*, por tener una mayor o igual densidad PET km²/Día, y sobre los cuales se espera obtener las mejores condiciones de oferta de mano de obra rural para el cultivo de cáñamo. Para la estimación de los rangos con *aptitud media (A2)* y *aptitud baja (A3)* se utilizó la metodología de agrupamientos de las variables socioeconómicas empleando métodos estadísticos.

Siguiendo la metodología de evaluación de tierras para la agrupación de municipios con condiciones similares, en este caso en medición de la densidad de población en edad de trabajar por kilómetro cuadrado, se evalúa la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, que consiste en señalar como atípico aquel dato que se encuentra 1,5 veces el rango intercuartílico por encima del tercer cuartil o por debajo del primer cuartil. Es decir, un dato es atípico si se encuentra por fuera del intervalo:

$$[Q_1 - 1{,}5 * RI, Q_3 + 1{,}5 * RI]$$

Donde Q_1 y Q_3 son el primer y tercer cuartil de la distribución de los datos respectivamente y RI es el rango intercuartílico que corresponde a la diferencia $Q_3 - Q_1$.

Dado que el resultado es que más del 5 % corresponde a datos atípicos, la decisión es utilizar el método de Dalenius– Hodges.

El método estadístico Dalenius-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 dos clústeres (k=2).

El método Dalenius-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 (n) de manera ascendente.
2. Agrupar las observaciones en *J* clases, donde *J* = min (k*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

$$fi \; i \in \{1, \dots, J$$

5. Calcular la raíz cuadrada de frecuencia den 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.

RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

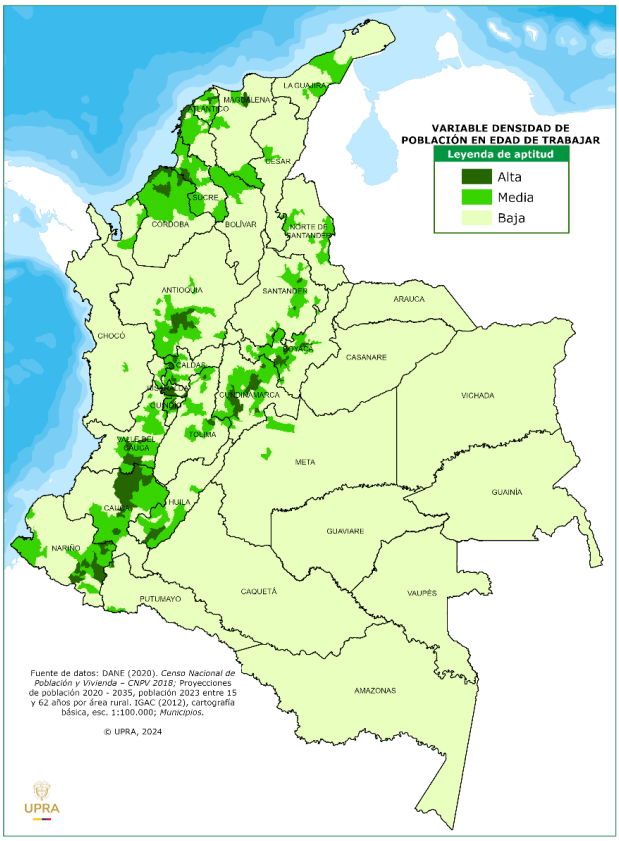
Al realizar el procedimiento para la variable densidad de la población rural en edad de trabajar, el resultado fueron tres agrupamientos: el primero, señalado por la necesidad técnica del cultivo de 56 jornales por ha/promedio ciclo, y lo otros dos grupos, generados por el método estadístico señalado anteriormente; a los que se le asignó la calificación de aptitud.

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de *aptitud alta (A1)*; *aptitud media (A2)* y *aptitud baja (A3)*. Los resultados de dichos agrupamientos fueron los siguientes:

Número de personas rurales/km^2	Aptitud
> 46,57	Alta (A1)
16,34-46,57	Media (A2)
< 16,34	Baja (A3)

Unidad de análisis	Número de personas rurales por km^2

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2020). *Censo Nacional de Población y Vivienda-CNPV 2018. 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)*. Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación. (DNP). (2023). *Sistema de Estadísticas Territoriales*. Portal Territata. Recuperado de: <https://terridata.dnp.gov.co/#/.> Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.

3.4.2 Variable *Oferta educativa*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** Social	
CRITERIO ASOCIADO: Disponibilidad de mano de obra		
VARIABLE: Oferta educativa	**UNIDAD DE MEDIDA:** Tiempo de desplazamiento en horas	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Evalúa la proximidad en tiempo de desplazamiento a los programas de educación técnica, tecnológica y universitaria vinculados a la producción de cáñamo. Esto permite evidenciar la accesibilidad a la capacitación para la población y la oportunidad de fortalecer la competitividad del sector en el territorio. Además, se consideran los programas ofrecidos por el Servicio Nacional de Aprendizaje (SENA).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Mide la posibilidad de la población de acceder a programas de formación técnica, tecnológica y universitaria para elevar así 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 eleva las condiciones y capacidades de la población rural trabajadora, y permite que los empresarios agrícolas y la productora campesina tengan talento humano con destrezas o conocimientos técnicos y tecnológicos, que pueden aumentar 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 universitario, técnico y tecnológico en áreas relacionadas a la actividad agrícola. 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. (2024). 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 consideró la cobertura de los programas reportados en el SNIES, así no solo se considera la sede principal donde se oferta el programa, sino también otros tipos de cobertura como centros de tutoría, Centros regionales de educación superior (CERES), convenios, convenios en red y programas de extensión, que amplían los registros de la oferta educativa, especialmente en las zonas rurales. SENA (2024). Oferta educativa titulada, complementaria y especial, relacionados con la actividad agropecuaria que se encuentran ofertados para los años 2023-2025. 2. Precisiones de la información. Programas académicos ofertados relacionados con la actividad agrícola y el cultivo de cáñamo, reportados en el sistema SNIES del Ministerio de Educación. Se tiene en cuenta los programas activos para marzo de 2024 en el momento de la consulta. Se tuvo en cuenta también la oferta educativa titulada, complementaria y especial relacionados con la producción de cáñamo, reportados por el Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, teniendo en cuenta los programas ofertados para el 2023 y/o hasta el 2025. Los programas identificados fueron los siguientes:

SENA	Técnicos y tecnológicos	Universitarios
Aceites esenciales: extracción, usos y aplicaciones	Técnica profesional en manejo de suelos y aguas	Administración agroindustrial
Agricultura de precisión	Técnica profesional en producción agroecológica de cultivos	Administración agropecuaria
Agricultura ecológica: fertilización, suelos y cultivos	Técnica profesional en producción agropecuaria	Administración de agronegocios
Agroindustria alimentaria	Técnico profesional en manejo y conservación de productos agroindustriales	Administración de empresas agroindustriales
Aplicación de las buenas prácticas agrícolas	Técnico profesional en procesos agroindustriales	Administración de empresas agropecuarias
Básico en agricultura ecológica	Técnico profesional en producción agrícola	Agronomía
Buenas prácticas agrícolas.	Tecnología agroambiental	Biología
Comportamiento emprendedor	Tecnología agroindustrial	Ingeniería agrícola
Conservación de recursos naturales	Tecnología agropecuaria	Ingeniería agroecológica
Costos y precios de un producto.	Tecnología en administración y mercadeo agropecuario	Ingeniería agroindustrial
Cultivos agrícolas	Tecnología en agricultura de precisión	Ingeniería agronómica
Elaboración de bioabonos solidos	Tecnología en agrobiotecnología	Ingeniería agropecuaria
Emprendimiento en producción de cultivos transitorios	Tecnología en gestión agroambiental	Ingeniería en agroecología
Emprendimiento y fomento empresarial	Tecnología en gestión agroempresarial	Ingeniería en agronegocios
Gestión agroempresarial	Tecnología en gestión agroindustrial	Profesional en agroindustria
Gestión de empresas agropecuarias	Tecnología en gestión de empresas agropecuarias	
Gestión de la producción agrícola	Tecnología en gestión de insumos agropecuarios	
Gestión de mercados	Tecnología en gestión de la empresa agrícola	
Gestión de recursos naturales	Tecnología en gestión de la producción agrícola	

Labores de campo en cultivos	Tecnología en gestión sostenible de la producción agropecuaria	
Manejo agroecológico de suelos	Tecnología en procesos agroindustriales	
Manejo de la nutrición en cultivos agrícolas	Tecnología en producción agrícola	
Manejo empresarial de la finca	Tecnología en producción agroecológica	
Mecanización agrícola	Tecnología en producción agroindustrial	
Operación de maquinaria agrícola	Tecnología en producción agropecuaria ecológica	
Producción agropecuaria	Tecnología en producción agropecuaria	
Producción agropecuaria ecológica	Tecnología en producción de agrocultivos	
Proyectos agropecuarios.	Tecnología en producción y gestión agropecuaria.	
Sistemas agropecuarios ecológicos.		

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 mediante 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 desplazamiento a escala nacional, se utilizaron insumos de tramos terrestres, fluviales y coberturas de la tierra, a los cuales se les asignaron velocidades de desplazamiento promedio. Estas velocidades se basan en estudios previos y en las características específicas de cada tipo de terreno, como la topografía y la calidad de las vías.

Con esta información, se calcula un recorrido acumulado desde diferentes puntos de interés en el territorio. Este análisis permite identificar áreas con mejor conectividad y aquellas que pueden requerir mejoras en su acceso. Además, facilita la planificación de infraestructuras y la ubicación de servicios, contribuyendo al desarrollo regional y a una mejor distribución de oportunidades para la población.

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.

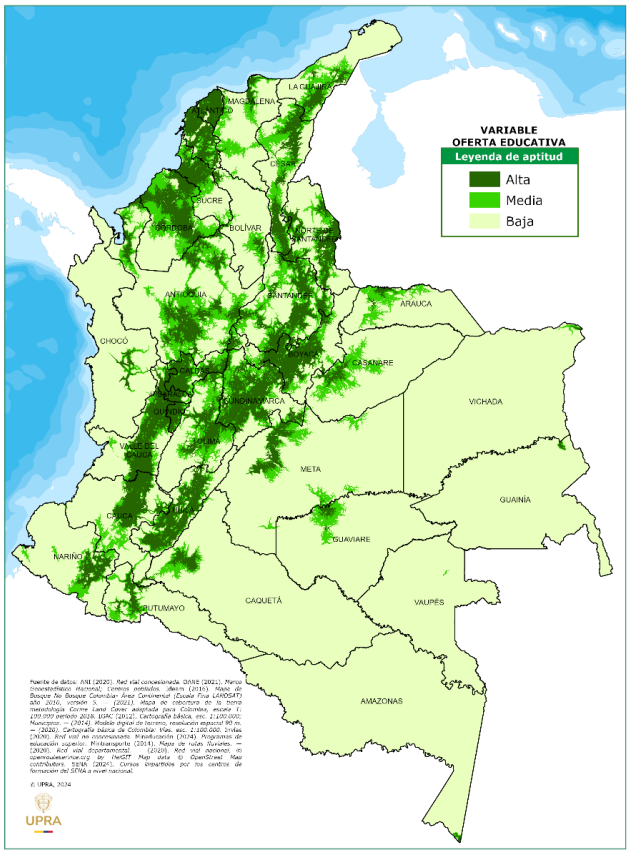
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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
Desplazamiento con los tiempos más bajos a cabeceras con oferta educativa	Alta (A1)
Desplazamiento con los tiempos moderados a cabeceras con oferta educativa	Media (A2)
Desplazamiento con los tiempos altos a cabeceras con oferta educativa	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tiempo de desplazamiento en horas

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agencia Nacional de Infraestructura (ANI). (2020). *Red vial concesionaria*. Bogotá.
- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2020) *Marco geoestadístico nacional. Centros poblados*. Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación. (DNP). (2022). *Portal Territata. Sistema de Estadísticas Territoriales*. Recuperado de: <https://terridata.dnp.gov.co/#/.> Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2014). *Modelo digital de terreno, resolución espacial 90 m*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2020). *Cartografía básica de Colombia; vías, escala 1:100.000*. Bogotá, Colombia:
- Instituto Nacional de Vías. (Invias). (2020). *Red vial no concesionada*. Bogotá.
- Ministerio de Educación. (MinEducación). (2024). *Sistema Nacional de Información de la Educación Superior (Snies) Programas e instituciones de educación superior*. Bogotá.

- Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2014). *Mapa de tramos fluviales navegables*. Bogotá.
- Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2020). *Red vial departamental*. Bogotá.
- Ministerio de Transporte. (MinTransporte). (2020). *Red vial nacional*. Bogotá.
- Servicio Nacional de Aprendizaje SENA. (2024). *Programas ofertados de formación titulada (técnico y tecnólogo, operario, auxiliar y especialista tecnológico), formación complementaria, y formación complementaria especial*

3.5 Criterio *Seguridad ciudadana*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** Social	
CRITERIO: Seguridad ciudadana		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- *Homicidios rurales*, expresados en tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes.
- *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.

DEFINICIÓN

Ausencia de peligro o afectaciones a la integridad física, así como de riesgo de pérdida de la libertad y del patrimonio por situaciones adversas.

Es una situación donde las personas pueden vivir libres de la violencia y el delito (CIDH, 2009).

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 a los hurtos, extorsiones, homicidios y secuestro, 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 la PONAL, para los delitos de hurtos, extorsiones, homicidios y secuestro, 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

Para clasificar cada una de las variables, se inicia relativizando la información del número de delitos reportados en zona rural respecto a la población de cada municipio; mediante el calculó del *índice del delito 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 2019-2023.

b. Luego, con base en las series de proyección de población municipal del DANE (2018), de los Microdatos del Censo CNPV de 2018, para el país, se tomó la población por municipio proyectada para el 2023, 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.

luego de la construcción del índice, se dividió la serie en dos grupos, el primero, con los municipios que no registraron datos reportados y el segundo, con los municipios que tenían uno o más casos 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 intraclústeres y maximizar la distancia inter- clústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si d (i, j) > d (i, k) indica que el objeto i es más parecido a k que a j. El método de K-Medias desarrollado por MacQueen (1967) se basa un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en 2 para las aptitudes media y baja, 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 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.

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología *AHP* (*Analytics Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cuatro variables, posteriormente, teniendo en cuenta el software PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se calcularon las ponderaciones de cada una de ellas dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Homicidios rurales	Extorsiones rurales	Hurtos rurales	Secuestros rurales	Pesos ponderados (%)
Seguridad ciudadana	Homicidios rurales	1				42,90
	Extorsiones rurales	1	1			37,80
	Hurtos rurales	1/5	1/3	1		12,80
	Secuestros rurales	1/5	1/5	1/3	1	6,50

La escala de importancia dentro del proceso *AHP* tiene cuenta la valoración entre pares de variables:

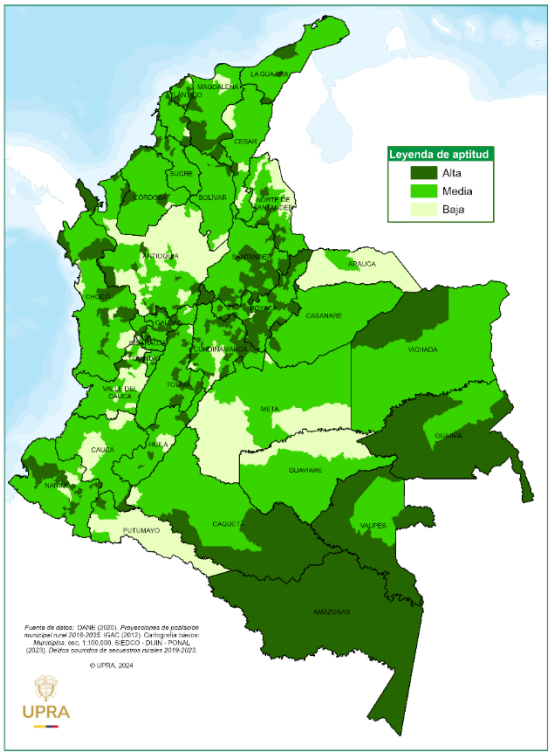
1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Sumamente	Muy fuertemente	Fuertemente	Moderadamente	Igualmente	Moderadamente	Fuertemente	Muy fuertemente	Sumamente
Menos importantes				Igual en importancia	Más importantes			

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)
Homicidios rurales	Tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤ 0,8265	> 0,8265
Extorsiones rurales	Tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤ 0,2066	> 0,2066
Hurtos rurales	Tasa de hurtos rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤ 6,2464	> 6,2464
Secuestros rurales	Tasa de secuestros rurales por cada 1000 habitantes	Sin ocurrencia del delito	≤ 0,0617	> 0,0617

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2020). Proyecciones de población municipal rural 2018-2035. Bogotá, Colombia: DANE. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá, Colombia: IGAC.* • SIEDCO-DIJIN-PONAL (2023). Delitos ocurridos de extorsiones rurales 2019-2023. Bogotá, Colombia: PONAL. • SIEDCO-DIJIN-PONAL (2023). (2023). Delitos ocurridos de homicidios rurales 2019-2023. Bogotá, Colombia: PONAL. • SIEDCO-DIJIN-PONAL (2023). (2023). Delitos ocurridos de secuestros rurales 2019-2023. Bogotá, Colombia: PONAL. • SIEDCO-DIJIN-PONAL (2023). (2023). Delitos ocurridos de hurtos rurales 2019–2023. Bogotá, Colombia: PONAL.

3.5.1. Variable *Homicidios rurales*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
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		
La palabra homicidio deriva del vocablo latino *homicidĭum* y que refiere a la muerte de un ser humano causada por otra persona. El término, por lo tanto, puede utilizarse como sinónimo de asesinato o crimen. 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» (INMLCF. *Homicidio Colombia 2008*. Bogotá: Instituto Nacional de Medicina Legal		
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 escala 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 limites que se califiquen como zonas no aptas (N1)

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Las fuentes de información consultadas para la variable homicidios rurales, no 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

Información.

DANE. (2020). Proyecciones de población municipal rural 2018-2035. Población proyecta para el 2023.
Policía Nacional. (2023). Casos de homicidios en zona rural 2019 a 2023.

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.

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*.

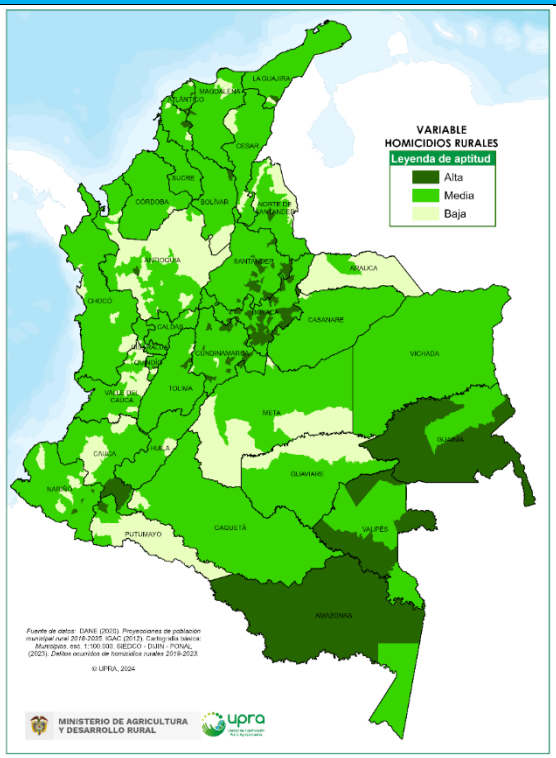
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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)
≤ 0,8265	Media (A2)
> 0,8265	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tasa de homicidios rurales por cada 1000 habitantes

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2018*). Censo nacional de Población y Vivienda_ Población centro poblado y rural disperso*. Bogotá: DANE.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). *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.* <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. (2023). Grupo Información de Criminalidad (GICRI). Policía Nacional-DIJIN. *Datos 2019-2023*. Bogotá: Policía Nacional.

3.5.2. Variable *Extorsiones rurales*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** Social	
CRITERIO: Seguridad ciudadana		
VARIABLE: extorsiones rurales	**UNIDAD DE MEDIDA:** tasa de extorsiones rurales 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 y está definido en el código penal como «El que constriña a otro a hacer, tolerar u omitir alguna cosa, con el propósito de obtener provecho ilícito o cualquier utilidad ilícita o beneficio ilícito, para sí o para un tercero». (Código de procedimiento penal. Ley 906 de 2004).

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 escala municipal. Y podría contribuir 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

Información.

DANE. 2020, Proyecciones de población municipal rural 2018-2035. Población proyecta para el 2023.
Policía Nacional 2023. Dirección de Investigación Criminal e Interpol. 2019 a 2023.

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.

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*.

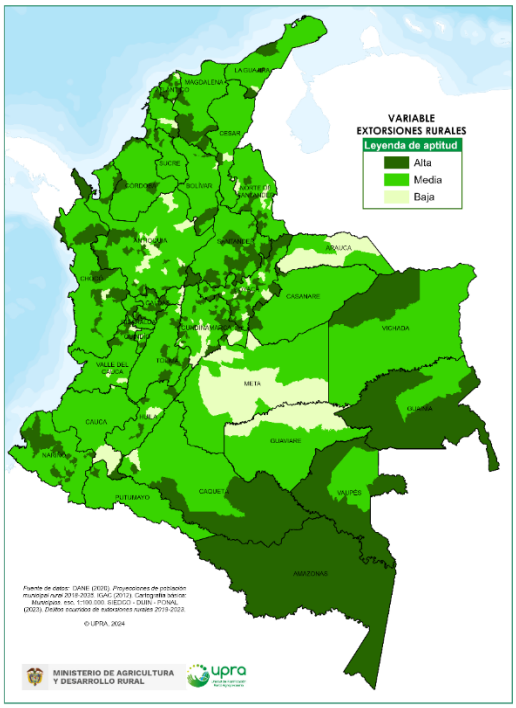
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1), media (A2) y baja (A3).

Tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes	Aptitud
Sin ocurrencia del delito	Alta (A1)
≤ 0,2066	Media (A2)
> 0,2066	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tasa de extorsiones rurales por cada 1000 habitantes

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Departamento Nacional de Estadística (DANE).E (2020). Proyecciones de población municipal rural 2018-2035. Bogotá, Colombia: DANE. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá, Colombia: IGAC.* • Policía Nacional. (2023). *Grupo Información de Criminalidad* (GICRI). Policía Nacional-DIJIN. *Datos 2019-2023*. Bogotá: Policía Nacional. • Código de procedimiento penal. Ley 906 de2004. • Código Penal Colombiano. *Ley 599 de (2000)*. Artículo 244. Recuperado de: <http://www.secretariasenado.gov.co/senado>.

3.5.3. Variable *Hurtos rurales*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
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		
De acuerdo con el código penal colombiano es apoderarse de un bien ajeno con el propósito de obtener provecho para sí o para otro. Se considera hurto calificado cuando se cometiere: - con violencia sobre las cosas. - colocando a la víctima en condiciones de indefensión o inferioridad o aprovechándose de tales condiciones. - mediante penetración o permanencia arbitraria, engañosa o clandestina en lugar habitado o en sus dependencias inmediatas, aunque allí no se encuentren sus moradores. - con escalamiento, o con llave sustraída o falsa, ganzúa o cualquier otro instrumento similar, violando o superando seguridades electrónicas u otras semejantes.		
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, 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

Información.
DANE. (2020), Proyecciones de población municipal rural 2018-2035. Población proyecta para el 2023.

Policía Nacional (2023). Dirección de Investigación Criminal e Interpol. 2019 a 2023.

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.

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*".

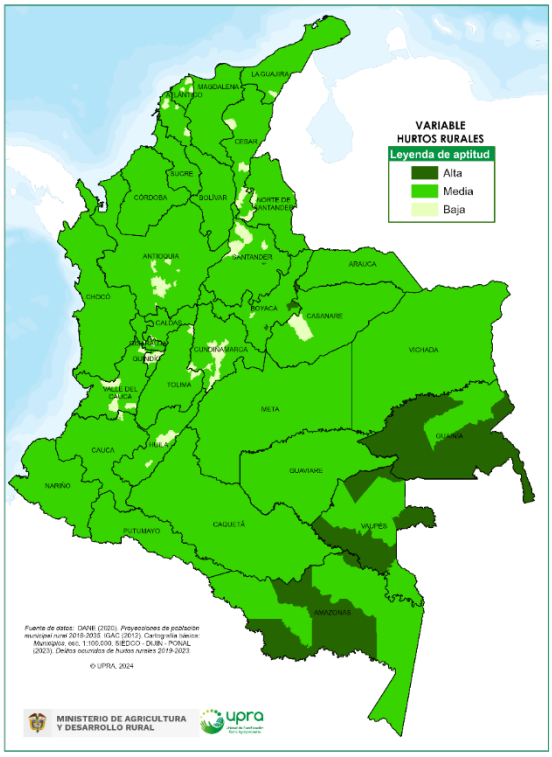
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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)
≤ 6,2464	Media (A2)
> 6,2464	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tasa de hurtos rurales por cada 1000 habitantes

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (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. (2023). *Grupo Información de Criminalidad* (GICRI). Policía Nacional-DIJIN. *Datos 2019-2023*. Bogotá: Policía Nacional.

3.5.4. Variable *Secuestros rurales*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** Social	
CRITERIO: Seguridad ciudadana		
VARIABLE: secuestros rurales	**UNIDAD DE MEDIDA:** tasa de secuestros rurales por cada 1000 habitantes	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Detener ilegalmente a una o más personas en contra de su voluntad, mediante el empleo de la fuerza, amenazas, el engaño, el incentivo, con el propósito de exigir una ganancia ilícita o económica a cambio de la liberación de la persona secuestrada; o para obligar a alguien a hacer o a no hacer algo (Ley 599 de 2000, articulo 168).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
La producción en el sector rural, se ha visto especialmente afectada por el conflicto interno, que ha traído consigo toda clase de delitos contra los derechos humanos, entre ellos el secuestro, razón por la cual, la variable merece especial importancia, toda vez que indica la vulnerabilidad 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.		
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE		
Las fuentes de información consultadas para la variable secuestros rurales, no cuentan con registros para algunos municipios. Estos municipios, bajo el principio de precaución, se asimilaron al registro cero y en consecuencia se clasificaron en el rango de aptitud alta (A1).		
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN		
Información. DANE. (2020). Proyecciones de población municipal rural 2018-2035. Población proyecta para el 2023. Policía Nacional. (2023). Información de secuestros: 2019 a 2023. 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.

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*.

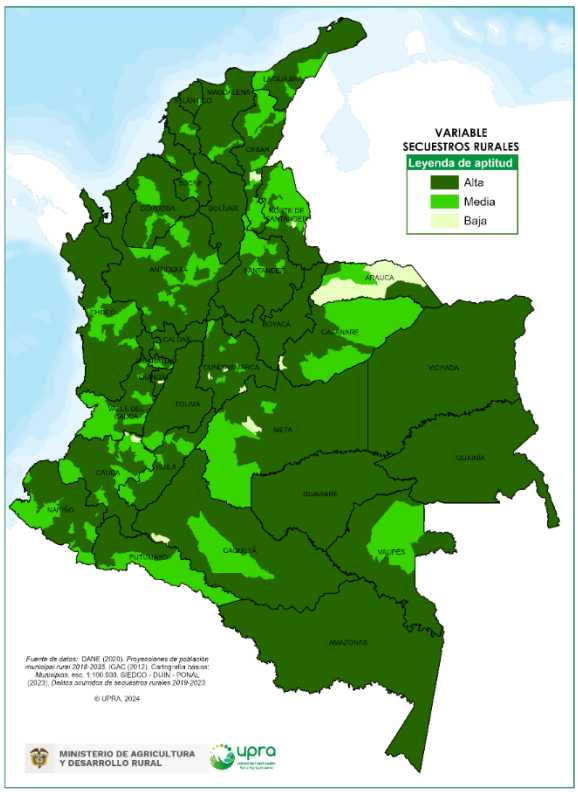
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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)
≤ 0,0617	Media (A2)
> 0,0617	Baja (A3)

Unidad de análisis	Tasa de secuestros rurales por cada 1000 habitantes

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2020). Proyecciones de población municipal rural 2018-2035. Bogotá, Colombia: DANE. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá, Colombia: IGAC.* • SIEDCO-DIJIN-PONAL (2020). Delitos ocurridos de secuestros rurales 2018-2022. Bogotá, Colombia: PONAL. • MacQueen, J. (1967). *Some methods for classification and analysis of multivariate observations*. L. M. Lucien y 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".

3.6. Criterio *Indicadores económicos*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** Económico	
CRITERIO: Indicadores económicos		
TIPO DE CRITERIO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO		
• *Valor agregado agrícola municipal (VAPM)*, expresado en la participación (%) dentro del valor agregado agropecuario y en millones de COP. • *Desempeño municipal*, expresado como el indicador Medición Desempeño Municipal publicado por el DNP (puntaje). • *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 que muestran generar proporcionalmente mayor valor agregado en las actividades agrícolas. Destaca aquellos municipios con incentivos a la inversión (reducción tributaria y planes de desarrollo territorial), y con mejor desempeño en la gestión de recursos y obtención de resultados según la Medición de Desempeño Municipal del DNP.
IMPORTANCIA DEL CRITERIO
En términos económicos, muestra la relevancia productiva agrícola en los territorios mediante la participación del valor agregado agrícola en el valor agregado agropecuario municipal; evidenciando también los municipios con mejor desempeño municipal en la gestión pública (competitividad local) donde existen también incentivos tributarios y de planes de desarrollo. En síntesis, en los municipios con *aptitud alta (A1)* se han creado, y se crearán con mayor facilidad, las condiciones económicas para la producción agrícola y puntualmente la producción de cáñamo.
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DEL CRITERIO
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 2022, como aproximación al valor agregado municipal para actividades agrícolas, pecuarias, pesqueras y de silvicultura; donde no es posible determinar ni diferenciar cuanto aporta la producción de cáñamo a dicha variable, ya que agrega todas las actividades agrícolas (diversos cultivos). 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.
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO
En el análisis de cada una de las variables, ninguna presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (*Analytics Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cuatro variables. Posteriormente, teniendo en cuenta el programa PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se calcularon las ponderaciones de cada una de ellas dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Valor agregado agrícola municipal	Desempeño municipal	Zonas más afectadas por el conflicto armado (Zomac)	Planes de desarrollo con enfoque territorial (PDET)	Pesos ponderados (%)
Indicadores económicos	Valor agregado agrícola municipal	1				42,9
	Desempeño municipal	1	1			37,8
	Zonas más afectadas por el conflicto armado (Zomac)	1/5	1/3	1		12,8
	Planes de desarrollo con enfoque territorial (PDET)	1/5	1/5	1/3	1	6,5

La escala de importancia dentro del proceso *AHP* tiene cuenta la valoración entre pares de variables:

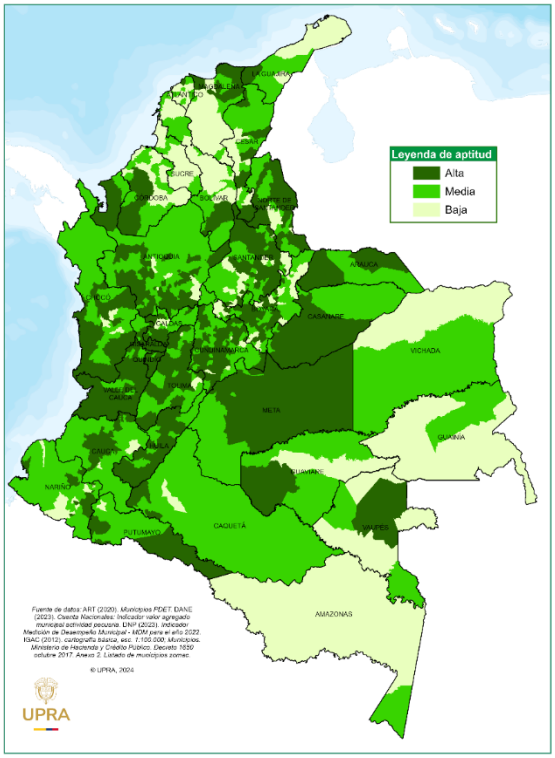
1/9	1/7	1/5	1/3	1	3	5	7	9
Sumamente	Muy fuertemente	Fuertemente	Moderadamente	Igualmente	Moderadamente	Fuertemente	Muy fuertemente	Sumamente
Menos importantes				Igual en importancia	Más importantes			

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)
Valor agregado agrícola municipal	Participación porcentual (%)	> 49,2	19,6-49,2	< 19,6
Desempeño municipal	Indicador desempeño municipal del DNP	> 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



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2024). Cuentas Nacionales 2022 (provisional), *indicador valor agregado municipal actividades primarias (agrícolas, pecuarias, pesqueras y de silvicultura)*. Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación. (DNP). (2024). Resultados de la medición de

desempeño municipal 2022.
- Fondo para el Financiamiento del Sector Agropecuario (Finagro). (2022). *Seguros agropecuarios 2017-2021* . Bogotá: Finagro.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2019). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá: IGAC.
- Ministerio de Hacienda y Crédito Público (MinHacienda). (2017). *Decreto 1650 de 2017. Anexo 2.* Recuperado de: < https://incp.org.co/Site/publicaciones/info/archivos/decreto-1650.pdf>
- Agencia de Restitución de Tierras (ART). (2022). Municipios priorizados con planes de desarrollo con enfoque territorial https://centralpdet.renovacionterritorio.gov.co/wp-content/uploads/2022/01/MunicipiosPDET.xlsx

3.6.1. Variable *Valor agregado agrícola municipal (VAAM)*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** Económico	
CRITERIO ASOCIADO: Indicadores económicos		
VARIABLE: valor agregado agrícola municipal (VAAM)	**UNIDAD DE MEDIDA:** Participación porcentual y miles de millones de pesos COP	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	**P**
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Aproximación al valor generado por actividades agrícola 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 pecuario en términos monetarios (miles de millones de pesos en valor agregado para el 2022).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		
Muestra la composición principal de la producción agropecuaria municipal, permitiendo identificar si el municipio se inclina más hacia la generación de valor agregado en actividades agrícola, o hacia los demás rubros del valor agregado agropecuario (pecuario o pesquero, por ejemplo). 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.

Esta variable denota el carácter preponderante del valor agregado agropecuario del municipio (más agrícola o de silvicultura, por ejemplo), y en este caso puntual, del cultivo de cáñamo en su carácter eminentemente agrícola. La participación y el valor agregado agrícola es segregado de otras ramas de la actividad económica primaria en lo municipal, como lo son: las actividades pecuarias, la silvicultura y la pesca.

A mayor participación del VAAM dentro del valor agropecuario municipal, mayor aptitud agrícola identificada. Así mismo, a mayor valor agregado agrícola municipal en términos monetarios, 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

La incapacidad para discriminar el valor generado agrícola para un cultivo en particular, la mayor inclinación de un municipio hacia la generación de valor agregado en agricultura no obedece ni mayoritariamente al cultivo de cáñamo.

Igualmente, los municipios con mayor valor agregado agrícola identificado, no necesariamente registren valores altos por la generación de valor en el cultivo de cáñamo sino de otros productos agrícolas incluido el cultivo de cáñamo. Se agrega al valor agregado de la actividad cafetera, por ejemplo, así como de otros productos agrícolas, para estimar el valor agregado agrícola municipal.

Finalmente, las mediciones para un año específico, en este caso 2022, pueden incluir eventos esporádicos como inundaciones o condiciones climáticas adversas que llevan a tener un menor valor agregado agrícola transitoriamente en un municipio.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Información.
DANE. (2024). Cuentas Nacionales: Indicador valor agregado municipal provisional, actividad pecuaria 2022.
IGAC. (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000.

Precisiones de la información.
Se considera la información del DANE para 2022, donde la participación y el valor agregado agrícola se segregan de otras ramas de la actividad económica primaria municipal, como la silvicultura, la ganadería y la pesca.

Análisis de la consistencia y preparación de la información.
En un primer momento, se procede a calcular la participación del VAAM dentro del total de valor agregado agropecuario de cada municipio.

Posteriormente, se ordena de mayor a menor los municipios de acuerdo con la participación de su valor agregado pecuario 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 es utilizar el método Dalenius-Hodges.

El método estadístico Dalenius-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 Dalenius-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 (n) de manera ascendente.
2. Agrupar las observaciones en *J* clases, donde *J* = min (k*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

$$fí \ \acute{\epsilon} \{1, \dots, J$$

5. Calcular la raíz cuadrada de frecuencia den cada clase.
6. Acumular la suma de la raíz cuadrada de las frecuencias.

$$\sum_{i=1}^{J} \sqrt{fí}$$

7. Dividir el último valor acumulado entre el número de estratos.

$$Q = \frac{1}{h} \sum_{i=1}^{J} \sqrt{fí}$$

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.

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:

Participación (%)	Aptitud
> 49,2	Alta (A1)
19,6-49,2	Media (A2)
< 19,6	Baja (A3)

En un segundo momento, se ordena de mayor a menos los municipios de acuerdo con el valor en miles de pesos del valor agregado agrícola para el 2022.

Posteriormente, se evaluó la existencia de datos atípicos mediante el criterio de Tukey, de manera que la prueba arroja que el mejor método de agrupación de municipios con condiciones similares es K-Medias.

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 intraclústeres y maximizar la distancia inter- clústeres, partiendo de la distancia como medida de similitud. Si $d(i, j) > d(i, k)$ indica que el objeto i es más parecido a k que a j. El método de K-Medias desarrollado por MacQueen (1967) se basa un único parámetro (número de grupos), definido en este caso en 3, 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 3 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 (3) 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 3 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.

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:

Miles de millones de COP	Aptitud
> 371,2	Alta (A1)
109,2-371,2	Media (A2)
< 109,2	Baja (A3)

Finalmente, en un tercer momento, se combinan los resultados obtenidos en la aptitud de cada municipio, de manea que municipios con aptitud A1 en ambos cálculos tienen una aptitud final de A1, por ejemplo, como se muestra en el siguiente árbol de decisión:

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

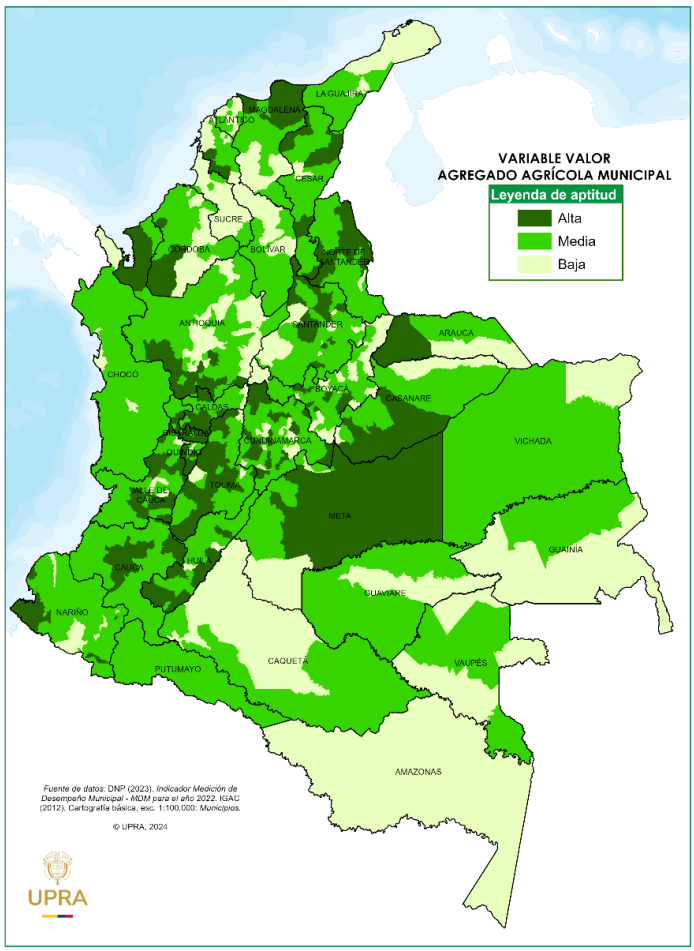
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de las variables se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud: alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Participación porcentual (%)	Aptitud
> 49,2	Alta (A1)
19,6-49,2	Media (A2)
< 19,6	Baja (A3)

Unidad de medida	Participación (%) y Miles de millones de pesos COP

REPRESENTACIÓN CARTOGRAFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2024). *Cuentas Nacionales: Indicador Valor Agregado Municipal, Actividad agrícola, pecuaria y de silvicultura para el año 2022, serie provisional.*
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

3.6.2. Variable *Desempeño municipal*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** Económico	
CRITERIO ASOCIADO: Indicadores económicos		
VARIABLE: desempeño municipal	**UNIDAD DE MEDIDA:** indicador MDM (puntaje)	
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 del Desempeño Municipal (MDM) para el 2022, cuyo objetivo es 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.
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
Información. Departamento Nacional de Planeación (DNP), 2023. Indicador de la medición del desempeño municipal 2021. Departamento Nacional de Planeación (DNP). Dirección de Descentralización y Desarrollo Regional. Precisiones de la información. La construcción de la variable se basa en la información en la 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). Desde la vigencia 2021 es importante resaltar que se presentan algunos ajustes metodológicos originados, principalmente, del cambio en el sistema de reporte de las finanzas territoriales. Desde 2016 y hasta 2020, la información de finanzas territoriales era consolidada bajo el Formulario único territorial (FUT). Sin embargo, a partir del 2021 la información pasó a ser reportada bajo el formato del Catálogo de clasificación presupuestal para entidades territoriales y descentralizadas (CCPET) (Departamento Nacional de Planeación (DNP), 2023, pág.13). Lo anterior, genera que las variables y el enfoque de la dimensión de ejecución de recursos, pasen de tener un análisis por fuentes de financiación, a un análisis por sectores y por ende, para estas dimensiones (movilización y ejecución de recursos) no se podrán hacer análisis comparativos con años anteriores. El indicador MDM cuenta con algunas características y ventajas como: • Se lanzó en 2017 y su primer año de medición fue 2016 y no es comparable con su antecesor el Índice de desempeño integral (IDI). • Esta medición permite la comparación entre grupos de municipios más

homogéneos (definidos según un componente de capacidades iniciales) generando clasificaciones en cada grupo.
- El grupo de capacidades iniciales se calcula cada cuatro años, con nuevos gobiernos locales.
- La posición del municipio se calcula dentro de su grupo de capacidades iniciales (el último puesto es máximo 218).
- Los indicadores de resultados están alineados con los Planes de desarrollo territorial para rendición de cuentas.
- Permite hacer comparaciones en grupos más homogéneos que parten de una misma situación con condiciones similares.

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 como se muestra tabla continuación:

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
Eficiencia del IGPR (SGR)	Servicios públicos (25 %)
Gobierno abierto y transparencia (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 2021, y sus variables pasan de ser i) ejecución de recursos del SGP, ii) ejecución de recursos propios, iii) ejecución otras fuentes y iv) cumplimiento en el plazo inicial de los proyectos (SGR) 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 de recursos, 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 tributario 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 (2023).

- 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 (2023).

- Gobierno abierto y transparencia

Variable	Metodología	Fuente
Gestión documental	Implementación de la Ley 594 de 2000	GESTIONWEB
Rendición de cuentas	Evalúa los mecanismos que permite 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 las disposiciones básicas en materia de atención y servicio al ciudadano.	GESTIONWEB

Fuente: DNP (2023).

- 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 (2023).

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 extraedad (por encima de la edad correspondiente para cada grado).	MinEducación
Cobertura en transición media neta	Cantidad o porcentaje de estudiantes matriculados en educación transición; sin contar los que están en extraedad (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

Fuente: DNP (2023).

- 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 vivo.	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	Ministerio de Salud y Protección Social
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.	Ministerio de Salud y Protección Social

- Servicios públicos

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-

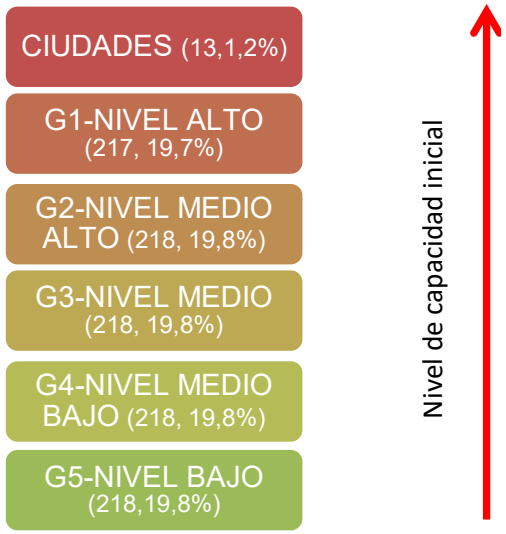
- Seguridad y convivencia.

Variable	Metodología	Fuente
Hurtos por cada 10.000 habitantes	Casos de hurtos reportados por cada 10.000 habitantes	MinDefensa
Homicidios por cada 10.000 habitantes	Casos de homicidios por cada 10.000 habitantes	
Casos de violencia intrafamiliar por cada 10.000 habitantes	Casos de violencia intrafamiliar por cada 10.000 habitantes	

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 del 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 %



Para la estimación de las capacidades iniciales se utiliza el promedio de las variables de los cuatro años del gobierno del periodo 2016-2019 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 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 2024:

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

Para determinar los rangos de aptitud se asumió la calificación del Indicador de desempeño municipal (MDM. Este indicador 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.

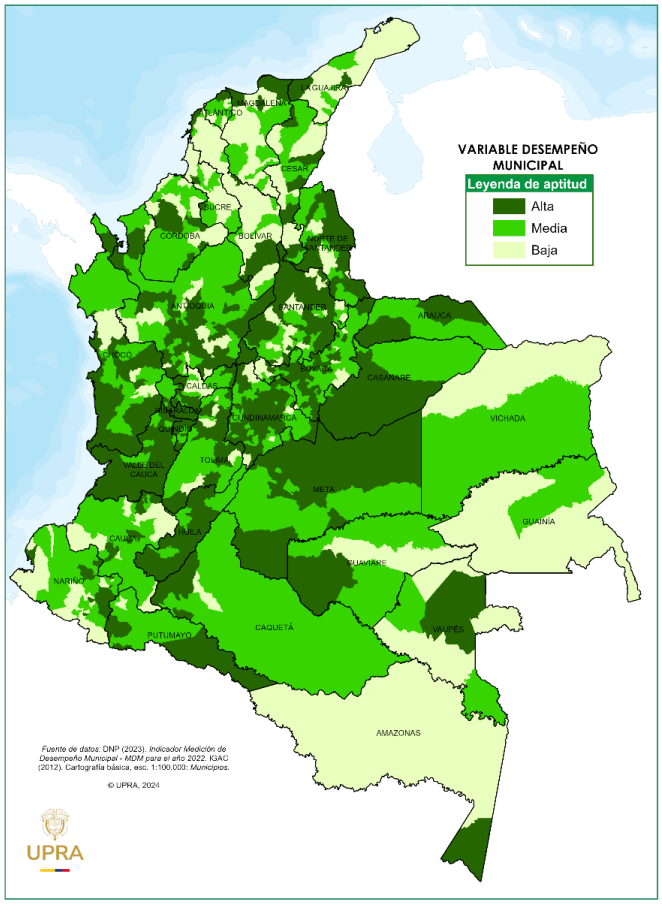
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

Los rangos para la espacialización de la variable se clasificaron de acuerdo con las categorías de aptitud alta, media y baja, basándose en clasificación usada por el DNP y el desarrollo metodológico de este indicador. Las categorías de aptitud alta (A1); media (A2) y baja (A3).

Indicador MDM (puntaje)	Aptitud
≥ 55	Alta (A1)
45-55	Media (A2)
< 45	Baja (A3)

Unidad de análisis	indicador de la medición del Indicador desempeño municipal MDM (puntaje)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Departamento Nacional de Planeación. (DNP). (2024). *Medición del desempeño municipal. Informe de resultados MDM 2022*. Recuperado de: < https://2022.dnp.gov.co/programas/desarrollo-territorial/Estudios-Territoriales/Indicadores-y-Mediciones/Paginas/desempeno-integral.aspx >.
- Departamento Nacional de Planeación. (DNP). (2018) *Nueva Medición del Desempeño Municipal* (MDM).
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). 2012. *Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá*: IGAC.

3.6.3. Variable *zonas más afectadas por el conflicto armado (Zomac)*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
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 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. 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

Información.
MinHacienda. Decreto 1650 de 2017.

Precisiones de la información.
Listado de municipios declarados Zomac.

Análisis de la consistencia y preparación de la información.
Se cuenta con la información para la totalidad de municipios del país respecto de si pertenecen o no a las Zomac lo que permite hacer un análisis nacional integral. Se constituye como una base de información dicotómica.

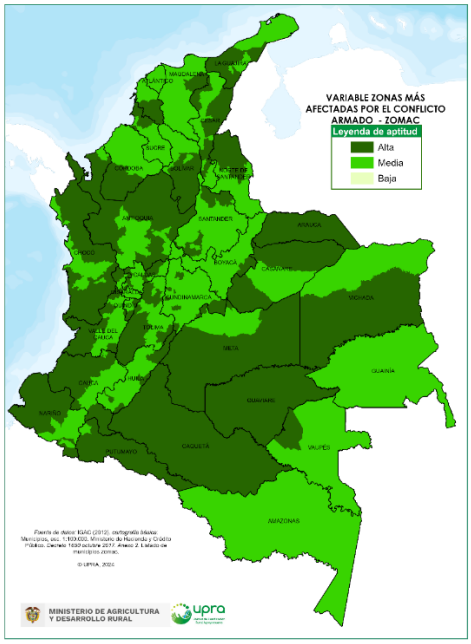
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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 sean beneficiados.

Municipios	Aptitud
Declarados Zomac	Alta (A1)
Resto	Media (A2)
-	Baja (A3)

Unidad de análisis	Municipios

REPRESENTACIÓN CARTOGRAFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC. • MinHacienda. (2017). *Decreto 1650 de 2017. Anexo 2. Listado de municipios Zomac.*

3.6.4. Variable *Planes de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET)*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
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		
Instrumento de planificación y gestión a 10 años, a partir del 2017, para llevar de manera prioritaria y con mayor celeridad en los territorios más afectados por el conflicto armado, con mayores índices de pobreza, presencia de economías ilícitas y debilidad institucional, está conformado por 170 municipios, 16 subregiones. 11.000 veredas. 32.808 iniciativas formuladas por las comunidades para transformar los territorios PDET.		
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 615.000 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

Información.
Agencia de Renovación del Territorio (ART). (2020). Municipios priorizados con planes de desarrollo con enfoque territorial.

Precisiones de la información.
Listado de municipios declarados PDET.

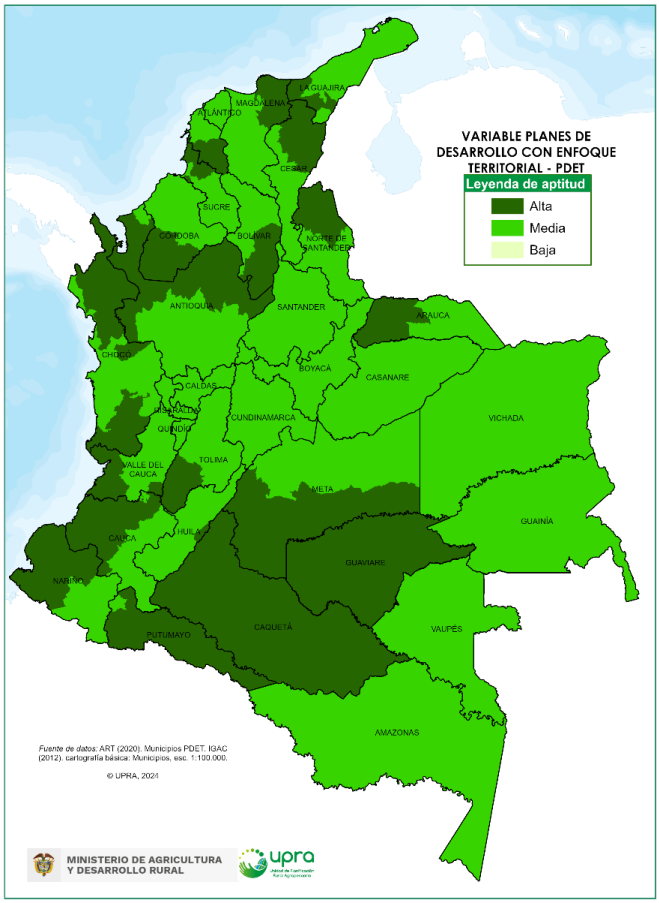
Análisis de la consistencia y preparación de la información.
Se cuenta con la información para la totalidad de municipios del país respecto de si pertenecen o no a las PDET lo que permite hacer un análisis nacional integral. Se constituye como una base de información dicotómica.

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).	

Municipios	Aptitud
Declarados PDET	Alta (A1)
Resto	Media (A2)
-	Baja (A3)

Unidad de análisis	Municipios

REPRESENTACIÓN CARTOGRAFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Agencia de Renovación del territorio ART (2020) *Municipios priorizados con planes de desarrollo con enfoque territorial*. Bogotá: ART.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

3.7. Criterio *Condiciones de vida*

FICHA METODOLÓGICA DE CRITERIO		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** Social	
CRITERIO: Condiciones de vida		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	

VARIABLES ASOCIADAS AL CRITERIO

- *Dimensión condiciones de salud*, expresada en porcentaje de hogares promedio con privaciones en los indicadores de aseguramiento a salud y barreras de acceso a servicios de salud (%).
- *Dimensión condiciones de trabajo*, expresada en porcentaje de hogares promedio con privaciones en los indicadores de dependencia económica y empleo informal (%).
- *Dimensión condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos*, expresadas en porcentaje de hogares promedio con privaciones en los indicadores de acceso a fuente de agua mejorada, inadecuada eliminación de excretas, material de pisos inadecuados, material de paredes exteriores inadecuado y hacinamiento crítico (%).
- *Dimensión condiciones de la niñez y la juventud*, expresada en porcentaje de hogares promedio con privaciones en los indicadores de inasistencia escolar, rezago escolar, barreras de acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia y trabajo infantil (%).
- *Dimensión condiciones educativas del hogar*, expresada en porcentaje de hogares promedio con privaciones en los indicadores de bajo logro educativo y analfabetismo (%).

DEFINICIÓN

Muestra el porcentaje de hogares del área rural municipal privados en ciertas características o dimensiones que se consideran vitales: condiciones educativas del hogar, condiciones de la niñez y la juventud, salud, trabajo y condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos domiciliarios. Mide el grado de privación en las dimensiones que abarca la medición de la pobreza multidimensional, a través de datos censales, con indicadores municipales que permiten determinar la naturaleza de la privación, la intensidad y profundidad de esta.

Agrupa los municipios según el porcentaje de privaciones promedio en los indicadores que conforman cada dimensión en los centros poblados y la zona rural dispersa Este índice permite observar patrones de privaciones distintos a los medidos por la pobreza monetaria (DNP, 2014).

IMPORTANCIA DEL CRITERIO
Muestra las privaciones vitales con las que la población desarrolla los procesos productivos. 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 notoriamente 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 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 del DANE.
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO
En el análisis de la variable asociada no se presenta ningún límite que permita calificar una zona como no apta (N1).
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
Información. Se utiliza la información de datos entregada por el DANE en los anexos de la “Medida de pobreza multidimensional municipal con información censal” que permite avanzar en la medición de la pobreza municipal mediante un índice evolucionado y complementario a las *Necesidades Básicas Insatisfechas (NBI)*. Este insumo se aproxima al estado de la pobreza municipal y sus múltiples dimensiones, por medio de comparaciones entre

municipios. 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.

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, donde se determinó que su publicación se realiza de manera anual según la disponibilidad de las encuestas utilizadas en su estimación (Gran Encuesta Integrada de Hogares (GEIH) para la pobreza monetaria y 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 rural disperso dentro de cada municipio.

La metodología usada por el DANE es una aproximación a la construcción del índice de pobreza multidimensional oficial para Colombia, que sigue la metodología de *Alkire* y *Foster* desarrollada por *Oxford Poverty and Human Development Iniciative*. En ese sentido la medida de pobreza multidimensional con fuente censal no es comparable ni sustituye el índice oficial de pobreza multidimensional oficial del DANE y, puntualmente en los ejercicios de zonificación, no se usa la información sobre pobreza, sino los indicadores de privación 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.

Análisis de consistencia y preparación de la información.

Para cada una de las dimensiones se separa la información de privaciones a escala municipal y se selecciona lo referente al área de centros poblado y rural disperso. Se agrupan los indicadores de cada una de las cinco dimensiones a las que pertenecen y se calcula el promedio de hogares con privaciones en los indicadores que conforman cada dimensión. Luego, de acuerdo con el resultado de la prueba de Tuckey, se realizaron los agrupamientos de municipios en cada dimensión, que a su vez conforman cada variable del criterio condiciones de vida.

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 menos del 5 % de datos atípicos la decisión es utilizar el método Dalenius-Hodges.

El método estadístico Dalenius-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 Dalenius-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 (*n*) de manera ascendente.
2. Agrupar las observaciones en *J* clases, donde *J* = min (k*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

$$fí \ \ íЄ \{1, \dots, J$$

5. Calcular la raíz cuadrada de frecuencia den cada clase.
6. Acumular la suma de la raíz cuadrada de las frecuencias.

$$\sum_{i=1}^{J} \sqrt{fí}$$

7. Dividir el último valor acumulado entre el número de estratos.

$$Q = \frac{1}{h} \sum_{i=1}^{J} \sqrt{fí}$$

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.

La ponderación del criterio se construyó a partir de la metodología AHP (*Analytics Hierarchy Process*), condensada en la matriz de comparaciones pareadas de cinco variables, posteriormente, teniendo en cuenta el software PriEsT (*Priority Estimation Tool*), se calcularon las ponderaciones de cada una de ellas dentro del criterio, según las categorías de aptitud, de acuerdo con la siguiente tabla:

Criterio	Variables	Dimensión condiciones de salud	Dimensión condiciones de trabajo	Dimensión condiciones de la niñez y la juventud	Dimensión condiciones de educativas del hogar	Dimensión condiciones de vivienda y acceso a servicios públicos	Pesos ponderados (%)
Condiciones de vida	Dimensión condiciones de salud	1					39,4

	Dimensión condiciones de trabajo	1	1				35,5
	Dimensión condiciones de la niñez y la juventud	1/5	1/3	1			14,0
	Dimensión condiciones de educativas del hogar	1/5	1/5	1/3	1		7,4
	Dimensión condiciones de vivienda y acceso a servicios públicos	1/7	1/7	1/5	1/3	1	3,7

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			

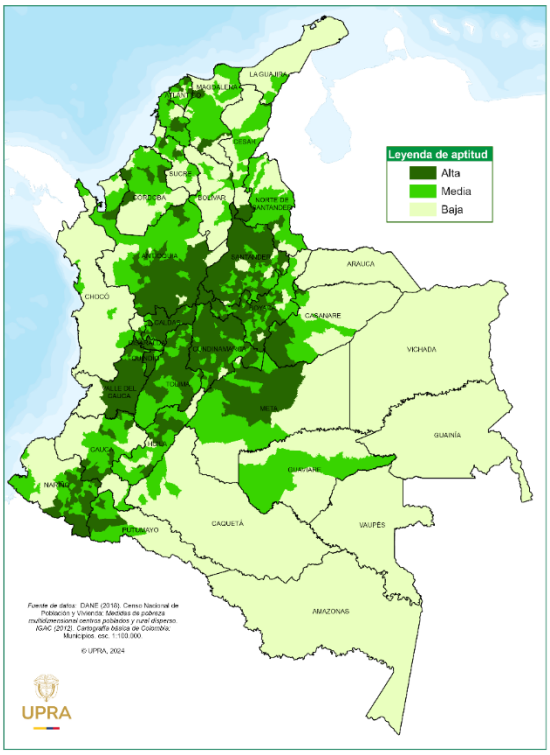
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

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).

Criterios	Variables	Unidad de medida	Aptitud		
			Alta (A1)	Media (A2)	Baja (A3)
Condiciones de vida	Dimensión condiciones en salud	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	< 8,40	8,40-13,35	> 13,35
	Dimensión condiciones en trabajo	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	< 60,75	60,75-71,15	> 71,15

	Dimensión condiciones de la niñez y la juventud	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	< 6,93	6,93-11,50	> 11,50
	Dimensión condiciones educativas del hogar	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	< 44,45	44,45-54,60	> 54,60
	Dimensión condiciones en vivienda y acceso a servicios públicos	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	< 15,88	15,88-30,94	> 30,94

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DEL CRITERIO



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2018). *Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional*. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). Cartografía básica, escala 1:100.000. Bogotá.

3.7.1. Variable *Dimensión condiciones de salud*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: Socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** Social	
CRITERIO: Condiciones de vida		
VARIABLE: Dimensión condiciones de salud	**UNIDAD DE MEDIDA:** porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		
Refleja las limitaciones en condiciones de salud en las zonas rurales, manifestada como las barreras de acceso a este servicio y privaciones en 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).		
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE		

Permite identificar aquellos territorios rurales en donde la incidencia de privaciones en aspectos relacionados con la salud de los hogares es menos generalizada, y 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 mayores porcentajes de hogares en situación de privación en los servicios de salud, condicionan una menor competitividad de los procesos productivos desarrollados en sus territorios.

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

El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como zonas no aptas (N1).

LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE

Los indicadores de privación en salud se expresan en porcentaje de hogares y no a nivel de personas, limitando el análisis en términos individuales y en número total de privaciones en el territorio.

METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

Información.

- DANE (2018) Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional.

Precisiones de la información.

Se utilizó la información 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, centros poblados y rural disperso.

Se tomaron los indicadores de aseguramiento en salud y barreras de acceso a servicios de salud para los 1.122 municipios y corregimientos no municipalizados, se calcula el promedio de privaciones a escala municipal para los dos indicadores y se procede a hacer el agrupamiento.

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 calculó el promedio de privaciones con los dos indicadores que conforman la dimensión para proceder a determinar el mejor método estadístico de agrupamiento.

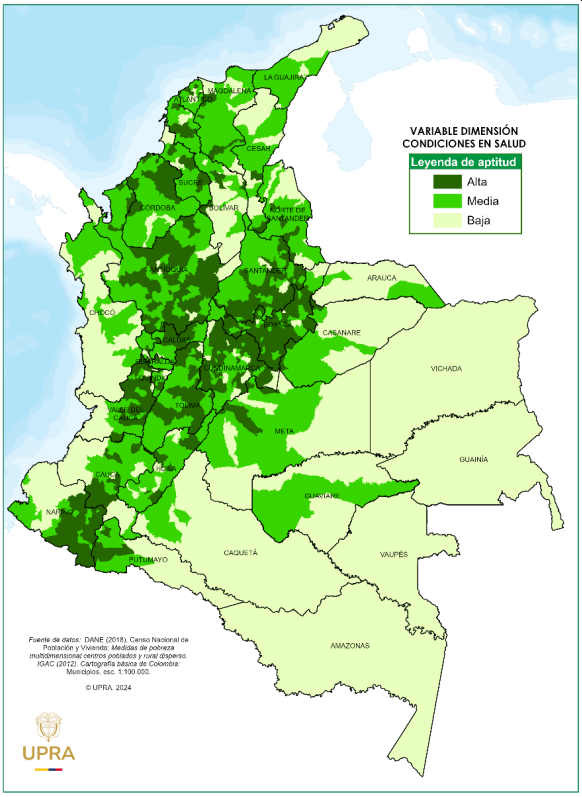
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

A cada municipio se le calculó el promedio de privaciones en los indicadores de aseguramiento a salud y barreras de acceso a servicios de salud, de manera que municipios con menor promedio de privaciones en el área rural corresponden a *aptitud alta (A1)*, el nivel intermedio será *aptitud media (A2)* y la agrupación de municipios con el promedio más alto corresponderá a *aptitud baja (A3)*.

Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	Aptitud
< 8,4	Alta (A1)
8,4-13,4	Media (A2)
> 13,4	Baja (A3)

Unidad de análisis	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN
• Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2018) Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional. Bogotá: DANE. • Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

3.7.2. Variable *Dimensión condiciones de trabajo*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** social	
CRITERIO: condiciones de vida		
VARIABLE: Dimensión condiciones de trabajo	**UNIDAD DE MEDIDA:** porcentaje promedio 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 informal*: 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 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

Información.

- DANE (2018) Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional.

Precisiones de la información.
Se utilizó la información 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, centros poblados y rural disperso.

Se tomaron los indicadores de empleo informal y tasa de dependencia para los 1.122 municipios y corregimientos no municipalizados. Se calculó el promedio de privaciones a escala municipal para los dos indicadores (nivel de privación por empleo formal y por tasa de dependencia), y se procedió a hacer el agrupamiento.

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 calculó el promedio de privaciones con los dos indicadores que conforman la dimensión para proceder a determinar el mejor método estadístico de agrupamiento.

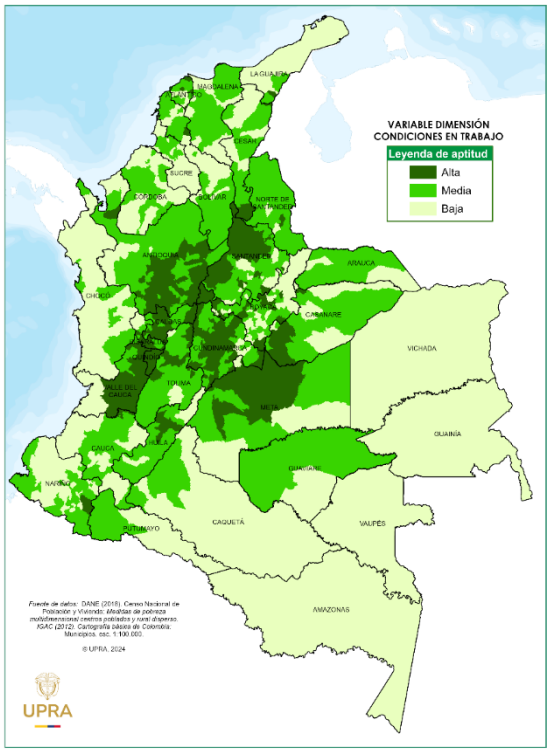
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

A cada municipio se le calculó el promedio de privaciones en los indicadores de alfabetismo y bajo logro educativo, de manera que municipios con menor promedio de privaciones en el área rural, corresponden a *aptitud alta (A1)*, el nivel intermedio será *aptitud media (A2)* y la agrupación de municipios con el promedio más alto corresponderá a *aptitud baja (A3)*.

Porcentaje promedio de hogares con privaciones /%)	Aptitud
< 60,7	Alta (A1)
60,7-71,2	Media (A2)
> 71,2	Baja (A3)

Unidad de análisis	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2018) Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional. Bogotá: DANE.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

3.7.3. Variable *Dimensión condiciones de la niñez y la juventud*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** social	
CRITERIO: condiciones de vida		
VARIABLE: Dimensión condiciones de la niñez y la juventud	**UNIDAD DE MEDIDA:** porcentaje promedio 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. Con eso se incrementa la probabilidad de acceder a certificaciones de buenas prácticas por parte de los productores, lo que incrementa su competitividad. Municipios con mayor 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
Información. DANE (2018) Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional. Precisiones de la información. Se utilizó la información del 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 1.122 municipios y corregimientos no

municipalizados, se calculó el promedio de privaciones a escala municipal para los dos indicadores, y se procedió a hacer el agrupamiento estadístico en búsqueda de municipios con condiciones similares.

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 calculó el promedio de privaciones con los cuatro indicadores que conforman la dimensión para proceder a determinar el mejor método estadístico de agrupamiento.

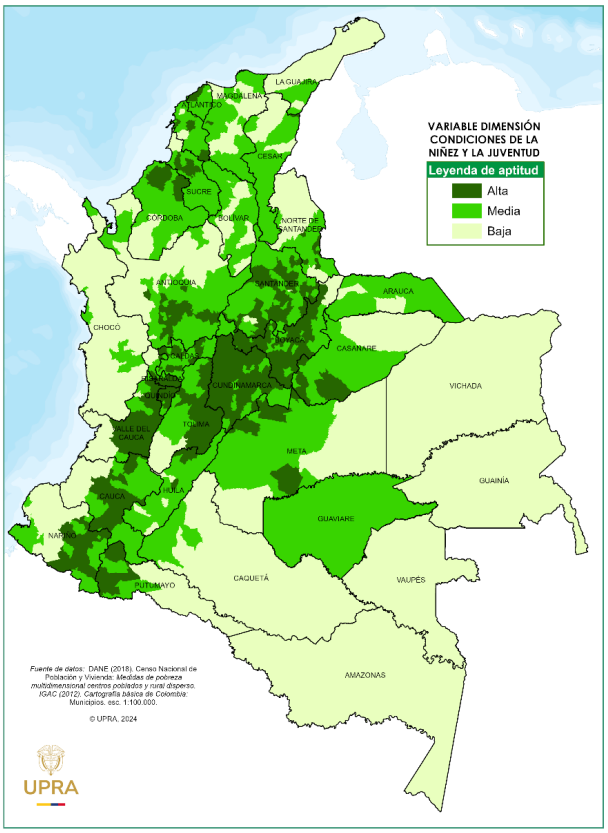
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

A cada municipio se le calcula el promedio de privaciones (privación por inasistencia escolar, privación por rezago escolar, privación por acceso a servicios para el cuidado de la primera infancia, privación por trabajo infantil) de manera que municipios con menor promedio de privaciones en el área rural corresponden a *aptitud alta (A1)*, el nivel intermedio será *aptitud media (A2)* y la agrupación de municipios con el promedio más alto corresponderá a *aptitud baja (A3)*.

Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	Aptitud
< 6,9	Alta (A1)
6,9-11,6	Media (A2)
> 11,6	Baja (A3)

Unidad de análisis	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2020) *Boletín técnico Medida de Pobreza Multidimensional Municipal CNPV 2018*. 31 de enero de 2020.
- Departamento Nacional de Estadística (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
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

3.7.4 Variable *Dimensión condiciones educativas del hogar*

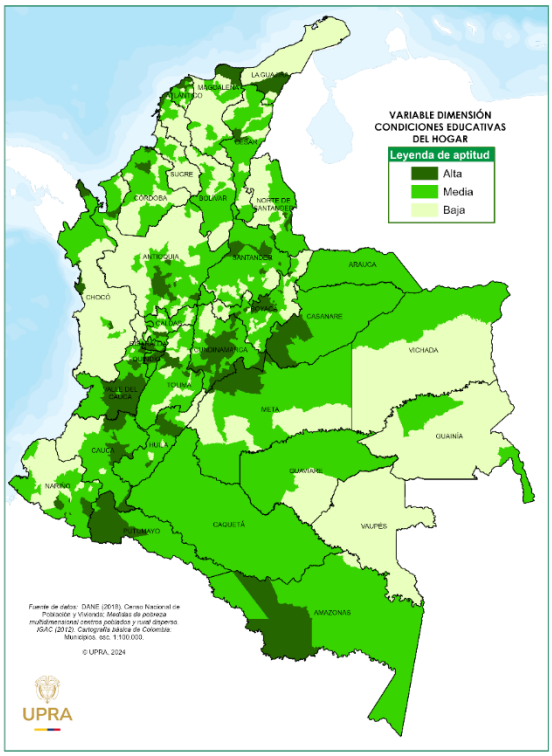
FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE			
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**		
COMPONENTE: socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** social		
CRITERIO: condiciones de vida			
VARIABLE: Dimensión condiciones educativas del hogar	**UNIDAD DE MEDIDA:** porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)		
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**		
	Análisis jerárquico	✓	
	Restricción legal		
	Condicionante legal		
DEFINICIÓN			
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.			
IMPORTANCIA DE LA VARIABLE			
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 mayor porcentaje de hogares en situación de privación en sus condiciones educativas, condicionan una menor competitividad de los procesos productivos desarrollados en sus territorios.			
VALOR DE EXCLUSIÓN O RANGO DE EVALUACIÓN APLICADO, SEGÚN EL			

CRITERIO ASOCIADO
El análisis de la variable no presenta límites que se califiquen como Zonas no aptas (N1).
LIMITANTES DE LA EVALUACIÓN DE LA VARIABLE
Los indicadores de privación en condiciones educativas se expresan en porcentaje de hogares y no a nivel de personas, limitando el análisis en términos individuales y en número total de privaciones en el territorio.
METODOLOGÍA DE PROCESAMIENTO DE LA INFORMACIÓN
Información. • DANE (2018) Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional. Bogotá: DANE. Precisiones de la información. Se utilizó la información del DANE en los anexos de la *Medida de pobreza multidimensional municipal con información censal* que se construyó usando la información del CNPV 2018, por lo que es posible hacer desagregaciones geográficas de cabeceras y centros poblados y rural disperso. Se tomaron los indicadores de analfabetismo y bajo logro educativo para los 1.122 municipios y corregimientos no municipalizados, se calculó el promedio de privaciones a escala municipal para los dos indicadores, y se procedió a hacer el agrupamiento estadístico en búsqueda de municipios con condiciones similares. 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 calculó el promedio de privaciones con los dos indicadores que conforman la dimensión para proceder a determinar el mejor método estadístico de agrupamiento.
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD
A cada municipio se le calcula el promedio de privaciones (alfabetismo y bajo logro educativo) de manera que municipios con menor promedio de privaciones en el área rural corresponden a *aptitud alta (A1)*, el nivel intermedio será *aptitud media (A2)* y la agrupación de municipios con el promedio más alto corresponderá a *aptitud baja (A3)*.

Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	Aptitud
<44,4	Alta (A1)
44,4-54,6	Media (A2)
> 54,6	Baja (A3)

Unidad de análisis	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2020) *Boletín técnico Medida de Pobreza Multidimensional Municipal CNPV 2018*. 31 de enero de 2020.
- Departamento Nacional de Estadística (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
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2019). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.

3.7.5 Variable *Dimensión condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos*

FICHA METODOLÓGICA DE VARIABLE		
TIPO DE UTILIZACIÓN DE LA TIERRA (TUT)	**Cultivo de cáñamo (*Cannabis sativa* var. *sativa*) con fines industriales**	
COMPONENTE: socioeconómico	**SUBCOMPONENTE:** social	
CRITERIO: condiciones de vida		
VARIABLE: Dimensión condiciones de la vivienda y acceso a servicios públicos	**UNIDAD DE MEDIDA:** porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	
TIPO DE CRITERIO ASOCIADO	**Exclusión técnica**	
	Análisis jerárquico	✓
	Restricción legal	
	Condicionante legal	
DEFINICIÓN		

Refleja las condiciones habitacionales de los pobladores en las zonas rurales y a través 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.

IMPORTANCIA DE LA VARIABLE
Permite identificar aquellos territorios rurales en donde la incidencia de privaciones en aspectos relacionados con la vivienda y el acceso a servicios públicos domiciliarios de los hogares es menos generalizada y en donde se espera que la población tenga una mayor posibilidad de desarrollo de sus capacidades humanas y 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 mayores porcentajes 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
Información. DANE (2018) Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional. Precisiones de la información. Se utilizó la información 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, 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 1.122 municipios y corregimientos no municipalizados, se calculó el promedio de privaciones a escala municipal para los dos indicadores, y se procedió a hacer el agrupamiento.

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 calculó el promedio de privaciones con los cinco indicadores que conforman la dimensión para proceder a determinar el mejor método estadístico de agrupamiento.

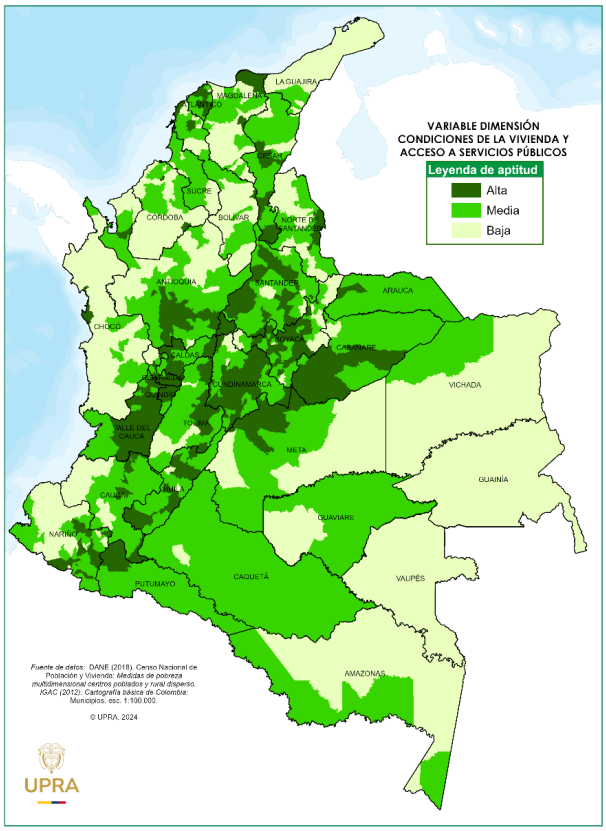
RANGOS PARA LA ASIGNACIÓN DE VALORES DE APTITUD

A cada agrupamiento de municipios se le calculó el promedio de privaciones (privación por acceso a fuente de agua mejorada, privación por inadecuada eliminación de excretas, privación por material inadecuado de pisos, privación por material inadecuado de paredes exteriores, privación por hacinamiento crítico) de manera que municipios con menor promedio de privaciones en el área rural corresponden a aptitud alta (A1), el nivel intermedio será aptitud media (A2) y la agrupación de municipios con el promedio más alto corresponderá a aptitud baja (A3).

Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)	Aptitud
< 15,9	Alta (A1)
15,9-31	Media (A2)
> 31	Baja (A3)

Unidad de análisis	Porcentaje promedio de hogares con privaciones (%)

REPRESENTACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA VARIABLE



FUENTES DE INFORMACIÓN

- Departamento Nacional de Estadística (DANE). (2018) Censo nacional de Población y Vivienda: Medida de pobreza multidimensional. Bogotá: DANE.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (IGAC). (2012). *Cartografía básica, escala 1:100.000*. Bogotá: IGAC.