



CAPÍTULO IV

Zonas aptas para el cultivo de aguacate Hass en el departamento del Cauca (1:25.000)

Diana Lucía Correa Moreno

Andrés Felipe Rodríguez

Sebastián Polo

María Casamitjana



Introducción

La evaluación de la tierra es un proceso que permite identificar y valorar los usos específicos que se adaptan a las características propias de las zonas evaluadas y se constituye en una herramienta importante para la planificación, pues su objetivo principal es la gestión mejorada del uso sostenible de la tierra para beneficio de la sociedad (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2007).

La metodología de evaluación de tierras con propósitos de zonificación agropecuaria a escala detallada y semidetallada (1:100.000 - 1:25.000), generado por la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA), tiene como eje de aplicación los principios y fundamentos del esquema de evaluación de tierras, los cuales se abordan en términos de cinco dimensiones: biofísica, ambiental, económica, sociocultural y tecnológica, asociados a las características particulares de un Tipo de Utilización de Tierra (TUT) (UPRA, 2013).

El componente biofísico determina la aptitud del territorio (subcomponentes edáficos y climáticos) para soportar el tipo de producción.

El componente biofísico determina la aptitud del territorio (subcomponentes edáficos y climáticos) para soportar el tipo de producción. La dimensión ambiental considera criterios relacionados con la biodiversidad de los ecosistemas, la disponibilidad del recurso hídrico para actividades productivas en el territorio, la amenaza por fenómenos naturales (inundaciones, deslizamientos,





sequías, heladas, etc.) y riesgo de erosión en la zona de análisis (UPRA, 2014).

El componente socioeconómico evalúa la competitividad o capacidad operativa del territorio para que se desarrolle la actividad productiva, de tal forma que se pueda determinar su eficiencia para la producción. Con este propósito se consideran variables como la infraestructura vial, la cercanía a zonas urbanas y la disponibilidad de mano de obra. La dimensión sociocultural se basa en la participación de los habitantes en organizaciones, la distribución de la tierra, etc.

Finalmente, la dimensión tecnológica considera la disponibilidad o el acceso a tecnología y la intensidad de insumos, así como su optimización en las diferentes etapas del proceso productivo, que permitan maximizar los recursos (UPRA, 2014).

Esta información sirve de soporte para comprender diversos aspectos necesarios en la planificación del desarrollo del sector rural: 1) establecer una medida sobre el potencial productivo de las diferentes zonas; 2) correlacionar los factores socioeconómicos con los recursos naturales, 3) proporcionar una base para la planificación agrícola y 4) proporcionar una base para que se pongan en marcha nuevas políticas de desarrollo que contemplen cambios estructurales. En general, al delimitar las zonas aptas o núcleos de producción se señalan las áreas que tienen un gran potencial para el desarrollo y que pueden responder en un plazo muy breve a un fuerte impulso de los medios técnicos y financieros disponibles (Organización de los Estados Americanos [OEA], 2017).

El proyecto de ley que crea el Sistema Nacional de Innovación Agropecuario (SNIA) plantea que las actividades de ciencia, tecnología e innovación (CTi) tienen un papel fundamental frente al uso eficiente del suelo y la reconversión productiva agropecuaria. Esta última se define como una estrategia de manejo de los sistemas agropecuarios que integra y direcciona de manera ordenada las acciones necesarias para lograr el uso eficiente del suelo y del agua e incrementar la sostenibilidad y la competitividad. En

este sentido, las estrategias buscan reducir de manera integral los conflictos de uso del territorio teniendo en cuenta las dimensiones biofísicas, ecosistémicas, sociales, económicas, culturales y científico-tecnológicas.

Específicamente, en este capítulo se presenta el resultado de la evaluación de tierras a escala semidetallada (1:25.000) que se realizó para identificar las zonas aptas para el cultivo de aguacate Hass en municipios del departamento del Cauca. Además, la información cartográfica que se generó sobre los criterios evaluados contribuye no solo a establecer las limitantes que tiene el territorio para desarrollar cultivo, sino también a tomar decisiones sobre la planificación de nuevas áreas, el mejoramiento de la productividad mediante la adopción de tecnologías acordes al contexto local y la competitividad del sistema de producción de aguacate Hass en la región.

Metodología

La identificación de zonas aptas para el cultivo de aguacate Hass se realizó aplicando la metodología de evaluación de tierras con fines de zonificación agropecuaria a escala semidetallada (1:25.000) (UPRA, 2014). La aplicación de este modelo metodológico tiene como eje los principios y fundamentos del esquema de evaluación de tierras, cuyos pilares son el enfoque socioecosistémico y el enfoque de competitividad (FAO, 2007).

Como se señaló en la introducción, estos enfoques son abordados en términos de las dimensiones biofísica, ambiental, económica, sociocultural y tecnológica, asociadas a las características físicas y socioeconómicas del TUT analizado, que en este caso es el sistema de producción de aguacate Hass en las condiciones de los municipios priorizados en el departamento del Cauca (Colombia).

La evaluación de zonas aptas a escala 1:25.000 se realizó en un área delimitada entre 1.400 y 2.200 m s. n. m. de los municipios



de Cajibío, Caldone, Caloto, Corinto, El Tambo, Morales, Piendamó, Popayán, Sotará y Timbío, con una cobertura total para análisis de 283.515 ha. Como base del estudio se tomó la información disponible de zonas aptas para el cultivo de aguacate Hass a escala 1:100.000 (UPRA, 2018).

El modelo metodológico (UPRA, 2014) fue alimentado con dos fuentes: por una parte, información secundaria de instituciones de carácter nacional y regional, y, por otra, información primaria que se recogió durante el reconocimiento de campo y en ejercicios participativos en municipios de influencia, los cuales fueron realizados en el marco del proyecto Aguacate Regalías Cauca.

Esta información permitió establecer características particulares del sistema de producción de aguacate Hass y del contexto biofísico actual en zonas del departamento del Cauca. Así mismo, hizo posible contar con una aproximación a la zona de estudio, a la definición del TUT aguacate Hass, a la aptitud biofísica y socioeconómica, y a la identificación de zonas aptas para el cultivo como producto final de la metodología empleada. En el siguiente apartado se describen las actividades realizadas para obtener los subproductos y el producto final.

Definición del Tipo de Utilización de la Tierra para aguacate Hass

La definición del TUT en los municipios priorizados en el departamento del Cauca se hizo con la información recopilada en el diagnóstico participativo, que incluyó talleres y recorridos de campo con productores, asistentes técnicos y actores locales. Estos ejercicios permitieron definir los tipos y las características particulares de los sistemas de producción de aguacate identificados en los municipios priorizados, los cuales se describieron en el capítulo anterior.

En estas actividades también se identificaron los requerimientos físicos, ambientales, socioeconómicos, culturales y tecnológicos, así

como también las actividades indispensables para definir el nivel tecnológico local y las alternativas de manejo del cultivo, de acuerdo con las necesidades y las condiciones de los productores y su territorio. Este insumo constituyó la base para alimentar la descripción del TUT para aguacate Hass como complemento a la identificación de zonas aptas para el cultivo en la región (figura 4.1).

Figura 4.1. Ejercicio participativo de cartografía para identificar el TUT en los municipios priorizados.



Fotos: Diana Lucía Correa Moreno y Lina Garavito

Análisis de la aptitud biofísica para el cultivo de aguacate Hass

La aptitud biofísica a escala 1:25.000 se realizó considerando los principios y fundamentos del esquema de evaluación de tierras, las directrices y guías de la evaluación de tierras para agricultura, y el enfoque por etapas paralelas de integración y análisis de los componentes físico, socioeconómico y ecológico (FAO, 1976, 1984, 1985, 2007; UPRA, 2014, 2019).

Estos fundamentos permiten comparar las demandas del cultivo con la oferta natural de un territorio. Por lo tanto, es necesario determinar los requerimientos edafoclimáticos y ambientales específicos del cultivo, así como definir las cualidades y las características de la tierra asociadas a estos requerimientos.

El análisis de la aptitud biofísica (factores físicos + socio-ecosistémicos) se hizo con base en 23 variables, las cuales fueron agrupadas de acuerdo con 10 criterios asociados a los subcomponentes clima, suelos, relieve y amenazas sanitarias para satisfacer los requerimientos del cultivo (tabla 4.1), como sugiere el *Estudio de cultivo comercial de aguacate Hass, identificación de zonas aptas en Colombia, escala 1:100.000* (Fonseca et al., 2018). La información que da cuenta de las variables proviene de las fuentes secundarias y el trabajo de campo realizado en el marco del proyecto Aguacate Hass Cauca (AGROSAVIA, 2020), como se describe a continuación (tabla 4.1):

1. La cartografía y leyenda de geomorfología a nivel de formas de terreno (1:25.000), clima y suelos (AGROSAVIA, 2020), fueron elaboradas con los siguientes insumos: análisis de materiales litológicos (Servicio Geológico Colombiano [SGC]); análisis de sistemas morfogénicos colombianos (Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales [IDEAM]); geomorfología del estudio general de suelos del departamento del Cauca (1:100.000); adquisición de sensores remotos (DEM Alos Palsar 12,5 m, Imágenes

ESRI, 0.3 m Digital Globe); sistema de clasificación climática para suelos (Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC], 2014), y análisis espacial de la normal climática oficial de las estaciones meteorológicas de la zona (IDEAM, 2020).

2. La descripción de los perfiles de suelos característicos se basó en el estudio general de suelos 1:100.000 (IGAC, 2009). La información fue corregida para conocer el patrón de distribución y sus características morfológicas y químicas (AGROSAVIA, 2020).
3. La cartografía y leyenda de cobertura de la tierra (1:25.000) (AGROSAVIA, 2020) se elaboraron con base en los siguientes insumos: mapa de coberturas generado a partir de imágenes de Landsat 8 TM y el mapa de coberturas de la zona norte generada por la Corporación Regional del Cauca (CRC, 2017).
4. También se emplearon los registros oficiales de la presencia de plagas cuarentenarias en municipios del departamento del Cauca (Instituto Colombiano Agropecuario [ICA], 2015).

Tabla 4.1. Criterios y variables evaluados en la dimensión biofísica y ambiental

Criterio	N.º de variable	Variables	Descripción de la variable: indicador / fuente de consulta
Capacidad de laboreo: facilidad o dificultad que un terreno presenta en su preparación o adecuación para establecer un cultivo.	A1.1	Pendiente	Porcentaje de inclinación (%), grados sexagesimales o centesimales (°). Modelo digital de elevación. Datos del proyecto (AGROSAVIA, 2020).
	A1.2	Pedregosidad	Fase de pedregosidad. Estudio de suelos (IGAC, 2006). Datos de perfiles característicos del proyecto (AGROSAVIA, 2020).
	A1.3	Textura	Clase textural: proporción en porcentaje (%) de arena, limo y arcilla. Estudio de suelos (IGAC, 2006). Datos de perfiles característicos del proyecto (AGROSAVIA, 2020).

Criterio	N.º de variable	Variables	Descripción de la variable: indicador / fuente de consulta
Condiciones de enraizamiento: características físicas del suelo que permiten el desarrollo óptimo de las raíces de las plantas y la formación adecuada de los frutos (UPRA, 2018).	A2.1	Profundidad efectiva	Profundidad efectiva (cm). Estudio de suelos (IGAC, 2006). Datos de perfiles característicos del proyecto (AGROSAVIA, 2020).
	A2.2	Pedregosidad	Fase de pedregosidad. Estudio de suelos (IGAC, 2006). Datos de perfiles característicos del proyecto (AGROSAVIA, 2020).
	A2.3	Textura	Clase textural: proporción en porcentaje (%) de arena, limo y arcilla. Estudio de suelos (IGAC, 2006). Datos de perfiles característicos del proyecto (AGROSAVIA, 2020).
Disponibilidad de humedad: capacidad que tienen los suelos de almacenar agua aprovechable para las plantas en cantidades suficientes para su desarrollo (UPRA, 2018).	A3.1	Régimen de humedad	Clase régimen de humedad del suelo: ústico, údico, arídico, ácuico y perácuico (UPRA, 2018). Estudio de suelos (IGAC, 2006). Datos de perfiles característicos del proyecto (AGROSAVIA, 2020).
	A3.2	Textura	Clase textural: proporción en porcentaje (%) de arena, limo y arcilla. Estudio de suelos (IGAC, 2006). Datos de perfiles característicos del proyecto (AGROSAVIA, 2020).
	A3.3	Pendiente	Porcentaje de inclinación (%). Modelo digital de elevación. Datos del proyecto (AGROSAVIA, 2020).
Disponibilidad de oxígeno: cualidad que indica las condiciones de aireación del suelo (UPRA, 2018).	A4.1	Susceptibilidad a inundaciones	Frecuencia y duración de las inundaciones o encharcamientos. Estudio de suelos (IGAC, 2006). Datos de perfiles característicos del proyecto (AGROSAVIA, 2020).
	A4.2	Drenaje natural	Nivel de drenaje. Estudio de suelos (IGAC, 2006). Datos de perfiles característicos del proyecto (AGROSAVIA, 2020).

Criterio	N.º de variable	Variables	Descripción de la variable: indicador / fuente de consulta
Disponibilidad de nutrientes: grupo de variables que inciden en el aporte y almacenamiento de los nutrientes y está relacionada directamente con los contenidos en el suelo de los elementos mayores y menores, esenciales para el desarrollo (UPRA, 2018).	A5.1	Reacción del suelo (pH)	Reacción del suelo (pH) (acidez o alcalinidad). Estudio de suelos (IGAC, 2006). Datos de perfiles característicos del proyecto (AGROSAVIA, 2020).
	A5.2	Capacidad de intercambio catiónico (CIC)	CIC (Céntimo carga por kilogramo – cmolc/kg^{-1}). Estudio de suelos (IGAC, 2006). Datos de perfiles característicos del proyecto (AGROSAVIA, 2020).
	A5.3	Saturación de bases	Porcentaje bases (%). Estudio de suelos (IGAC, 2006). Datos de perfiles característicos del proyecto (AGROSAVIA, 2020).
	A5.4	Carbono orgánico	Carbono orgánico del suelo (%). Estudio de suelos (IGAC, 2006). Datos de perfiles característicos del proyecto (AGROSAVIA, 2020).
Toxicidad por sales, sodio y aluminio: expresa las concentraciones de elementos que pueden llegar a ser tóxicos, como los micronutrientes (Fe, Mn, Cl, Zn y Ni), las sales (cloruros, sulfatos, bicarbonatos, carbonatos, nitratos), la saturación de sodio y la saturación de aluminio (UPRA, 2018).	A6.2	Saturación de aluminio	Porcentaje de aluminio intercambiable (%). Estudio de suelos (IGAC, 2006). Datos de perfiles característicos del proyecto (AGROSAVIA, 2020).
Susceptibilidad a pérdida de suelos: grado o nivel de vulnerabilidad de las tierras a ser afectadas por los agentes erosivos y movimientos en masa. Por consiguiente, integra las variables que causan o que originan dichas pérdidas (UPRA, 2018).	A7.1	Fases por erosión	Erosión actual. Estudio de suelos (IGAC, 2006). Datos de perfiles característicos del proyecto (AGROSAVIA, 2020).
	A7.2	Susceptibilidad a movimientos en masa	Susceptibilidad a movimientos en masa (%). Estudio de suelos (IGAC, 2006). Datos de perfiles característicos del proyecto (AGROSAVIA, 2020).
	A7.3	Pendiente	Porcentaje de inclinación (%). Modelo digital de elevación. Datos del proyecto (AGROSAVIA, 2020).

Criterio	N.º de variable	Variables	Descripción de la variable: indicador / fuente de consulta
Clima: conjunto de las condiciones meteorológicas de un espacio geográfico específico. Se caracteriza mediante las estadísticas de un periodo extenso de las variables o elementos climáticos referentes al estado de la atmósfera en dicho espacio (UPRA, 2018).	B1.1	Temperatura media	Grados centígrados (°C). Reclasificado según tipo de uso, referencias a investigación y consenso entre expertos y productores. IDEAM (2020).
	B2.1	Precipitación	mm de precipitación/año IDEAM (2020).
	B3.1	Brillo solar	Horas luz/día IDEAM (2020).
Relieve: conjunto de variables asociadas a la topografía y el paisaje que definen, entre otros, el nivel tecnológico, la posibilidad de mecanización, los microclimas, entre otras (UPRA, 2018).	C1.1	Pendiente	Porcentaje de inclinación (%). Modelo digital de elevación. Datos del proyecto (AGROSAVIA, 2020).
Riesgo fitosanitario: conjunto de las principales condiciones ambientales (temperatura, exceso hídrico y drenaje) y epidemiológicas (municipios reportados) que aumentan la probabilidad y explican el riesgo de inoculación, infección, propagación, infestación y daños causados por organismos fitopatógenos y fitófagos en cultivos comerciales de aguacate variedad Hass (UPRA, 2018).	D1.1	Temperatura asociada a <i>P. cinnamomi</i>	Grados centígrados (°C). Reclasificado según el tipo de uso, referencias a investigación y consenso entre expertos. IDEAM, 2020.
	D1.2	Drenaje natural asociado a <i>P. cinnamomi</i>	Nivel de drenaje. IDEAM (2020).
	D1.3	Exceso hídrico asociado a <i>P. cinnamomi</i>	mm de precipitación/año IDEAM (2020).
	D1.4	Humedad relativa asociada a <i>P. cinnamomi</i>	Porcentaje (%) IDEAM (2020).
	D1.5	Plagas cuarentenarias Reporte ICA	Reporte de plagas cuarentenarias en los municipios. ICA.

Criterio	N.º de variable	Variables	Descripción de la variable: indicador / fuente de consulta
Socioecosistémico: considera la biodiversidad, los bienes y servicios ecológicos vinculados estrechamente con los sistemas sociales, donde el hombre, la sociedad y su cultura, como componentes centrales de los ecosistemas, modelan y se adaptan a los cambios en la naturaleza.	E.1.1	Cambio de cobertura	Coberturas de la tierra. Cobertura de la tierra, escala 1:25.000. Corporación Autónoma Regional del Cauca (CARC, 2017).

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de la aptitud socioeconómica para el cultivo

El análisis de la aptitud socioeconómica consiste en evaluar la competitividad de los territorios, lo cual permite clasificar los municipios como unidad de análisis a partir del índice de competitividad estimado (IC). Esta medida compara los diferentes aspectos de competitividad entre municipios para definir las debilidades y fortalezas relativas de cada uno. Esto hace posible establecer sectores críticos susceptibles de mejora para el desarrollo y la competitividad de las regiones (UPRA, 2018).

Con esta herramienta se pueden identificar los requerimientos de infraestructura física, logística y tecnológica, así como las condiciones multidimensionales de los municipios productores de aguacate Hass para que desarrollen su producción y el sector sea competitivo. En este escenario, se asume que una vez se alcance un nivel óptimo de competitividad, esta debe reflejarse en mejores condiciones de vida para las comunidades que dependen directamente y para aquellas relacionadas con esta actividad agrícola.

En términos de la evaluación de aptitud socioeconómica para aguacate Hass, la competitividad se expresa en la capacidad de un

municipio evaluado (o región) para generar las condiciones de producción que promuevan el desarrollo sostenible de esta actividad agrícola (UPRA, 2018). De acuerdo con este enfoque, el análisis de aptitud socioeconómica se realizó considerando criterios y variables asociados a los subcomponentes socioeconómico y tecnológico (tabla 4.2). En total se integraron en el análisis 25 variables en 10 criterios afines con las dimensiones económica, sociocultural y tecnológica (UPRA, 2014), para determinar la competitividad en cada municipio de evaluación (tabla 4.2).

Para evaluar las variables y los criterios se utilizó la información que obtuvo el proyecto Aguacate Hass Cauca mediante encuestas en talleres participativos en los diez municipios en que se ejecutó

(Ospina, 2020). Esta información constituyó la base para tener una aproximación del territorio a escala local y elaborar la matriz de criterios con sus respectivas variables de evaluación. Adicionalmente, se colectó información secundaria en entidades gubernamentales oficiales para algunas variables con datos de tipo regional (tabla 4.2).

Para estudiar los criterios socioeconómicos y tecnológicos se eligió el municipio como unidad de análisis. Además, se estableció el índice de competitividad con el complemento de promedios simples para obtener un solo índice por criterio y homogeneizar así los resultados.

Asimismo, el procesamiento de las variables se hizo mediante la transformación de información cualitativa a cuantitativa, para lo cual se categorizó de manera binaria entre 0 (no posee la variable) y 1 (posee la variable). Este procedimiento se realizó con el objetivo de generalizar las variables, los criterios y los lineamientos definidos en cada componente, de manera que fuera posible representarlos espacialmente en el modelo cartográfico definido para la zonificación.

Para estudiar los criterios socioeconómicos y tecnológicos se eligió el municipio como unidad de análisis. Además, se estableció el índice de competitividad con el complemento de promedios simples para obtener un solo índice por criterio y homogeneizar así los resultados. De esta manera se clasifican los municipios de

acuerdo con un índice de competitividad en tres rangos de aptitud competitiva: aptitud alta (A1), aptitud moderada (A2) y aptitud marginal o baja (A3) (tabla 4.2).

Tabla 4.2. Criterios y variables evaluados en la dimensión socioeconómica y tecnológica.

Criterio	Variables	Descripción de la variable: indicador / fuente de consulta
Apoyo institucional: acceso a la oferta institucional como apoyo para las actividades productivas.	Acceso a líneas de crédito	Municipios. Existencia de créditos realizados en el territorio FINAGRO-ICR CNA. Encuestas del proyecto en los municipios (AGROSAVIA, 2020).
	Iniciativas apoyadas por oferta institucional	Municipios. Existencia de asistencia técnica y programas institucionales. Minagricultura, Minambiente y CAR, gremios. Encuestas del proyecto en los municipios (AGROSAVIA, 2020).
Balance tecnológico en la producción primaria: capacidades identificadas en sistemas agrícolas para la tecnificación de actividades involucradas en la producción primaria.	Establecimiento del cultivo	Municipio. Predios con estrategias para manejo del agua, la nutrición y el cultivo. Encuestas del proyecto en los municipios (AGROSAVIA, 2020).
	Labores culturales	Municipio. Predios con labores culturales. Encuestas del proyecto en los municipios (AGROSAVIA, 2020).
	Manejo nutricional	Municipio. Predios con manejo nutricional. Encuestas del proyecto en los municipios (AGROSAVIA, 2020).
	Manejo sanitario	Municipio. Predios con monitoreo y control fitosanitario. Encuestas del proyecto en los municipios (AGROSAVIA, 2020).
Conectividad: facilidad para conectar el territorio con los centros de consumo (UPRA, 2014).	Vías de acceso a la finca	Municipio. Predios con vías de acceso. Encuestas del proyecto en los municipios (AGROSAVIA, 2020).
	Distancia a vía pavimentada	Municipio. Distancia del predio a vía pavimentada (km). Encuestas del proyecto en los municipios (AGROSAVIA, 2020).

Criterio	Variables	Descripción de la variable: indicador / fuente de consulta
Infraestructura tecnológica: expresa los factores de tipo tecnológico con los que cuenta el territorio en función de la infraestructura para la transformación y agregación de valor (UPRA, 2014).	Infraestructura para el acopio	Municipio. Existencia de bodegas, tanques de almacenamiento y silos para acopio. Encuestas del proyecto en los municipios (AGROSAVIA, 2020).
	Infraestructura para la agroindustria	Municipio. Existencia de secadores, desmotadores, trapiches, beneficiaderos u otras dotaciones de infraestructura. Encuestas del proyecto en los municipios (AGROSAVIA, 2020).
Mano de obra: mano de obra disponible para desarrollar la actividad productiva (UPRA, 2014).	Disponibilidad de mano de obra para actividades agropecuarias	Municipio. Predios con disponibilidad de mano de obra. DANE, Mineducación. Encuestas del proyecto en los municipios (AGROSAVIA, 2020).
	Disponibilidad de mano de obra calificada	Municipio. Predios con mano de obra calificada. Asistencia técnica. Nivel de escolaridad productores. DANE, Mineducación. Encuestas del proyecto en los municipios (AGROSAVIA, 2020).
Multifuncionalidad: conjunto de funciones alternativas, no agropecuarias desempeñadas en el territorio (UPRA, 2014).	Función paisajística	Municipio. Predios con tipo de paisaje o cultivo diferente. Encuestas del proyecto en los municipios (AGROSAVIA, 2020).
	Aprovechamiento de recursos específicos	Municipio. Predios con acciones o actividades del cultivo para la conservación de los recursos específicos. Encuestas del proyecto en los municipios (AGROSAVIA, 2020).
Organización: evalúa la disposición y participación de actores locales en trabajar colectivamente para la búsqueda de un objetivo común (UPRA, 2014).	Participación en organizaciones	Municipio. Predios que forman parte de organizaciones o gremios. Encuestas del proyecto en los municipios (AGROSAVIA, 2020).
	Capacidad de realización o ejecución de proyectos	Municipio. Predios que forman parte de proyectos o reciben apoyo del Estado. Encuestas del proyecto en los municipios (AGROSAVIA, 2020).
Seguridad y mantenimiento de la ruralidad: mantenimiento del medio rural y territorio poblado (UPRA, 2014).	Seguridad	Municipio. Registro de factores de violencia. Departamento Administrativo Nacional de Estadística (DANE).

Criterio	Variables	Descripción de la variable: indicador / fuente de consulta
Condiciones de desarrollo: evalúa la satisfacción de necesidades humanas y condiciones de vida que pueden afectar el uso de la tierra (UPRA, 2014).	Condiciones de vida del productor	Municipio. Necesidades básicas insatisfechas (NBI). DANE. Encuestas del proyecto en los municipios (AGROSAVIA, 2020).
Comercio y oportunidades de venta: existencia de demanda intermedia o final en el territorio.	Oportunidades de venta	Municipio. Predios con acuerdos de compra. Encuestas del proyecto en los municipios (AGROSAVIA, 2020).

Fuente: Elaboración propia.

Análisis de la aptitud integrada para el cultivo de aguacate Hass

Los insumos para evaluar la aptitud integrada fue la información procesada de los componentes biofísico y socioeconómico, de acuerdo con la metodología definida por la UPRA (2014, 2018). Específicamente, se siguieron estas etapas:

Definición de rangos de aptitud y exclusiones técnicas

Se tomaron como referencia las categorías descritas por UPRA (2018), clasificándolas en cuatro rangos de aptitud de acuerdo con los requerimientos del cultivo: aptitud alta (A1), aptitud moderada (A2), aptitud marginal o baja (A3) y no apta (NA) (tabla 4.3).

Tabla 4.3. Categorías para evaluar la aptitud de criterios y variables biofísicas y socioeconómicas

Categoría aptitud		Descripción aptitud biofísica / socioeconómica
Alta	A1	Zonas con las mejores condiciones desde el punto de vista biofísico y socioeconómico.
Media	A2	Zonas con limitaciones moderadas de tipo biofísico o socioeconómico.
Baja	A3	Zonas con fuertes limitaciones de tipo biofísico o socioeconómico, las cuales podrían adecuarse con grandes inversiones o el desarrollo de nuevas tecnologías.
No apta	NA	Zonas con restricciones físicas y socioecosistémicas que, en la actualidad, imposibilitan el desarrollo de la actividad.

Fuente: Elaboración propia.

Los rangos de aptitud para cada variable y criterio fueron definidos a partir de los requerimientos del cultivo consolidados para el proyecto Aguacate Hass Cauca (AGROSAVIA, 2021). Para esto se consultaron fuentes secundarias y se dialogó con expertos, información que fue validada en ejercicios participativos, como es el caso de los requerimientos edafoclimáticos (tabla 4.4).



Tabla 4.4. Rangos de aptitud y exclusiones para aptitud biofísica para aguacate Hass en municipios priorizados en el departamento del Cauca

Subcomponente	Criterio	Variable	Unidad dimensional de la variable	Rangos de aptitud			Exclusión técnica
				A1	A2	A3	
Climático		Altitud**	m s. n. m.	1.800 - 2.000	1.700 - 1.800; 2.000 - 2.300	< 1.500 - > 2.500	N1
	Condiciones climáticas	Temperatura media	°C anual ⁻¹	≥ 15 - < 18	≥ 18 - ≥ 20	≥ 13 - ≥ 15	
		Precipitación total	mm . año ⁻¹	≥ 1.000 - ≤ 2.000	> 2.000 - < 3.000	≥ 500 - < 1.000 ; ≥ 3.000 - < 2.000	
		Brillo solar medio diario anual	horas sol. día ⁻¹	≥ 5	≥ 3 - < 5	< 3	
Edáfico	Capacidad de laboreo	Pendiente**	%	≤ 25	> 25 - ≤ 50	> 50 - ≤ 75	> 75
		Textura**	Cualitativo	F, FL, FA, FArA, FArL	FAr, ArA, ArL, L	A, AF, Ar	NA
		Pedregosidad	Cualitativo	Sin fase de pedregosidad	NA	Con fase de pedregosidad	NA
	Condiciones de enraizamiento	Profundidad efectiva**	cm	> 100	≥ 50 - ≤ 100	< 50	< 40
		Textura**	Cualitativo	F, FL, FA, L, FArA, FArL, FAr	ArA, ArL, AF	Ar, A	NA



Subcomponente	Criterio	Variable	Unidad dimensional de la variable	Rangos de aptitud			Exclusión técnica
				A1	A2	A3	
		Pedregosidad	Cualitativo	Sin fase de pedregosidad	NA	Con fase de pedregosidad	NA
	Disponibilidad de humedad	Régimen de humedad	Cualitativo	Údico	Ústico	NA	Árido, ácuico y perácuico
		Textura**	Cualitativo	Ar, ArA, ArL, Far, FAra, FArl, F	FA, L, FL	A, AF	NA
		Temperatura del suelo***	°C . anual ⁻¹	≥ 14 - ≤ 18	18 - 22	> 22	> 30
	Disponibilidad de oxígeno	Susceptibilidad a inundaciones	Cualitativo	No hay	Ocasionales	NA	Frecuentes y muy frecuentes
		Drenaje natural**	Cualitativo	Bien drenado y excesivo	Moderado	Imperfecto	Pobre, muy pobre y pantanoso
	Disponibilidad de nutrientes	Acidez (pH)**	pH	5,5 - 6,5	5,0 - 5,4 y 6,6 - 7,3	< 5,0 y > 8,0	< 4,0 y > 8,4
		Saturación de bases	%	> 35	≥ 10 - ≤ 35	< 10	NA
		Carbono orgánico	%	> 1,70 - ≤ 10; andisoles > 1,70 - ≤ 15	> 0,50 - ≤ 1,70; > 10; andisoles > 15	< 0,50; histosoles	
		Capacidad de intercambio catiónico	cmol. kg suelo ⁻¹	> 20	≥ 10 - ≤ 20	< 10	NA

Subcomponente	Criterio	Variable	Unidad dimensional de la variable	Rangos de aptitud			Exclusión técnica
				A1	A2	A3	
	Toxicidad por sales, sodio y aluminio	Salinidad o sodicidad**	dS. m ⁻¹	≤ 2	> 2 - ≤ 4	> 4 - ≤ 8	> 8
			PSI (% sodio intercambiable)	≤ 10	> 10 - ≤ 15	NA	> 15
		Saturación de aluminio**	%	≤ 15	15 - 30	> 30	NA
	Susceptibilidad a la pérdida de suelos	Pendiente**	%	≤ 25	> 25 - ≤ 50	> 50 - ≤ 75	> 75
		Erosión actual	Cualitativo	No hay; ligera	Moderada	NA	Severa; muy severa
Fitosanitario		Susceptibilidad a movimientos en masa	Cualitativo	Muy baja; baja	Media	Alta; muy alta	NA
	Riesgo fitosanitario	Municipios reportados (plagas control oficial)	Reporte ICA	Negativos *	NA	Positivos **	NA
		Temperatura (<i>P. cinnamomi</i>)	°C	< 24	24 - 28	> 28	NA
		Drenaje natural (<i>P. cinnamomi</i>)	Nivel de drenaje	Bien drenado	Excesivo y moderado	Imperfecto, pobre y muy pobre	NA



Subcomponente	Criterio	Variable	Unidad dimensional de la variable	Rangos de aptitud			Exclusión técnica
				A1	A2	A3	
		Exceso hídrico (<i>P. cinnamomi</i>)	mm	≤ 500	> 500 - ≤ 1.500	> 1.500	NA
		Humedad relativa***	%	≥ 50 - ≤ 80	NA	≤ 50 ; ≥ 80	NA

** Información validada mediante consulta a productores de aguacate Hass en el departamento del Cauca y expertos en el cultivo.

Fuente: Modificado de UPRA (2018).

Las exclusiones técnicas y condicionantes legales de acuerdo con la normatividad vigente corresponden a restricciones de carácter cultural, socioecosistémico y biofísico, que involucra la presencia de zonas de jurisdicción especial, resguardos indígenas, áreas naturales y ecosistemas estratégicos identificados en el territorio.

Análisis multicriterio

Para cada juego de criterios biofísicos o socioeconómicos se realizó un análisis multicriterio en matriz de proceso analítico jerárquico (método AHP). En concreto, se aplicó ponderación de factores a partir de la asignación de juicios de comparación por pares a criterios en el mismo nivel jerárquico, utilizando la escala Saaty con un rango de 1 a 9.

La información de los criterios considerados se combinó realizando una suma lineal ponderada, en la cual se aplicaron los pesos calculados para cada criterio. Esta clasificación permitió definir en cada criterio rangos de aptitud diferencial: aptitud alta (A1), aptitud moderada (A2), aptitud marginal o baja (A3) y no apta (NA).

Análisis espacial de datos y elaboración de cartografía temática

El análisis espacial de datos formó parte de las diferentes fases de la evaluación, desde la consecución y organización de la información, la normalización y estandarización de los datos para obtener los mapas de variables y criterios, hasta la aplicación del método jerárquico para generar el mapa final de aptitud integrada del cultivo.

La cartografía temática por variable y criterio se generó a partir de la categorización que se definió en la fase anterior y mediante operaciones de álgebra de mapas. Los mapas de zonas aptas para el cultivo de aguacate Hass en municipios priorizados se elaboraron integrando la información en un modelo cartográfico de aptitud de criterios socioeconómicos y biofísicos. Finalmente,



para el análisis espacial de los datos se utilizaron herramientas de QGIS V3.22 para generar las salidas cartográficas temáticas y el mapa de aptitud integrada para aguacate Hass en los municipios de estudio.

Esta información fue validada en los talleres participativos que se realizaron en los municipios evaluados, los cuales contaron con la participación de productores y asistentes técnicos, con quienes se socializó la cartografía generada y se discutió sobre aspectos técnicos relacionados con el análisis (figura 4.2).

Figura 4.2. Validación de información de zonas aptas para aguacate Hass en municipios del Cauca.



Fotos: Lina Garavito y Diana Lucía Correa.

Zonas aptas para el cultivo de aguacate Hass en municipios del departamento del Cauca (1:25.000)

Tipo de utilización de la tierra para aguacate Hass en municipios del Cauca

El tipo de utilización de la tierra (TUT) para los municipios de ejecución del proyecto se define como “un sistema de producción de aguacate Hass en monocultivo o asociado, de agricultura familiar, en avance progresivo de tecnificación direccionado a mercados de exportación y nacional” (figura 4.3).

Variables como el área, el acceso a servicios básicos y créditos, la disposición y arreglo del cultivo en asocio con otros de tradición en la zona, la disponibilidad de mano de obra y la utilización de tecnología dan cierta particularidad al sistema de producción de aguacate en la región.

En este sentido, el TUT en las condiciones del departamento del Cauca se caracteriza por encontrarse en áreas propias (81 %), con agricultores que cuentan con experiencia y tradición en el cultivo de aguacate y café, principalmente, con un rango de edad predominante entre 18 y 65 años, que habitan en su mayoría en las fincas donde se encuentra el cultivo y cuya principal fuente de ingresos es la venta de productos agrícolas (tabla 4.5).

De acuerdo con los agricultores encuestados, el destino de la producción está enfocado a la exportación (53 %) y al abastecimiento del mercado nacional y regional (25 %). En cuanto a factores que afectan la competitividad del sistema, se encontró que solo el 44 % de las áreas establecidas corresponden a monocultivos,



mientras que el 50 % corresponden a cultivos asociados, ubicados sobre zonas onduladas y pendientes. Se registró que existe acceso al crédito mediante entidades estatales, sin embargo, alrededor del 30 % no utiliza créditos (tabla 4.5).

Figura 4.3. Características del tipo de utilización de la tierra (TUT) para aguacate Hass en municipios del Cauca.



Fotos: Lina Garavito y Diana Lucía Correa.

Tabla 4.5. Principales características asociadas al tipo de utilización de la tierra (TUT) en zonas productoras de aguacate Hass en el departamento del Cauca.

Variables de sitio (Huertos %)		Competitividad (Huertos %)	
Tenencia de la tierra	Propia (81) - Colono (10)	Acceso a crédito	Entidad financiera estatal (56) - No tiene (30)
Lugar de vivienda	Finca (56)	Disponibilidad de mano de obra	No hay disponibilidad (71)
Tradición productiva	Aguacate (81) - Café (19)	Fuentes de ingreso	Venta de productos agrícolas (63)
Arreglo de siembra	Asociado (50) - Monocultivo (44)	Servicio de asistencia técnica	Cuenta con asistencia técnica (85)
Vías de acceso	Sin pavimentar (80)	Análisis del suelo	No realiza análisis de suelos (60)
Pendiente	Ondulada (76) - Pendiente (22)	Fertilización de suelo	Química (63)
Mano de obra	Mixta (32)	Tipo de sistema de riego	Ninguno u otros (75)
Edad del agricultor	18 a 65 años (68)	Estrategias de almacenamiento de agua	No cuenta con ninguna estrategia (55) - No necesita almacenamiento (5)
		Destino de la producción	Exportación (53) - Interno (25 %)

Fuente: Ospina (2020).

Entre las limitantes identificadas que influyen en la competitividad del sistema de producción a nivel regional y en su posibilidad de atender como destino final mercados de exportación y nacional, se destacan las vías de acceso y la mano de obra utilizada en el cultivo. Se estableció que el 80 % de las vías aledañas a los cultivos están sin pavimentar, lo que dificulta el acceso en poco tiempo a centros de acopio de la fruta, disminuye la posibilidad de que se establezcan canales directos de comercialización en la finca y aumenta los costos de fletes de transporte. Por otra parte, la baja disponibilidad de mano de obra en la región (71 %) es

suplida por mano de obra familiar, complementada con contratación temporal, principalmente en periodos de cosecha (tabla 4.5).

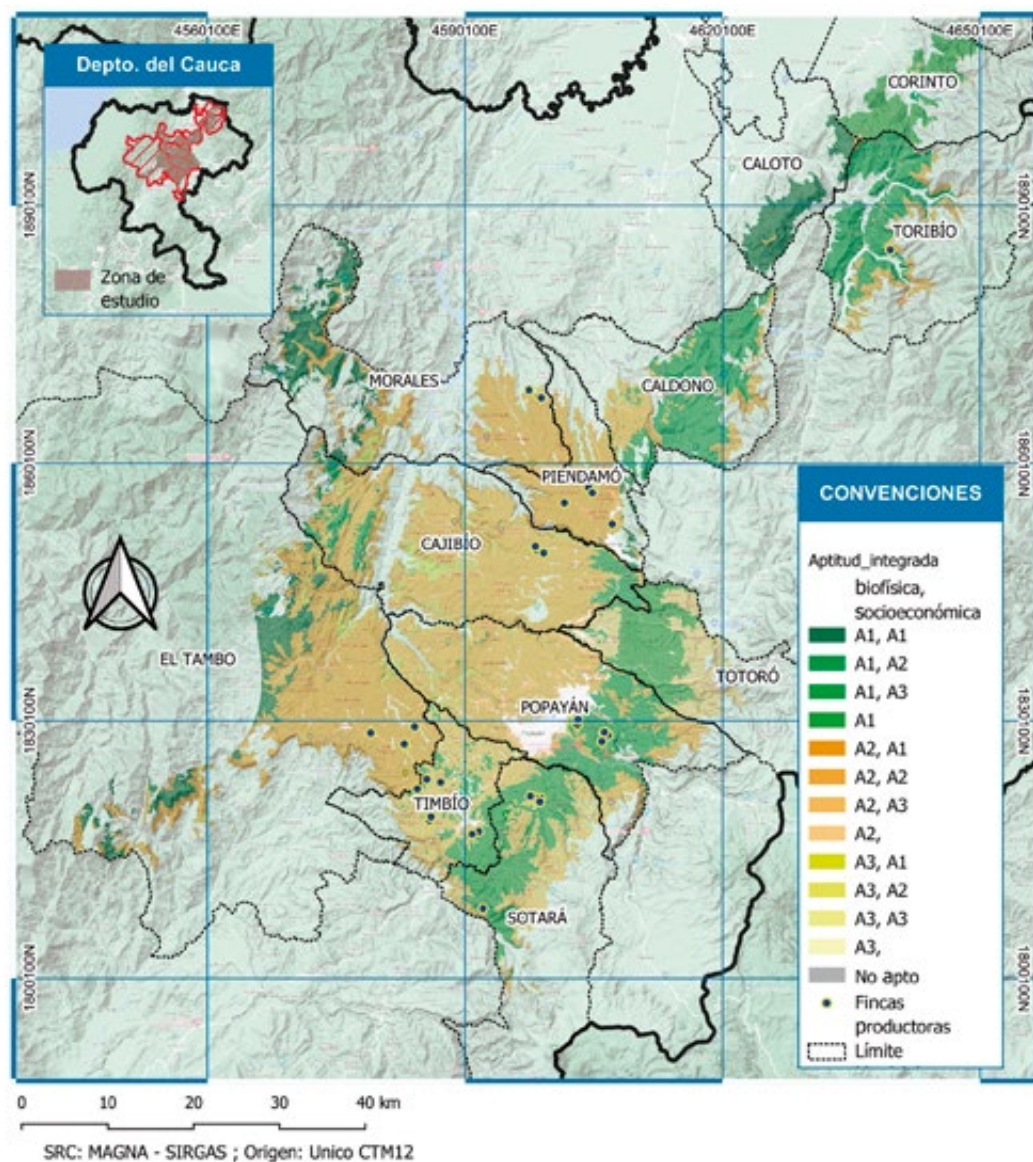
Respecto a la tecnificación del cultivo, la información de los agricultores permite establecer que se requiere implementar prácticas de manejo que contribuyan al mejoramiento de la producción y calidad de la fruta para exportación. Todavía es incipiente la utilización del sistema de riego, solo el 25 % emplea algún tipo de riego y el 55 % no tiene alguna estrategia para almacenamiento de agua; mientras que el 60 % de los encuestados no hace análisis de suelos para definir sus planes de fertilización, a pesar de que en gran parte de los cultivos usan fertilizantes químicos (tabla 4.5).

Todos estos factores obligan a generar programas diferenciales para promover esta actividad económica en el departamento del Cauca. Aunque la institucionalidad ha fomentado el avance de cultivos en la región durante varios años, aún se requiere la atención de aspectos de planificación, infraestructura, asociatividad, comercialización y encadenamiento productivo que permita asegurar la competitividad del aguacate Hass en la región.

Aptitud integrada para el cultivo de aguacate Hass en municipios del departamento del Cauca (1:25.000)

Las áreas aptas para establecer y desarrollar el cultivo de aguacate Hass alcanzan un total de 240.726 ha, distribuidas en categorías y subcategorías que describen el nivel de aptitud alta (A1), media (A2), baja (A3) o no apta (NA), de acuerdo con bondades o restricciones de factores biofísicos del territorio, y que influyen en la productividad o competitividad de esta actividad económica (figura 4.4).

Figura 4.4. Zonas aptas para el cultivo de aguacate Hass (1:25.000) en los municipios priorizados del departamento de Cauca. Aptitud integrada (socioeconómico y biofísico).



Fuente: Elaboración propia.

Gran parte del territorio presenta zonas con aptitud media para el cultivo (64 %), el 31 % corresponden a zonas con aptitud alta y el 4 % a zonas con baja aptitud (tabla 4.6). Del total del área evaluada, el 8,9 % son zonas no aptas para el cultivo, con restricciones principalmente por clima, topografía y suelos.

Tabla 4.6. Distribución de categorías de aptitud integrada para el cultivo de aguacate Hass en área de evaluación del departamento del Cauca

Categorías Aptitud integrada		Área total (ha)	(%)
No apto	Restricciones de tipo físico y socioeconómico no modificables (semipermanentes o permanentes) para la productividad y competitividad del cultivo.	24.386	9,2
Zonas aptas		240.726	90,8
Alta	Condiciones físicas y socioeconómicas adecuadas o con leves restricciones para la productividad y la competitividad del cultivo.	76.736	31,9
Media	Restricciones moderadas de tipo físico y socioeconómico para la productividad y competitividad del cultivo.	153.974	64,0
Baja	Fuertes restricciones de tipo físico y socioeconómico para la productividad y competitividad del cultivo.	10.016	4,16

Fuente: Elaboración propia.

El factor biofísico determina las diferencias en la aptitud, por influencia directa del clima y el suelo sobre la productividad del cultivo en las zonas evaluadas. Los criterios de mayor relevancia para el componente biofísico corresponden a condiciones climáticas, condiciones de enraizamiento, disponibilidad de oxígeno, apropiación de agua y riesgo fitosanitario, mientras que para el componente socioeconómico corresponden a infraestructura y logística y factores productivos.

En cuanto a las subcategorías de aptitud, solo el 8,6 % del territorio tiene condiciones adecuadas o con leves restricciones para la productividad y la competitividad del cultivo desde el punto de vista físico y socioeconómico, las cuales corresponden a la subcategoría alta/alta (A1/A1) (tabla 4.7).

Tabla 4.7. Distribución de subcategorías de aptitud integrada para el cultivo de aguacate Hass en área de evaluación del departamento del Cauca

Categoría aptitud		Subcategorías		Descripción aptitud integrada (biofísica / socioeconómica)	Total área (ha)	(%)
Alta	A1	Alta	A1	Sin restricción	15.582	5,6
		Alta /Alta	A1/A1	Sin restricción/Sin restricción	20.624	8,6
		Alta /Media	A1/A2	Sin restricción/R. Moderada	40.655	16,9
		Alta /Baja	A1/A3	Sin restricción/R. Fuerte	15.457	6,4
Media	A2	Media	A2	R. Moderada/ND	8.286	3,4
		Media /Alta	A2/A1	R. Moderada/Sin restricción	56.809	23,6
		Media /Media	A2/A2	R. Moderada /R. Moderada	68.839	28,6
		Media /Baja	A2/A3	R. Moderada /R. Fuerte	20.040	8,3
Baja	A3	Baja	A3	R. Fuerte/ND	26	0,01
		Baja /Alta	A3/A1	R. Fuerte/Sin restricción	2.913	1,2
		Baja /Media	A3/A2	R. Fuerte /R. Moderada	5.958	2,5
		Baja /Baja	A3/A3	R. Fuerte /R. Fuerte	1.119	0,5

ND: no definida.

Fuente: Elaboración propia.

Estas áreas alcanzan un total de 20.624 ha, en las cuales las características de los suelos profundos y con buen drenaje, el clima (temperaturas promedio anual entre 15 °C y 18 °C, y precipitación anual entre 1.000 mm y 2.000 mm) y pendientes menores a 25 % que facilitan su establecimiento, cumplen con los requisitos exigidos por el cultivo, o presentan muy ligeras limitaciones que no afectan el rendimiento de manera importante.

Otras áreas representativas en la zona de estudio corresponden a las subcategorías media /alta (A2/A1) (área total de 56.809 ha; 23,6 %), y media/media (A2/A2) (68.839 ha; 28,6 %) (tabla 4.7). Estas subcategorías tienen condiciones con restricciones moderadas de tipo físico y socioeconómico para la productividad y competitividad del cultivo.

Teniendo en cuenta que la altitud y el clima son determinantes para el desarrollo del cultivo, en zonas con aptitud media, la baja disponibilidad de humedad y nutrientes del suelo, relacionadas con el

tipo de textura y pH predominante, se puede presentar restricción moderada para la productividad del cultivo y calidad de la fruta; sin embargo, esta limitante puede ser transitoria si se toman decisiones oportunas para corregirla y manejarla mediante tecnología adaptada a la zona.

Aptitud biofísica para el cultivo de aguacate Hass

Identificar las condiciones climáticas, edáficas y socioecosistémicas adecuadas para el desarrollo y la producción del cultivo de aguacate Hass en la región permitió establecer que se presentan zonas con aptitud media para el cultivo en al menos el 54,8 % del área, con un total de 153.973,1 ha. Además, se identificó que aproximadamente 92.318,4 ha (32,81 %) corresponden a zonas con aptitud alta, mientras que 10.015,8 ha se clasifican como zonas con baja aptitud. Del total del área evaluada, el 8,6 % son zonas no aptas para el cultivo, con restricciones principalmente por clima, topografía y suelos (tabla 4.8).

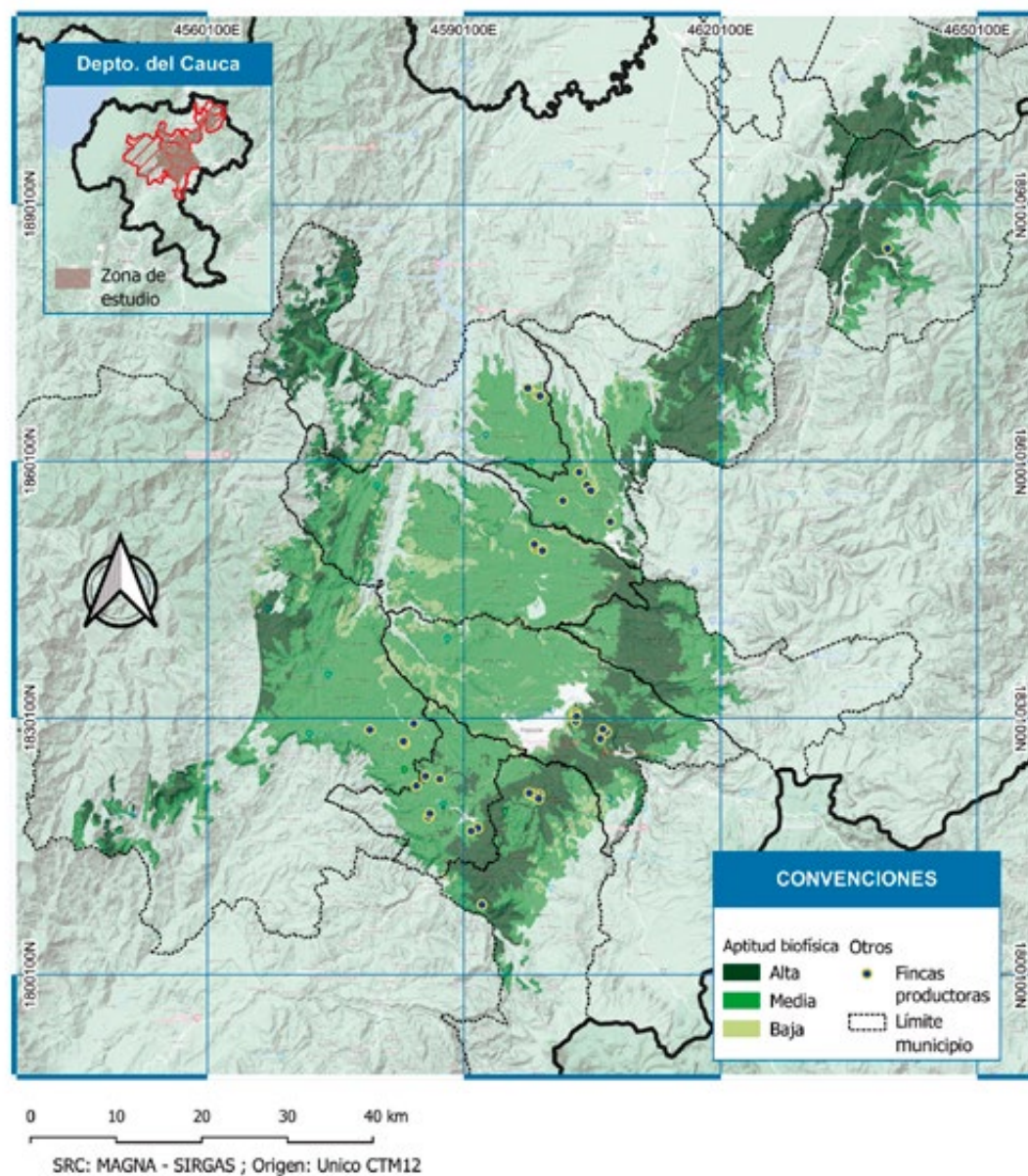
Desde el punto de vista biofísico, existen dos grandes áreas sin restricciones para el cultivo, ubicadas en los municipios del norte, Caldono, Caloto, Toribío y Corinto, y en la zona centro sur, entre los municipios de Popayán, Morales y El Tambo (figura 4.5).

Tabla 4.8. Distribución de categorías de aptitud biofísica para el cultivo de aguacate (*Persea americana* Mill.) cv. Hass en el área evaluada en el departamento del Cauca

Categoría aptitud		Descripción aptitud biofísica	Área total (ha)	(%)
Alta	A1	Condiciones edáficas y climáticas adecuadas o con leves restricciones para el desarrollo y la productividad del cultivo.	92.318,4	32,8
Media	A2	Restricciones moderadas de tipo físico para el desarrollo y la productividad del cultivo.	153.973,1	54,8
Baja	A3	Fuertes restricciones de tipo físico para el desarrollo y la productividad del cultivo. Requieren mayor inversión y tecnología avanzada.	10.015,8	3,5
No apta	NA	Restricciones físicas no modificables en el corto plazo (semipermanentes o permanentes) para el desarrollo y la productividad del cultivo.	24.386,3	8,6

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.5. Aptitud biofísica para el cultivo de aguacate Hass (1:25.000) en municipios priorizados del departamento de Cauca.



Fuente: Elaboración propia.

Los municipios El Tambo y Cajibío presentan mayor área con aptitud para el cultivo, superando las 40.000 ha cada uno. Mientras que entre los municipios con menor área se encuentran Caloto (5.929,7 ha) y Corinto (7.158,8 ha), de los cuales aproximadamente el 95 % del área es de aptitud alta (figura 4.6).

En cuanto a las categorías de aptitud, se destaca el municipio de Caldon, con 14.575,2 ha con aptitud A1 sin restricciones para el cultivo de aguacate Hass, por encima de Toribío (11.283,0 ha) y Sotaró (10.732,8 ha). Para la categoría aptitud media (A2), Cajibío tiene la mayor extensión (33.048,4 ha), seguido de El Tambo (32.726,8 ha) y Popayán (25.390 ha) (figura 4.6).

En la categoría aptitud baja (A3), con restricción fuerte, se encuentran áreas importantes en Cajibío, a diferencia de los demás municipios; sin embargo, en relación con la cobertura total del municipio, estas zonas representan solo el 8,5 %. En el caso de Timbío, Caloto y Corinto, esta categoría no es representativa en el área evaluada. Respecto a la categoría no apta, los municipios con mayor área corresponden a El Tambo (5.600,7 ha) y Popayán (5.229,3 ha), en los cuales abarca aproximadamente el 12 % de la zona de análisis en cada uno (figura 4.6).

A continuación, se describen los principales factores y criterios de influencia en este componente.

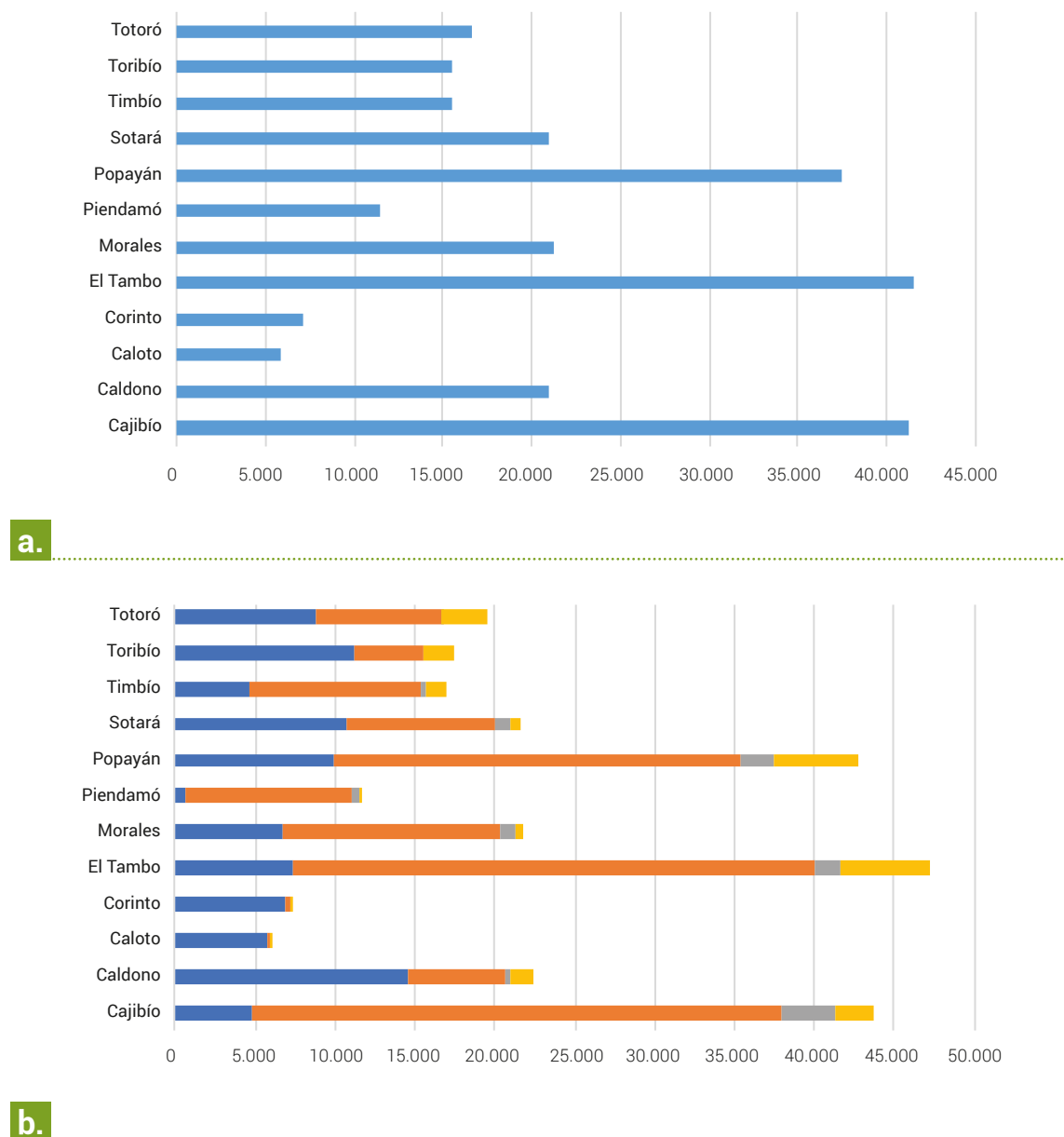
Condiciones climáticas

El clima determina en gran medida la adaptación de la especie en el territorio. Específicamente, se encontró que gran parte de los municipios evaluados presenta en general una aptitud baja para el cultivo en este criterio.

Áreas con aptitud climática alta se encuentran ubicadas en zonas de mayor altitud, principalmente en Popayán, Sotaró, Toribío, Caldon y Caloto (figura 4.7). En estas zonas, la temperatura y la precipitación características entre 1.800 y 2.000 m s. n. m.

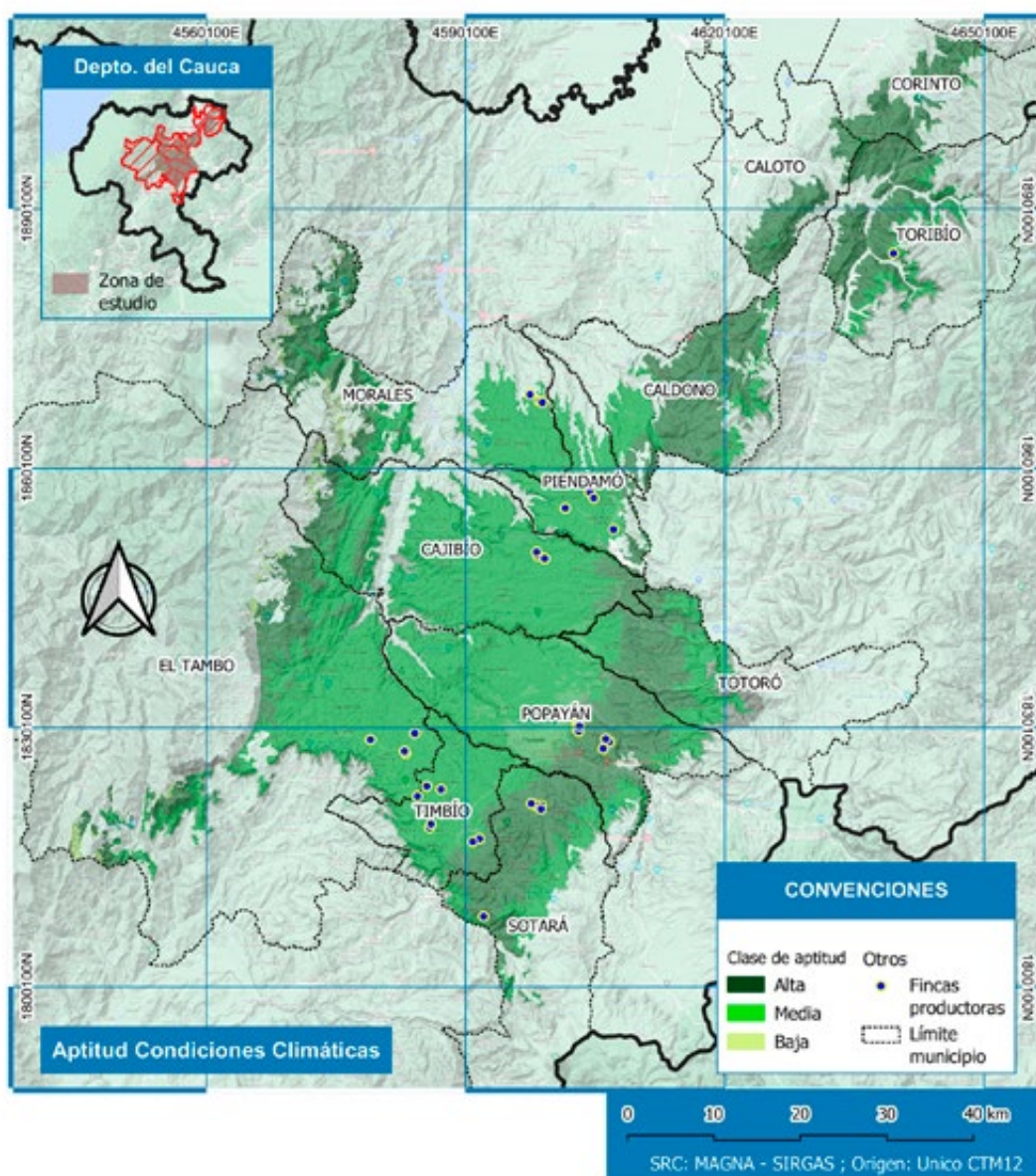
influyen en el comportamiento del cultivo y en atributos de la producción, como el peso y tamaño de la fruta.

Figura 4.6. Aptitud biofísica para el cultivo de aguacate Hass (1:25.000) en municipios priorizados del departamento de Cauca. a. Área total apta por municipio; b. Área por categorías de aptitud por municipio.

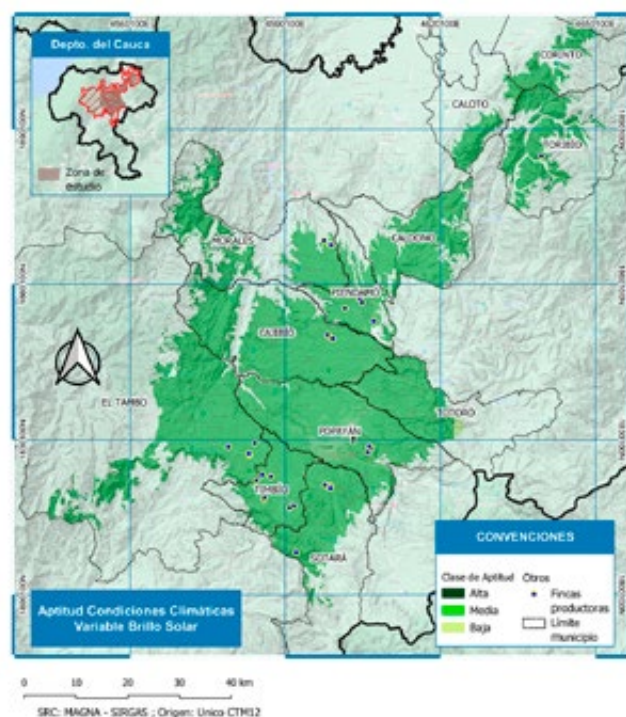


Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.7. Aptitud climática para el cultivo de aguacate Hass en municipios priorizados del departamento de Cauca. Condiciones climáticas (a), temperatura (b), precipitación (c) y brillo solar (d).



a.



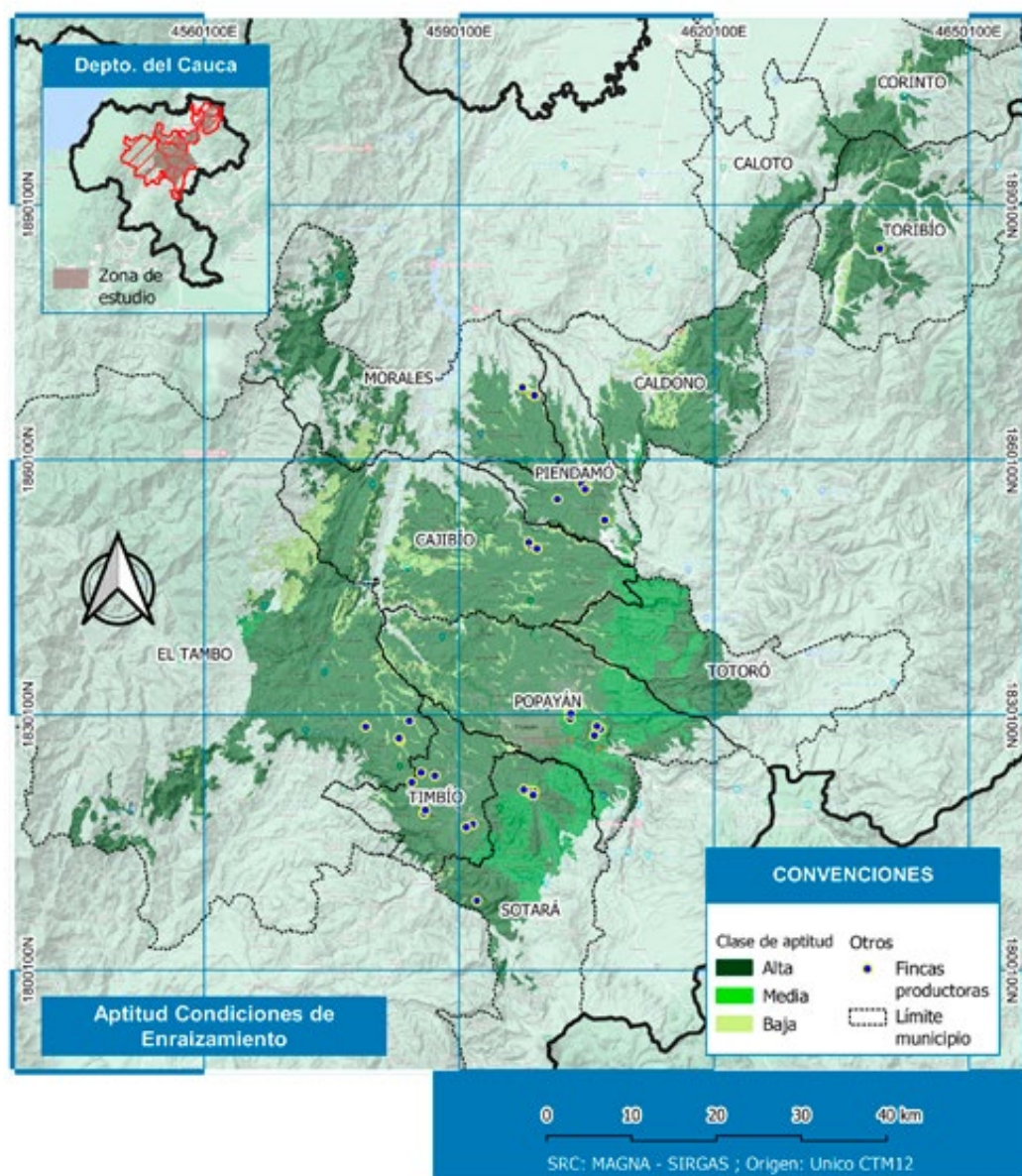
C.

Fuente: Elaboración propia.

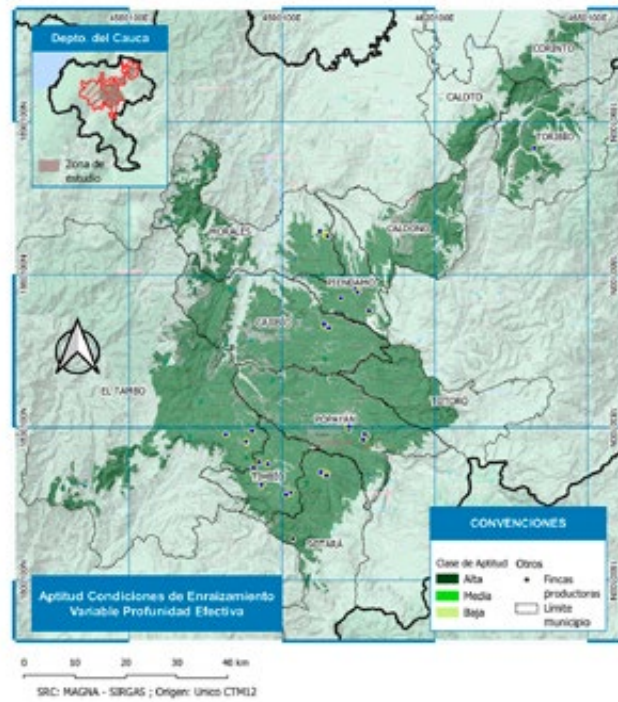
Condiciones edáficas

Entre las condiciones edáficas de mayor influencia en el área evaluada y que alcanzan una aptitud alta a media para el cultivo están las condiciones de enraizamiento (figura 4.8), disponibilidad de oxígeno (figura 4.9), capacidad de laboreo (figura 4.10) y susceptibilidad a la pérdida de suelos (figura 4.11). En estas condiciones, la profundidad efectiva (cm), pedregosidad (%) y textura (FAar) no representan limitantes de importancia para el cultivo en gran parte del territorio. Sin embargo, zonas ubicadas en estribaciones de la cordillera tienen principalmente restricción moderada a alta (aptitud media a baja) por efecto de la pendiente para laboreo, así como una alta vulnerabilidad y amenaza a procesos erosivos y de remoción masal, acorde con la geología, el relieve y la fragilidad estructural de los suelos predominantes.

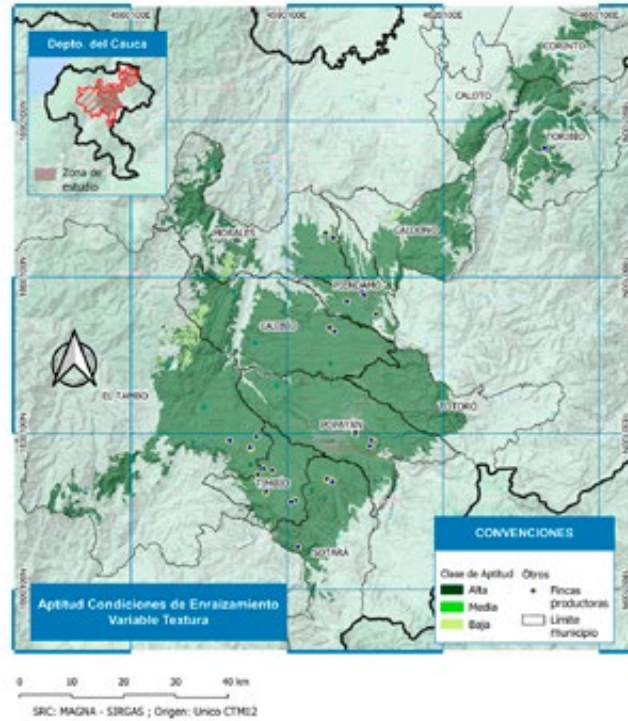
Figura 4.8. Aptitud de criterios del subcomponente edáfico para zonificación de aguacate Hass. Condiciones de enraizamiento (a), profundidad efectiva (b), textura (c) y pedregosidad (d).



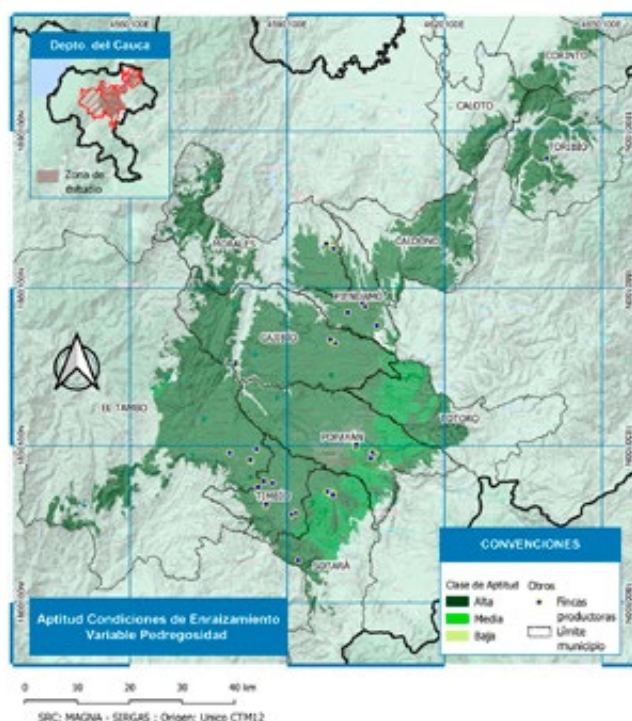
a.



b.



c.



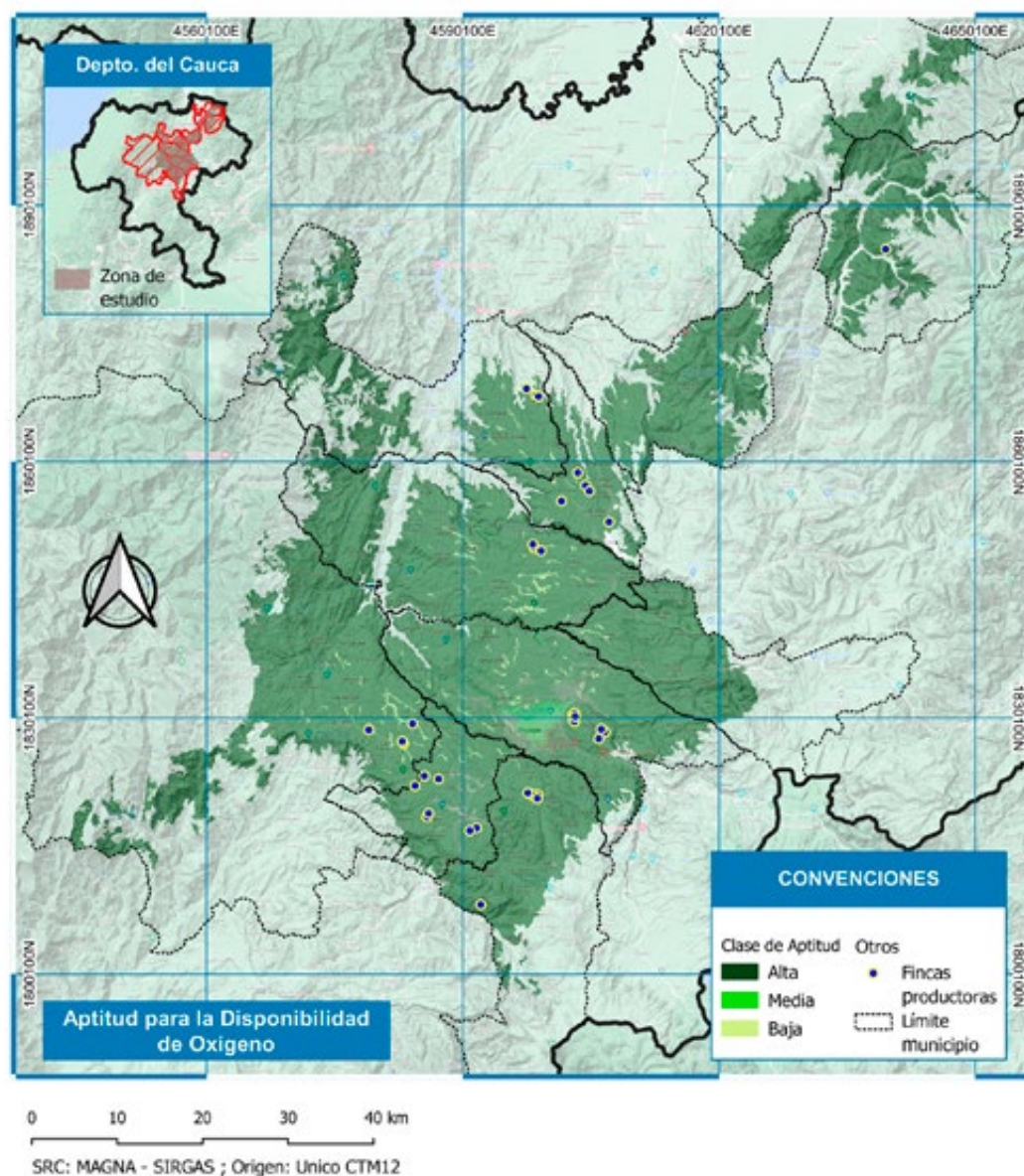
d.

Fuente: Elaboración propia.

Los criterios disponibilidad de humedad (figura 4.12) en el suelo y disponibilidad de nutrientes (figura 4.13) tienen aptitud baja en la mayoría de los municipios. Para el caso de la humedad del suelo, este comportamiento está asociado a las variables textura, pues predominan los grupos texturales franco y franco arenoso, y pendiente, que tiene un rango de aptitud entre media a baja y están distribuidos en áreas con inclinaciones entre 25 % y 50 %.

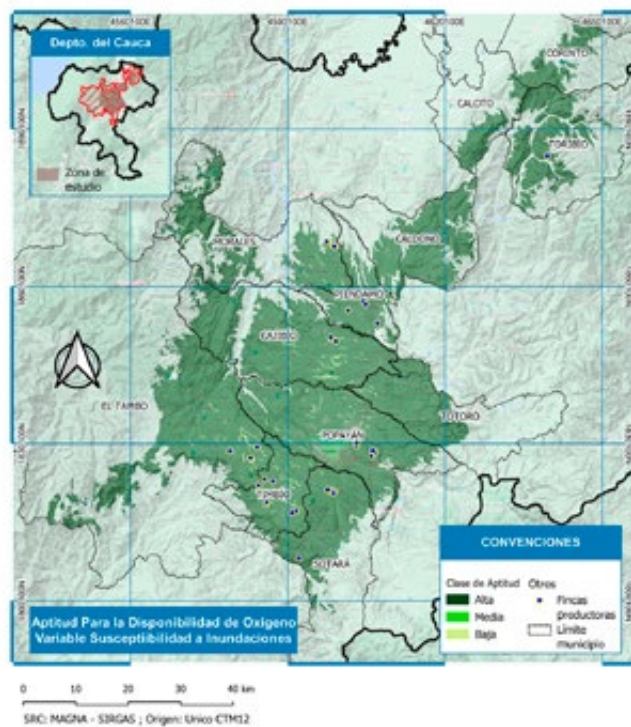
La variable que determina la disponibilidad de nutrientes (figuras 4.13 y 4.24) es la capacidad de intercambio catiónico, la cual presenta una aptitud baja para todo el territorio. Esta categoría, que tiene influencia directa del pH ($< 5,5$) y la saturación de bases ($< 10\%$), se ubica en un rango de aptitud de medio a bajo, lo cual indica que en la zona se debe procurar la aplicación de correctivos para mejorar la fertilidad del suelo y, así, la productividad del cultivo.

Figura 4.9. Aptitud de criterios del subcomponente edáfico para zonificación de aguacate Hass. Disponibilidad de oxígeno (a): susceptibilidad a inundaciones (b) y drenaje natural (c).

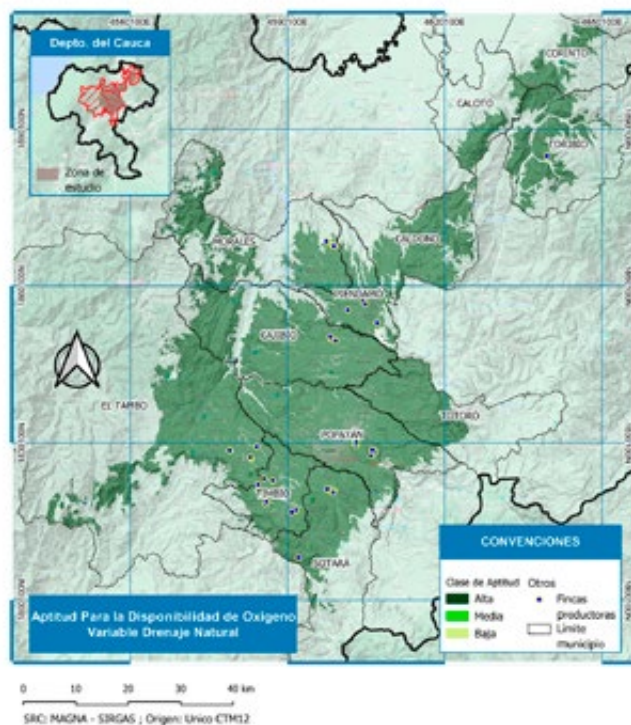


a.

Fuente: Elaboración propia.

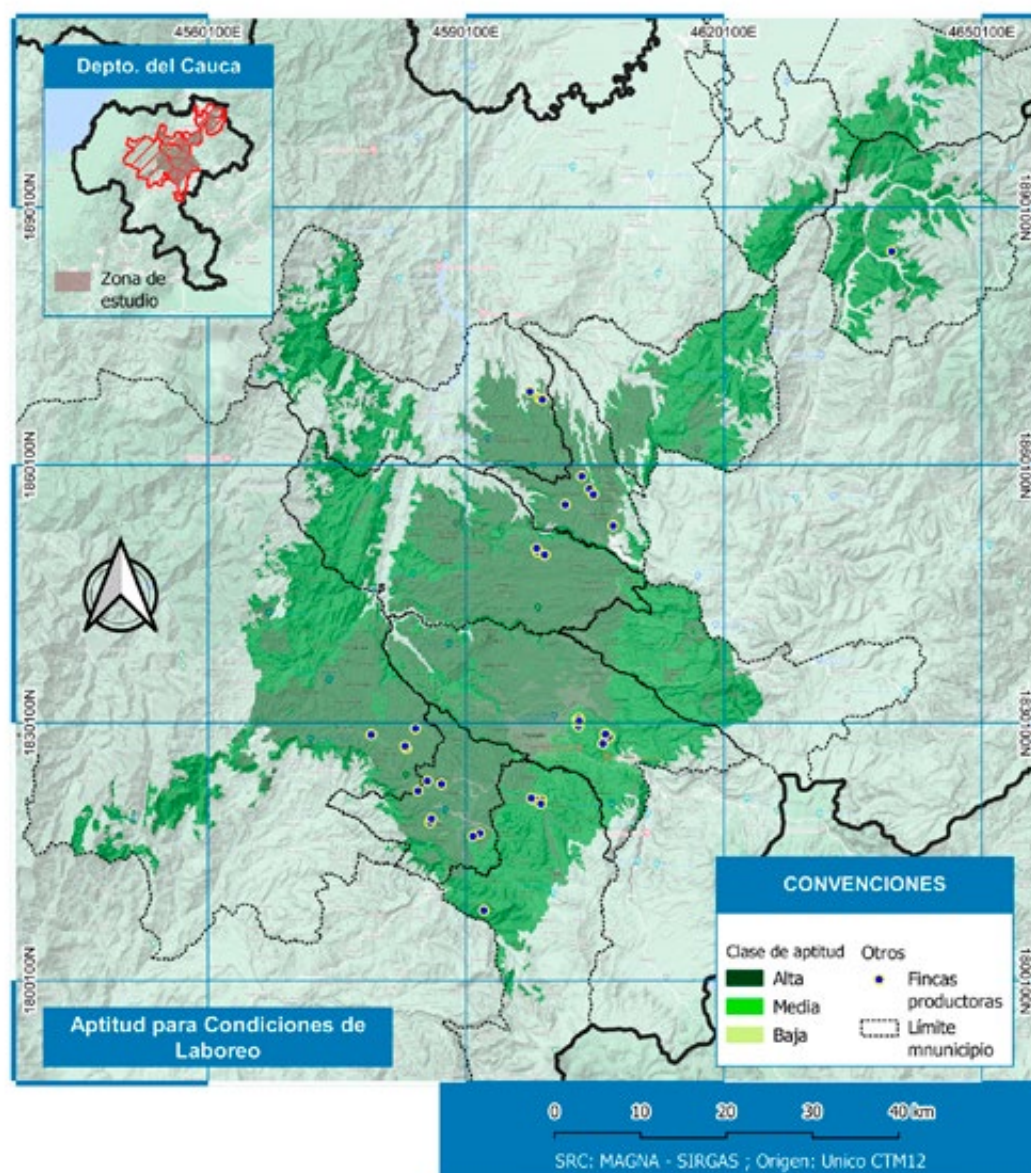


b.



c.

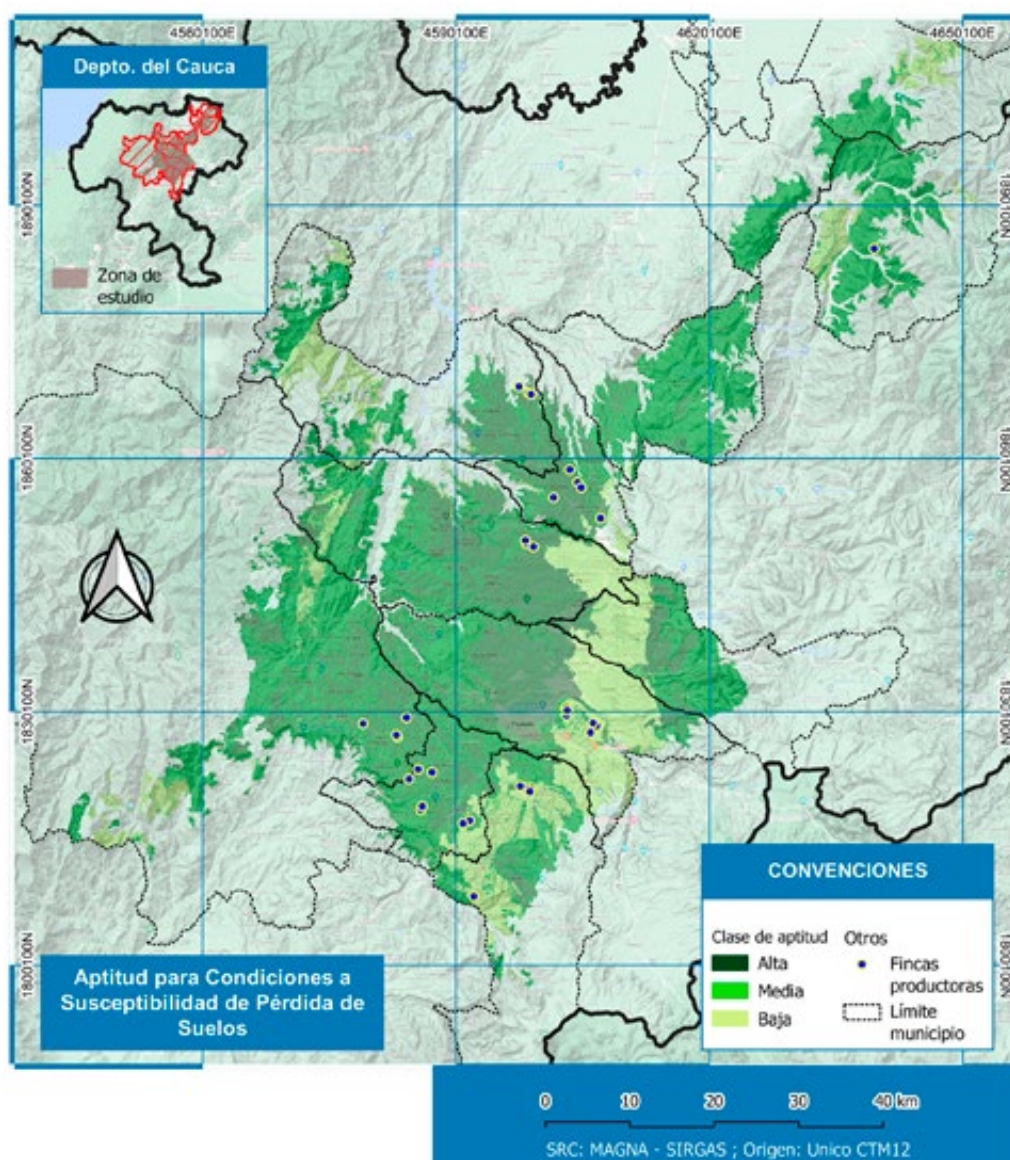
Figura 4.10. Aptitud de criterios del subcomponente edáfico para zonificación de aguacate Hass según condiciones de laboreo (a): pedregosidad (b), pendiente (c) y textura).



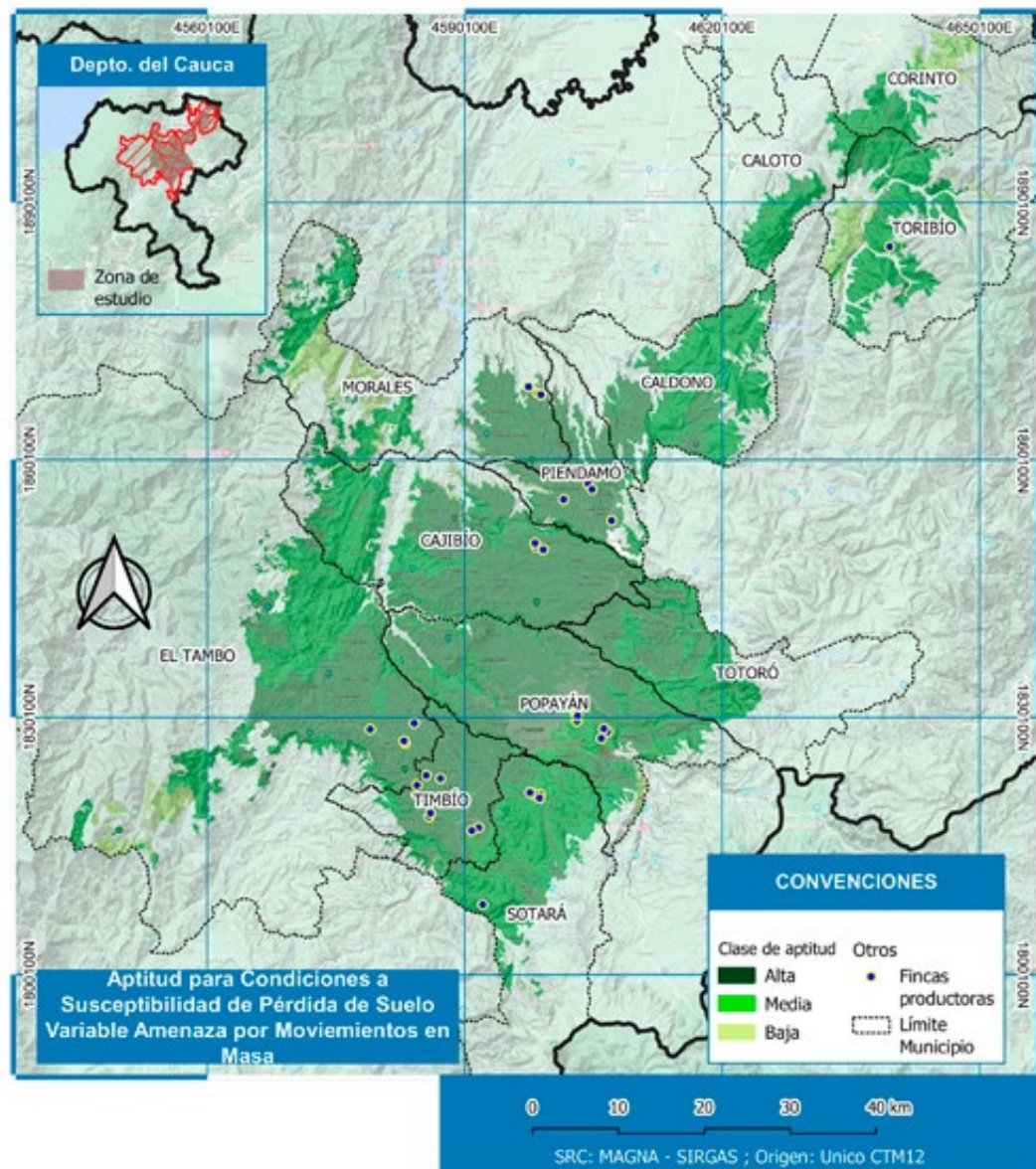
a.



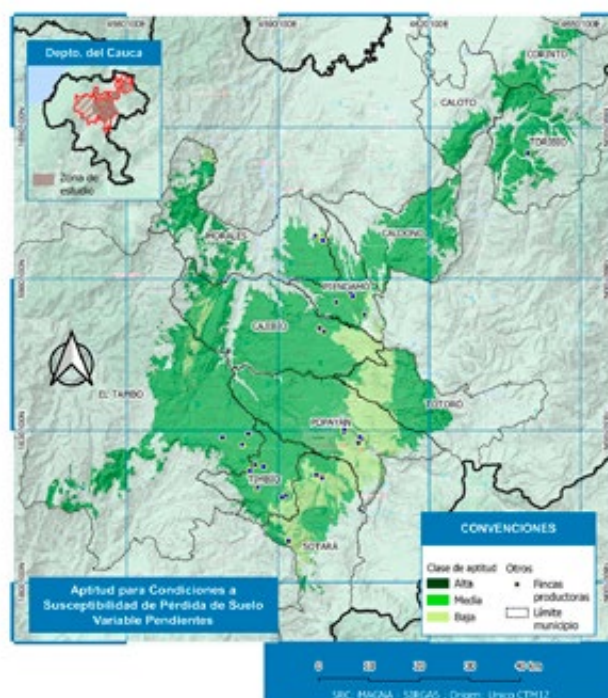
Figura 4.11. Aptitud de criterios del subcomponente edáfico para zonificación de aguacate Hass. Susceptibilidad a pérdida de suelos (a): amenaza por movimientos en masa (b), pendiente (b) y erosión (c).



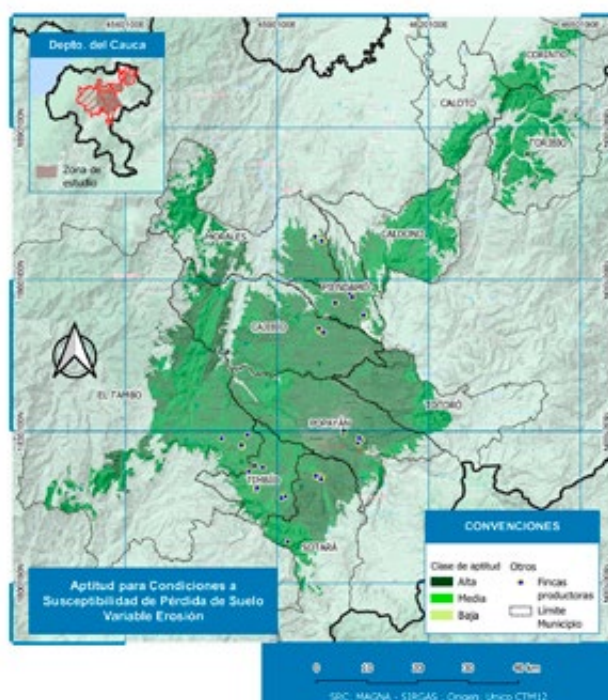
a.



b.



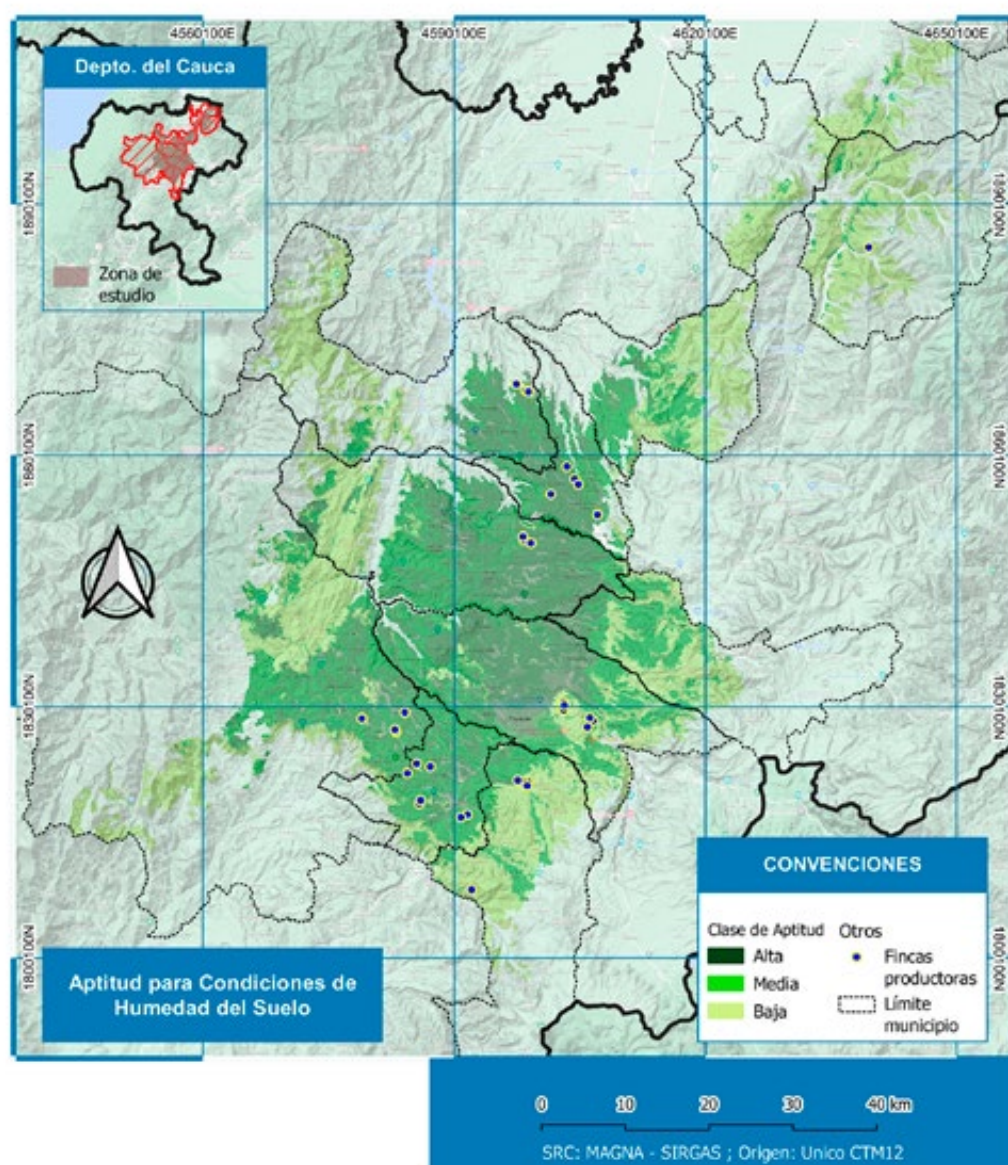
c.



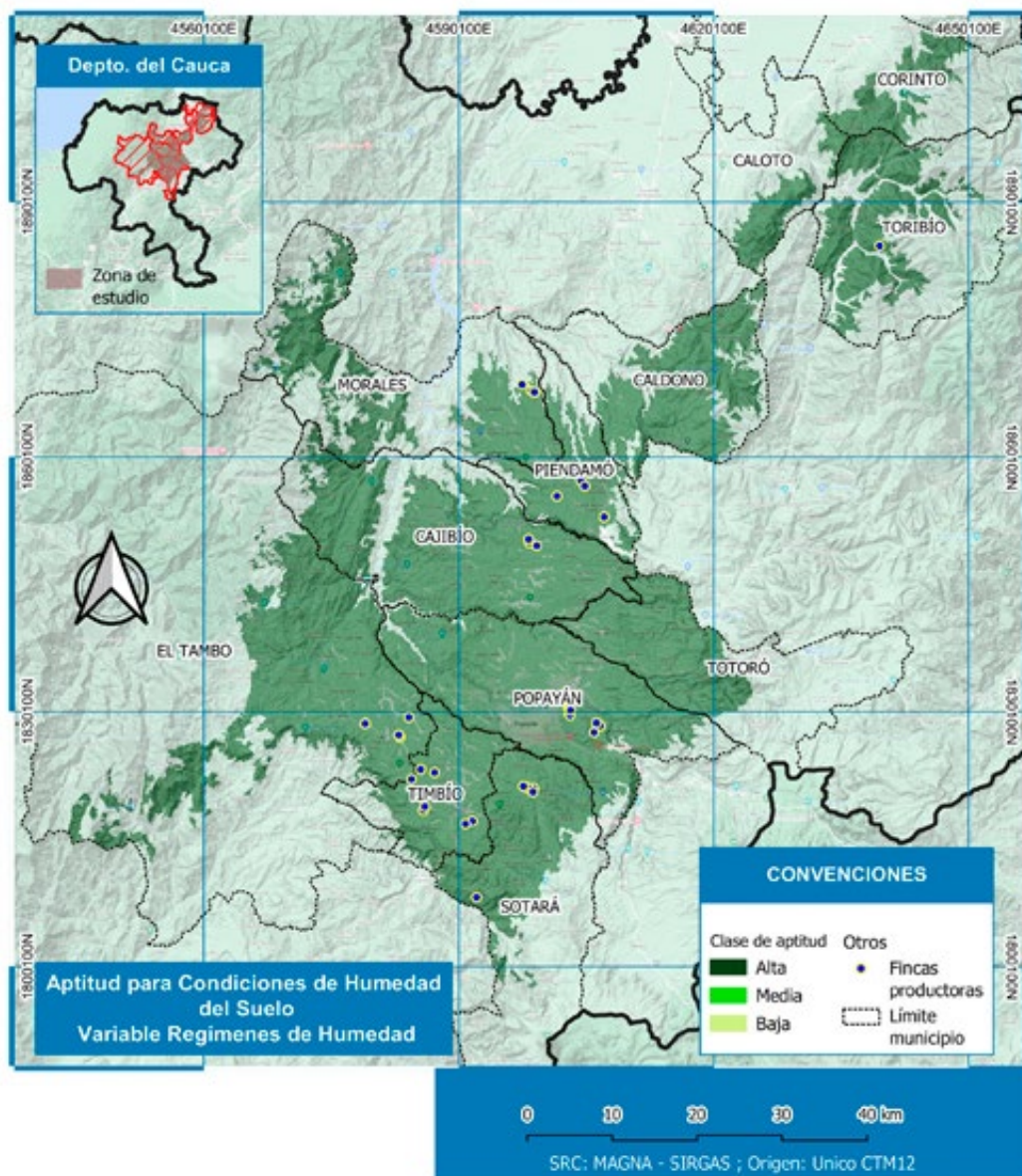
d.

Fuente: Elaboración propia.

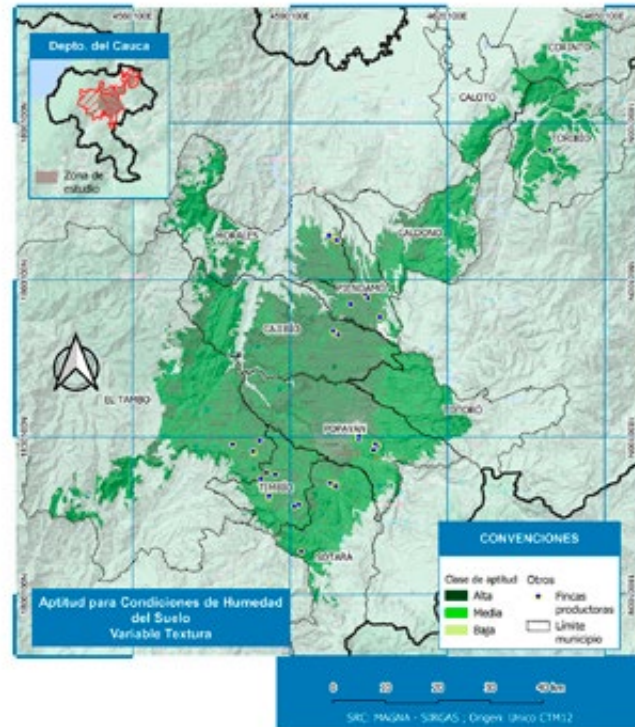
Figura 4.12. Aptitud de criterios del subcomponente edáfico para zonificación de aguacate Hass. Disponibilidad de humedad (a): regímenes de humedad (b), textura (c) y pendiente (d).



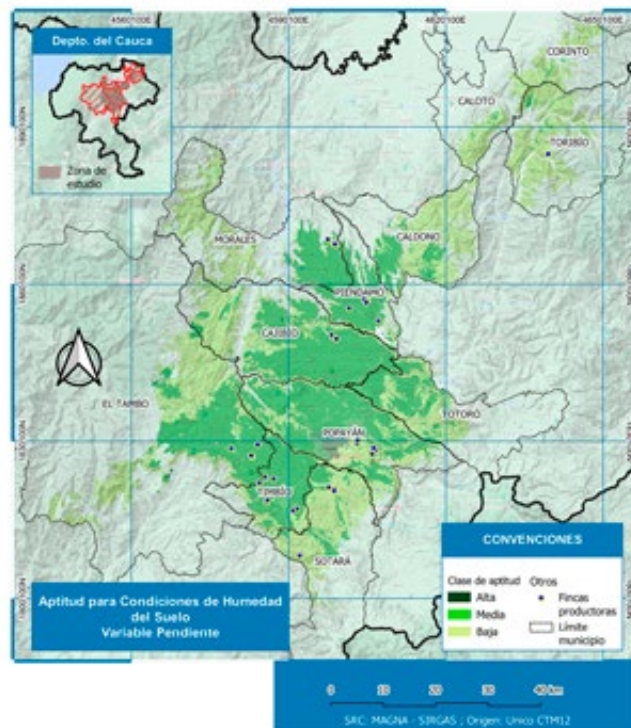
a.



b.



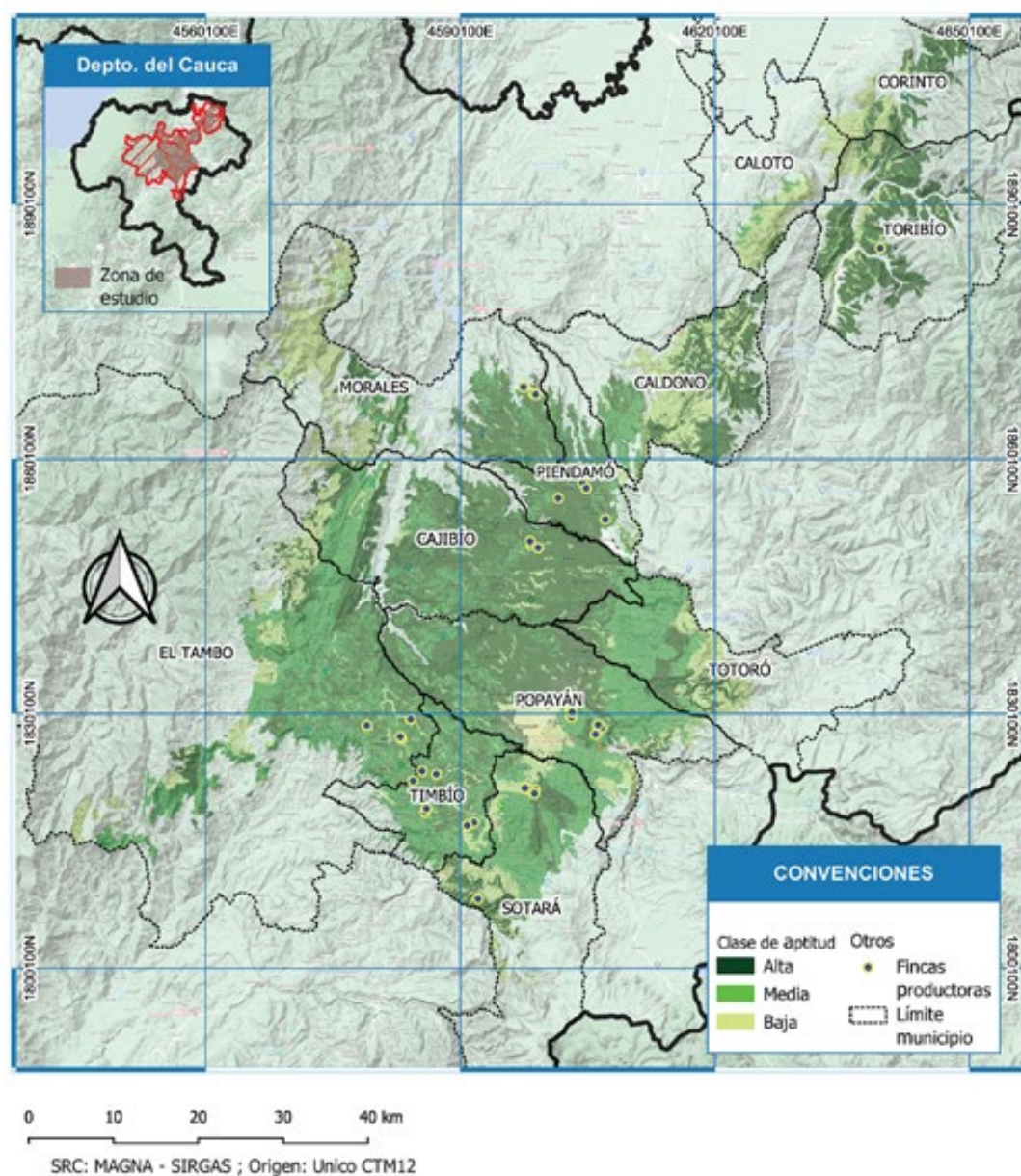
c.



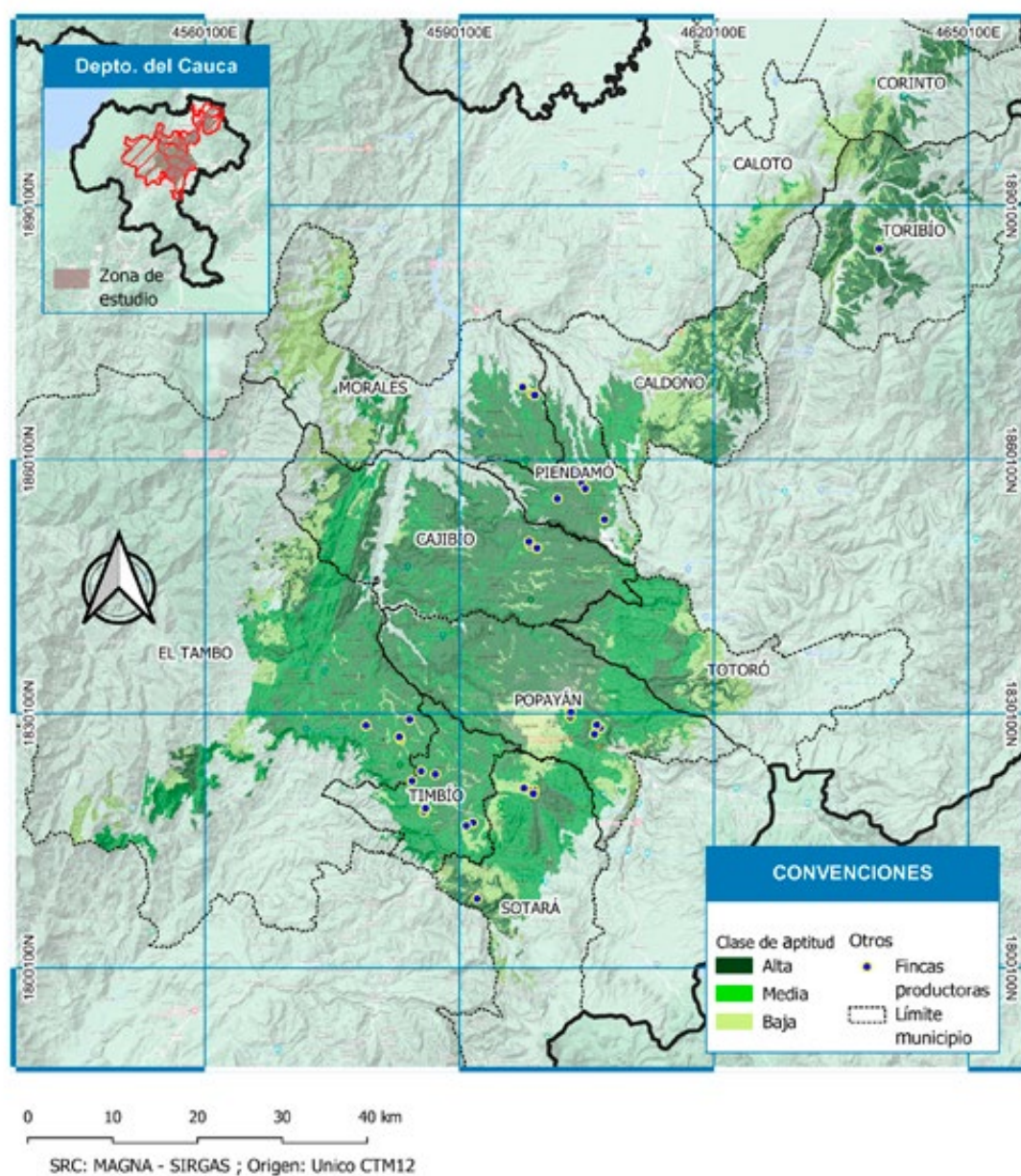
d.

Fuente: Elaboración propia.

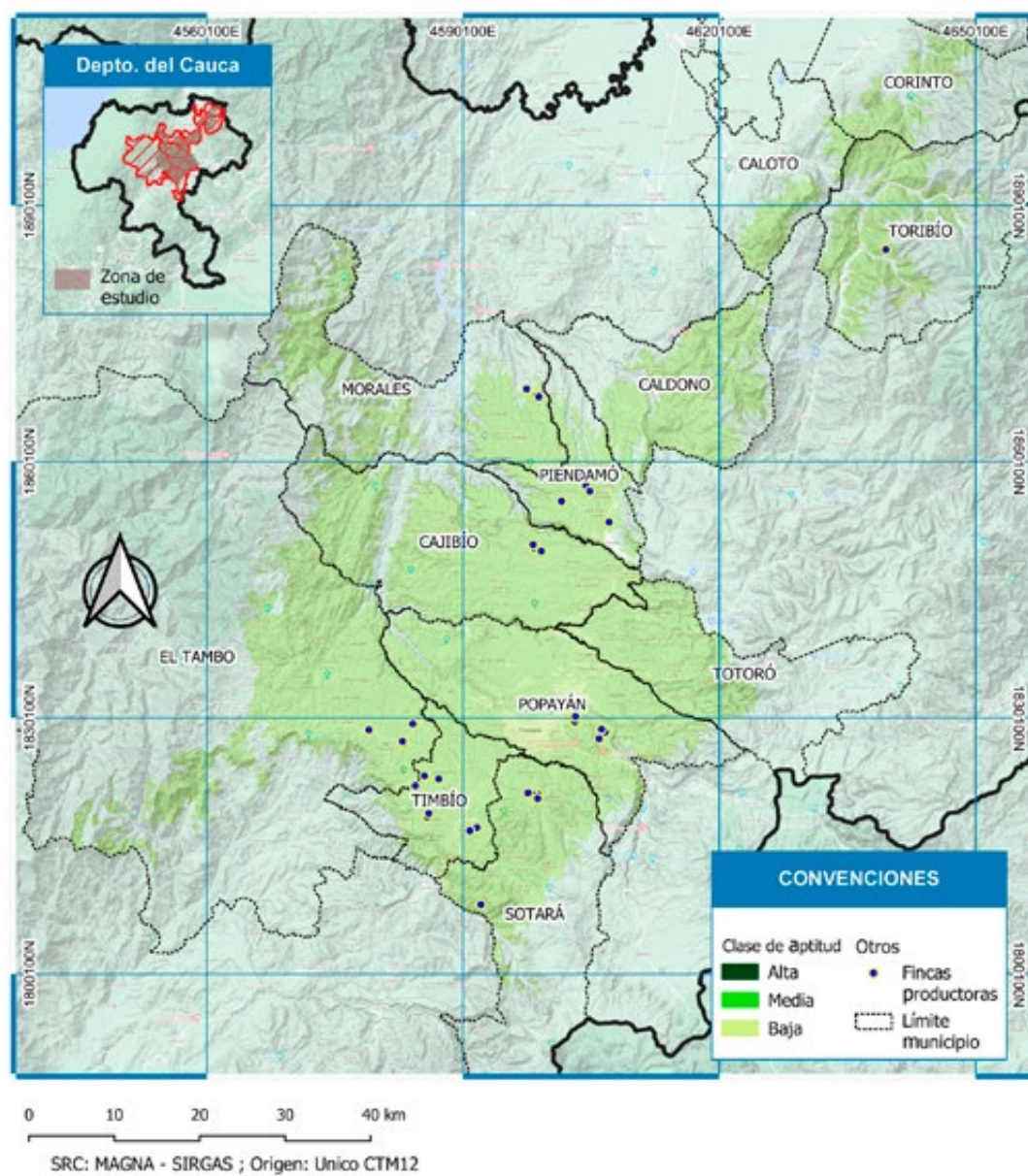
Figura 4.13. Aptitud de criterios del subcomponente edáfico para zonificación de aguacate Hass. Disponibilidad de nutrientes (a): pH (b), CICE (c), saturación de bases (d) y carbono orgánico del suelo (e).



a.

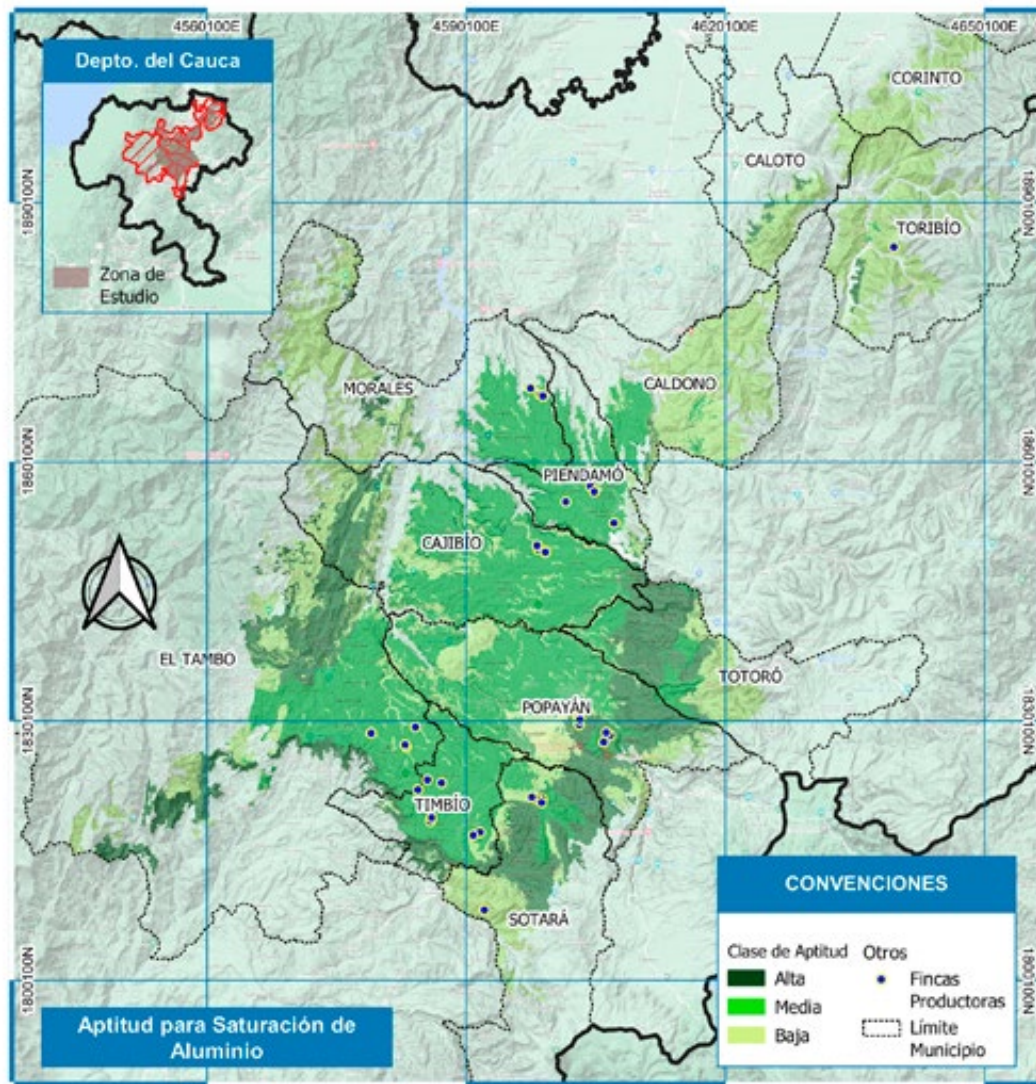


b.



C.

Figura 4.14. Aptitud de criterios del subcomponente edáfico para zonificación de aguacate Hass. Toxicidad por saturación de aluminio.



Fuente: Elaboración propia.

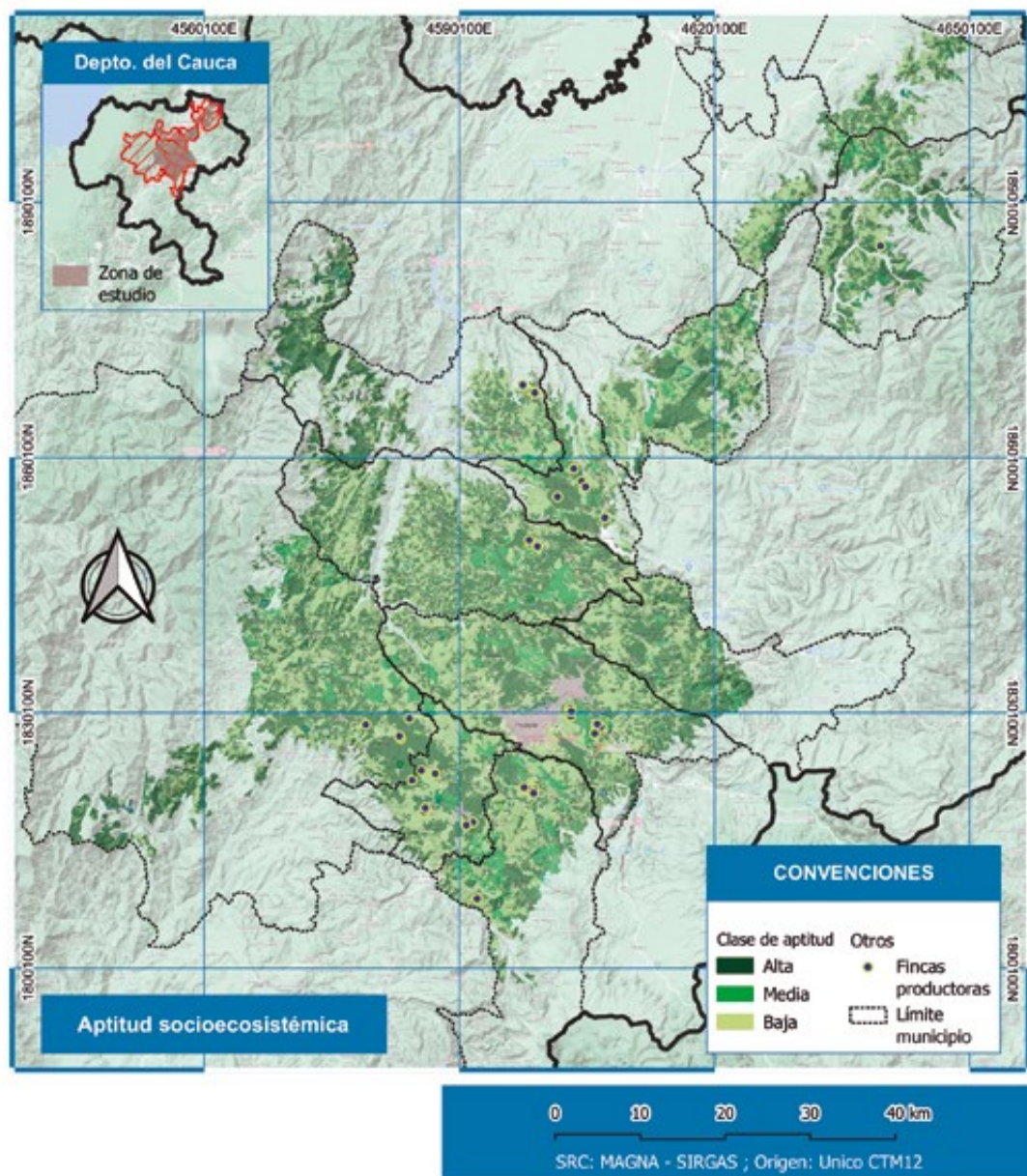
Condiciones socioecosistémicas y fitosanitarias

La zona de estudio tiene baja aptitud en los factores del entorno que permiten que las actividades humanas y productivas se soporten y adapten a los cambios en la naturaleza de forma sostenible (figura 4.15). Esto se evidencia por la fragmentación de las coberturas vegetales y la variedad de usos de la tierra, de los cuales gran parte corresponden a actividades antrópicas, mientras que un porcentaje muy bajo son zonas naturales, que soportan la provisión de servicios ecosistémicos y la protección de la diversidad biológica. En este sentido, dado que la zona ha sufrido un proceso intensivo de migración hacia actividades agrícolas que tienen una alta demanda de recursos naturales, en los planes de manejo del cultivo se debe considerar acciones que permitan restaurar y proteger las áreas naturales para garantizar la sostenibilidad ambiental y económica de esta actividad productiva.

Respecto al criterio de riesgo fitosanitario, este se encuentra definido principalmente por las condiciones que favorecen la presencia de microorganismos patógenos asociados a la acumulación de humedad en el suelo por exceso hídrico y problemas de drenaje, como en el caso de *Phytophthora* sp. En las condiciones evaluadas, el criterio de susceptibilidad a esta enfermedad presenta una aptitud alta a moderada para el cultivo, lo cual indica una baja susceptibilidad a incidencia de la enfermedad. Esta situación condiciona los planes de manejo del cultivo, de acuerdo con las condiciones climáticas predominantes y el tipo de textura del suelo en el sitio de cultivo (figura 4.16).

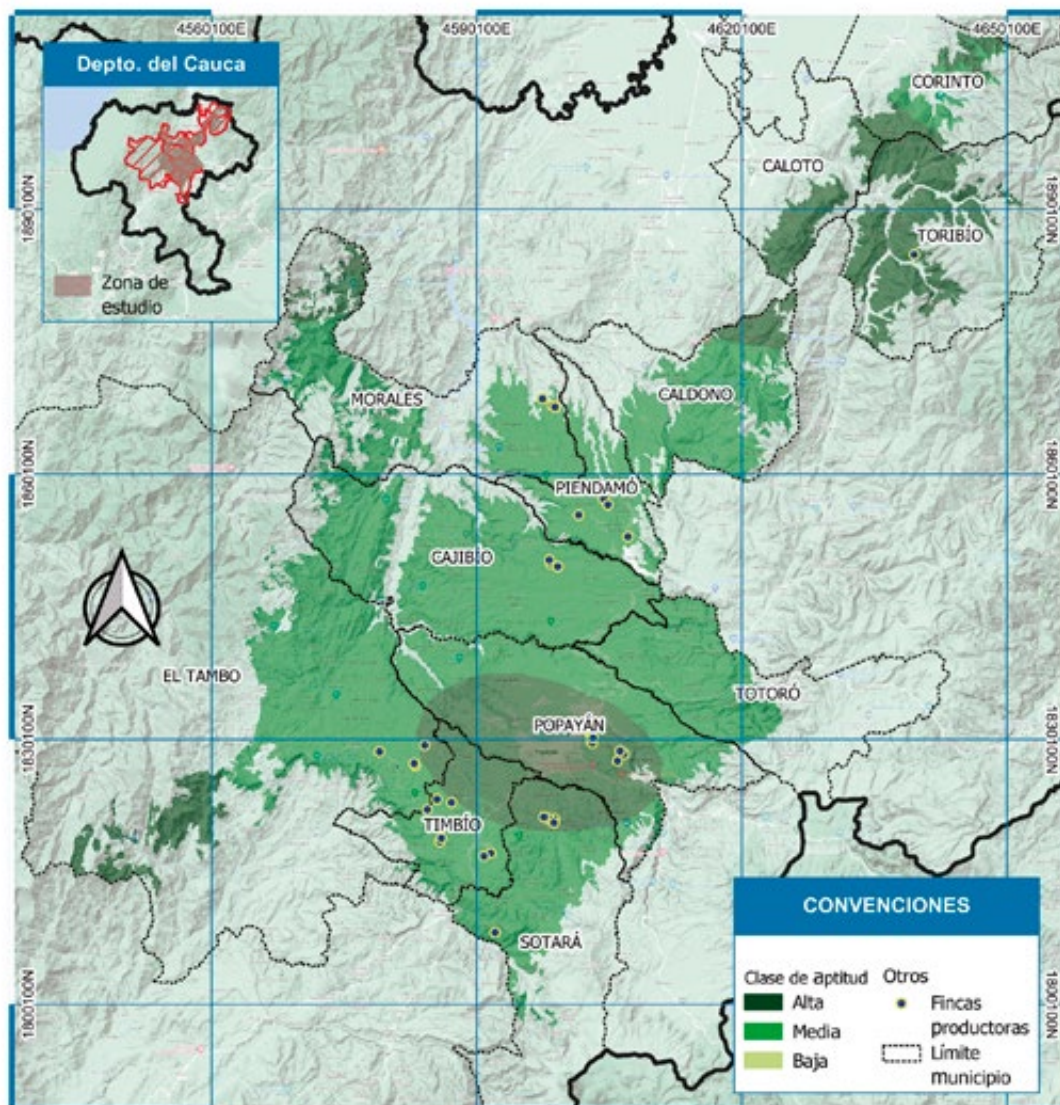
La presencia de plagas cuarentenarias en los municipios evaluados, de acuerdo con los registros oficiales vigentes del Instituto Colombiano Agropecuario (ICA, 2015), no evidencian la presencia de este tipo de insectos como limitante económica en cultivos de la zona, por lo cual esta variable tiene una aptitud baja (figura 4.16). Sin embargo, esta condición puede variar una vez se haga oficial el reporte y las alertas dadas a los productores por parte de las entidades competentes y por instituciones de investigación que trabajan en la zona.

Figura 4.15. Aptitud de criterios socioecosistémicos para zonificación de aguacate

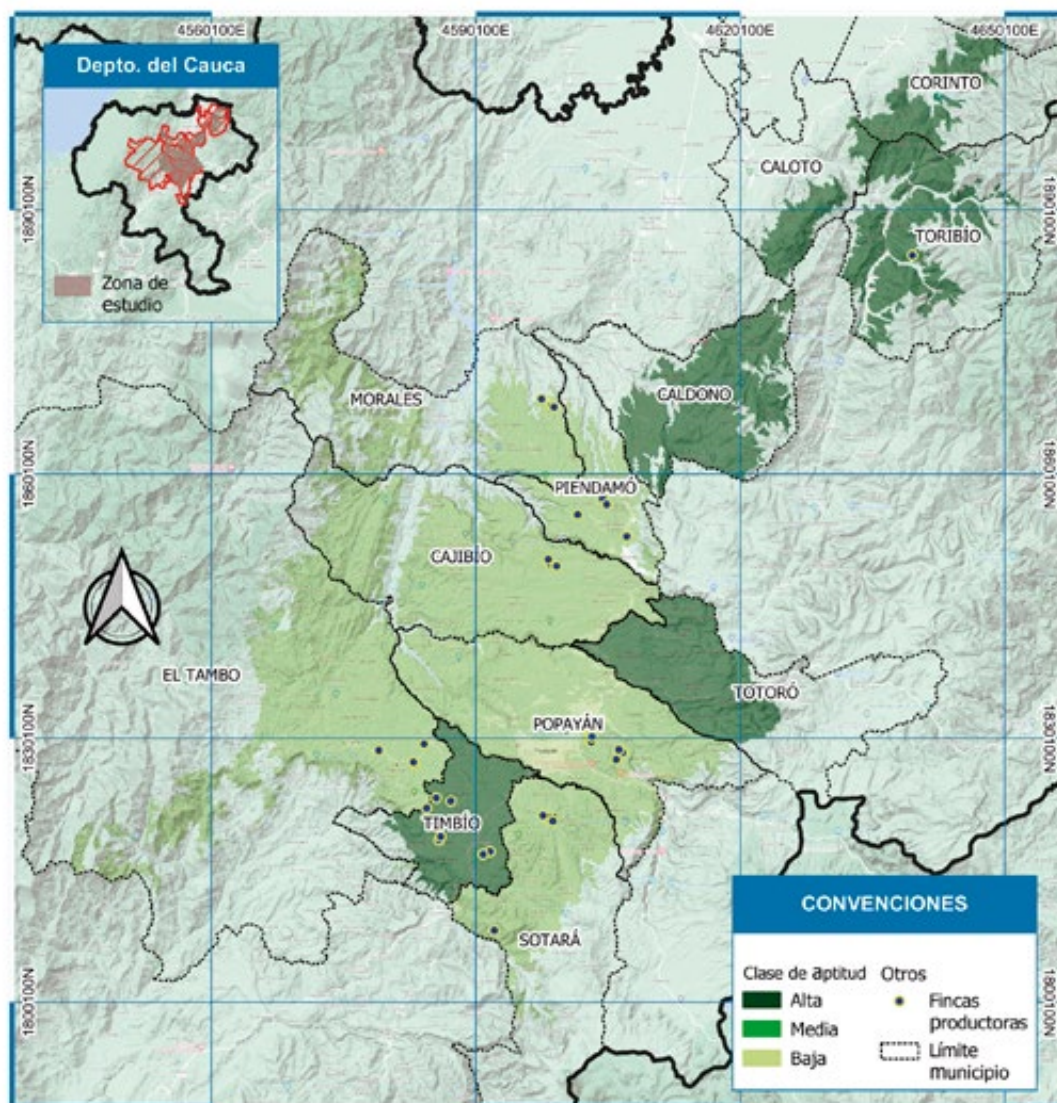


Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.16. Aptitud de criterios de susceptibilidad fitosanitaria para zonificación de aguacate Hass.



a.



b.

Fuente: Elaboración propia.

Aptitud socioeconómica para el cultivo de aguacate Hass

De acuerdo con los criterios de competitividad evaluados, se identificaron áreas aptas en la región que permiten el desarrollo y la sostenibilidad económica de la producción del cultivo de aguacate Hass, principalmente en los municipios de El Tambo, Morales, Piendamó y Caloto. De los municipios evaluados, el 36,6 % corresponden a zonas con aptitud alta, el 45,5 % a zonas con aptitud media y el 18,2 % a zonas con baja aptitud (tabla 4.9 y figura 4.17).

Los municipios con una alta aptitud socioeconómica corresponden a El Tambo, Morales, Piendamó y Caloto, en los cuales criterios como la conectividad y el apoyo institucional favorecen que se dinamicen los procesos en torno a la cadena productiva de aguacate Hass, en comparación con los demás municipios.

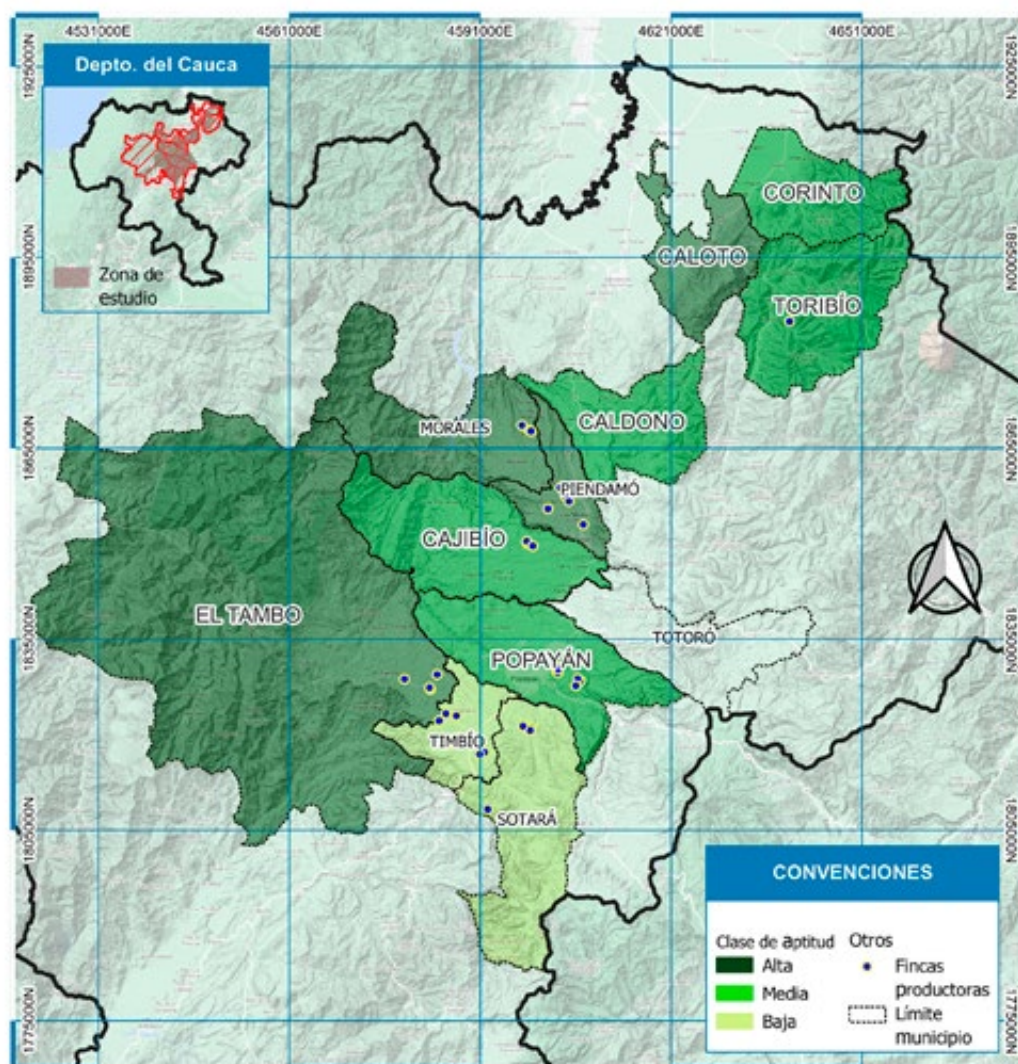
Entre los municipios que registran una aptitud baja desde el punto de vista de competitividad, se encuentran Sotaró y Timbío, principalmente, por criterios como balance tecnológico en la producción primaria, comercio y oportunidades de venta y organización. En las siguientes secciones se describen los principales factores y criterios de influencia en este componente.

Tabla 4.9. Distribución de áreas con aptitud socioeconómica para aguacate Hass en la zona de estudio

Categoría aptitud		Descripción aptitud socioeconómica	N.º municipios	(%)
Alta	A1	Condiciones de tipo socioeconómico adecuadas para la competitividad del cultivo.	4	36,4
Media	A2	Condiciones de tipo socioeconómico moderadas para la competitividad del cultivo.	5	45,5
Baja	A3	Condiciones de tipo socioeconómico bajas para la competitividad del cultivo. Requieren mayor inversión y nuevas políticas para sostenibilidad de la actividad económica.	2	18,2

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.17. Aptitud socioeconómica para el cultivo de aguacate Hass en municipios priorizados del departamento del Cauca.



a.

Fuente: Elaboración propia.

Dimensión económica

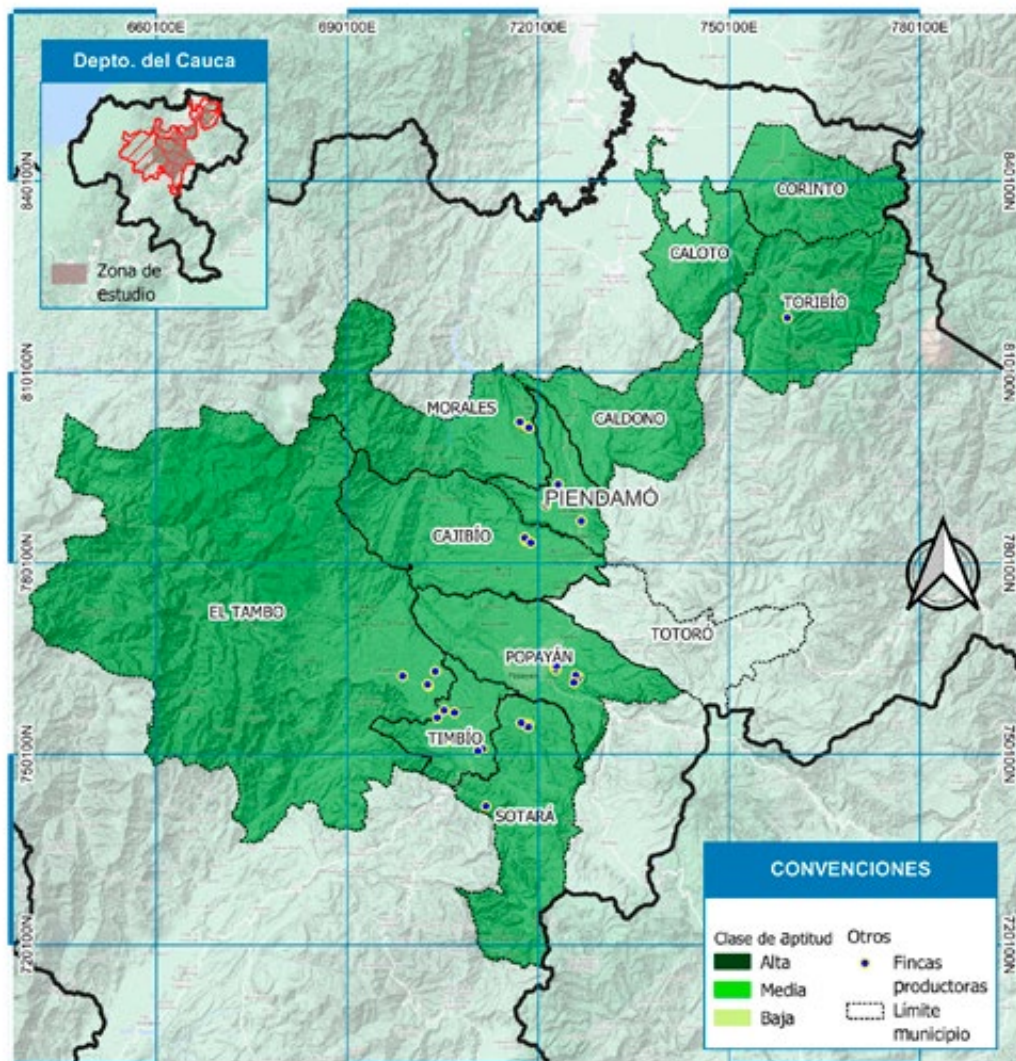
En este aspecto, el factor que tiene el mejor comportamiento para el cultivo de aguacate Hass en la zona corresponde al criterio condiciones de desarrollo, el cual agrupa factores que mejoran la cotidianidad y la calidad de vida del productor. Se destaca la disposición de servicios públicos básicos como energía y agua potable en gran parte de las zonas rurales, lo cual permite una aptitud media en todos los municipios (figura 4.18). Servicios como el acceso a internet, la telefonía, el gas natural y el alcantarillado son parte de las necesidades sin atender en gran parte del territorio.

Los criterios comercio y oportunidades de venta, así como disponibilidad de mano de obra, tienen un nivel diferencial de aptitud poco favorable entre los municipios de la región (figura 4.18). En este caso se observa una condición de aptitud alta y media para el criterio comercio en Morales y El Tambo, respectivamente, gracias a los reportes de acuerdos comerciales relacionados con la actividad de asociaciones y organizaciones de apoyo. En contraste, los municipios ubicados en el centro y norte del departamento tienen una aptitud baja, sobre todo debido a procesos de negociación poco desarrollados y acuerdos inestables en el corto y largo plazo.

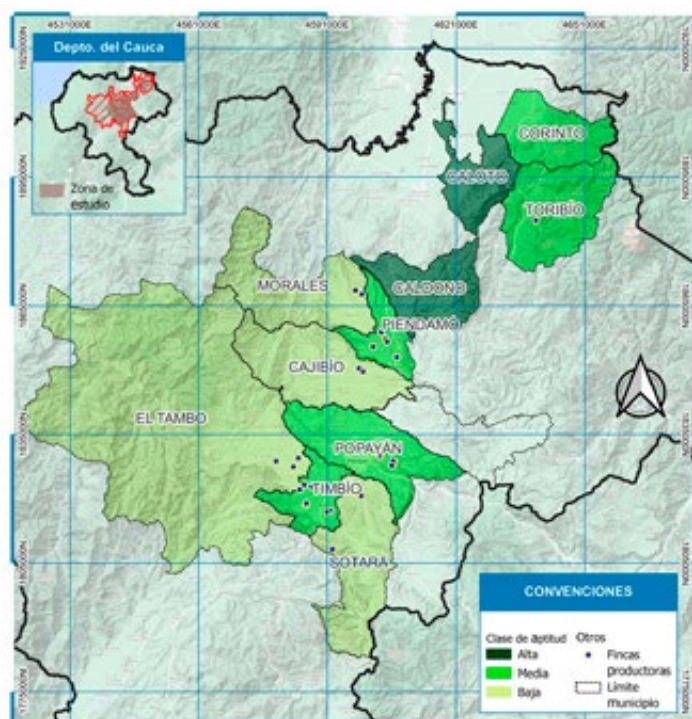
Respecto a la disponibilidad de mano de obra, aunque el sistema de producción se caracteriza por ser de agricultura familiar y en áreas pequeñas, hay déficit para labores del cultivo y trabajo calificado, principalmente durante la época de cosecha, en El Tambo, Sotará, Timbío y Cajibío, en los cuales hay una aptitud baja para este criterio (figura 4.18). Por su parte, Morales y Caloto registran una aptitud alta.

Finalmente, la educación es un criterio indispensable para el funcionamiento del sistema productivo. Su disponibilidad y calificación dependen en gran medida de su desempeño social y económico, por lo tanto, la escolaridad forma parte de su valoración. En Piendamó, Popayán, Timbío, Sotará y Caloto se evidenció que los años promedios de escolaridad están en el nivel técnico, tecnólogo y universitario. Una situación distinta hay en Cajibío y Toribío, donde el nivel de escolaridad no supera los tres años de estudio, y en El Tambo y Morales, con un rango de cuatro a seis años de escolaridad.

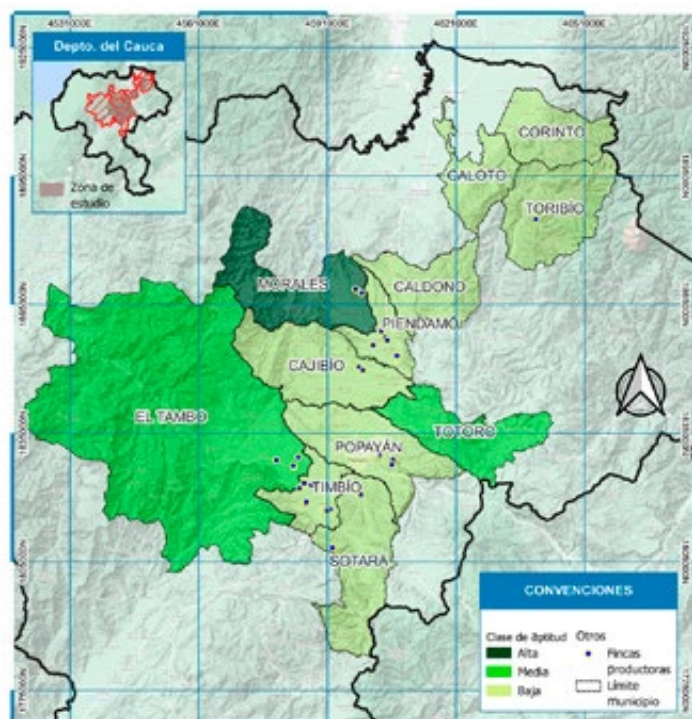
Figura 4.18. Aptitud de criterios de la dimensión económica para zonificación de aguacate Hass. Condiciones de desarrollo, mano de obra y comercio y oportunidades de venta.



a.



b.



c.

Fuente: Elaboración propia.

Dimensión sociocultural

Como resultado de los procesos de atención a comunidades vulnerables y territorios con conflicto armado, que se han realizado programas de gobierno y cooperación internacional hace varios años en Cauca, la dimensión sociocultural ha sido influida de manera positiva principalmente por los criterios de apoyo institucional y organización (figuras 4.19 y 4.20). De esta manera, estos criterios tienen una aptitud alta y media, respectivamente, en al menos el 55 % de los municipios: El Tambo, Morales, Timbío, Piendamó, Caldono y Caloto (figuras 19).

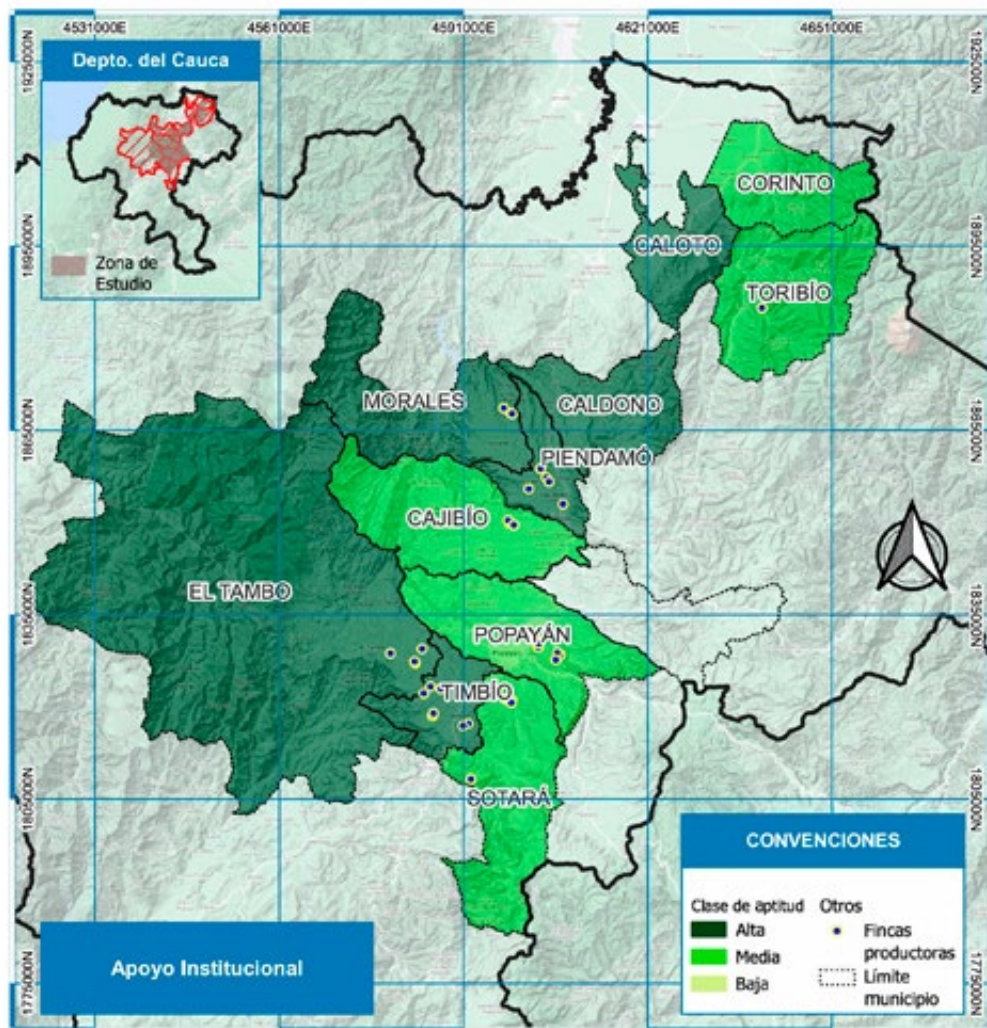
En ambas condiciones, mediante iniciativas de apoyo institucional se ha logrado la presencia de gremios sectoriales, el incentivo para el desarrollo de programas de certificación de predios productores de aguacate, acceso a créditos bancarios, participación en organizaciones sociales, extensión y asistencia técnica para los cultivos, y la atención de instituciones de investigación con influencia directa en la región. El municipio con mayor número de participantes en asociaciones es Timbío, en el cual hace presencia, sobre todo, la Asociación de Productores de Aguacate de Timbío.

Entre los factores con influencia negativa en la competitividad del cultivo están los criterios seguridad y mantenimiento de la ruralidad y multifuncionalidad, en los cuales hay aptitud media y baja, respectivamente, en al menos el 50 % de los municipios (figuras 4.21 y 4.22). La seguridad se asocia al entorno en el que conviven las personas de los diferentes municipios y se relaciona con el bienestar de las comunidades involucradas de manera directa o indirecta con la producción agrícola. Un ambiente seguro es una condición necesaria para el desarrollo agropecuario, más aún en los espacios rurales, donde es menor la presencia de la institucionalidad. Toribío y El Tambo tienen aptitud alta para este criterio, mientras que Caldono y Sotará tienen una aptitud baja en comparación con los demás municipios (figura 4.21).



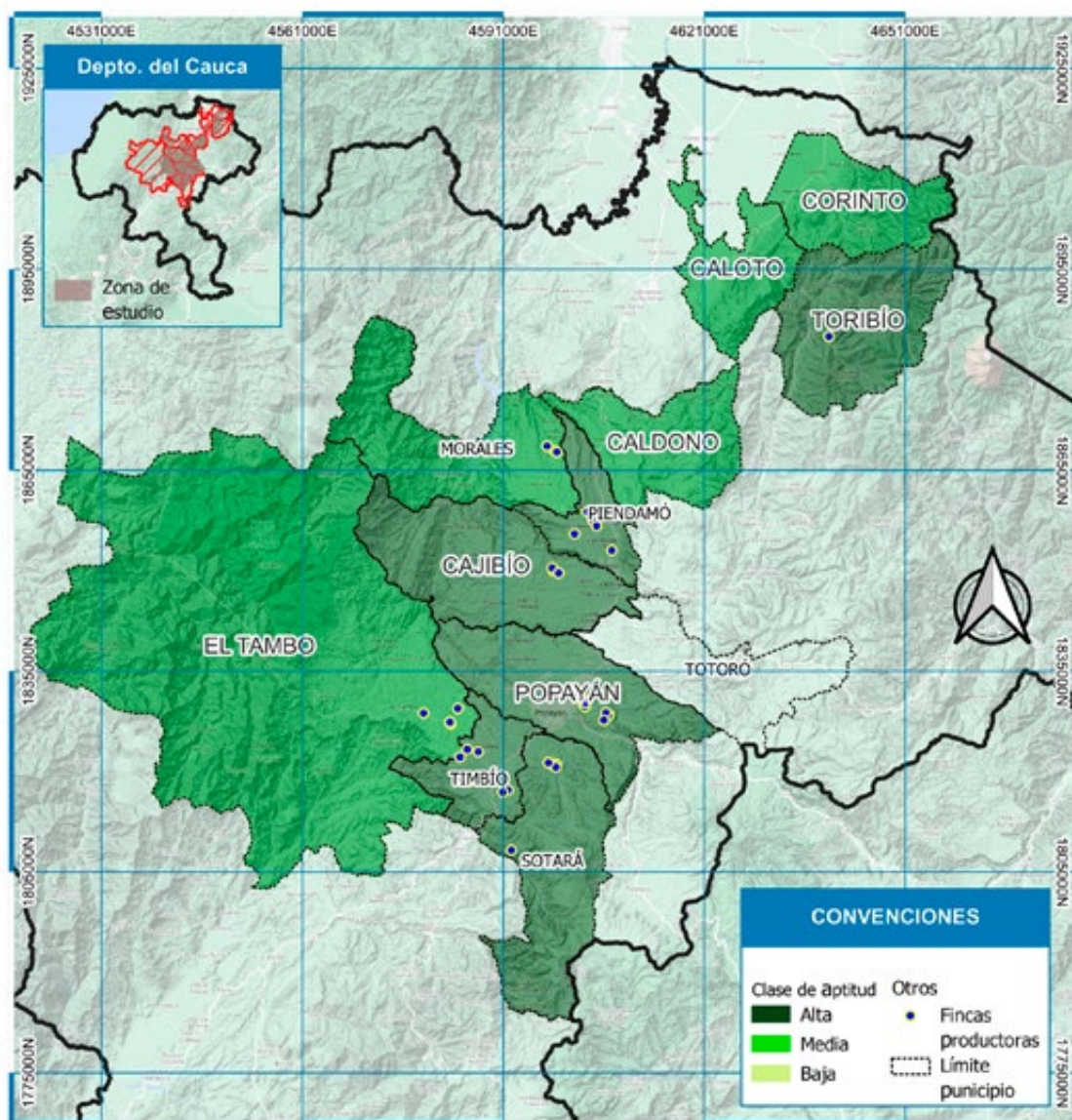
La multifuncionalidad permite establecer las alternativas no agropecuarias disponibles en el territorio, como la función paisajística y el aprovechamiento de recursos naturales específicos. Se registra aptitud alta para este criterio en Caloto y Caldono, y baja en El Tambo, Sotará, Cajibío y Morales (figura 4.22). Sin embargo, se estima que el 59 % de los productores de la región no hace ningún tipo de aprovechamiento de recursos a través de prácticas para manejo y conservación, asociadas a características biofísicas y al tipo e intensidad del uso de la tierra en las zonas de cultivo.

Figura 4.19. Aptitud de criterios de la dimensión sociocultural para zonificación de aguacate Hass. Apoyo institucional.



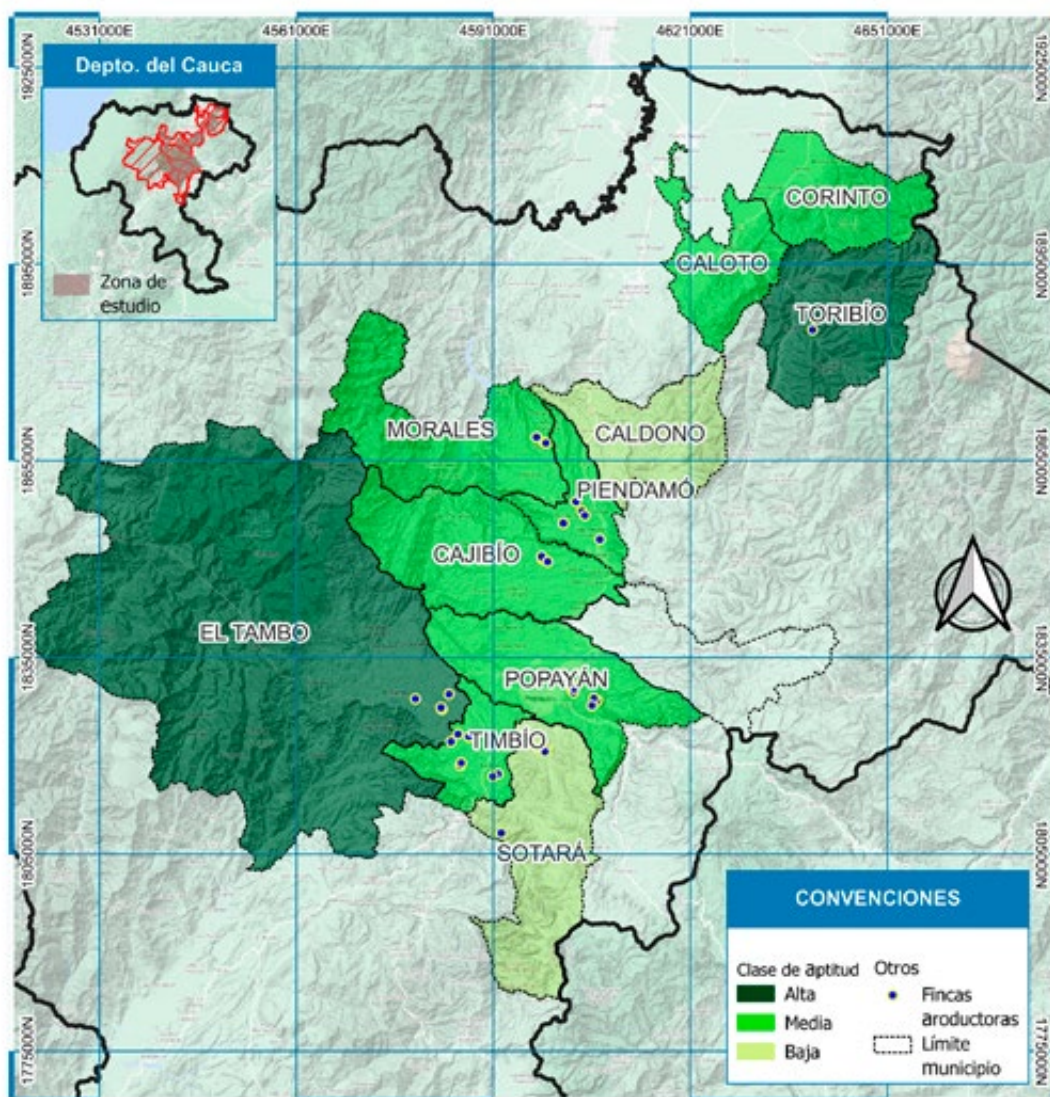
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.20. Aptitud de criterios de la dimensión sociocultural para zonificación de aguacate Hass. Organización.



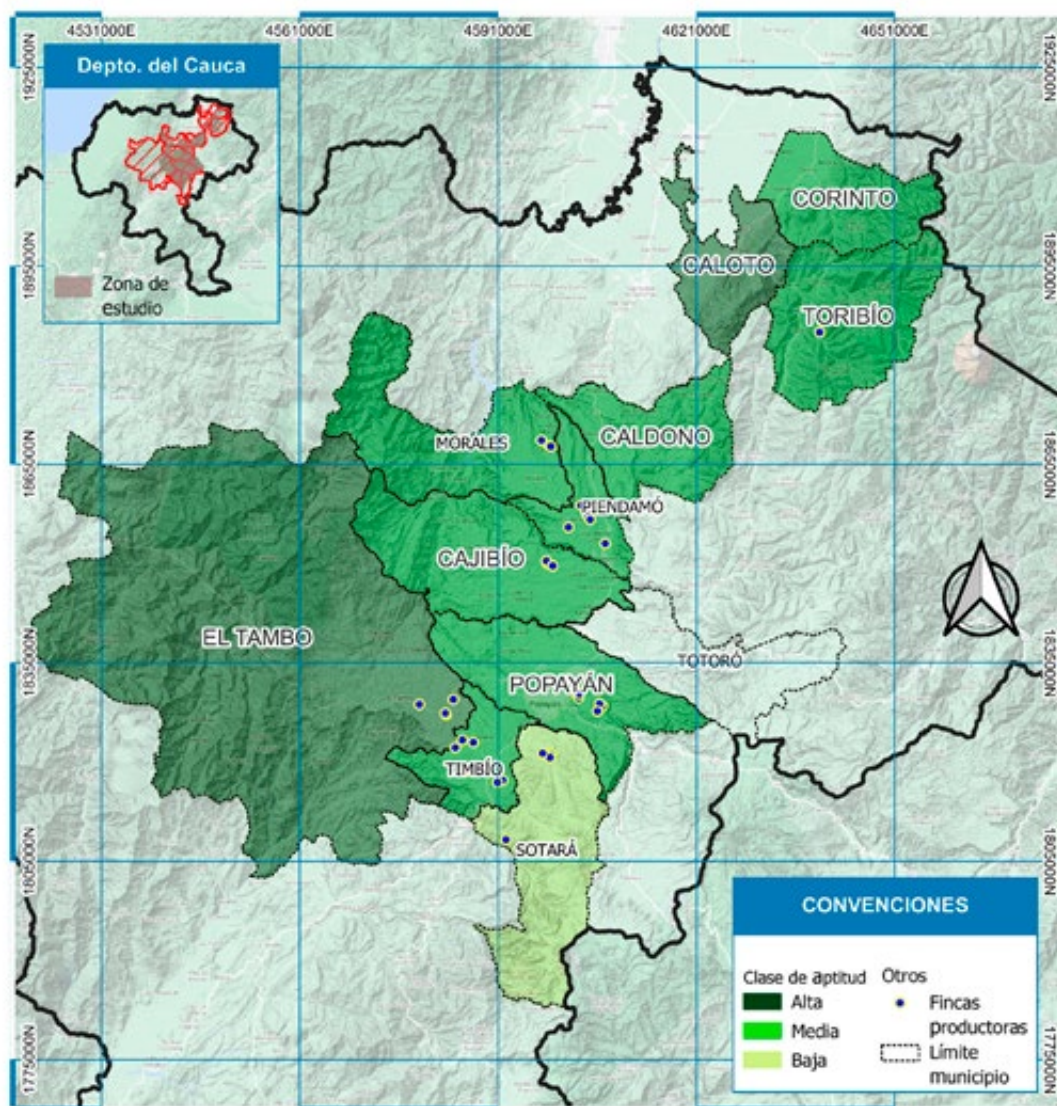
Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.21. Aptitud de criterios de la dimensión sociocultural para zonificación de aguacate Hass. Seguridad y mantenimiento.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4.22. Aptitud de criterios de la dimensión sociocultural para zonificación de aguacate Hass. Multifuncionalidad.



Fuente: Elaboración propia.

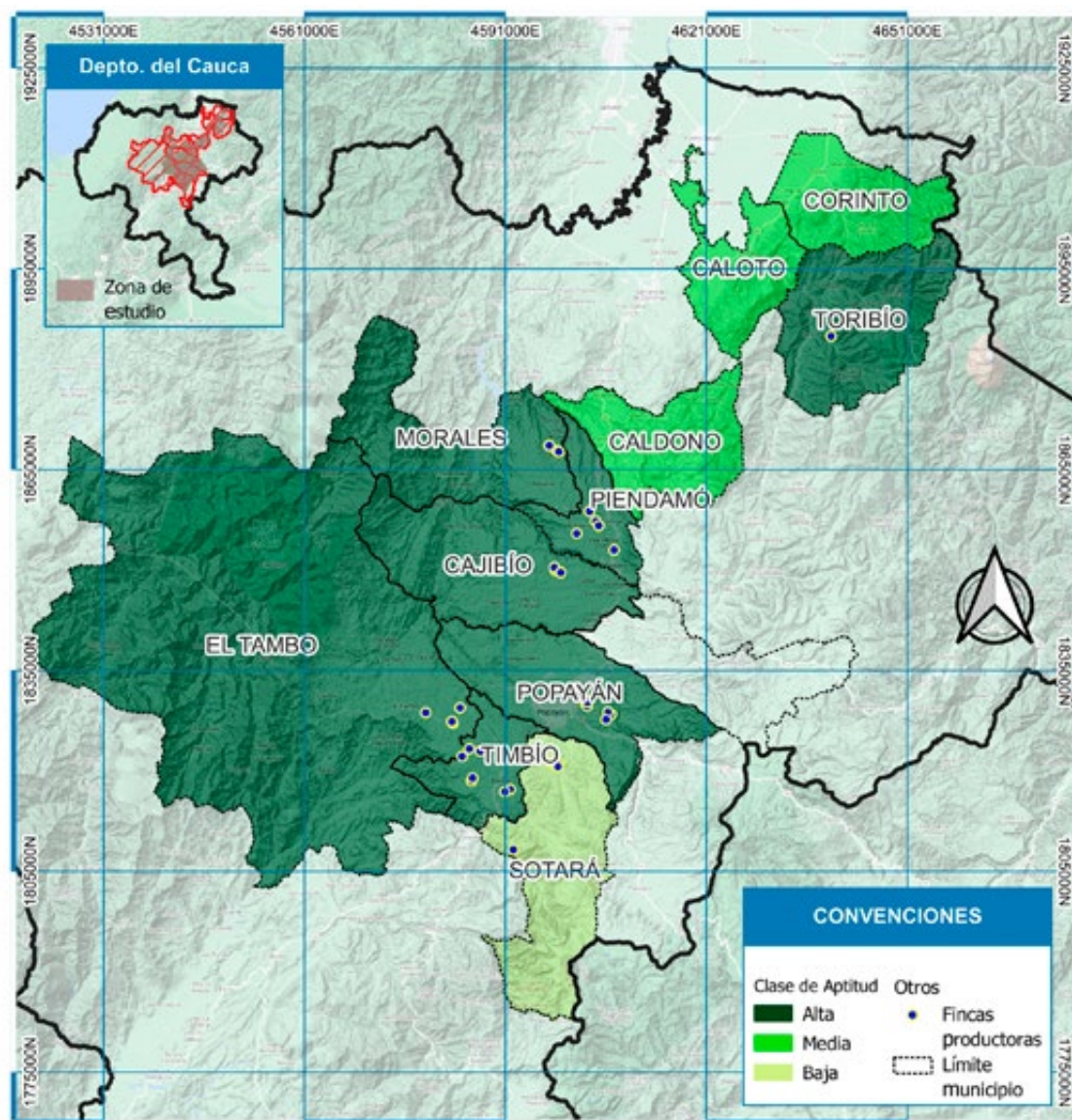
Dimensión tecnológica

Este factor determina en gran medida la productividad y competitividad de la zona, y expresa la disponibilidad y utilización de tecnología para manejo agronómico del cultivo y mejoramiento de su productividad, así como el tipo de tecnología con que cuenta el territorio en función de la estructura requerida para la transformación y agregación de valor.

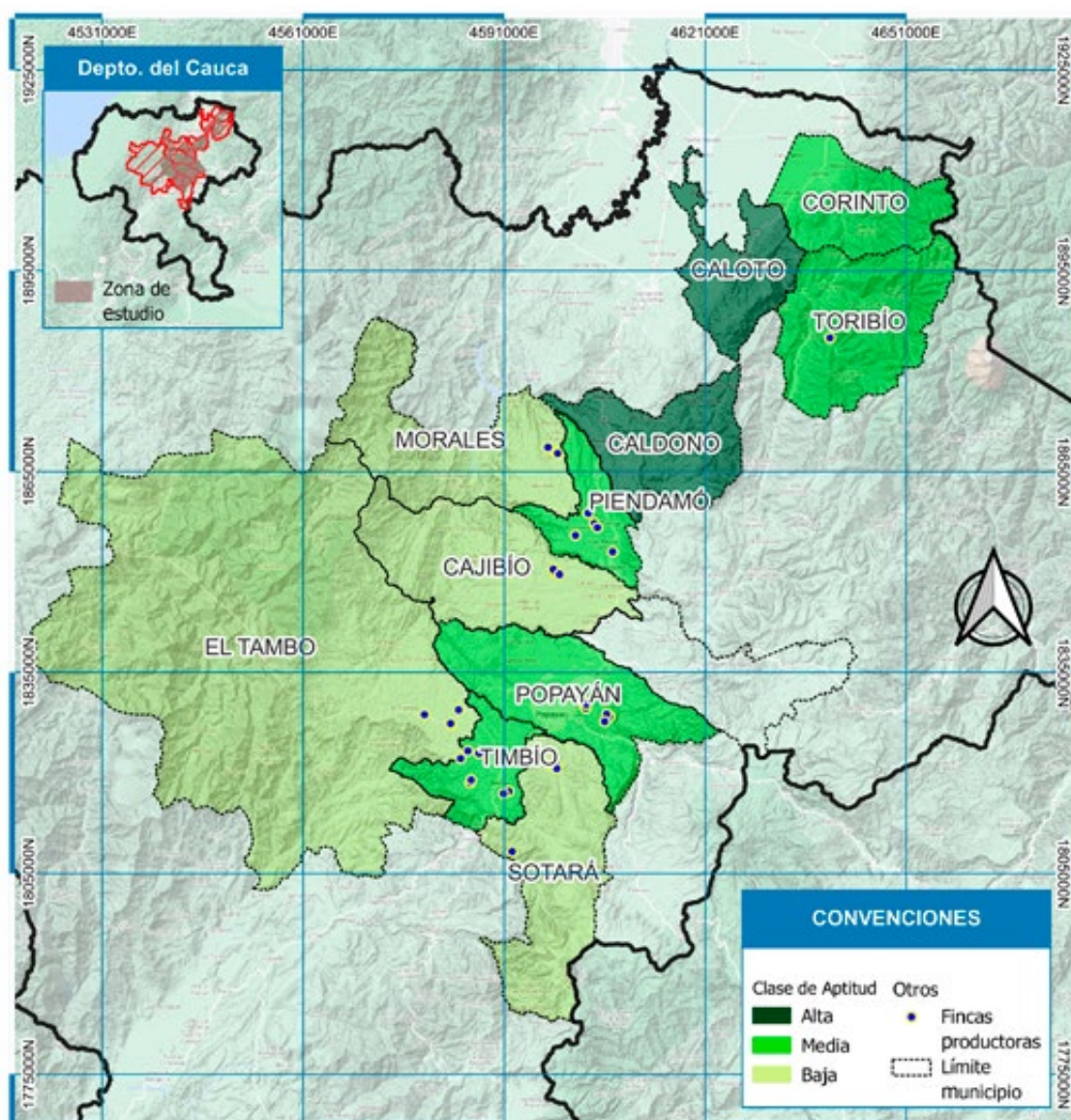
La tradición productiva y el apoyo institucional en el sistema de producción de aguacate permiten establecer que en los municipios evaluados son comunes las prácticas y labores del cultivo para establecimiento, mantenimiento y manejo fitosanitario del cultivo. Por esta razón se observa una tendencia de aptitud alta a media en el territorio para la variable balance tecnológico en la producción primaria, principalmente en El Tambo, Popayán, Cajibío y Timbío (figura 4.23).

En referencia al criterio infraestructura tecnológica enfocada a la agregación de valor, se observa una tendencia generalizada hacia la aptitud baja en el 30 % de los municipios y hacia la aptitud media en los demás (figura 4.23). En este criterio se destaca que los municipios no cuentan con un acopio de la producción local ni regional, y que parte de las acciones y programas institucionales se enfocan principalmente en el mejoramiento de la producción primaria, sin considerar factores poscosecha que requieren también de elementos y tecnología para garantizar la calidad y el valor agregado de la fruta obtenida en la zona y con destino a mercados de exportación.

Figura 4.23. Aptitud de criterios de la dimensión tecnológica para zonificación de aguacate Hass. Balances tecnológicos en la producción primaria (a) e infraestructura tecnológica (b).



a.



b.

Fuente: Elaboración propia.

Referencias

- Bartoli, J. A. (2008). *Manual técnico del cultivo del aguacate Hass (Persea americana L.)*. Fundación Hondureña de Investigación. <http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/handle/123456789/654>
- Bernal, J. (2008). *Tecnologías para el cultivo del aguacate: Manual número 5*. Corpoica. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/13459>
- Bernal, J. (2016). *Estudios ecofisiológicos en aguacate cv. Hass en diferentes ambientes como alternativa productiva en Colombia* [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Colombia]. Repositorio UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/55435>
- Bisonó, S. M., & Hernández, J. R. (2008). *Guía tecnológica sobre el cultivo del aguacate*. Consejo Nacional de Competitividad. <http://bvirtual.infoagro.hn/xmlui/handle/123456789/656>
- Corporación Autónoma Regional del Cauca (CRC). (2017). Cobertura de la tierra y uso del suelo. Departamento del Cauca escala 1:25.000. Contrato de Consultoría 000511 de 2017 [Documento técnico].
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA. (2020). Segundo informe técnico “Producto 1. Valoración de la oferta biofísica y caracterización socioeconómica de sistemas de producción de aguacate para la identificación de nichos productivos y tecnología requerida en el desarrollo de cultivos de aguacate Hass en el departamento del Cauca”. Proyecto “Desarrollo y validación de tecnologías para el mejoramiento de la productividad y calidad de aguacate Hass” [Documento de trabajo, Palmira, AGROSAVIA, Centro de Investigación Palmira].
- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA. (2022). Cuarto informe técnico “Producto 1. Valoración de la oferta biofísica y caracterización socioeconómica de sistemas de producción de aguacate para la identificación de nichos productivos y tecnología requerida en el desarrollo de cultivos de aguacate Hass en el departamento del Cauca”. Proyecto “Desarrollo y validación de tecnologías para el mejoramiento de la productividad y calidad de aguacate Hass” [Documento de trabajo, Palmira, AGROSAVIA, Centro de Investigación Palmira].



- Fonseca, F., Aguilar, D., Siachoque, R., Urbina, J., Otero, J., Páramo, G., & Lozano, J. (2018). *Zonificación de aptitud para el cultivo comercial de aguacate Hass en Colombia, a escala 1:100.000*. UPRA.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1976). *Esquema para la evaluación de tierras* [Boletín de Suelos, n.º 32]. FAO. <http://www.fao.org/docrep/x5310e/x5310e00.HTM>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1984). *Land evaluation for forestry* [Forestry Paper, n.º 48]. FAO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (1985). *Guidelines: Land evaluation for irrigated agriculture* [Soils Bulletin, n.º 55]. FAO.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2007). *Land evaluation: towards a revised framework* [Documento de debate de Tierras y Aguas de la FAO, n.º 6]. FAO. <http://ftp.fao.org/docrep/fao/011/a1080e/a1080e00.pdf>
- Gómez, M. (2012). Fertilización en frutales. En R. Saavedra, H. Vásquez, & E. Mejía (Eds.), *Manual para el cultivo de frutales en el trópico* (pp. 141-168). Produmedios.
- Instituto Colombiano Agropecuario (ICA). (2015). Resolución 003593 de 2015, “por medio del cual se crea el mecanismo para mantener, establecer, actualizar y divulgar el listado de plagas reglamentadas en Colombia”. <https://www.ica.gov.co/getattachment/a6a72675-e009-42f7-8c25-89b406e494d9/2015r3593.aspx>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). (2019). *Guía metodológica de la operación estadística de variables meteorológicas*. IDEAM. <http://www.ideam.gov.co/documents/10182/557765/Definiciones+CNE.pdf/25e1cca5-ee47-4eaf-86c0-c4f5192a9937>
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2009). *Estudio general de suelos y zonificación de tierras: Departamento del Cauca: Escala 1:100.000*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi [IGAC]. (2014). *Zonificación climática para levantamiento de Suelos*. Instituto Geográfico Agustín Codazzi
- Miranda, D. (2012). Establecimiento de huertos frutícolas. En R. Saavedra, H. Vásquez, & E. Mejía (Eds.), *Manual para el cultivo de frutales en el trópico* (pp. 99-119). Produmedios.

- Ospina Parra, C. E. (2020). Informe técnico AGROSAVIA: Caracterización productiva y socioeconómica del sistema productivo de aguacate Hass en el departamento del Cauca. Proyecto “Desarrollo y validación de tecnologías para el mejoramiento de la productividad y calidad de aguacate Hass” [Documento de trabajo].
- Polo Carrera, S. (2020). Caracterización edafoclimática a escala 1:25.000 de sistemas de producción de aguacate Hass en once municipios del departamento del Cauca. Proyecto “Desarrollo y validación de tecnologías para incrementar la productividad del cultivo de aguacate Hass en el Departamento del Cauca” [Informe técnico, AGROSAVIA, Centro de Investigación Palmira].
- Saavedra, R., Vásquez, H., & Mejía, E. (Eds.). (2012). *Manual para el cultivo de frutales en el trópico*. Produmedios.
- Siraj, S., Mikhailov, L., & Keane, J. (2015). PriEsT: An interactive decision support tool to estimate priorities from pairwise comparison judgments. *International Transactions in Operational Research*, 22(2), 217-235. <https://eprints.whiterose.ac.uk/102702/1/manuscript.pdf>
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2013). *Consolidación de la metodología general de evaluación de tierras para la zonificación con fines agropecuarios a nivel nacional*. Imprenta Nacional.
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2014). *Consolidación de la metodología de evaluación de tierras con fines agropecuarios a escala semidetallada (1:25.000)*. Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. UPRA. <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/36445>
- Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA). (2018). *Zonificación de aptitud para el cultivo comercial de aguacate Hass en Colombia, a escala 1:100.000*. UPRA. <https://www.datos.gov.co/Agricultura-y-Desarrollo-Rural/Zonificaci-n-de-aptitud-para-el-cultivo-comercial-/tx7u-frn2/data>



Los autores

Andrés Felipe Rodríguez Vásquez

Profesor asistente

Universidad Nacional de Colombia, sede Bogotá.

afrodriguezv@unal.edu.co

<https://orcid.org/0009-0003-7675-4079>

Ingeniero agrícola, magíster en Geomática y candidato a doctor en Ciencias Agrarias. Investigador junior de Colciencias, enfocado en las áreas de geomáticas, suelos, evaluación de tierras, geoestadística, pedometría, agricultura digital y aspectos relacionados con las ciencias geoespaciales aplicadas a las ciencias agropecuarias.

Carlos Eduardo Ospina Parra

Investigador Máster Asociado

Centro de investigación La Selva, AGROSAVIA

ceospina@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0002-3155-663X>

Ingeniero agrónomo, M Sc. en Sociedades Rurales. Investigador máster de La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA desde 2013. Tiene experiencia en proyectos de investigación y vinculación de tecnologías en el sector agropecuario. Ha coordinado investigaciones de análisis sociales, económicos y técnicos de los sistemas productivos y las cadenas de valor ante eventos de variabilidad y cambio climático, y ha liderado proyectos de vinculación y apropiación de tecnologías de sistemas de producción campesina en Colombia.

Diana Lucía Correa Moreno

Investigador Ph.D.

Centro de investigación Palmira, AGROSAVIA

dlcorrea@agrosavia.co

<https://orcid.org/0000-0003-1655-6102>

Ingeniera agrónoma con maestría y doctorado en Ciencias Agrarias, línea de investigación Manejo de Suelos y Aguas de la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira. Tiene experiencia en planificación y ejecución de proyectos de investigación y extensión en el área de degradación, desertificación, cambio climático, cuencas hidrográficas, manejo y conservación de suelos y aguas, evaluación de tierras e indicadores de calidad del suelo. Ha trabajado en la evaluación y monitoreo de indicadores de degradación de suelos y desertificación, generando modelos para valoración de riesgo de desertificación en condiciones tropicales mediante la utilización de indicadores biofísicos y socioeconómicos. En la actualidad participa en La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA como investigadora principal y asociada en proyectos de manejo agronómico de cultivos (guayaba, aguacate, mora y cítricos), evaluación de especies nativas forestales y servicios ecosistémicos asociados, zonificación de cultivos, y adaptación a la variabilidad y cambio climático.

Francisco José Sánchez Marín

Profesor de tiempo completo

Universidad del Pacífico, Buenaventura, Valle del Cauca

fjsanchez@unipacifico.edu.co

<https://orcid.org/0000-0001-7491-0988>

Ingeniero agrónomo de la Universidad Nacional de Colombia. Se ha desempeñado como profesor en la misma alma mater y en la Universidad del Pacífico en las áreas de matemáticas y métodos cuantitativos. Ha trabajado como asesor y consultor estadístico en proyectos de investigación en el campo de las ciencias biológicas, agropecuarias y sociales en el Centro Internacional de Agricultura Tropical [CIAT], La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA y el Instituto para la Investigación y la Preservación del Patrimonio Cultural y Natural del Valle del Cauca (INCIVA).

Lina Vanessa Garavito Morales

Profesional de apoyo a la investigación
Centro de Investigación Palmira, AGROSAVIA
lgaravito@agrosavia.co
<https://orcid.org/0000-0001-5178-6590>

Ingeniera agrónoma de la Universidad de Caldas y estudiante de la Maestría en Ciencias Agrarias, línea de investigación Suelos, de la Universidad Nacional de Colombia. Ha trabajado en proyectos de investigación direccionados al manejo agronómico de cultivos como yuca, batata, aguacate, banano y lulo, con enfoque en el manejo sostenible del suelo, y con participación en el diseño e implementación de programas de fertilización y nutrición vegetal, mejoramiento genético de plantas y conservación de especies forestales. Ha trabajado en la implementación de metodologías participativas para el trabajo con comunidades, como gestión estratégica para el fortalecimiento de capacidades locales. Actualmente participa en proyectos de investigación en el área de evaluación de tierras y manejo de suelos, especies nativas forestales y generación de tecnologías para mejorar la productividad y calidad de la yuca en el suroccidente colombiano.

Luis Carlos Grajales Guzmán

Investigador Máster
Centro de investigación Palmira, AGROSAVIA
lgrajales@agrosavia.co
<https://orcid.org/0000-0002-8762-4806>

Ingeniero agrícola con maestría en Ingeniería Ambiental, con línea de investigación en Monitoreo, Modelación y Gestión de Recursos Naturales. Cuenta con experiencia en formulación, planeación operativa y administración técnica-financiera de proyectos de investigación agrícola, con enfoque en el manejo sostenible de los recursos naturales agua y suelo, principalmente en diseño e implementación de sistemas de riego, evaluación de indicadores de gestión del recurso hídrico y manejo eficiente del agua en sistemas productivos agrícolas, diseño y evaluación de programas de fertilización y estimación de requerimientos nutricionales de plantas.

Actualmente participa en proyectos de investigación en valoración biofísica de tierras para la producción de aguacate, manejo de suelos y recurso hídrico en guayaba y establecimiento de esquemas de producción de semilla de calidad en plátano y guayaba.

Sebastián Polo Carrera

Consultor en edafología y evaluación de tierras

sepolca06729@gmail.com

Ingeniero agrónomo, magíster en Ciencias Agrarias con énfasis en Suelos. Experto en aspectos edafológicos y usos de la tierra. Ha participado en diversos proyectos relacionados con la evaluación de tierras, estudio de suelos y usos de la tierra. Ha trabajado con entidades como el Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC), la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) y La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA.

María Casamitjana Causa

Universidad de Girona, Girona, España

u1900874@campus.udg.edu

<https://orcid.org/0000-0003-3257-0991>

Ingeniera forestal de la Universidad de Lleida, España. Ingeniera agrónoma de la Universidad de Lleida, España. Magíster en Medioambiente de la Universidad de Girona, España, línea de investigación en Monitoreo, Modelación y Gestión de Recursos Naturales. Trabaja en proyectos con enfoque agroambiental de los recursos agua y suelo mediante la ordenación territorial y el análisis del paisaje con imágenes espectrales en ambientes tropicales y mediterráneos.

Edinson Castillo López

Profesional de apoyo a la investigación
Centro de investigación Palmira, AGROSAVIA
ecastillo@agrosavia.co
<https://orcid.org/0009-0008-9214-8120>

Ingeniero de alimentos de la Universidad Nacional Abierta y a Distancia de Colombia (UNAD), tecnólogo químico de la Universidad del Valle. Actualmente se desempeña como profesional de apoyo a la investigación en La Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA en proyectos de investigación orientados al manejo agronómico de cultivos como guayaba, aguacate, forestales y cacao con enfoque en la determinación de propiedades físicas y químicas de suelos y cuantificación de variables de calidad interna de fruta de interés agroalimentario.



El libro presenta las características biofísicas y socioeconómicas de áreas productoras y potenciales de las zonas aptas para aguacate Hass (escala semidetallada 1:25.000) en once municipios del departamento del Cauca (Colombia): Cajibío, Caldon, Caloto, Corinto, El Tambo, Morales, Piendamó, Popayán, Sotará, Toribío y Timbío. Aplicando la metodología de evaluación de tierras y zonificación, describe y analiza información sobre las condiciones de suelos, paisajes y clima, requerimientos del cultivo y variables socioeconómicas que determinan la competitividad del sector y la cadena productiva. Esta información contribuye a establecer las limitantes del cultivo y la tecnología que se necesita para la planificación de nuevas áreas y el mejoramiento de la productividad y competitividad del sistema de producción a nivel regional.

ISBN: 978-958-740-694-8



AGROSAVIA
EDITORIAL