

Identificación de las zonas de ladera aptas para el cultivo de aguacate Hass en el territorio del Valle del Cauca



Andrés Jines León
Anton Eitzinger



Financian



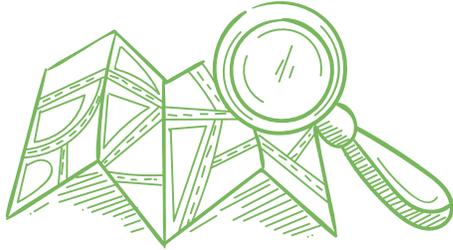
Apoyan



Organiza



Identificación de las zonas de ladera aptas para el cultivo de aguacate Hass en el territorio del Valle del Cauca



Andrés Jines León
Anton Eitzinger

Identificación de las zonas de ladera aptas para el cultivo de aguacate Hass en el territorio del Valle del Cauca

Andrés Jines León
Anton Eitzinger

Financian



Apoyan



Organiza



Catalogación en la publicación Universidad Nacional de Colombia

Jinés León, Andrés

Identificación de las zonas de ladera aptas para el cultivo de aguacate Hass en el territorio del Valle del Cauca / Andrés Jinés León, Anton Eitzinger. — Primera edición. — Bogotá : Editorial Universidad Nacional de Colombia ; Palmira : Universidad Nacional de Colombia. Proyecto Incremento de la Competitividad Sostenible, 2021.

74 páginas : ilustraciones (principalmente a color), diagramas, mapas

Incluye referencias bibliográficas

ISBN 978-958-794-580-5 (rústica). — ISBN 978-958-794-581-2 (e-book)

1. Zonificación de suelos 2. Aguacate — Cultivo — Valle del Cauca — Colombia 3. Persea americana
4. Investigación agrícola para el desarrollo 5. Desarrollo de la comunidad I. Eitzinger, Anton II. Título

CDD-23 631.4786152 / 2021

© Universidad Nacional de Colombia

© Proyecto Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, occidente

Primera edición, agosto del 2021

ISBN impreso: 978-958-794-580-5

ISBN digital: 978-958-794-581-2

Preparación editorial

Editorial Universidad Nacional de Colombia

Av. El Dorado # 44A-40

Hemeroteca Nacional Universitaria

Bogotá D.C., Colombia

(+57 1) 316 5000 Ext. 20040

direditorial@unal.edu.co

Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT)

Sede Principal y Oficina Regional para América

Latina y el Caribe

Km 17 Recta Cali-Palmira. C. P. 763537

A. A. 6713, Cali, Colombia

Teléfono: +57 2 4450000

Punto focal: Jhon Jairo Hurtado

Correo electrónico: j.hurtado@cgiar.org

Página web: www.ciat.cgiar.org

Coordinación editorial

Angélica María Olaya Murillo

Corrección de estilo

Hernán Rojas

Diseño de la colección

Andrea Kratzer

Diseño de cubierta

Juan Carlos Villamil N.

Diagramación

Martha Echeverry

Este documento hace parte de una serie de volúmenes estratégicos desarrollados en el marco de proyecto “Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, occidente”, financiado por el Sistema General de Regalías (SGR) y coordinado por la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira.

Fotografías de cubierta Pedro José Arango Dussan

Viñeta de cubierta diseñada por ikatod / rawpixel / Freepik, tomada de: www.freepik.es

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.

Impreso y hecho en Bogotá, D. C., Colombia



Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual

CC BY-NC-SA

AGRADECIMIENTOS

El Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) agradece a la Universidad Nacional de Colombia, sede Palmira, por habernos permitido liderar este proceso de zonificación de cultivos de relevancia socioeconómica en el departamento. Del mismo modo, expresamos nuestra gratitud con la Gobernación del Valle del Cauca y el Sistema General de Regalías como financiadores del proyecto. Asimismo, a la Sociedad de Agricultores y Ganaderos del Valle del Cauca (SAG) y a la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) por las contribuciones de información que, como fuente de consulta secundaria, sirvieron como cimiento para la construcción de nuevos conocimientos.

Por último, extendemos un especial agradecimiento al equipo de trabajo de la UNAL y del CIAT por su compromiso y apoyo con esta investigación, y de forma particular a:

Alejandra Galvez, Lizette Diaz, Natalia Gutierrez y Mark Lundy (CIAT)

Carlos Germán Muñoz, Eyder Daniel Gómez, Herney Darío Vasquez y Raúl Saavedra (UNAL)

Mónica Cifuentes (joven investigadora, UNAL).

CONTENIDO

Agradecimientos	7
Introducción	11
1. Objetivos	12
1.1. Objetivo general	12
1.2. Objetivos específicos	12
2. Marco de referencia	12
2.1. Antecedentes	12
2.2. Singularidades del cultivo (aguacate Hass)	13
2.3. Alcances y limitaciones de la zonificación	13
3. Marco de conceptos generales	14
3.1. Zonificación edafoclimática	14
3.2. Componentes físicos	14
3.2.1. Clima	15
3.2.2. Suelos	17
3.2.3. Geomorfología	17
3.3. Criterios socioecosistémicos	18
3.4. Criterios socioeconómicos	18
3.5. Cambio climático	18
4. Metodología	19
4.1. Recolección y producción de datos	22
4.1.1. Identificación de la zona de estudio	22
4.1.2. Obtención de variables climáticas	23
4.1.3. Obtención de variables de suelo	25
4.1.4. Obtención de las variables geomorfológicas	25
4.1.5. Obtención de los requerimientos para el cultivo del aguacate Hass	25
4.1.6. Obtención de información socioecosistémica a nivel departamental	26
4.1.7. Información socioeconómica departamental derivada del Tercer Censo Nacional Agropecuario de 2014	27
4.2. Ajuste de datos. Reclasificación de las variables	28
4.3. Superposición ponderada	29
4.4. Categorización	30
4.5. Vinculación de información socioecosistémica y socioeconómica	32
5. Resultados	34
5.1. Zonificación edafoclimática para el aguacate Hass	34
5.2. Validación de los resultados de la zonificación edafoclimática	38
5.3. Información socioecosistémica y socioeconómica asociada con las áreas de zonificación edafoclimática	39
5.4. Información socioeconómica asociada con las áreas de zonificación edafoclimática	50
5.5. Aptitud climática basada en escenarios de cambio	53
Conclusiones	68
Referencias	68
Anexos	71

INTRODUCCIÓN

En Colombia, es necesario que los productores adquieran conocimientos y desarrollen capacidades en temáticas concernientes a las cadenas de valor y, de este modo, bajo propuestas de carácter incluyente accedan a los mercados. Así, a partir de esta base, se ha desarrollado el proyecto de regalías: “Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, Occidente”, el cual, mediante un enfoque participativo de aprendizaje en dichas temáticas, ha fomentado la circulación de conocimiento y el intercambio de información.

A través de una perspectiva de construcción conjunta, e inclusión activa de los actores de la cadena del aguacate Hass, se ha delineado una visión a futuro con una serie de estrategias y herramientas que apuntan al mejoramiento del desarrollo rural, bajo lineamientos de sostenibilidad y competitividad integral. Así, en el ámbito de esta investigación, se ha llevado a cabo el análisis de la zonificación edafoclimática, en escenarios de cambio climático, y la revisión de las condiciones socioecosistémicas y socioeconómicas. Con este aporte, se espera apoyar con mayor precisión a la planeación, las políticas de fomento, la gestión y la toma de decisiones, tanto para el sector público como para el privado.

En cuanto a la implementación del análisis de zonificación, este se soporta en el uso de herramientas de sistemas de información geográfica, para el tratamiento y evaluación de la información de variables (edáficas y climáticas) inscritas en el componente físico. A partir de este, se determina, según sea el interés, la aptitud del territorio para soportar cierto tipo de producción. Por su parte, en el componente socioecosistémico, se identifica las variables que permiten obtener una interpretación aproximada de las dinámicas ecológicas que condicionan la actividad productiva. Finalmente, el componente socioeconómico analiza los criterios que involucra la competitividad y las condiciones sociales que delimitan la actividad, a partir de los cuales, se obtienen las áreas de aptitud en la zona de ladera en el departamento donde potencialmente se podría desarrollar el cultivo del aguacate Hass. En este caso en particular, la zonificación se ha proyectado a una escala 1:100.000 con limitantes de altitud que inician a los 1.100 m s. n. m., considerando que este corte de elevación es el que define el carácter de ladera de las zonas de estudio.

Según lo anterior, en este documento se presentan los resultados obtenidos en el ejercicio de identificación de las áreas aptas para el cultivo de Aguacate Hass en Colombia. Para la realización de la zonificación, tal y como se describe en el flujograma del proceso de zonificación, el estudio comenzó con la adquisición de los datos, la definición de criterios y los lineamientos de exclusión, paralelamente se realizaron los primeros análisis, que corresponden a la proyección del cambio climático para el cultivo del aguacate Hass. La segunda fase del estudio inició a partir del proceso de reclasificación, categorización, ponderación y generación de zonas de exclusión, las cuales se aplicaron a los mapas resultantes de los modelos ponderados. A su vez, a los modelos de cambio climático se les aplicó las capas de exclusión.

En la etapa final, se realizó la validación de los modelos generados con puntos de presencia reales tomados en campo. En consecuencia, el producto final de este estudio corresponde a los mapas a nivel de las zonas de ladera y a las tablas de resultados, en los cuales se presentan los diferentes niveles de aptitud, tanto en aspectos climáticos, edafológicos, como geomorfológicos. Para la integración de los datos socioecosistémicos y socioeconómicos, se llevó a cabo una intersección con las áreas de aptitud de la zonificación edafoclimática. Por último, con respecto a los resultados obtenidos, estos se aplicaron a nivel municipal, debido a que, para efectos de toma de decisiones, tanto en el ámbito público como en el privado —a escala regional—, estas unidades son las más adecuadas.



1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

Elaborar la zonificación agrícola del cultivo de aguacate Hass en el marco del proyecto “Incremento de la competitividad sostenible en la agricultura de ladera en todo el departamento, Valle del Cauca, Occidente”, del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación (FTCEL) del Sistema General de Regalías (SGR).

1.2. Objetivos específicos

- Identificar los requerimientos ambientales para el desarrollo eficiente del cultivo de aguacate Hass.
- Identificar las variables (suelos, clima, terreno) existentes para las zonas de ladera en el departamento.
- Identificar las variables requeridas del componente físico, socioecosistémico y socioeconómico adyacentes e involucradas con el cultivo de aguacate Hass en ladera.
- Determinar (indicar) las diferentes aptitudes de las zonas de ladera del Valle del Cauca respecto a las proyecciones de cambio climático para el año 2050.

2. MARCO DE REFERENCIA

2.1. Antecedentes

Fortalecer las iniciativas de competitividad del sector hortofrutícola es un componente necesario para apuntalar estrategias vinculadas a la seguridad alimentaria y el desarrollo socioeconómico del país y de la región. Las iniciativas de zonificación como herramientas de conocimiento dirigidas al mejoramiento de la toma de decisiones en este campo tienen, a nivel nacional, una serie de aproximaciones que dan cuenta del panorama y las condiciones del sector, en este caso del aguacate Hass. A continuación, se hace una reseña de estas iniciativas.

En el año 2015, Bancoldex y la UT Crece - Federación Nacional de Cafeteros de Colombia presentaron un ejercicio de zonificación a nivel nacional, el cual arrojó como resultado que el 3 % de la superficie del país tenía condiciones aptas para el cultivo del aguacate Hass. A su vez, se destacó que los departamentos con mayor superficie con aptitud alta eran Antioquia, Cauca, Valle del Cauca, Santander y Huila.

Por su parte, en el 2017 la Unidad de Planificación Rural Agropecuaria (UPRA) presentó su ejercicio de zonificación del aguacate Hass a nivel nacional. Los resultados de este estudio mostraron que un 3,5% de la superficie del país poseía tierra apta para el desarrollo del cultivo, pero solo un 0,6 % de esta área tenía el potencial más alto. Así, los departamentos que más destacaban por su potencial eran los siguientes: Antioquia, Cauca, Santander, Boyacá y Huila.

Otro trabajo de zonificación fue llevado a cabo por Ramírez-Gil *et al.* (2018) mediante la aplicación de modelamiento de nicho ecológico. En este estudio, se tomó como referente unidades productivas mayores a una hectárea y, como insumos, variables ambientales y otras derivadas de modelos digitales de elevación. Los resultados arrojaron zonas con rangos de porcentaje de aptitud diferentes, ubicadas en particular en las tres vertientes montañosas y en los valles interandinos de ríos como el Magdalena y Cauca. Todas estas áreas tienen un rango altitudinal entre los 1.400 y 2.500 m s.n.m.



A nivel regional, Bernal (2011) realizó un estudio en Antioquia, en el cual tomó como referente el manejo agronómico, los rendimientos y la calidad del fruto, para determinar las zonas más aptas para el cultivo del aguacate Hass en este departamento. Como resultado, se halló que factores como la temperatura, las precipitaciones y la radiación solar son de gran influencia. Sin embargo, también se evidenció una gran correlación entre los entornos ambientales a altitudes bajas y los climas cálidos, los cuales provocaban baja calidad del fruto. Así, en altitudes menores a 1.770 m s.n.m, los frutos presentaron bajos contenidos de pulpa, pero en lugares por encima de esta altitud, los frutos alcanzaron calidades extra con altos gramajes.

2.2. Singularidades del cultivo (aguacate Hass)

Con respecto al aguacate, este es un frutal del género *Persea*, originario de las cordilleras de México y las serranías de Guatemala. Se caracteriza por su variabilidad y número, con 92 géneros registrados y unas 2800 a 3300 especies no registradas, que se distribuyen a lo largo de las regiones tropicales y subtropicales (Renner, 1999). El aguacate Hass es un cultivar derivado del cruce espontáneo de cultivares guatemaltecos y mexicanos.

Por lo general, la primera cosecha plena sucede al término de los primeros cuatro años del cultivo. Una de las características principales de este árbol es su capacidad de producción sin la necesidad de gran diversidad de polinizadores. El aguacate Hass es una variedad “de comportamiento en zonas medias, fruto oval y piriforme, cáscara rugosa de tamaño mediano, de color verde que se oscurece al madurar, y se torna negro, de pedúnculo corto y resistente a la manipulación y al transporte” (Bancoldex y UTCF, 2015). A pesar de su pequeño tamaño, otra de sus características fundamentales es su alto contenido de aceite; y, si bien el factor genético determina algunas de estas características, se debe tener en cuenta que los medios de producción también determinan la mejora de algunos de estos caracteres (Ortega, 2015).

En cuanto a las condiciones ambientales, estas inciden de forma significativa en el desarrollo y producción del cultivo. En especial, aquellos factores como la temperatura, las precipitaciones y el viento; así como otros incidentales, como la calidad del aire, la morfología del árbol y la ubicación espacial de la plantación. Con respecto a los factores principales que impactan la cadena del aguacate Hass durante la poscosecha, están los fuertes vientos, que ocasionan laceraciones en los frutos, lo cual conlleva a procesos de deterioro. Por otra parte, los factores fitosanitarios también son frecuentes, dependiendo del impacto de las precipitaciones sobre el cultivo, especialmente en la época de floración, lo que deriva en la aparición de patógenos y plagas (DANE, 2016).

En la actualidad, la variedad Hass corresponde al 80 % de los aguacates que se consumen a nivel mundial (Bernal *et al.*, 2014) y en Latinoamérica están sus principales productores, en orden descendente: México, Chile, Brasil, Perú y República Dominicana. En el caso de Colombia, al poseer una gran variedad de pisos térmicos, esto abre la posibilidad de su producción en muchas áreas geográficas y, a su vez, muestra una amplia variabilidad en los rendimientos y comportamientos del cultivo. Con respecto a los principales departamentos productores de esta variedad en el país están Tolima, Antioquia, Caldas, Bolívar, Santander, Cesar y Valle del Cauca.

2.3. Alcances y limitaciones de la zonificación

Con relación a la realización de la zonificación para el cultivo del aguacate Hass en la zona de ladera del Valle del Cauca, esta apunta al entendimiento —por parte de las organizaciones y cultivadores de las zonas de ladera en el departamento— de la forma en que los aspectos físicos, climáticos y geomorfológicos, articulados con los socioeconómicos y socioecosistémicos, impactan ahora y en el futuro (proyecciones al año 2050) el sector agrícola focalizado en el aguacate Hass. Con esto, se espera que puedan llevarse a cabo estudios más específicos, en lo concerniente a las medidas de adaptabilidad que los agricultores deben aplicar y al apoyo institucional o sectorial que debe implementarse. Otro alcance de la zonificación es la posibilidad que se le presenta a las distintas empresas que promueven el cultivo, prestan asistencia y llevan a cabo programas de extensión para la cadena



del aguacate Hass, ya que, al tener referentes de aptitud por zonas y referentes climáticos presentes y futuros, pueden llevar a cabo una planeación estratégica mucho más concreta.

Por otra parte, el estudio de zonificación presenta tres limitaciones principales:

- 1) La zonificación en esencia es una herramienta que señala, de forma general, la aptitud de un cultivo, en este caso bajo ciertas restricciones, sujeta a escala y a la resolución de los datos utilizados. Es relevante entender que, para mejorar la predicción de la aptitud y ser más concretos al determinar localmente las condiciones para llevar a cabo proyectos productivos, se debe acudir a análisis más específicos, tal como la agricultura específica por sitio, que respondan a las especificidades de cada lugar, en especial, en el aspecto edafológico.
- 2) Otra limitante de la zonificación está definida por la coincidencia con las zonas de aptitud de otros cultivos. No se puede definir a través de la zonificación si debe priorizar un cultivo por encima de otro. Esto debe definirse a través de otras herramientas que incluyan elementos de la cadena de valor del aguacate Hass, tales como la competitividad, la variación de los precios internacionales —o de los precios de cultivos sustitutos o complementarios—, la inversión, la tradición y los arraigos culturales; los cuales también pueden definir finalmente la opción a tomar.
- 3) La zonificación se ve limitada a la hora de responder concreta y específicamente a la preocupación de algunos productores que ven cómo sus tierras quedan fuera de las zonas de aptitud. Este hecho puede llegar a restringir el acceso a medios de financiación, programas de extensión, inversión, contratación de seguros, entre otros.

3. MARCO DE CONCEPTOS GENERALES

3.1. Zonificación edafoclimática

De acuerdo con los planteamientos generales de la FAO, esta clase de estudios se ha enfocado en la identificación de áreas semejantes en cuanto a potencial y limitantes. Por otra parte, un enfoque de la zonificación vinculado al ámbito agrícola ayuda a una mejor planificación y gestión de los sistemas productivos, al mejorar el aprovechamiento de los recursos y los esfuerzos de los diversos programas encaminados a formar enclaves de desarrollo en las zonas con potencial.

Al incorporarse elementos de los suelos, la fisiografía y el clima a los procesos de análisis, se obtiene una aproximación denominada zonificación agroecológica (ZAE). De acuerdo con la FAO,

Los parámetros particulares usados en la definición se centran en los requerimientos climáticos y edáficos de los cultivos y en los sistemas de manejo bajo los que estos se desarrollan. Cada zona tiene una combinación similar de limitaciones y potencialidades para el uso de tierras, y sirve como punto de referencia de las recomendaciones diseñadas para mejorar la situación existente de uso de tierras, ya sea al incrementar la producción o limitar la degradación de los recursos. (FAO, 1997b)

En el presente estudio, se articularon elementos climáticos, de suelos y geomorfología, por tanto, esta zonificación tiene esencialmente una aproximación edafoclimática que busca detectar áreas semejantes en cuanto a clima y características edafológicas, las que, a su vez, están determinadas por los requerimientos básicos para el cultivo del aguacate Hass.

3.2. Componentes físicos

En lo que concierne a los componentes físicos, estos son fundamentales en la que medida que ayudan a determinar el potencial de aptitud que podría tener una zona o región para, así, sustentar un sistema productivo determinado, de lo cual dependen los rendimientos y calidad final de los productos



agrícolas. En cuanto a la definición de los criterios y variables de clima, suelos y geomorfología, estos se basaron en los expuestos en las zonificaciones llevadas a cabo por Bancoldex y UTCF (2015) y UPRA (2017).

• 3.2.1. Clima

De acuerdo con el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (Ideam), el clima se agrupa en un conjunto de condiciones que predominan en la atmósfera o, dicho de otro modo, en las condiciones meteorológicas correspondientes a un espacio geográfico específico. Estas se expresan a partir de variables como la temperatura, la humedad relativa y las precipitaciones.

- *Temperatura*: en términos ambientales, esta variable se define como el estado térmico del aire respecto a su capacidad de transmitir calor en el entorno. En las zonas tropicales, esta capacidad de transmisión está determinada por la altura sobre el nivel del mar (m m. s. n), tomando como referencia la localización de un punto geográfico determinado.
- *Precipitación*: es la media de la cantidad de lluvia que puede caer en un lugar, área o región específicos.
- *Humedad relativa*: es la cantidad de vapor de agua que se encuentra presente en el aire.

Para llevar a cabo el análisis del cambio climático, las variables utilizadas fueron temperatura y precipitación, que son las únicas vinculadas a las Trayectorias de Concentración Representativas (RCP, por sus siglas en inglés).

En cuanto a las RCP, estas son escenarios que se enfocan esencialmente en las emisiones antropogénicas y no incluyen cambios en impulsores naturales. Estas pueden representar una variedad de políticas climáticas; es decir, cada RCP puede ser resultado de diferentes combinaciones de futuros económicos, tecnológicos, demográficos, políticos e institucionales. Así, las diferentes RCP representan varios escenarios de emisiones a futuro. Consecuentemente, el 2,6 representa un escenario de mitigación, el 4,5 y 6,0 son escenarios de estabilización de emisiones, y el 8,5 corresponde a un escenario con un nivel muy alto de emisiones de gases de efecto invernadero continuo hasta el año 2100 (ver figura 1). A pesar de las diferencias, las variaciones más notables se pueden empezar a apreciar a partir del año 2050, razón por la cual se tomó esta fecha como referente para el análisis.

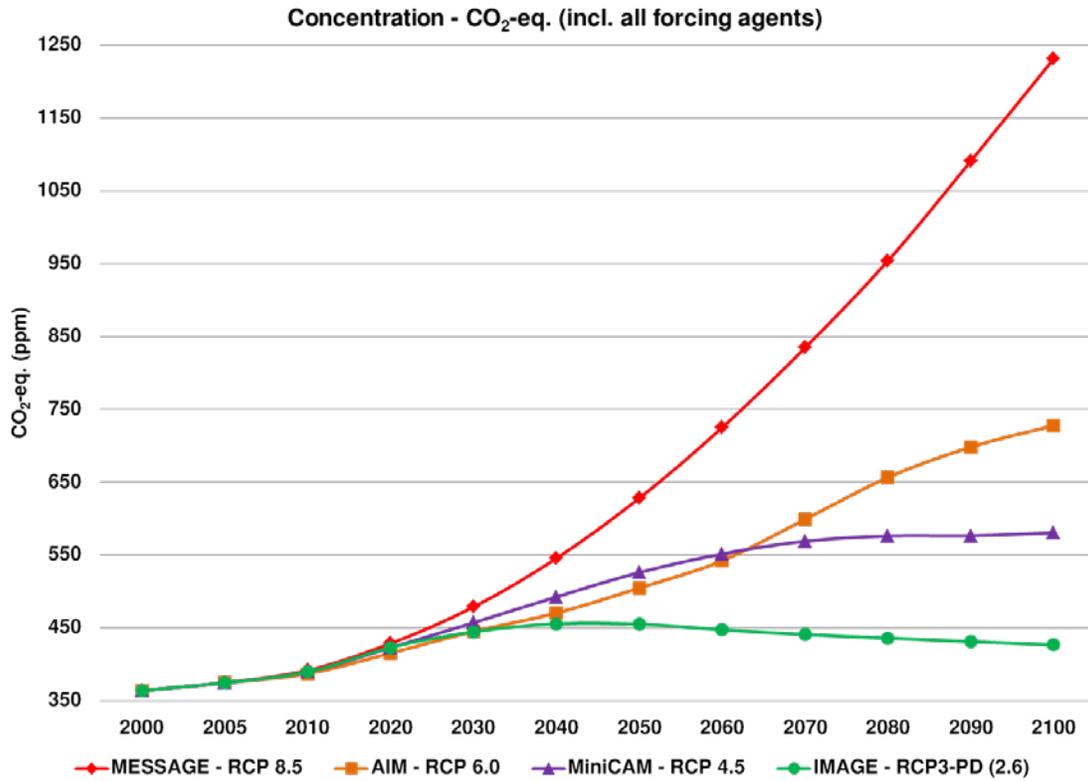


Figura 1. Gráfica comparativa de todos los agentes atmosféricos impulsores de acuerdo con las cuatro Trayectorias de Concentración Representativas (RCP, por sus siglas en inglés)

Fuente: elaboración propia.

En lo que respecta a las dos RCP utilizadas para el análisis, estas presentan las siguientes características:

RCP 4.5 - Emisiones intermedias

Esta RCP fue desarrollada por el Laboratorio Nacional del Pacífico Noroeste en los Estados Unidos. Aquí, el forzamiento radiativo se estabiliza poco después del año 2100 y es consistente con un futuro en el que la reducción de emisiones es relativamente ambiciosa.

Este futuro está fundado en los siguientes aspectos:

- Menor intensidad de energía.
- Programas de reforestación fuertes.
- Disminución del uso de tierras de cultivo y pastizales debido a los incrementos de rendimiento y los cambios en la dieta.
- Políticas climáticas estrictas.
- Emisiones estables de metano.
- Las emisiones de CO₂ aumentan solo ligeramente antes de que comience el declive alrededor del año 2040.



RCP 8.5 - Altas emisiones

Esta RCP es consistente con un futuro sin cambios de política para reducir las emisiones. Fue desarrollada por el Instituto Internacional de Análisis de Sistemas Aplicados en Austria y se caracteriza por el aumento de emisiones de gases de efecto invernadero, que conducen a alcanzar altas concentraciones de estos gases a lo largo del tiempo.

Este futuro está fundado en los siguientes aspectos:

- Tres veces las emisiones actuales de CO₂ en el año 2100.
- Rápido aumento en las emisiones de metano.
- Mayor uso de las tierras de cultivo y los pastizales impulsado por un aumento de la población.
- Una población mundial de 12 mil millones de personas para el año 2100.
- Menor tasa de desarrollo de tecnología.
- Gran dependencia de los combustibles fósiles.
- Alta intensidad energética.
- No se han implementado políticas climáticas.

• 3.2.2. Suelos

En cuanto al componente edáfico, se caracteriza como un ecosistema en el cual intervienen elementos de entrada al sistema, por ejemplo: la materia orgánica, los microorganismos, los minerales, el agua, el aire, y otra cantidad de nutrientes; y procesos de salida, en particular, los que intervienen durante la absorción de los nutrientes por parte de las plantas, en la escorrentía natural de estos materiales o mediante procesos erosivos. En el análisis de este componente se utilizaron las siguientes variables:

- *Textura*: variable que indica el contenido referente a las partículas de arena, limo y arcilla de diferente tamaño contenidas en una porción del suelo. La textura determina la posibilidad de labranza del suelo, así como el flujo de aire y de agua que se transportan o retienen a través del mismo.
- *pH*: es la concentración de iones de hidrógeno en una solución de agua. Suscitadamente, se puede describir como la tendencia a que un suelo sea más ácido o más alcalino. La variación del pH puede llegar a alterar el grado de solubilidad de los minerales en los suelos. Por lo que, teniendo en cuenta que las plantas dependen de la disolución de estos para poder ser absorbidos, esta variable se vuelve fundamental para la buena respuesta por parte de las plantas con relación a los nutrientes presentes en el suelo. En general, se espera que los suelos tengan un pH entre 5,5 y 6,5 para permitir el correcto proceso de absorción de nutrientes.
- *Profundidad efectiva*: esta variable está relacionada directamente con la capacidad de desarrollo radicular de la planta sin encontrar ningún obstáculo. En suelos más profundos, las plantas pueden sobrellevar mejor los eventos de sequía, pues en este contexto se presenta una mayor retención de humedad.
- *Fertilidad del suelo*: es una variable que se compone, a su vez, de otras, a saber: los nutrientes, la saturación de sales y el carbono orgánico. Esta variable alterará su composición según el enfoque de estudio o de la fuente de la cual provenga esta variable.

• 3.2.3. Geomorfología

- *Pendiente*: variable mediante la cual se mide la inclinación del terreno. Es fundamental a la hora de determinar el uso o la vocación de un terreno. Es una variable restrictiva en el momento de evaluar las posibilidades agronómicas. Su medición se hace por medio del cálculo de la tangente del terreno y, a partir de esta, se pueden obtener valores en porcentajes o grados de pendiente. La pendiente se puede clasificar de la siguiente manera:



- Fuertemente escarpada o inclinada (>75 %)
 - Moderadamente escarpada o empinada (50-75 %)
 - Ligeramente escarpada o empinada (25-50 %)
 - Fuertemente inclinada (12-25 %)
 - Moderadamente inclinada (7-12 %)
 - Ligeramente inclinada (3-7 %)
 - Ligeramente plana (0-3 %)
- *Erosión*: entendida como el proceso mediante el cual hay alteración y pérdida física y mecánica del suelo a causa de procesos naturales. El factor que ocasiona la erosión es, entre otros, el hídrico, ya sea por efectos de la lluvia o por procesos de estancamiento que provocan infiltración en los terrenos y posterior desplazamiento. Este tipo de procesos alteran la composición de los suelos, los despoja de nutrientes y provoca la pérdida de fertilidad que, en definitiva, acabará afectando la producción agrícola.

3.3. Criterios socioecosistémicos

En cuanto a dichos criterios, estos vinculan estrechamente el entorno social y cultural de los individuos y las comunidades con los bienes naturales, los servicios ecosistémicos y la bioriqueza de un entorno. Su intención es determinar un aprovechamiento de estos recursos, dentro de una dinámica de sostenibilidad. Al mismo tiempo, con la inclusión de esta variable, se espera identificar las potencialidades del entorno y los límites de ese aprovechamiento. Esto significa, a su vez, la inserción de los ecosistemas generadores de servicios para el desenvolvimiento del quehacer de la cultura en sus múltiples facetas. Se espera que, con la vinculación de variables como el uso de suelo, la vocación de uso y la vulnerabilidad ambiental, se pueda entender mejor la situación de los entornos potenciales de una zonificación, de modo que las limitaciones y potencialidades puedan comprenderse mejor a la hora de tomar decisiones para el desarrollo de programas de fomento agrícola. De esta manera, se protege el patrimonio cultural material e inmaterial del país y el derecho a la autodeterminación de los territorios colectivos de las comunidades étnicas y campesinas.

3.4. Criterios socioeconómicos

Estos criterios están centrados en develar el entorno social y económico, ya sea de una localidad, región, país, de uno o varios individuos. A través de estos criterios se pretende mostrar la situación económica, las relaciones sociales, las formas de vida, los medios de trabajo, la tenencia de la propiedad, el acceso a servicios públicos, la educación, entre otros factores, puesto que permiten la descripción del ambiente en el cual está inmerso el objeto de estudio. En el caso particular de una zonificación que esté enfocada en la productividad de un sector específico del agro, se espera que el componente socioeconómico muestre, por medio del análisis de las variables, las condiciones de acceso a sistemas de riego, la existencia de maquinaria agrícola, el acceso a la asistencia o asesoría, y las fuentes de crédito y financiamiento. De este modo, es posible determinar si existen las bases necesarias u óptimas para enfrentar la producción y los retos de competitividad de la región frente a los mercados, ya sea a nivel nacional o internacional.

Así, a partir del punto de vista socioeconómico y de la identificación de los patrones geográficos aptos para el desarrollo del cultivo del aguacate Hass, es posible vincular, de forma pragmática, los estudios de competitividad y zonificación, y ofrecer derroteros para el desarrollo económico de la región.

3.5. Cambio climático

El cambio climático global sin duda está operando cambios de profundo impacto que difieren con el espíritu de desarrollo de la sociedad, en especial, de aquellas que se hallan en contextos geográficos



específicos, lo que determina, en mayor o menor medida, la severidad de los retos a afrontar según los cambios del clima.

De acuerdo con los modelos predictivos planteados por el Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC, por sus siglas en inglés), las temperaturas podrían subir entre 0,15 y 0,3 grados por década. Como resultado, se presentarán grandes impactos en los regímenes de lluvias, captación de recursos hídricos y altos niveles de evapotranspiración, lo cual provocará un incremento del estrés en los organismos, tanto en plantas como en animales. A esto se suma el aumento del nivel del mar por efecto del deshielo de los casquetes polares y, por supuesto, el cambio en la presión del aire y el aumento de las temperaturas del mar. Estas últimas harán que cada vez sean más frecuentes las tormentas de mayor intensidad, lo cual afectará los asentamientos humanos costeros.

En esta medida, se hace necesario acudir a los análisis de cambio climático para establecer los cambios que pueden suceder en una región de interés que, en este caso, es la zona de ladera en el departamento del Valle del Cauca. De esta forma, con la determinación de los cambios y grados de aptitud, se puede plantear procesos de adaptabilidad y mitigación, que permitan, por una parte, sugerir estrategias para hacer frente a la inminencia de estos cambios climáticos y, por otra, diseñar estrategias que coadyuven a aminorar el impacto de las actividades que inciden en el incremento del problema.

4. METODOLOGÍA

Como punto de partida dentro del esquema de trabajo, en primer lugar, fue necesario llevar a cabo una revisión de los planteamientos, conceptos y metodología que se desarrollaron a lo largo del análisis de zonificación para el aguacate Hass, dentro del marco del proyecto. Específicamente, este repaso sirvió para determinar la clase de datos y modelos predictivos que se utilizarían para obtener las zonas de aptitud de cultivos, desde lo edafoclimático y desde el enfoque de cambio climático.

El presente estudio de zonificación se construyó desde el planteamiento que define las zonas de aptitud como una combinación de suelos, geomorfología y características climáticas. Así, “Los parámetros particulares usados en la definición se centran en los requerimientos climáticos y edáficos de los cultivos y en los sistemas de manejo bajo los que éstos se desarrollan” (FAO, 1997a). En el caso particular de esta investigación, se tomó como punto de partida una base edafoclimática, para la asociación posterior de los factores socioeconómicos y socioecosistémicos presentes en la región.

El desarrollo del proceso de la zonificación edafoclimática se dio a través de cuatro etapas principales (ver figura 2):

- a) Recolección y producción de datos.
- b) Ajuste de datos: los datos espaciales recolectados y producidos se ajustaron a los requerimientos de los cultivos, tanto para la zonificación edafoclimática como para la definición de aptitud en el contexto de cambio climático, mediante la reclasificación con el uso de herramientas SIG.
- c) Superposición ponderada de datos: procesos de ponderación de los componentes físicos, de suelos y geomorfológicos, e intersección de rangos climáticos presentes y futuros con el uso de herramientas SIG.
- d) Categorización: en este componente del proceso se asignaron unas categorías (apta, moderada y baja) a los códigos relacionados con las zonas que resultan de la superposición ponderada, y que son la zonificación edafoclimática final.
- e) Validación: la zonificación edafoclimática, sin desconsiderar el cambio climático, fue validada y contrastada con la información *in situ* de las zonas categorizadas para obtener una respuesta de confiabilidad de los procesos.



FLUJOGRAMA PROCESO ZONIFICACIÓN

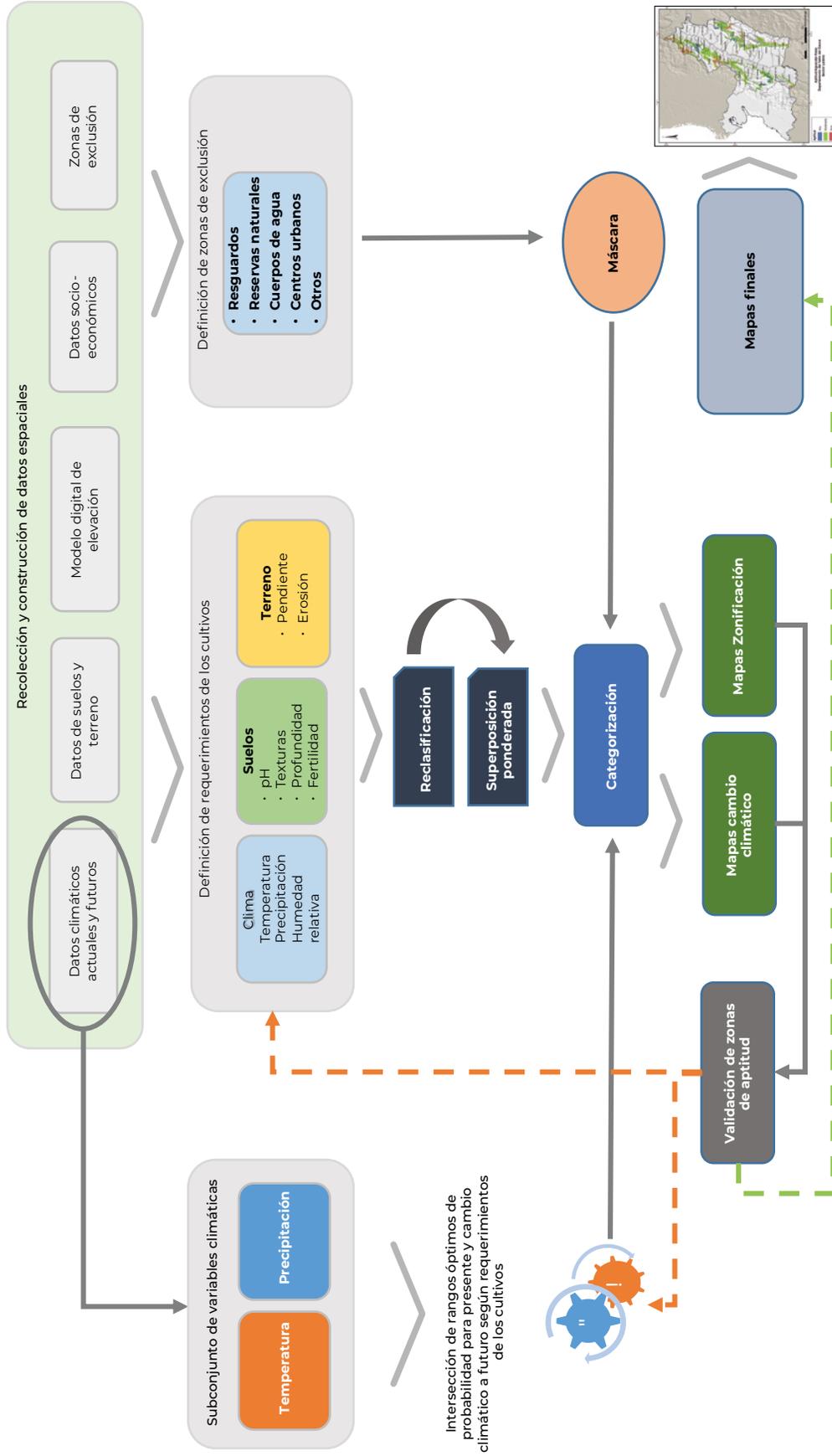


Figura 2. Flujoograma de trabajo para la zonificación edafoclimática

Fuente: basado en CVC y CIAT (2016).



Para la asociación de los componentes socioeconómicos presentes en cada municipio en particular se llevó a cabo un proceso de intersección entre las bases de datos de la zonificación edafoclimática con las bases de datos de la información correspondientes a los datos del Censo Nacional Agropecuario de 2014 (DANE, 2015). Por otra parte, para vincular los componentes socioecosistémicos presentes en la región, se realizó la intersección de los datos espaciales de la zonificación edafoclimática con los datos obtenidos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), referentes a los conflictos del uso de suelos, vocación de uso y vulnerabilidad ambiental (ver figura 3).

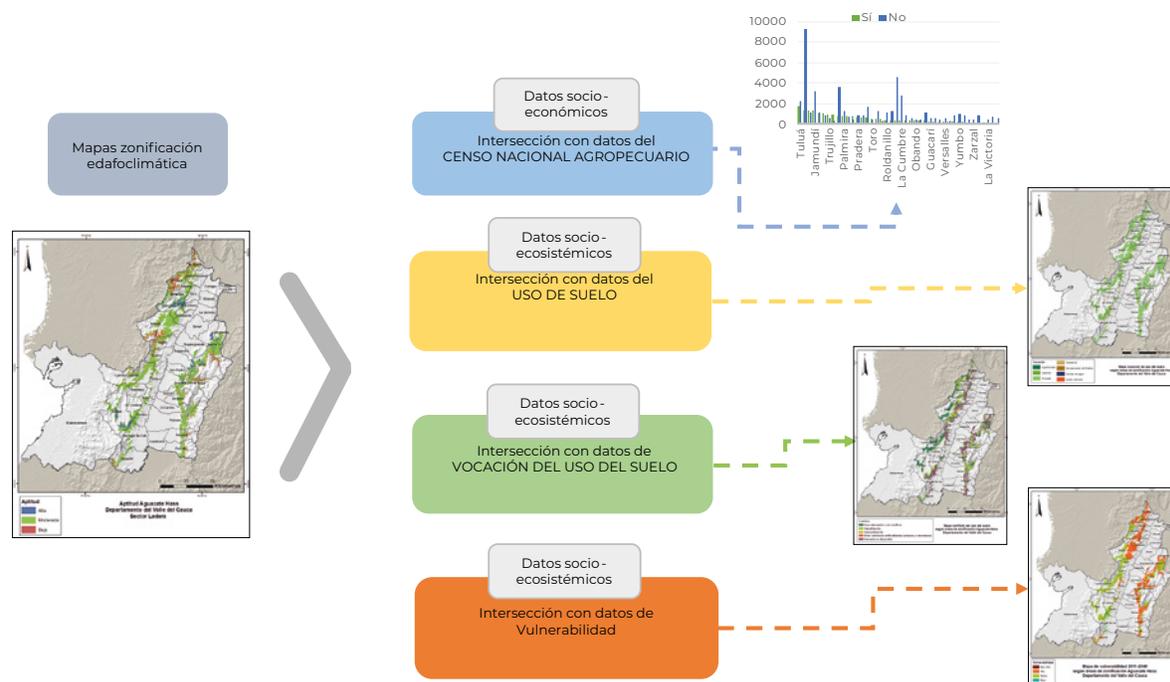


Figura 3. Flujograma de la vinculación de la zonificación edafoclimática con los datos socioeconómicos y socioecosistémicos

Fuente: elaboración propia.

En paralelo al proceso de la zonificación edafoclimática, se llevó a cabo un análisis de aptitud exclusivamente con factores climáticos (temperatura y precipitación) para el escenario presente y para las proyecciones a futuro en el año 2050. Este tiene como fundamento la necesidad de observar los cambios que pueden suceder, a nivel climático, en las áreas de aptitud determinadas en el estudio de zonificación, solo con las variables de temperatura y precipitación que son la base de las proyecciones de los escenarios a futuro. En este caso, con relación a los escenarios de cambio derivados de las proyecciones climáticas de los modelos globales, ofrecidos por el *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC), estos sirven como soporte para mostrar la situación presente y los cambios a futuro (2050). Cabe destacar que no se realizaron mapas de aptitud de suelos, ya que los factores edáficos para el análisis no están disponibles en escenarios con proyecciones futuras.

Para lograr este análisis, se usó la herramienta *Targeting Tools*, desarrollada en Python para el entorno de ArcGIS. Esta herramienta considera los rangos de los requerimientos climáticos de los cultivos y se enfoca, en especial, en la intersección de temperatura y precipitación dentro de unos rangos absolutos (0 % hasta el 100 %), y un rango óptimo en el cual se desarrollará el cultivo (ver figura 4).

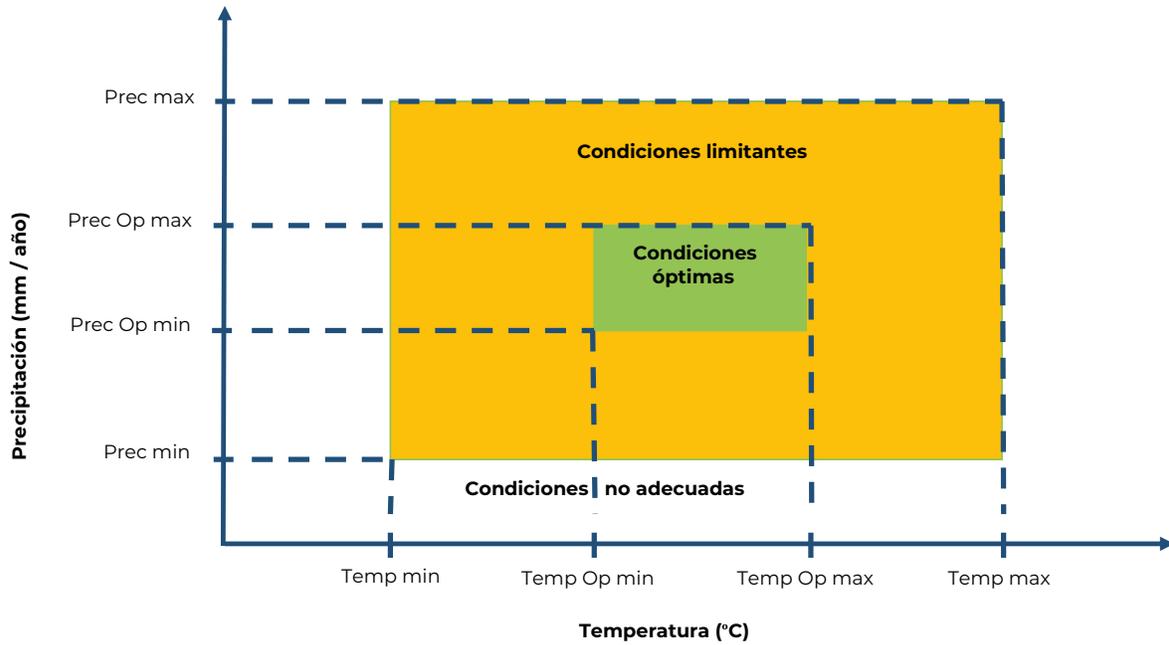


Figura 4. Rangos óptimos y absolutos para determinar el porcentaje de aptitud

Fuente: elaboración propia.

4.1. Recolección y producción de datos

En esta sección se hace una descripción de la zona de estudio, así como también de las fuentes de donde se obtuvieron los datos de clima, suelos, geomorfología, socioeconómicos y socioecosistémicos. Por último, se cierra con el cuadro final de requerimientos edafoclimáticos para el cultivo del aguacate Hass.

• 4.1.1. Identificación de la zona de estudio

Para delimitar dicha zona, se tomó como límite inferior los 1100 m s.n.m. y se tuvo como referencia la ciudad de Cali, ubicada a una altitud promedio de 1020 m s.n.m. Para obtener los datos de elevación se acudió a la plataforma del Cgiar-csi (2017). Se obtuvieron de ella los datos digitales de elevación mundial, a partir de los cuales se extrajeron los correspondientes al Valle del Cauca. En la figura 5, se presenta la zona de estudio (departamento del Valle del Cauca) demarcada.



2012. Con esta información, se procedió a realizar la interpolación con el uso del algoritmo para el suavizado de interpolación llamado *Thin plate splines* (TPS) (Columbia University, 2018). Este último se incorpora en el paquete Anusplin (Australian National University, 2018) y, a su vez, es utilizado en la construcción de datos climáticos de *Worldclim* (Hijmans *et al.*, 2005). Por su parte, los datos de humedad relativa se obtuvieron desde la geodatabase construida en el marco del convenio n.º 256 de 2009 con el fin de

aunar esfuerzos técnicos y económicos para realizar el análisis preliminar de la representatividad ecosistémica, a través de la recopilación, clasificación y ajuste de información primaria y secundaria con rectificaciones de campo del mapa de ecosistemas de Colombia, para la jurisdicción del Valle del Cauca [de la CVC y la Fundación Agua Viva].

b) Obtención de datos climáticos globales con escenarios futuros para determinar el cambio en las zonas de aptitud

Para ello, se tomaron como fuente las variables climáticas de *Worldclim* para los escenarios presente y futuros. En el primero de los casos, los datos climáticos para el presente derivan del uso del procedimiento *Thin plate splines*, mientras que, para el segundo grupo, los datos climáticos provienen de la aplicación del *downscaling*: procedimiento que toma los datos climáticos de gran resolución y los lleva a una mucho menor, para hacer predicciones locales a futuro (ver figura 6). Con respecto a los procedimientos, para realizar el *downscaling* de los datos climáticos, existen dos principales: el dinámico y el estadístico. El primero utiliza principios físicos resueltos mediante el uso de ecuaciones diferenciales a partir de los datos observables o los resultados de modelos climáticos globales, los cuales aportan unas condiciones iniciales de entorno con una limitante de resolución (Guanuchi, 2015). Los modelos estadísticos se componen de dos procesos base:

El desarrollo de las relaciones estadísticas entre variables climáticas locales (p. ej., temperatura del aire de la superficie y precipitación) y predictores de gran escala (p. ej., campos de presión).

La aplicación de tales relaciones al resultado de los experimentos de los modelos de clima global se utiliza para simular las características del clima local en el futuro (NCAR GIS Program, 2018).

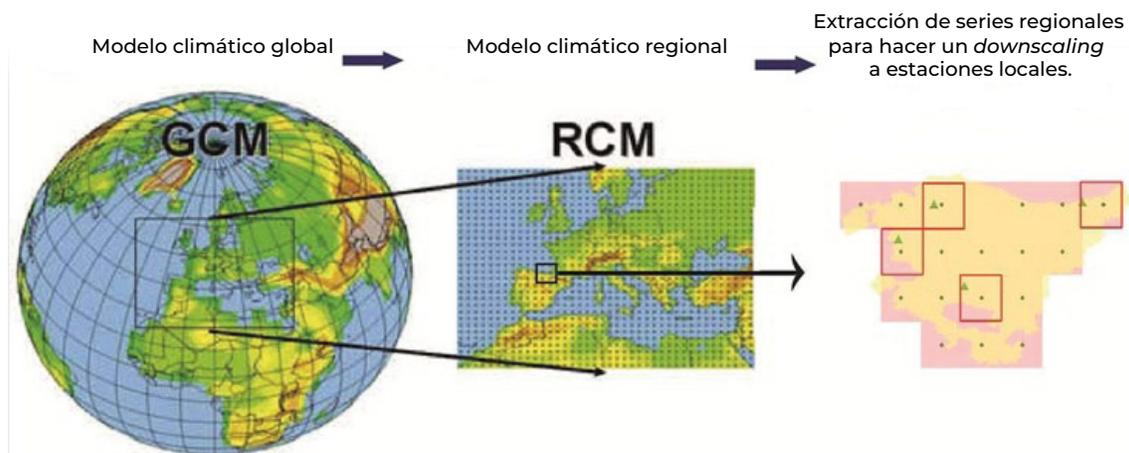


Figura 6. *Downscaling*, datos climáticos

Fuente: Giorgi (2008).

Con respecto a los resultados del *downscaling*, estos tienen una resolución de 30 arcsec, lo que equivale a un conjunto de datos *raster*, con una resolución de 1 km por 1 km para cada pixel.



Luego, el procedimiento consistió en realizar la identificación de las variables más significativas para los componentes de suelos y terreno existentes en las zonas de ladera en el departamento del Valle del Cauca.

- **4.1.3. Obtención de variables de suelo**

- *Textura del terreno*: variable derivada del inventario de suelos del Valle del Cauca (IGAC y CVC, 2004). Esta capa puede tener una desventaja, pues las texturas están supeditadas al porcentaje de probabilidad de que un perfil de suelo sea el más predominante según la zona. Otro factor que determina la textura del terreno es la profundidad del suelo antes del horizonte rocoso que, de acuerdo con los datos, varía en función de la profundidad a la cual se halla dicho horizonte.
- *Profundidad efectiva del suelo*: variable derivada igualmente del inventario de suelos del Valle del Cauca y altamente relacionada con la morfología determinada para cada perfil en este estudio (IGAC y CVC, 2004).
- *pH del suelo*: variable adquirida en la plataforma SoilGrids (2018). Al igual que la variable de textura del terreno, el pH presenta diferentes valores según el horizonte del suelo y, por lo tanto, también presenta una gran variabilidad en zonas de montaña donde los perfiles son altamente cambiantes.
- *Fertilidad del suelo*: variable adquirida en los geoservicios de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC, 2017). En términos de la FAO, “Un suelo es fértil cuando tiene los nutrientes necesarios, es decir, las sustancias indispensables para que las plantas se desarrollen bien” (FAO Montes, 1996). Además de esta base conceptual sobre la fertilidad, se asume que las áreas determinadas, según su grado de fertilidad, están dadas en términos de unas características básicas como las siguientes: profundidades aptas para el desarrollo y fijación de raíces, nutrientes básicos necesarios, óptima absorción y retención de agua, y buena capacidad de oxigenación.

- **4.1.4. Obtención de las variables geomorfológicas**

- *Erosión*: capa adquirida en los geoservicios de la CVC. Con esta capa se puede determinar el desgaste que se presenta a nivel regional, ya sea por causas naturales o antrópicas (CVC, 2017).
- *Pendiente*: esta capa deriva del modelo de elevación digital adquirido en el sitio web del Cgiar Consortium for Spatial Information (Cgiar-CSI, 2017).

- **4.1.5. Obtención de los requerimientos para el cultivo del aguacate Hass**

Junto con las fuentes de información bibliográficas, el uso de fuentes secundarias, la realización de entrevistas a profesionales de campo y la asistencia a reuniones de comité, en las que se tuvo contacto directo con los productores, se realizó el acopio de información para los requerimientos del cultivo, en función de todas las variables tenidas en cuenta para la zonificación. Estos requerimientos se usaron para la reclasificación de las variables en categorías de aptitud (ver tabla 1).



Tabla 1. Cuadros de variables y rangos de aptitud requeridos

Variable	Aptitud			
	Alta	Moderada	Baja	No apto
Temperatura (°C)	18-20	16-18/20-22	14 -16/22-24	<14-24<
Precipitación (mm año)	1.500-2.000	1.000-1.500/2.000-2.200	800-1.000/2.200-2.500	<800-2500<
Humedad (%)	67-75	75-85	85-90	90<
Suelo				
Textura	Franco, franco arenoso, areno Franco	Franco limoso, limoso, arenoso	Franco arcilloso arenoso, franco arcilloso limoso	Arcilloso, arcilloso limoso, arcillo arenoso
Profundidad efectiva (m)	1<	0,50-1	0,30-0,50	<0.30
Ph	5,5-6,5	6,5-7	5,2-5,5	<5.2
Fertilidad del suelo	Alta- muy alta	Moderada	Baja	Muy baja
Terreno				
Erosión	Ligera	Moderada		Severa - muy severa
Pendiente (%)	0-12	12-25	20-50	>50

Fuente: basado en Anguiano *et al.* (2003), BANCOLDEX y UTCF (2015), Campos (2012), Chanderbali *et al.* (2008), Fundación Universidad del Valle (2015), Garbanzo (2010) y Gobernación de Antioquia (2014).

• 4.1.6. Obtención de información socioecosistémica a nivel departamental

a) Áreas de productividad (vocación de uso del suelo)

En la consecución de esta información se puso un énfasis especial, pues permite determinar de manera global las posibilidades de las zonas de aptitud para el aguacate Hass, de acuerdo con el escenario de la vocación y usos principales del suelo. De este modo, esta variable permite analizar la viabilidad de las áreas resultantes de la zonificación edafoclimática. De acuerdo con el IGAC, la vocación de uso del suelo se define como “las tierras que, por sus características de suelos, permiten el establecimiento de sistemas de producción agrícola, con plantas cultivadas de diferentes ciclos de vida y productos” (IGAC, 2017). Así, el objetivo principal de esta variable es determinar el uso más óptimo y apropiado que puedan tener los suelos en el territorio colombiano. Esto último se inscribe en un contexto de producción sostenible y con un respeto total por los recursos naturales.

En cuanto a la información vectorial sobre la vocación de uso del suelo, esta se adquirió en los geoservicios del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC, 2017).

b) Conflictos por el uso del suelo

Esta información socioecosistémica es relevante en la medida que permite visualizar con perspectiva la problemática subyacente entre los usos que la sociedad hace de los medios naturales y los usos “que debería tener de acuerdo con sus potencialidades y restricciones ambientales, ecológicas, culturales, sociales y económicas, y por el grado de armonía que existe entre la conservación de la oferta ambiental y el desarrollo sostenible del territorio” (IGAC, 2017).



c) Índice de vulnerabilidad al cambio climático (2011-2040)

Se incorpora esta información como componente en la sección socioecosistémica, pues en su construcción se articularon variables climáticas, ecosistémicas, de suelos y socioeconómicas.

Esta capa contiene, en su base, información de los multimodelos de precipitación generados para el período 2011-2040. Estos modelos fueron generados mediante el índice de sensibilidad (ISA), variable surgida

a partir de la caracterización de los suelos, la cobertura vegetal, los ecosistemas transformados, el índice de aridez y la erosión en las zonas secas. Tal índice es definido, como el grado en que un sistema puede ser afectado positiva o negativamente por los estímulos relacionados con el clima. (Ideam, 2010)

Así como mediante el índice relativo de afectación (IRA), variable que surge a partir del consenso con diferentes profesionales de diferentes áreas y especialidades que se enfocaron en “identificar cada una de las coberturas, ecosistemas o territorios que podrían resultar impactados por los eventos adversos de cambio climático en su peor escenario” (Ideam, 2010). Dentro de los elementos socioeconómicos que se integraron al análisis se pueden destacar los siguientes: la capacidad de adaptación que deriva de la integración de las condiciones socioeconómicas e institucionales (base Sisben) y las capacidades técnicas de las regiones.

• 4.1.7. Información socioeconómica departamental derivada del Tercer Censo Nacional Agropecuario de 2014

Para complementar el análisis de zonificación era necesario identificar algunas variables socioeconómicas que permitieran llevar a cabo una visualización general del estado de la base productiva agropecuaria en el Valle del Cauca. Para tal fin, se procedió a la obtención de los microdatos del Tercer Censo Nacional Agropecuario de 2014¹ del catálogo general de datos (DANE, 2018).

Una vez ubicados los microdatos específicos para el Valle del Cauca, se procedió a la selección de las variables a representar. En particular, se tomaron cuatro variables principales: sistema de riego, existencia de maquinaria agrícola, acceso a asistencia o asesoría, y fuentes de crédito y financiamiento. Para la elección de estas cuatro variables principales, se tomaron en cuenta los datos generales para Colombia del Censo Nacional Agropecuario de 2014, en el que se destacan, entre las dificultades propias del sector agrario: la precariedad de los agricultores en temas cruciales como la falta de asistencia técnica, la cual llegó al 83,5 % de las Unidades Productoras Agropecuarias (UPA) sin acceso a esta. Por otro lado, un 66,7 % de las UPA no registraron acceso a riego y un 89,3 % no han tenido acceso a crédito para inversión agrícola.

Una vez identificadas las variables, se procedió al arreglo de los datos y se tuvo en cuenta hacerlo con relación a las UPA. Así, mediante el uso de software estadístico R, se seleccionaron los subconjuntos de información de la base de datos principal que, en este caso, era la Unidad Productora.

Nota: para el Valle del Cauca, el número total de Unidades Productoras censadas en este departamento fue de 102.704, de las cuales 75.874 eran Unidades Productoras Agropecuarias y 45.830 eran Unidades Productoras no Agropecuarias. Para la obtención de los porcentajes presentados en las tablas, gráficos o mapas, se tomaron en cuenta solamente las UPA que presentaban respuestas afirmativas, negativas o que se registraban en alguna categoría de las variables socioeconómicas consideradas. Así, en cada caso, estos números serán susceptibles a variación con respecto al total de las UPA que fueron censadas.

1 Datos entregados a noviembre de 2014 y actualizaciones a 2017.



A continuación, se hace descripción de las condiciones generales en el departamento de cada una de las variables del Censo Nacional Agropecuario (2014) incluidas en el presente estudio.

- *Sistema de riego*

La tenencia, o no, de uno o más sistemas de riego determina el grado de vulnerabilidad de las regiones y sus productores ante las eventualidades del cambio climático o fenómenos como El Niño. En este escenario de riesgo, es posible que los cultivos requieran en momentos determinados la asistencia en el suministro del preciado líquido, de lo contrario, se corre el riesgo de devenir en pérdidas o disminución de rendimientos.

- *Existencia de medios como maquinaria para el desarrollo de las actividades agropecuarias*

Para llevar a cabo de forma eficiente algunas actividades agrícolas se ha hecho necesaria la mecanización de los procesos. Si bien es importante tener en cuenta tanto la labranza, que es uno de los dos factores de mayor impacto sobre los suelos, como las proyecciones hacia una agricultura de conservación, también es significativo observar la necesidad de incorporar cada vez más maquinaria especializada que coadyuve al sostenimiento de los procesos del suelo y a la conservación de los espacios agroecológicos (FAO, 2014).

- *Acceso a asistencia o asesoría para el desarrollo de las actividades agropecuarias*

En este aspecto, se ha demostrado que los procesos de asistencia y asesoría se configuran como una oportunidad para enfocar la gestión del saber local en pos de acompañarlo con el conocimiento exógeno a los territorios. Esto se traduce en la integración y construcción de alianzas con instituciones académicas y de investigación que, en muchos casos, se hallan incoexas con las realidades rurales (FAO, 2016).

- *Fuentes de crédito para el desarrollo de las actividades agropecuarias*

En cuanto al acceso al crédito enfocado al sector agrícola, este se ha redefinido por las dislocaciones de la economía y los mercados nacionales y globales. De esta forma, las intervenciones estatales derivaron en grandes sobrecostos y cargas fiscales, y muchas entidades captadoras de recursos de donantes internacionales se vieron afectadas por los contrapesos de las crisis financieras. Así, la búsqueda de crédito y servicios financieros en el sector agrario ha abierto una variopinta gama de fuentes que va desde los aún supervivientes bancos agrarios y las entidades de microcrédito hasta los préstamos particulares de altos intereses. En este contexto, es necesario identificar qué fuentes predominan mayoritariamente en los territorios nacionales, para así conectarlas con las posibilidades de producción de los sistemas alimentarios futuros.

4.2. Ajuste de datos. Reclasificación de las variables

El proceso siguiente conduce a la reclasificación de cada una de las variables de acuerdo con los requerimientos básicos del cultivo. De acuerdo con la herramienta de ArcGIS para reclasificación de archivos *raster*,

Al reclasificar por rangos de valores, las herramientas de reclasificación requieren límites inferiores y superiores de los valores existentes en el raster de entrada y el valor alternativo que se va a asignar al rango de valores. Todos los valores del raster original, que caen en el rango especificado de valores, recibirán el valor alternativo asignado a ese rango. (ArcGIS Pro, 2019) (ver figura 7)

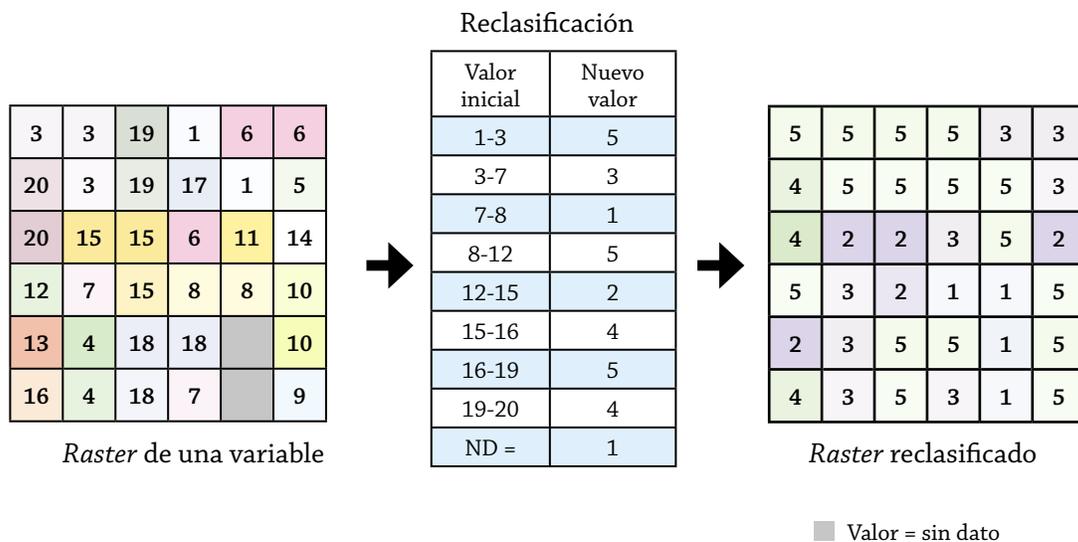


Figura 7. Esquema del proceso de reclasificación de un raster

Fuente: elaboración propia.

4.3. Superposición ponderada

Se procedió a aplicar la herramienta de superposición ponderada (ver figura 8) que ubica los rangos predefinidos en la reclasificación de los raster (en este caso, la escala es de 1 a 4) y realiza un proceso de ponderación de acuerdo con los pesos asignados a dichas clasificaciones, según los grupos de variables (clima, suelo y terreno). De este modo, en la herramienta de ArcGIS,

Las capas se multiplican por el multiplicador correcto y, para cada celda, se agrupan los valores resultantes. La superposición ponderada presupone que los factores más favorables tienen como resultado los valores más altos en el raster de salida; por lo tanto, identifica estas ubicaciones como las mejores. (ArcGIS Desktop, 2017) (ver figura 8).

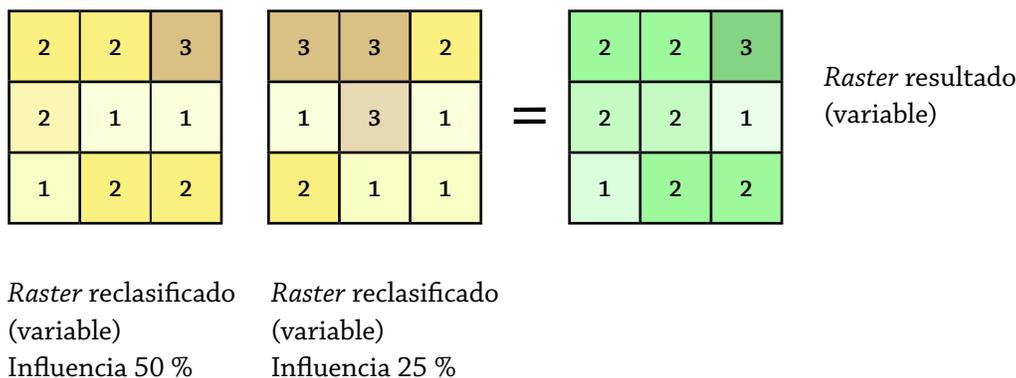


Figura 8. Esquema del proceso de superposición ponderada

Fuente: elaboración propia.

A continuación, se muestra el modelo general de ponderación de datos aplicado para generar la zonificación edafoclimática (ver figura 9):

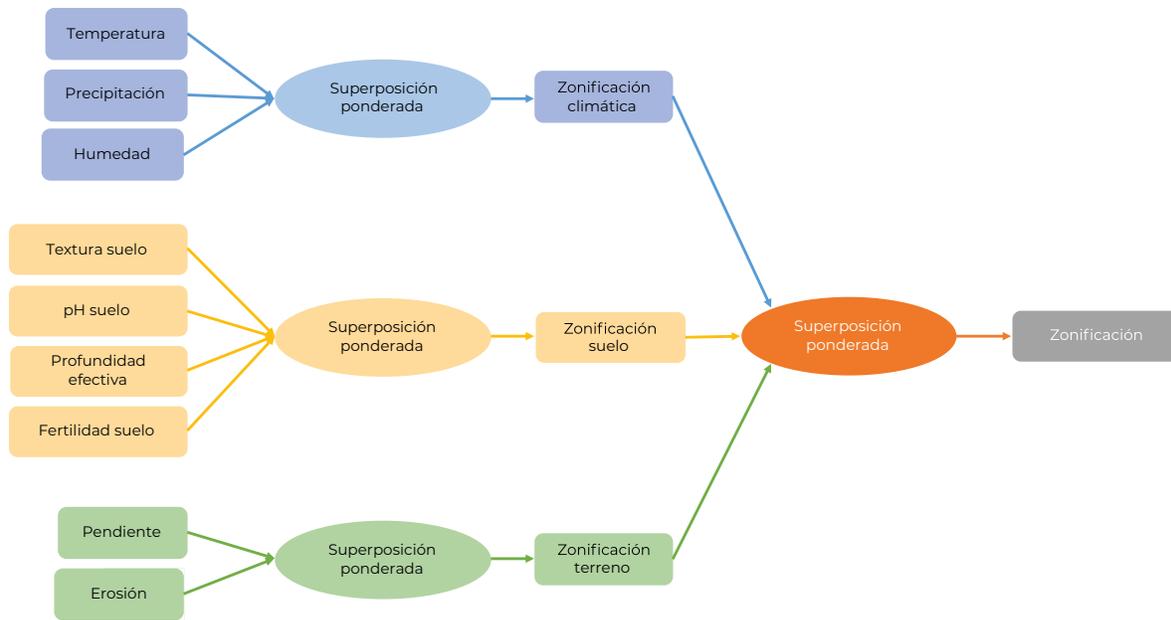


Figura 9. Modelo de superposición ponderada para la zonificación

Fuente: elaboración propia.

4.4. Categorización

La clasificación de la zonificación consiste en reasignar los valores producidos en la reclasificación de los datos espaciales a una escala de aptitudes que se vincula posteriormente a las áreas finales de la zonificación (ver tabla 2):

Tabla 2. Escala de aptitud según los valores de reclasificación

1	No apto	Áreas donde no existen las condiciones mínimas que permitan el cultivo. Las inversiones realizadas pueden no derivar en resultados (mínimos).
2	Bajo	Áreas donde existen limitantes y se requiere de grandes inversiones adicionales que permitan la producción del cultivo, el retorno de la inversión puede no cubrir lo invertido.
3	Moderado	Áreas donde se presentan restricciones moderadas, se pueden requerir de algunas inversiones, pero menores. Estas áreas se aproximan a lo óptimo.
4	Apto	Áreas donde no existen limitantes y se encuentran las condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo.

Fuente: elaboración propia.

Al finalizar el proceso de superposición ponderada, y según las áreas de zonificación final, se restaron las capas de exclusión o restrictivas, como las siguientes: recursos hídricos, áreas protegidas, infraestructura y sustracciones de ley (ver figura 10). En el mapa de la figura 11, se ilustra el mapa de la capa de áreas de exclusión.



Figura 10. Esquema de las capas de exclusión y restricción por grupos

Fuente: elaboración propia.

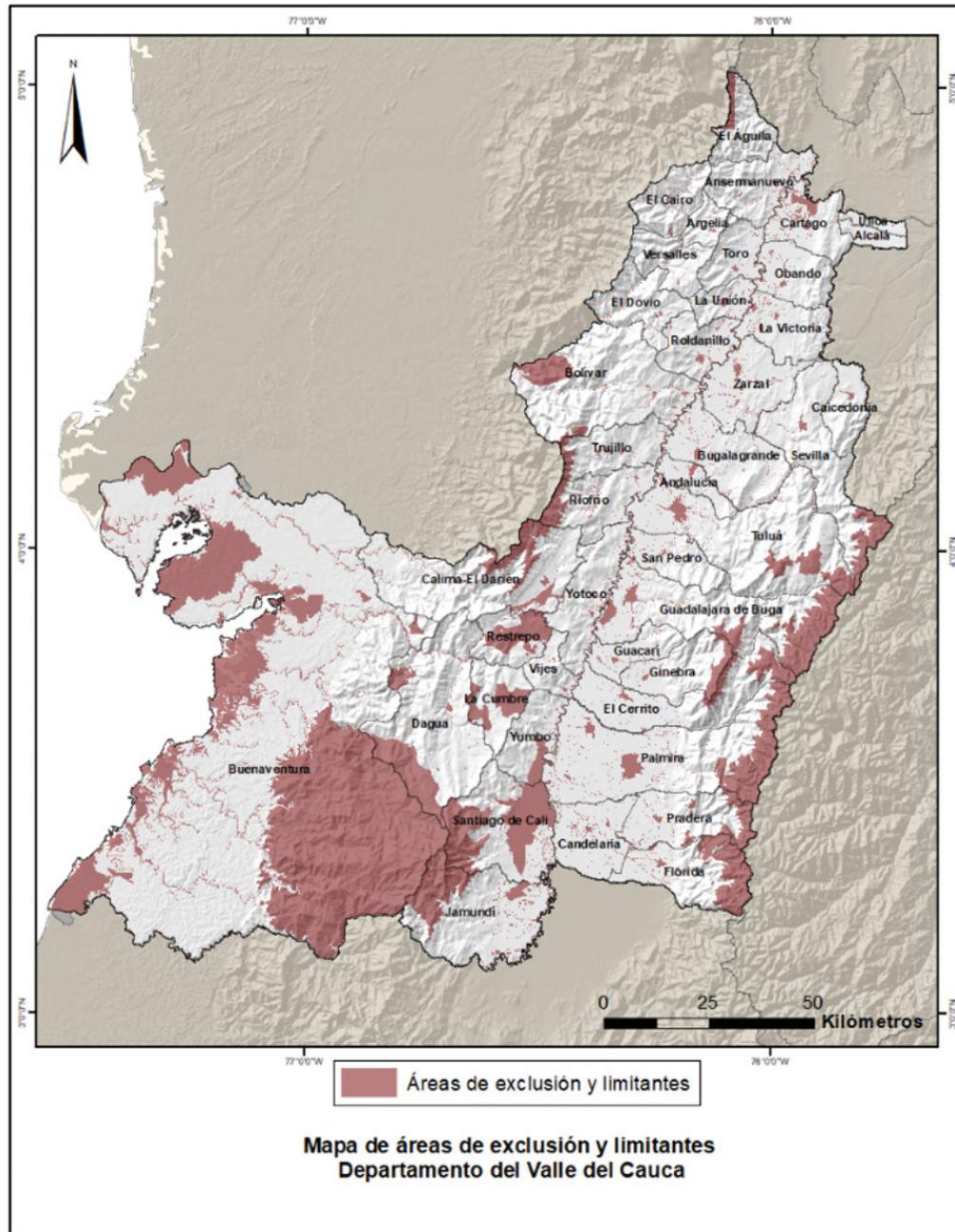


Figura 11. Mapa de las capas de exclusión y restricción (limitantes) en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.

4.5. Vinculación de información socioecosistémica y socioeconómica

Para asociar la información socioecosistémica a las áreas de la zonificación edafoclimática, se realizó un proceso de intersección de datos espaciales con ayuda del software especializado (ArcGIS). El objetivo de este proceso era extraer la información de uso del suelo, la vocación de uso y la vulnerabilidad ambiental, con circunscripción exclusiva a las áreas finales de la zonificación (ver figura 12).

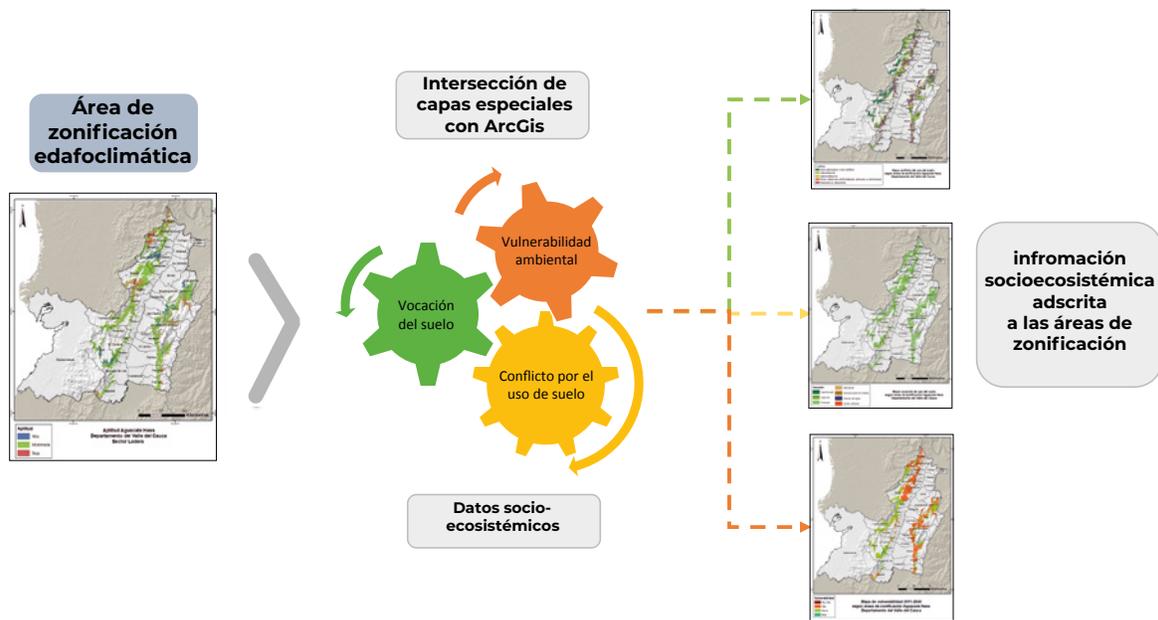


Figura 12. Flujograma para la información socioecosistémica adscrita a las áreas de zonificación

Fuente: elaboración propia.

Para vincular la información socioeconómica con la zonificación edafoclimática, se filtraron los microdatos del Censo Nacional Agropecuario (2014). Como se mencionó en la parte metodológica, los resultados de este cruce de bases de datos se limitan al orden municipal, es decir, que al final se muestra el comportamiento de las variables socioeconómicas elegidas con relación al orden de importancia de los municipios, según las áreas de aptitud final de la zonificación (ver figura 13).

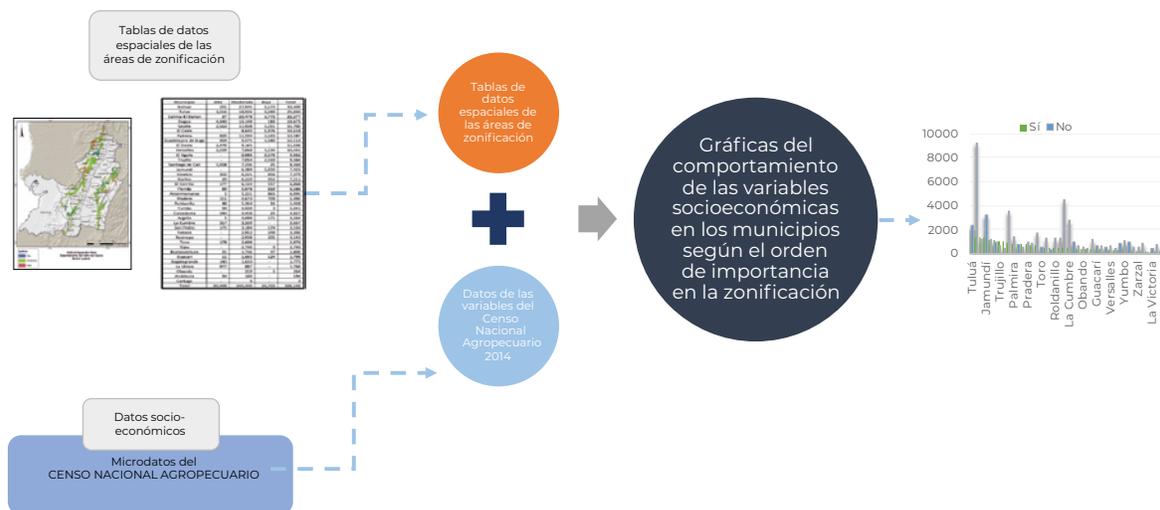


Figura 13. Flujograma para la información socioeconómica adscrita a las áreas de zonificación

Fuente: elaboración propia.

Finalmente, para llevar a cabo el análisis de cambio climático, se procedió al uso de *Targeting Tools* con el fin de producir capas de probabilidad de aptitud climática para el escenario presente y para el escenario futuro en 2050, según las RCP 4.5 y 8.5 definidas por el *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC, 2018). En la figura 14, se muestra de manera sucinta el flujo del proceso para este análisis.

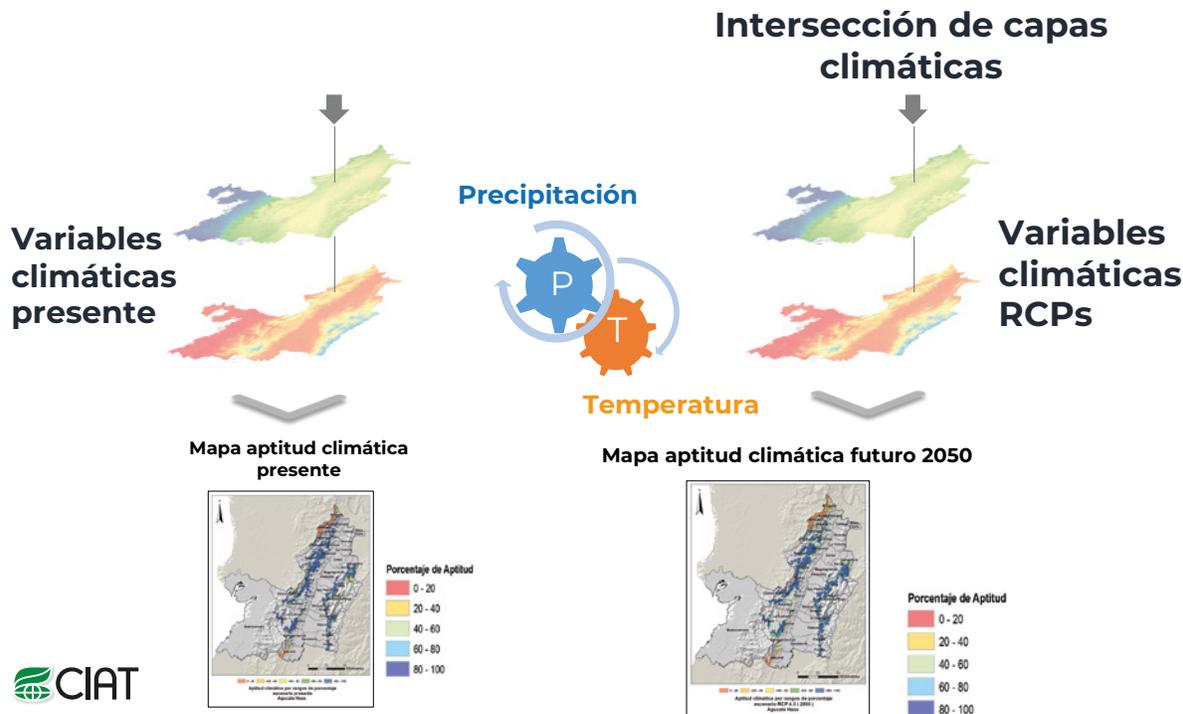


Figura 14. Intersectos de los pixeles de las capas climáticas

Fuente: elaboración propia.

5. RESULTADOS

5.1. Zonificación edafoclimática para el aguacate Hass

En términos generales, es posible determinar la existencia de una zona de alto potencial en la intersección de los municipios de El Dovio, La Unión y Versalles. Seguida por otras tres zonas de alta potencialidad para el cultivo del aguacate Hass en los municipios de Caicedonia, Tuluá y Dagua. Así mismo, se puede apreciar el predominio de grandes zonas de aptitud moderada, tanto en las laderas centrales como en las occidentales, y muy pocas zonas de aptitud baja, en especial en los municipios de Bolívar y Trujillo, en la ladera occidental, y más al norte del departamento, en los municipios de El Cairo, Argelia y El Águila (ver figura 15).

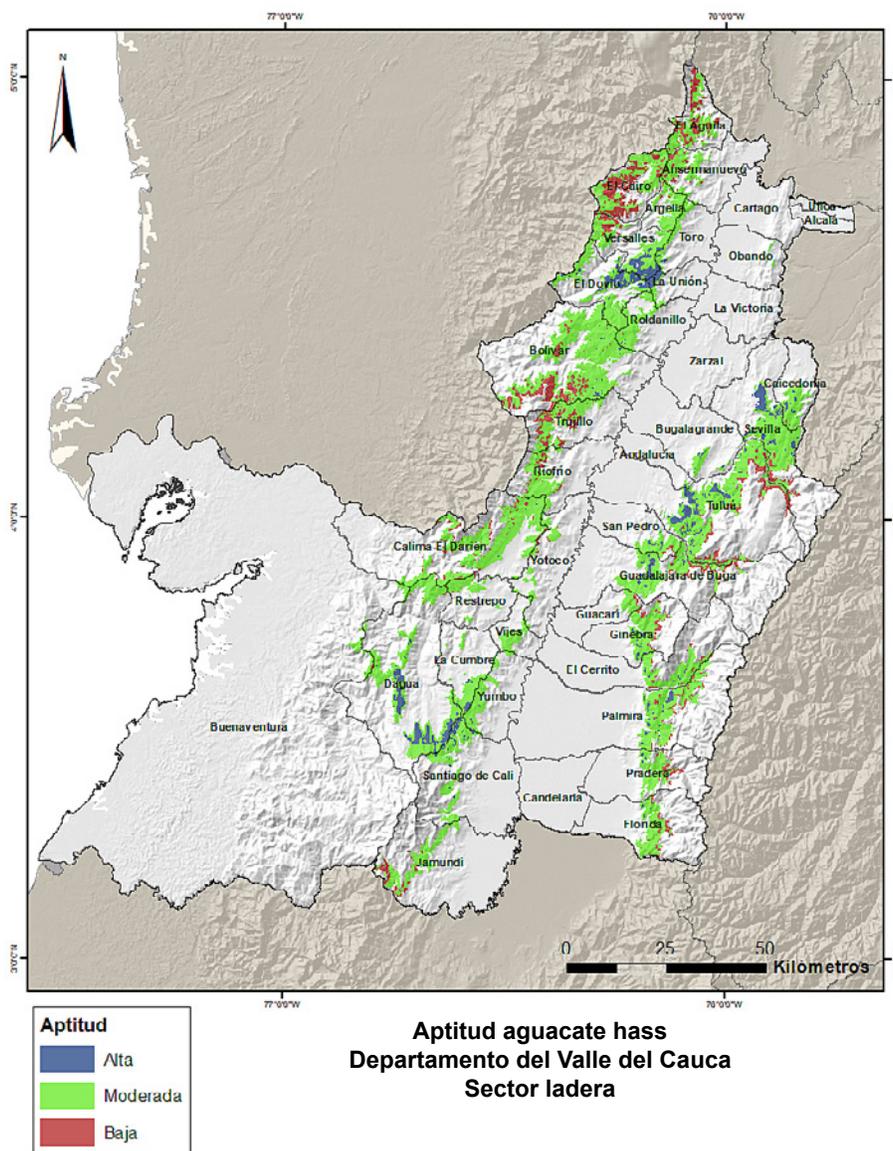


Figura 15. Mapa de zonificación del aguacate Hass en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.

En cuanto a la distribución porcentual de las áreas de aptitud para el cultivo del aguacate Hass en el departamento (ver figura 16), se evidencia que, como se mencionó con antelación, las zonas de aptitud moderada representan la mayor proporción en área (244.440 ha potenciales), lo cual equivale al 81,4 %. Por el contrario, las zonas de aptitud alta son las de menor proporción (20.998 ha en todo el departamento) y corresponden al 7 % (ver tabla 3).

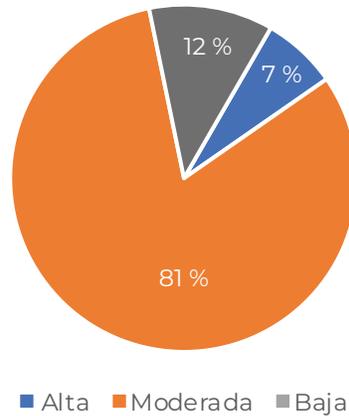


Figura 16. Porcentaje de área por aptitud en el departamento

Fuente: elaboración propia.

Tabla 3. Tamaño en hectáreas por aptitud en el departamento del Valle del Cauca

Aptitud	Área (ha)
Alta	20.998
Moderada	244.44
Baja	34.703
Total	300.14

Fuente: elaboración propia.

Al observar la distribución de las áreas totales de aptitud por municipio (ver figura 17), se puede observar que al menos los primeros diez municipios tienen un área de aptitud total que oscila entre las 10.000 y 33.000 ha y, a su vez, presentan altos porcentajes de área con aptitud moderada. Los municipios que se destacan por tener áreas mayores con aptitud alta son los siguientes: Tuluá, Dagua, Sevilla, El Dovio y Versalles y, en menor proporción, Palmira y Bugalagrande. Entre los municipios que se destacan por presentar áreas por debajo de las 10.000 ha y, asimismo, áreas de aptitud alta están Santiago de Cali con 1000 ha y La Unión con 877 ha (ver figura 17 y tabla 4).

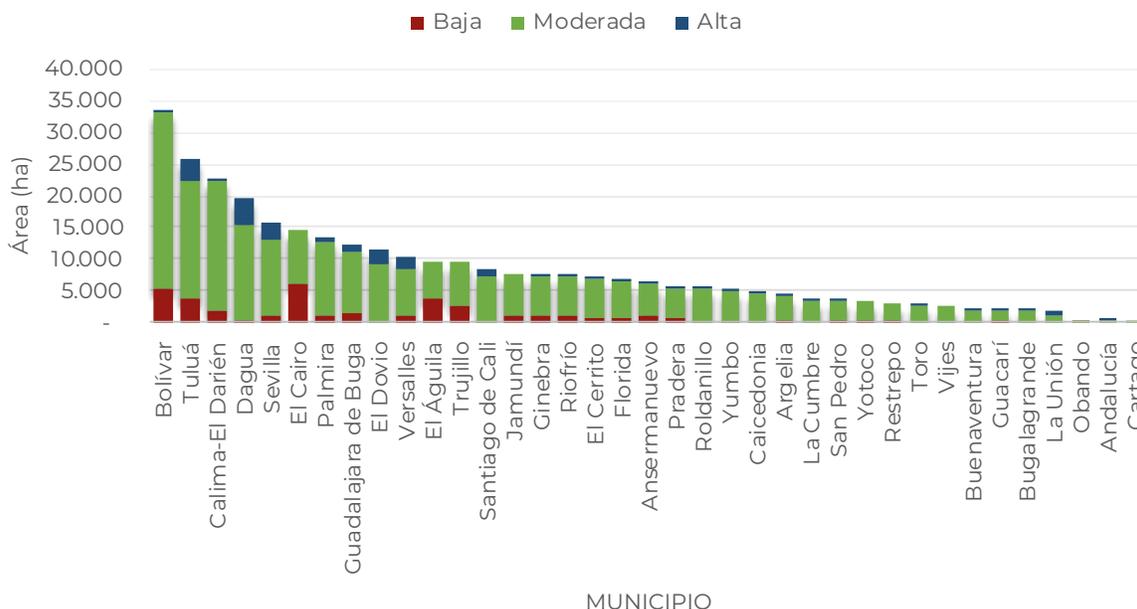


Figura 17. Resultados de la zonificación por municipios en el departamento del Valle del Cauca, con relación a su importancia por tamaño de área

Fuente: elaboración propia.

En la siguiente tabla complementaria (ver tabla 4), se pueden encontrar desglosados los resultados por tamaño de áreas (ha), según el municipio y el tipo de aptitud. De acuerdo con estos datos, los municipios con más área potencial en aptitud alta son los siguientes: Dagua (4343 ha), Tuluá (3316 ha), Sevilla (2563 ha), El Dovio (2470 ha) y Versalles (2229 ha). Como resultado de la zonificación edafoclimática, se evidencia el predominio de las áreas con aptitud moderada, entre las cuales se destacan las ubicadas en los siguientes municipios: Bolívar (27.945 ha), Calima-El Darién (20.478 ha), Tuluá (19.926 ha), Dagua (15.149 ha), Sevilla (11.928 ha) y Palmira (11.594 ha). En resumen, se pueden identificar cinco municipios que predominan, tanto en aptitud alta como moderada, respectivamente: Dagua, Sevilla, Tuluá, El Dovio y Versalles.

Tabla 4. Tamaño de áreas (ha) por municipio en el departamento del Valle del Cauca según su aptitud

Municipio	Alta	Moderada	Baja	Total
Bolívar	291	27.945	5.173	33.409
Tuluá	3.316	18.926	3.589	25.830
Calima-El Darién	27	20.478	1.772	22.277
Dagua	4.343	15.149	183	19.675
Sevilla	2.563	11.928	1.211	15.702
El Cairo	0	8.642	5.976	14.618
Palmira	829	11.594	1.163	13.587
Guadalajara de Buga	959	9.575	1.580	12.114
El Dovio	2.470	9.165	0	11.636
Versalles	2.229	7.068	1.134	10.431
El Águila	0	6.086	3.576	9.662

Continúa



Municipio	Alta	Moderada	Baja	Total
Trujillo	0	7.054	2.510	9.564
Santiago de Cali	1.008	7.236	25	8.269
Jamundi	0	6.389	1.033	7.423
Ginebra	302	6.221	856	7.379
Riofrío	29	6.229	952	7.211
El Cerrito	177	6.134	557	6.868
Florida	89	5.678	819	6.586
Ansermanuevo	5	5.221	865	6.091
Pradera	111	4.673	709	5.492
Roldanillo	48	5.364	16	5.428
Yumbo	99	4.939	3	5.041
Caicedonia	344	4.458	25	4.827
Argelia	5	4.088	171	4.264
La Cumbre	317	3.339	0	3.657
San Pedro	175	3.184	174	3.533
Yotoco	0	2.952	249	3.202
Restreoo	0	2.938	205	3.143
Toro	178	2.698	0	2.876
Vijes	0	2.740	0	2.740
Buenaventura	21	1.736	47	1.804
Guacarí	11	1.665	124	1.799
Bugalagrande	143	1.633	0	1.775
La Unión	877	887	0	1.764
Obando	0	259	5	264
Andalucía	34	160	0	194
Cartago	0	9	0	9
Total	21.000	244.440	34.702	300.144

Fuente: elaboración propia.

5.2. Validación de los resultados de la zonificación edafoclimática

Para realizar la validación correspondiente a los resultados obtenidos en la zonificación, se recurrió a una muestra de datos secundarios obtenidos gracias a la colaboración de la Sociedad de Agricultores y Ganaderos (SAG). Se debe aclarar que los puntos de producción georreferenciados con base en estos datos son solo una muestra de la totalidad de los agricultores de aguacate Hass en el Valle del Cauca, pero, a través de este mapa, se pueden validar y contrastar los datos obtenidos en la zonificación con los lugares donde se lleva a cabo el cultivo de hecho.

Específicamente, los resultados dejan ver una intersección de datos significativa entre los puntos de finca y las áreas potenciales en los municipios de El Cairo, Argelia, Versalles, Roldanillo, Bolívar, Caicedonia y Sevilla (ver figura 18). La totalidad de los puntos de producción de aguacate Hass observados está dentro de las áreas de zonificación proyectadas. De un total de 84 puntos, 61 de ellos quedan ubicados en zonas de aptitud moderada, 14 en aptitud alta y 9 en aptitud baja.

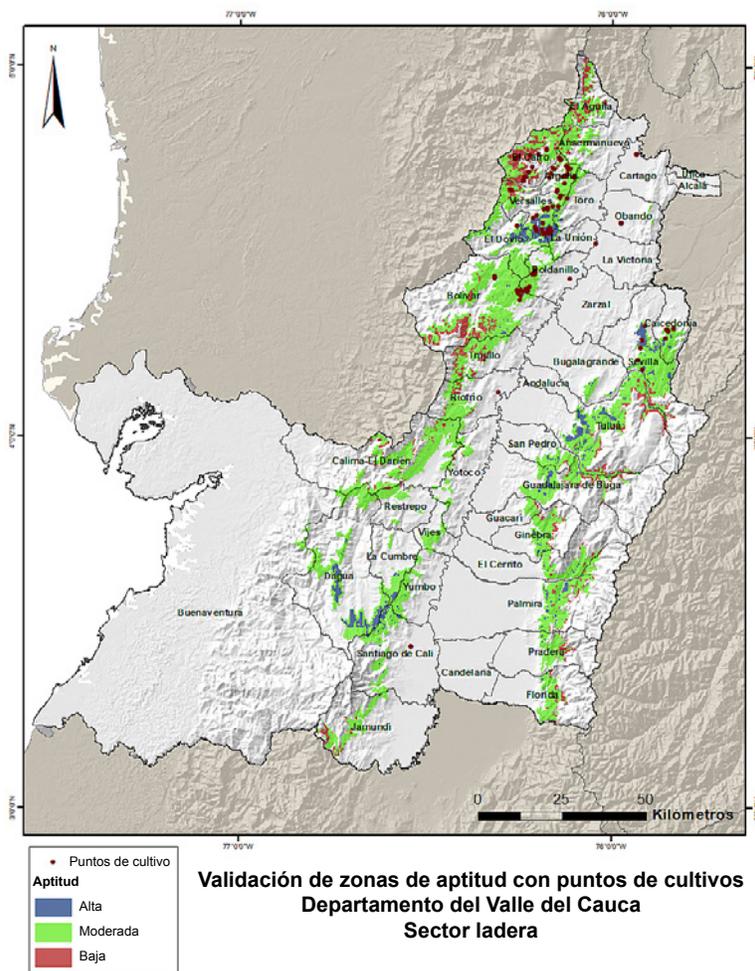


Figura 18. Validación de la zonificación del aguacate Hass en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.

5.3. Información socioecosistémica y socioeconómica asociada con las áreas de zonificación edafoclimática

a) Conflicto por el uso del suelo según las áreas de zonificación del aguacate Hass

A rasgos generales, en las zonas de ladera donde se han identificado áreas de aptitud (alta, moderada y baja) para el cultivo del aguacate Hass, los usos del suelo en la categoría de *adecuados o sin conflicto* equivalen a 82.816 ha del total y tienden a encontrarse en la vertiente occidental del sistema de cordilleras. Categorías como *sobreutilización*, que equivalen a 119.185 ha (39,7 %), y *demanda no disponible*, que representan 94.754 ha (31, 6 %), se muestran distribuidas de manera equilibrada entre los dos sistemas montañosos que flanquean al valle del río Cauca. En este contexto, es notable que la categoría de *subutilización* solo llega a un 1,1 % (es decir, a 3.290 ha) (ver figura 19 y tabla 5).

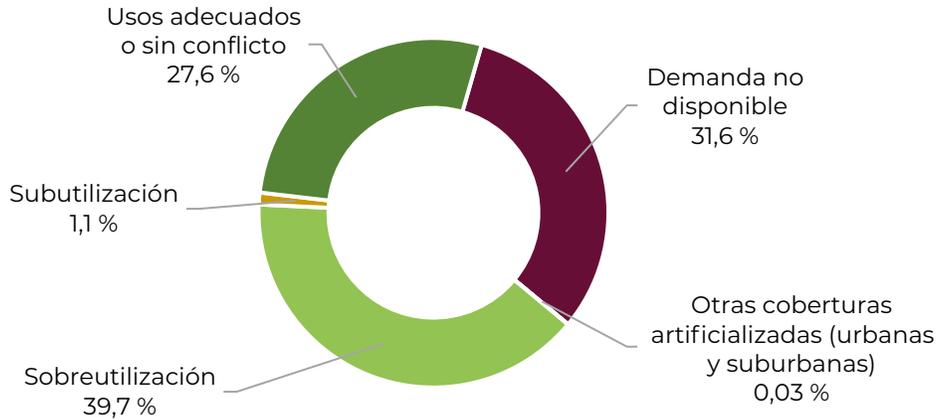


Figura 19. Porcentaje del conflicto por el uso del suelo según las áreas de zonificación

Fuente: elaboración propia.

Con respecto a los diez municipios con áreas de aptitud mayores a 10.000 ha, son Bolívar (13.655 ha), Calima-El Darién (15.421 ha) y Dagua (11.494 ha) los que presentan áreas mayores de *usos adecuados o sin conflicto*. En el mapa de los conflictos por el uso del suelo, se puede observar que la categoría de *usos adecuados o sin conflicto* predomina mucho más en zonas con más altitud de la Cordillera Occidental (ver figura 20). Por otra parte, los municipios con mayores porcentajes de áreas con conflicto por el uso de suelo, en especial en la categoría de *sobreutilización*, son los siguientes: Bolívar (12.831 ha), Tuluá (12.228 ha), El Cairo (9.055 ha) y Palmira (6.927 ha), los cuales también figuran dentro de los siete municipios con más potencial en área total de aptitud para el cultivo del aguacate Hass (ver figura 20 y tabla 5).

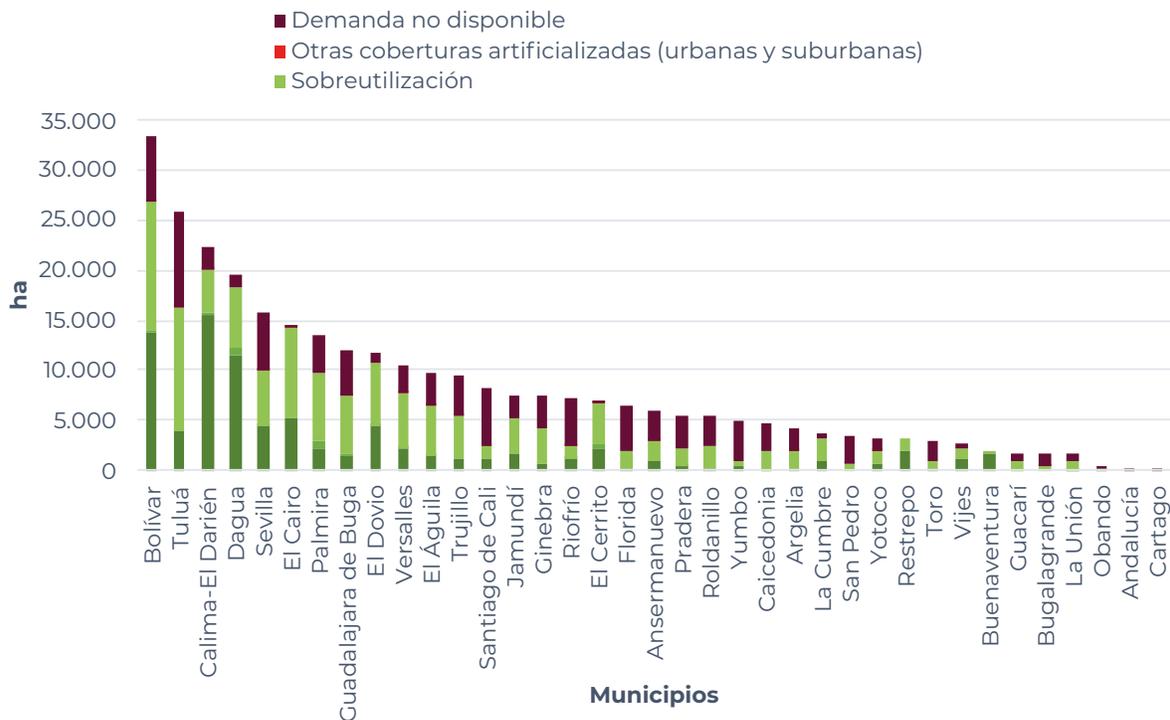


Figura 20. Conflictos por uso del suelo según las áreas de zonificación, en su orden de importancia por municipio, en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.



A continuación, en la figura 21, se puede apreciar cómo se encuentran distribuidos los conflictos por el uso del suelo a lo largo de las áreas de aptitud de la zonificación, lo que potencialmente puede afectar o permitir el desarrollo del cultivo del aguacate Hass.

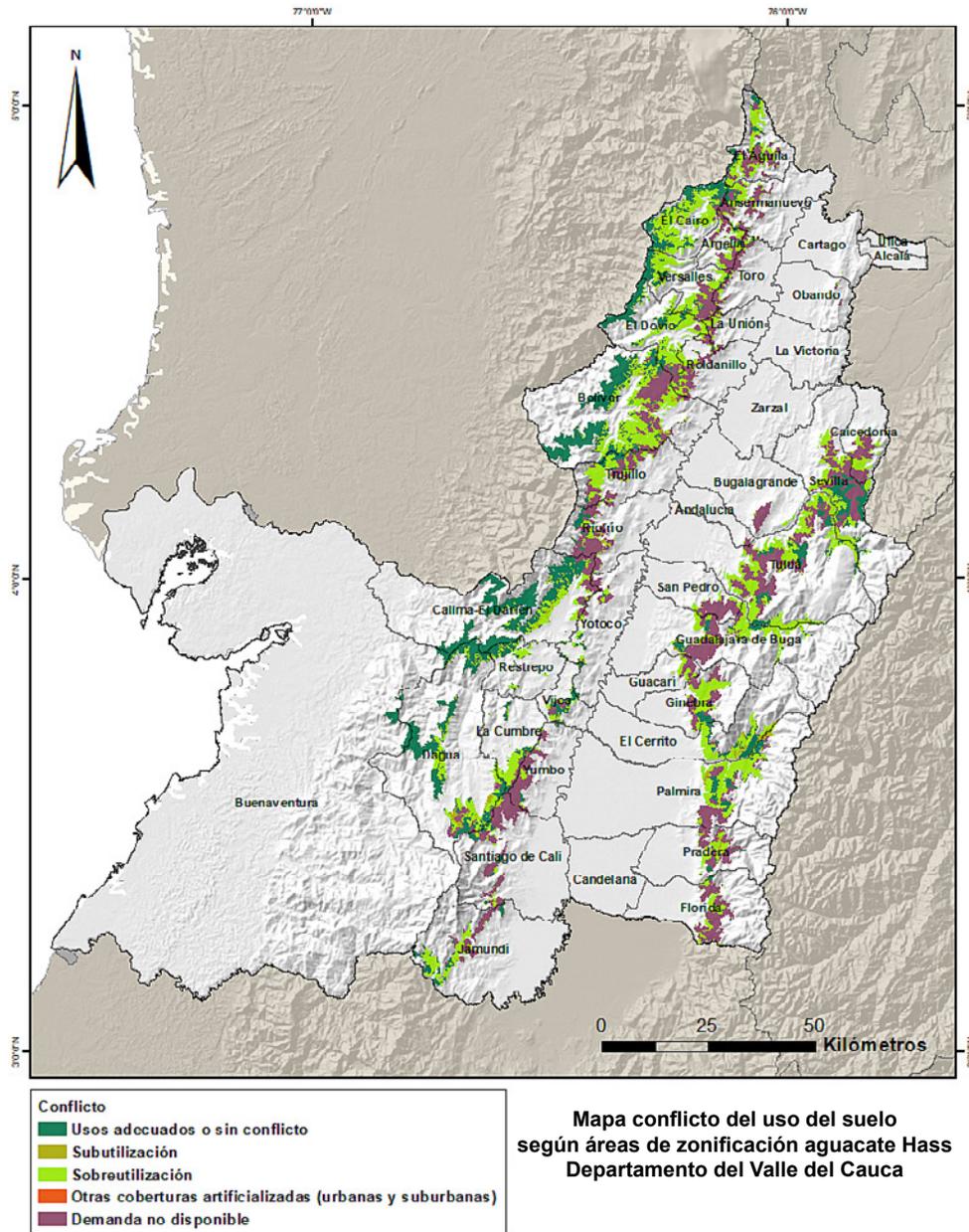


Figura 21. Mapa de conflicto por el uso del suelo según las áreas de zonificación en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.



Tabla 5. Tamaño de área (en ha) por municipio en el departamento del Valle del Cauca según los conflictos por el uso del suelo

Municipios	Usos adecuados o sin conflicto	Subutilización	Sobreutilización	Otras coberturas artificializadas (urbanas y suburbanas)	Demanda no disponible	Total general
Bolívar	13.655,2	469,6	12.831,0	5,90	6.447,3	33.409
Tuluá	3.933,5	69,1	12.227,8	4,60	9.595,5	25.831
Calima-El Darién	15.421,3	363,3	4.261,6	2,30	2.228,1	22.277
Dagua	11.494,0	728,0	6.074,8		1.378,4	19.675
Sevilla	4.346,7	4,3	5.762,2	3,70	5.585,2	15.702
El Cairo	5.265,4		9.055,3	5,80	291,1	14.618
Palmira	2.287,1	580,0	6.926,6		3.792,9	13.587
Guadalajara de Buga	1.444,2	132,5	5.800,7	2,70	4.734,1	12.114
El Dovio	4.397,8	23,5	6.312,9		901,5	11.636
Versalles	2.176,4	10,0	5.610,4	8,60	2.625,8	10.431
El Águila	1.436,7	16,4	4.960,6	29,20	3.219,3	9.662
Trujillo	1.178,9		4.374,5	1,00	4.009,2	9.564
Santiago de Cali	1.185,7		1.281,3	4,00	5.797,7	8.269
Jamundí	1.754,2		3.439,0		2.229,3	7.423
Ginebra	562,1		3.595,1		3.221,7	7.379
Riofrío	1.067,6	150,1	1.280,4	7,00	4.705,5	7.211
El Cerrito	2.124,5	556,4	4.011,0	0,70	175,1	6.868
Florida	102,4		1.940,8		4.543,0	6.586
Ansermanuevo	864,5		2.084,8	5,10	3.136,7	6.091
Pradera	368,3	137,9	1.796,8		3.189,2	5.492
Roldanillo	203,1		2.230,9		2.993,7	5.428
Yumbo	423,9		631,6		3.985,5	5.041
Caicedonia	47,4		1.851,2		2.928,4	4.827
Argelia	205,6		1.732,8	8,90	2.316,4	4.264
La Cumbre	991,7		2.323,9		341,0	3.657
San Pedro			700,1	3,00	2.829,7	3.533
Yotoco	781,0		1.081,5	1,80	1.337,4	3.202
Restrepo	1.826,1		1.316,6			3.143
Toro	184,1		699,1		1.993,1	2.876
Vijes	1.268,7		864,7		606,7	2.740
Buenaventura	1.803,8		0,2			1.804
Guacarí		31,0	801,7		966,1	1.799
Bugalagrande			355,3	0,70	1.419,3	1.775

Continúa



Municipios	Usos adecuados o sin conflicto	Subutilización	Sobreutilización	Otras coberturas artificializadas (urbanas y suburbanas)	Demanda no disponible	Total general
La Unión	2,9	18,1	840,6		902,0	1.764
Obando	11,7		86,7		165,6	264
Andalucía			31,8		162,0	194
Cartago			8,6		0,0	9
Total	82.816,50	3.290,20	119.185	95	94.754	300.140

Fuente: elaboración propia.

b) Vocación de uso del suelo según las áreas de zonificación del aguacate Hass

La asociación de esta variable con las áreas de zonificación evidencia que dentro de la zona de estudio se presenta un gran predominio del uso forestal, el cual llega a un 94,7 % del total del área (ver figura 22). Esto también se aprecia en el mapa de vocación de uso del suelo según las áreas de zonificación (ver figura 23). En particular, la vocación agrícola en las áreas delimitadas por la zonificación solo llega a un 3,8 %, porcentaje que equivale a 11.310 ha (ver tabla 6).

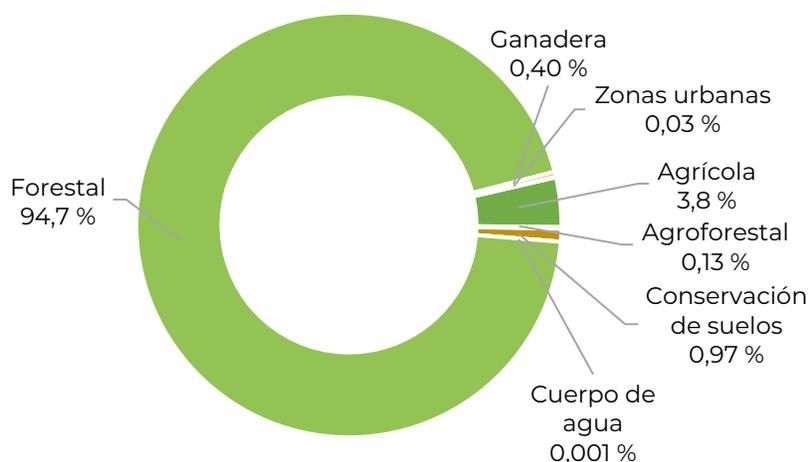


Figura 22. Porcentaje de la vocación de uso del suelo según las áreas de zonificación

Fuente: elaboración propia.



Figura 23. Vocación de uso del suelo según las áreas de zonificación por municipio en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.

Cabe destacar que, de los municipios con áreas de aptitud total mayores a 10.000 ha, estos solo sobresalen por tener áreas de vocación altas. Sin embargo, no son mayores a las 4000 ha en los municipios de Bolívar (4170 ha), Calima-El Darién (2423 ha) y Dagua (1368 ha) (ver figura 24). En el caso del municipio de El Cairo, se evidencia la ausencia total de áreas con vocación de uso de suelo agrícola (ver tabla 6).

Tabla 6. Tamaño de área (ha) por municipio en el departamento del Valle del Cauca según vocación de uso del suelo

Municipios	Agroforestal	Agrícola	Forestal	Ganadera	Conservación de suelos	Cuerpo de agua	Zonas urbanas	Area (ha)
Bolívar		4.170,9	29.179,8		52,5		5,9	33.409,1
Tuluá		81,0	25.744,9				4,6	25.830,5
Calima El Darién		2.423,2	19.850,7				2,8	22.276,7
Dagua	41,5	1.368,5	18.179,6		85,6			19.675,2
Sevilla		312,4	15.385,8				3,7	15.701,9
El Cairo		-	14.611,8				5,8	14.617,6
Palmira		331,7	12.930,8	324,1				13.586,6
Guadalajara de Buga	262,3	453,0	11.368,5	27,7		0,1	2,7	12.114,3
El Dovio		32,4	11.603,3					11.635,7
Versalles		11,3	10.411,4				8,6	10.431,3
El Águila		16,4	9.616,6				29,2	9.662,2
Trujillo		121,7	9.433,8		7,2		1,0	9.563,7

Continúa



Municipios	Agroforestal	Agrícola	Forestal	Ganadera	Conservación de suelos	Cuerpo de agua	Zonas urbanas	Area (ha)
Santiago de Cali			7.607,1		657,7		4,0	8.268,8
Jamundí			7.409,3		13,3			7.422,6
Ginebra			7.266,4	105,5	6,9			7.378,8
Riofrío		1.227,2	5.975,0		1,3		7,0	7.210,5
El Cerrito		701,1	5.796,1	369,8			0,7	6.867,7
Florida			6.524,8		61,5			6.586,3
Anserma Nuevo			6.086,0				5,1	6.091,1
Pradera			5.044,1	360,5	87,6			5.492,2
Roldanillo	24,5		5.386,1		17,0			5.427,6
Yumbo			3.965,9		1.075,1			5.041,0
Caicedonia			4.827,0					4.827,0
Argelia			4.254,3				9,3	4.263,6
La Cumbre			3.404,7		251,9			3.656,6
San Pedro			3.529,8				3,0	3.532,8
Yotoco	9,1	8,4	2.935,6		246,8		1,8	3.201,7
Restrepo			3.099,5		43,2			3.142,7
Toro			2.876,2					2.876,2
Vijes			2.693,8		46,3			2.740,1
Buenaventura			1.804,0					1.804,0
Guacarí		31,0	1.748,8		15,3	3,7		1.798,8
Bugalagrande			1.774,6				0,7	1.775,3
La Unión	56,1	20,6	1.686,9					1.763,6
Obando			14,8		249,2			264,0
Andalucía			193,8					193,8
Cartago			8,6		0,1			8,7
Total	394	11.311	284.230	1.188	2.919	4	96	300.140

Fuente: elaboración propia.

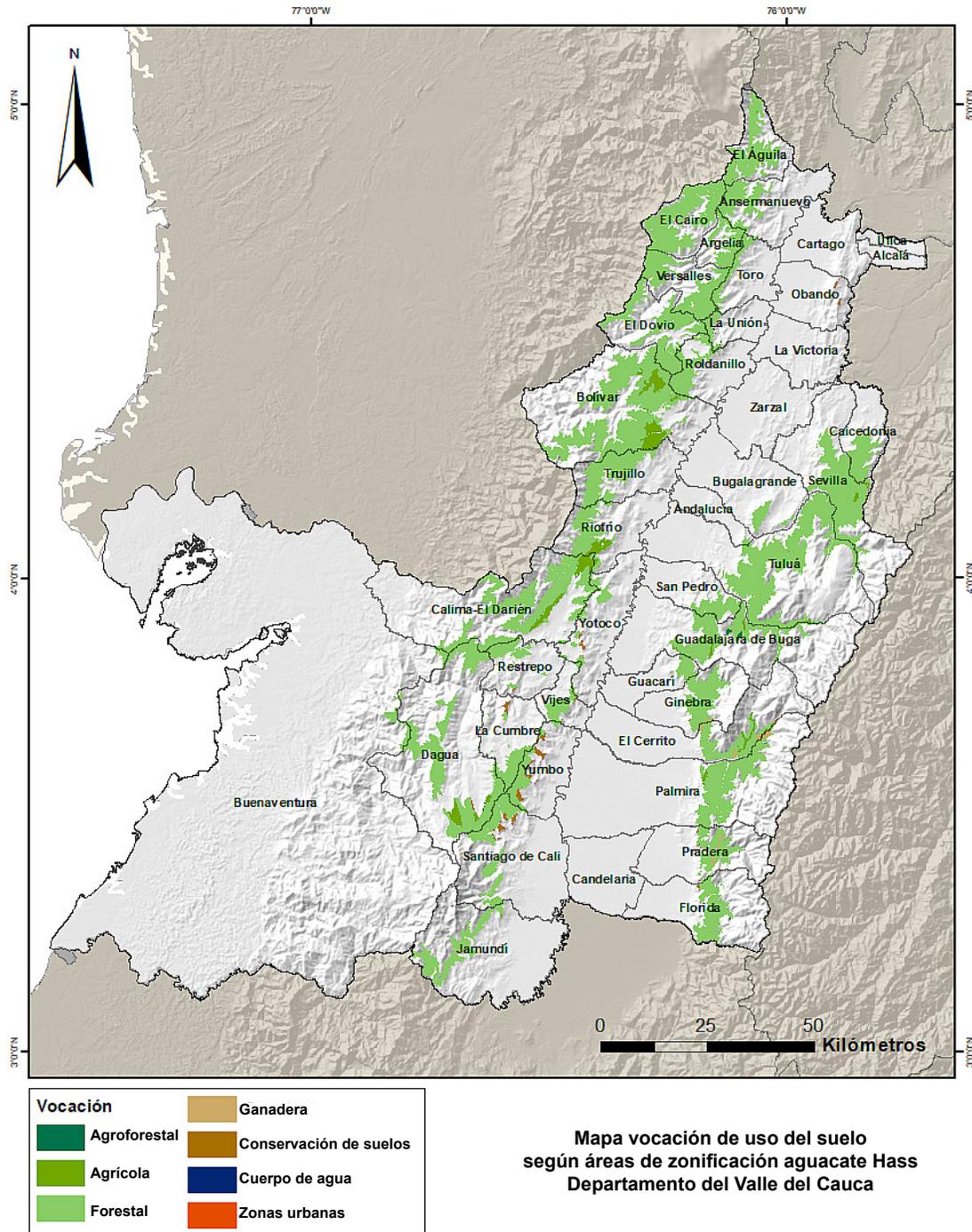


Figura 24. Mapa vocación de uso del suelo según las áreas de zonificación en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.

c) Vulnerabilidad al cambio climático según las áreas de zonificación del aguacate Hass

Con relación a la vulnerabilidad al cambio climático, esta se distribuye en términos de área de forma equitativa en las zonas determinadas como aptas en la zonificación. En cuanto al porcentaje de áreas con vulnerabilidad alta (50,9 %), este es apenas superior a las de vulnerabilidad media (47,8 %) (ver



figura 25), mientras que las áreas que pueden estar asociadas a una vulnerabilidad baja no superan el 1,25 % del total. En este contexto, las zonas de ladera en el departamento presentan una vulnerabilidad alta/moderada que, en conjunto, representa el 98,7 %. Este dato puede inducir a considerar la posibilidad de incrementar los programas de adaptación al cambio climático, en función de mitigar los impactos sobre los proyectos productivos del aguacate Hass que se proyectan actualmente para las zonas de ladera.

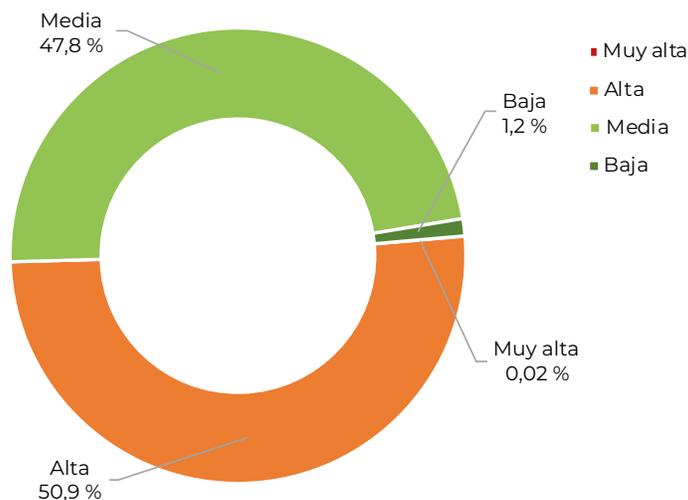


Figura 25. Porcentaje del índice de vulnerabilidad al cambio climático según el área total de la zonificación

Fuente: elaboración propia.

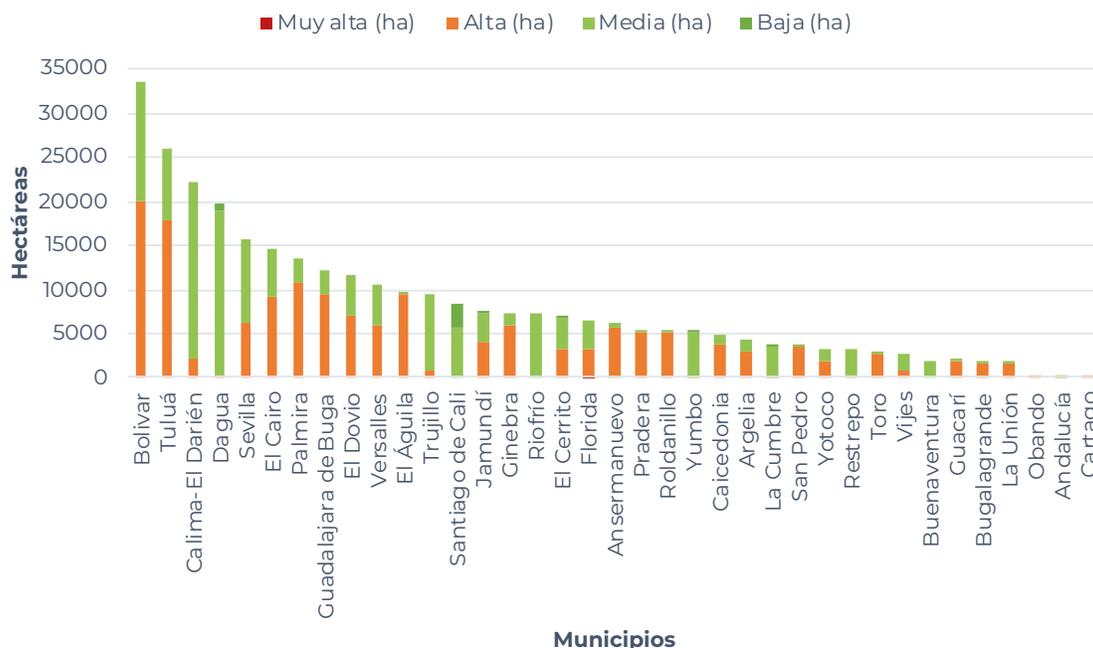


Figura 26. Vulnerabilidad según las áreas de zonificación por municipio en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.



En lo que concierne a los municipios con áreas de aptitud total mayores a 10.000 ha, se destacan por tener vulnerabilidad alta: Bolívar, Tuluá, Palmira, Guadalajara de Buga, El Cairo, El Dovio, Versalles, Sevilla y El Águila. El municipio de Calima-El Darién se destaca por tener la mayor proporción de áreas con vulnerabilidad media (ver figura 26). Sin embargo, Dagua es el municipio que presenta las áreas con vulnerabilidad más baja (ver figura 27) en las estribaciones de la cordillera Occidental —en el intersección con los municipios de Santiago de Cali y Yumbo— aunque el tamaño de estas solo corresponde a 795,1 ha (ver tabla 7).

Tabla 7. Tamaño del área (ha) por municipio en el departamento del Valle del Cauca según el índice de vulnerabilidad al cambio climático

Municipios	Muy alta	Alta	Media	Baja	Total
Bolívar		19.979,0	13.430,1		33.409,1
Tuluá		17.933,4	7.897,1		25.830,5
Calima-El Darién		2.150,3	20.126,3		22.276,6
Dagua		206,5	18.673,6	795,1	19.675,2
Sevilla		6.252,1	9.449,9		15.702,0
ElCairo		9.196,8	5.420,8		14.617,6
Palmira		10.946,7	2.640,0		13.586,7
Guadalajara de Buga		9.535,5	2.578,8		12.114,3
El Dovio		7.081,8	4.553,9		11.635,7
Versalles		5.935,5	4.495,8		10.431,3
ElÁguila		9.514,1	148,2		9.662,3
Trujillo		849,4	8.714,3		9.563,7
Santiago de Cali			5.761,8	2.507,0	8.268,8
Jamundí		4.017,9	3.271,2	133,5	7.422,6
Ginebra		5.855,8	1.523,0		7.378,8
Riofrío			7.210,6		7.210,6
El Cerrito		3.130,7	3.646,4	90,7	6.867,8
Florida	64,9	3.259,5	3.261,8		6.586,2
Ansermanuevo		5.583,0	508,1		6.091,1
Pradera		5.041,7	450,5		5.492,2
Roldanillo		5.079,2	348,5		5.427,7
Yumbo		49,9	4.960,4	30,7	5.041,0
Caicedonia		3.691,9	1.135,0		4.826,9
Argelia		3.072,1	1.191,5		4.263,6
La Cumbre		27,7	3.541,7	87,2	3.656,6
San Pedro		3.431,0	101,7		3.532,7
Yotoco		1.853,9	1.347,9		3.201,8
Restrepo		313,3	2.829,4		3.142,7
Toro		2.679,1	197,1		2.876,2
Vijes		801,1	1.939,0		2.740,1
Buenaventura			1.804,0		1.804,0
Guacarí		1.789,8	9,0		1.798,8

Continúa



Municipios	Muy alta	Alta	Media	Baja	Total
Bugalagrande		1.686,2	89,2		1.775,4
La Unión		1.650,5	113,1		1.763,6
Obando		264,0			264,0
Andalucía		19,1	174,7		193,8
Cartago		8,7			8,7
Total	65	152.887	143.544	3.644	300.141

Fuente: elaboracion propia.

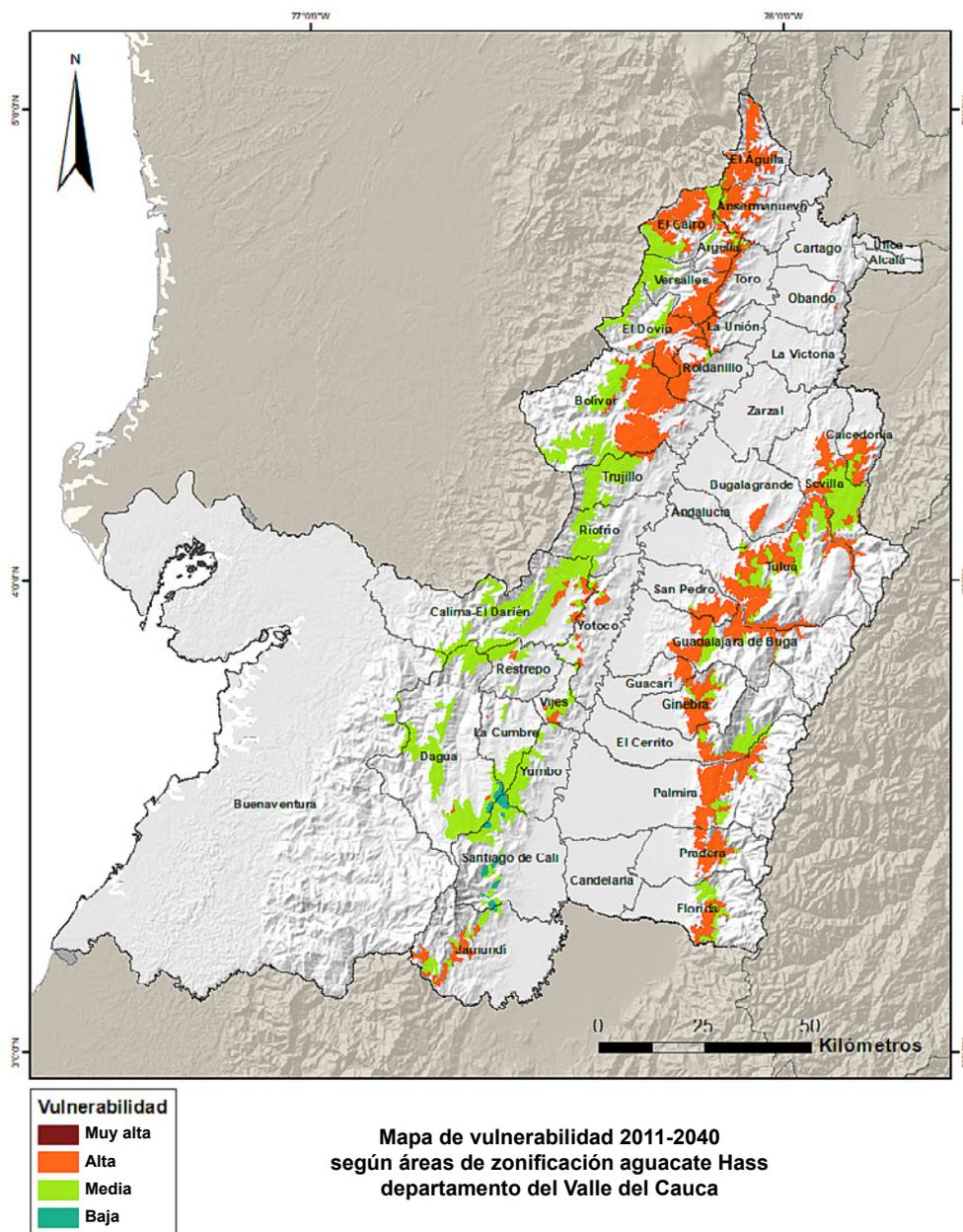


Figura 27. Mapa vulnerabilidad según las áreas de zonificación en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboracion propia.



5.4. Información socioeconómica asociada con las áreas de zonificación edafoclimática

Según la importancia de los municipios y de acuerdo con las áreas determinadas en la zonificación, se hizo el cruce de información con las bases de datos del Censo Nacional Agropecuario (2014). A partir de estas, se obtuvo la información del número de UPA que dieron respuestas afirmativas o negativas para determinar, con ello, la tenencia, o no, de maquinaria, sistema de riego agrícola, y acceso, o no, a servicios financieros, crediticios, asistencia y asesoría. A través de esta síntesis de datos se brinda una mirada general de las cuatro variables priorizadas en función de la situación particular de los municipios que, a su vez, se han priorizado a través de los resultados de la zonificación según el área total de aptitud.

a) Tenencia de riego

En cuanto a los datos generales de las UPA en el departamento (N=76.874), solo el 44,6 % registraron respuesta. Así mismo, un 33 % de estas tiene algún sistema de riego y —del total de municipios que tiene áreas de aptitud para el cultivo del aguacate Hass— el 46 % cuenta con un mayor número de UPA con, al menos, un sistema de riego.

Según la zonificación, los municipios con mayor potencial de área con aptitud total y número de UPA con ausencia de sistema de riego son los siguientes: Bolívar, Tuluá, Dagua, Sevilla, El Cairo, el Dovio y Versalles. Proporcionalmente, municipios como Calima-El Darién, Sevilla, Guadalajara de Buga, el Dovio, Versalles y El Águila poseen menos UPA con algún sistema de riego (ver figura 28) Sin embargo, destaca dentro del grupo de municipios con mayor potencial de área con aptitud total Palmira, que supera las 600 UPA que poseen al menos un sistema de riego. De modo general, se puede inferir que hay una tendencia marcada a que las UPA carezcan de algún tipo de riego para sus actividades en el campo. El caso más acentuado es el de Buenaventura, con más de 8.991 UPA que no tienen sistema de riego alguno. Es seguida, en menor proporción, están los municipios de Tuluá (más de 1400), Dagua (casi 1200), Sevilla, Florida y Jamundí (cerca de 1000). No obstante, este último municipio también tiene un gran número de UPA con al menos un sistema de riego.

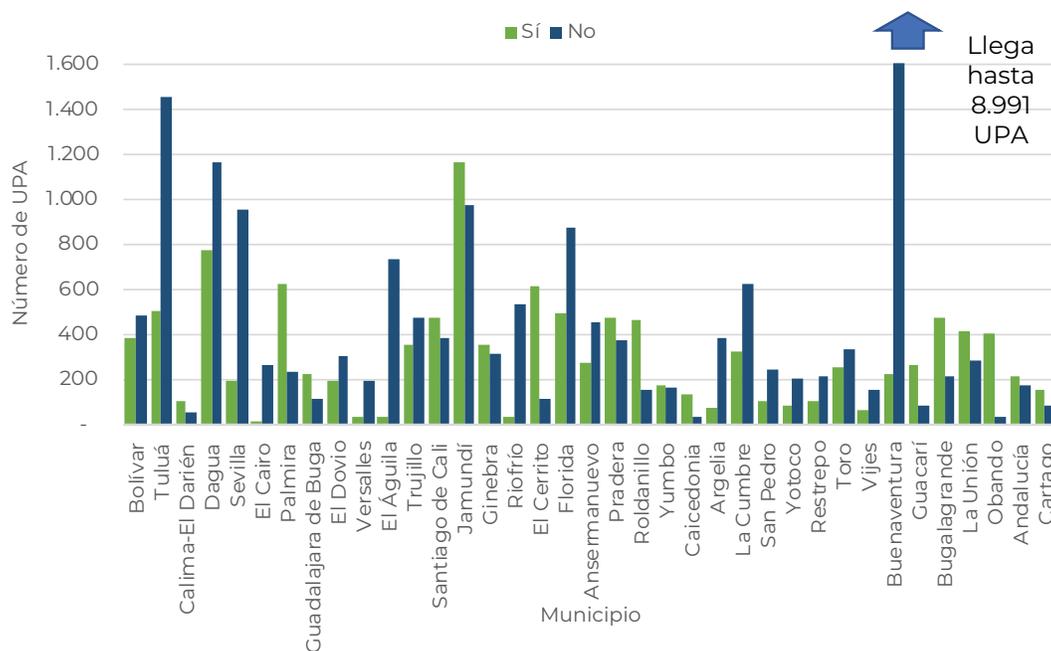


Figura 28. Tenencia de riego por municipio en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.



b) Tenencia de maquinaria

Con respecto a esta variable, los datos más generales determinan que las UPA registradas con algún tipo de respuesta representan el 90,6 % del total de las 76.874 UPA en el departamento; a su vez, se evidencia que solo un 26,8 % de estas muestran tenencia de maquinaria y equipo agrícola. Por otra parte, del total de municipios que tienen áreas de aptitud para el cultivo del aguacate Hass, el 86,5 % presenta un mayor número de UPA que cuenta con maquinaria agrícola.

Cabe destacar que la tenencia de maquinaria no se presenta como un factor determinante para el desarrollo del cultivo del aguacate Hass, aunque sí podría serlo el factor de acceso a algún tipo de riego, pues las áreas de ladera donde el cultivo generalmente se realiza no permite la mecanización compleja. No obstante, tener una perspectiva del acceso a maquinaria o equipo agrícola es determinante para saber si otros tipos de tecnologías pueden ser aplicadas o deben ser promovidas. Al analizar el grupo de municipios con mayores áreas potenciales según la zonificación, se evidencia una clara tendencia a la ausencia de algún tipo de maquinaria. Los municipios con más UPA que carecen de este tipo de bien, en relación con los que sí lo poseen, son Dagua y Tuluá (ver figura 29). En cuanto al grupo de municipios con áreas de aptitud menores a 10.000 ha, los ejemplos más acentuados con tendencia negativa son Santiago de Cali y Jamundí. Con relación al grupo de municipios con menos de 5000 ha de aptitud potencial, Buenaventura y La Cumbre presentan un mayor número de UPA sin tenencia de maquinaria.

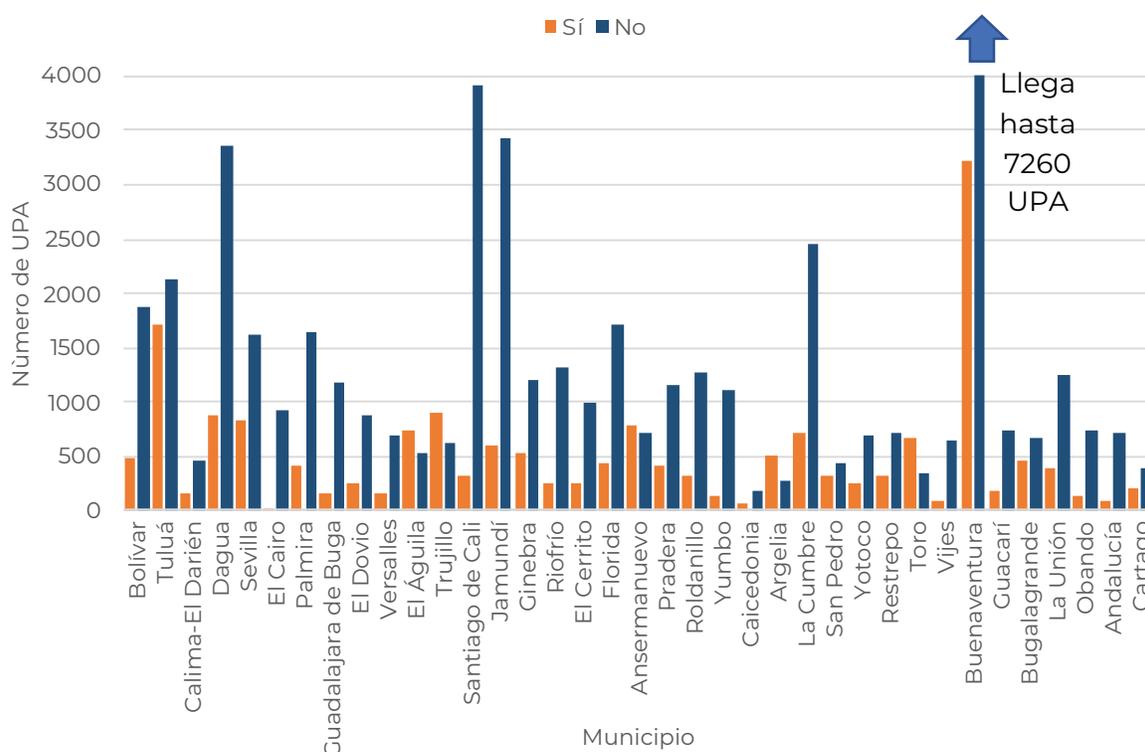


Figura 29. Tenencia de maquinaria por municipio en el departamento del Valle del Cauca

fuelle: elaboracion propia.

c) Beneficiarios de asistencia y asesoría

Con relación a los datos más generales, estos muestran que las UPA con respuesta para esta variable representan el 95,2 % del total de 76.874 UPA que hay en el departamento. De igual forma, se evidencia que solo un 29,8 % de estas ha tenido acceso a algún tipo de asistencia o asesoría. Por su



parte, del total de municipios que tienen áreas de aptitud para el cultivo del aguacate Hass, el 81,1 % presentan un mayor número de UPA que han tenido acceso, al menos, a uno de estos servicios. Como se muestra en la figura 30, la tendencia al no acceso a algún tipo de asistencia o asesoría es negativa. En la mayoría de municipios, las UPA que registraron respuesta a esta variable no tienen acceso a estos servicios.

En lo concerniente al grupo de municipios con mayor potencial de área de aptitud total, solo el municipio de Sevilla muestra una leve tendencia a presentar un comportamiento positivo. En 23 municipios, el número de UPA con acceso a asistencia y asesoría no supera las 500. En casos como el de Dagua, Cali, Jamundí, La Cumbre y Buenaventura, la disparidad es muy alta. Así, en este contexto, se debe prestar gran atención al fomento de programas de asesoramiento, pues se ha detectado también que el acceso a asistencia y asesoría, junto con el riego, son factores definitorios para el desarrollo agrícola en sus diversas escalas en el territorio nacional.

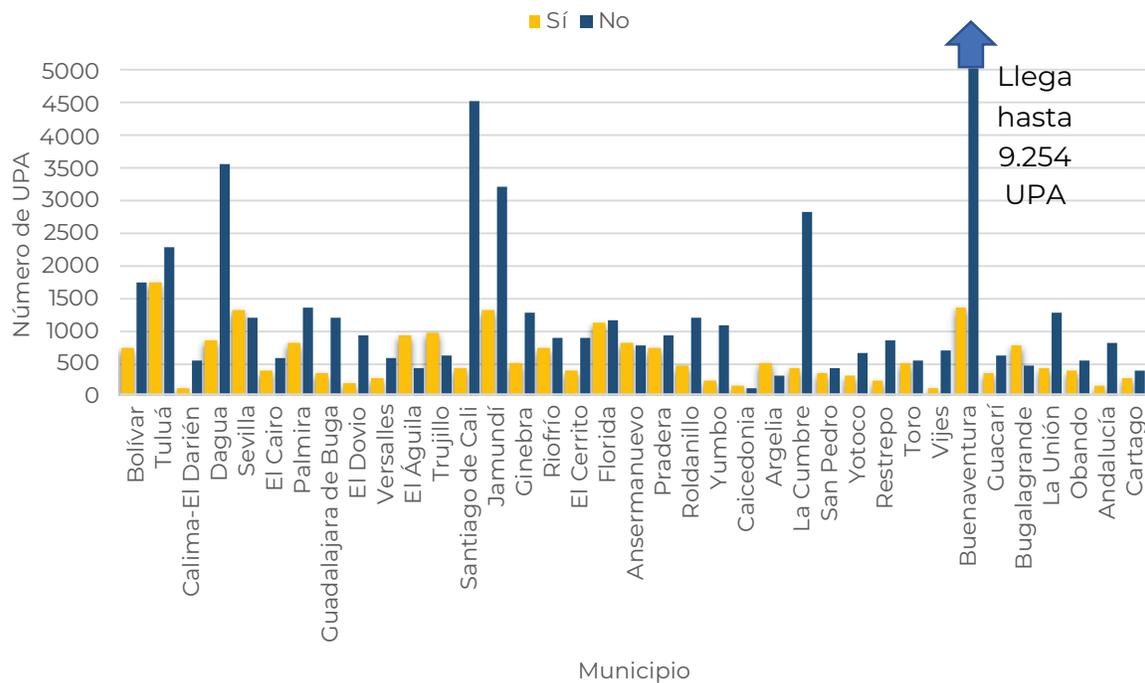


Figura 30. Beneficiarios de asistencia o asesoría según áreas de zonificación por municipio en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.

d) Crédito y financiamiento

Los datos muestran que del número total de UPA (76.874 en el departamento) solo el 14,2 % registra respuesta y el 90,7 % ha accedido a algún tipo de servicio de crédito o financiamiento. A nivel nacional, para el desarrollo del campo agrícola, otra de las variables detectadas como críticas es el acceso a fuentes de crédito y financiamiento. Si bien se observa un panorama positivo a nivel general en los municipios con áreas de aptitud en ladera para el cultivo del aguacate Hass (ver figura 31), la tendencia es que el número de UPA con acceso a estos servicios es mayor a las que no lo poseen, a pesar de que el número de UPA es bastante bajo para este ítem.

Por último, los siguientes municipios: Tuluá, Jamundí, Palmira, Florida, Pradera, Bugalagrande, Sevilla, Bolívar y Trujillo se destacan por el número de UPA con mayor acceso a fuentes de financiamiento.

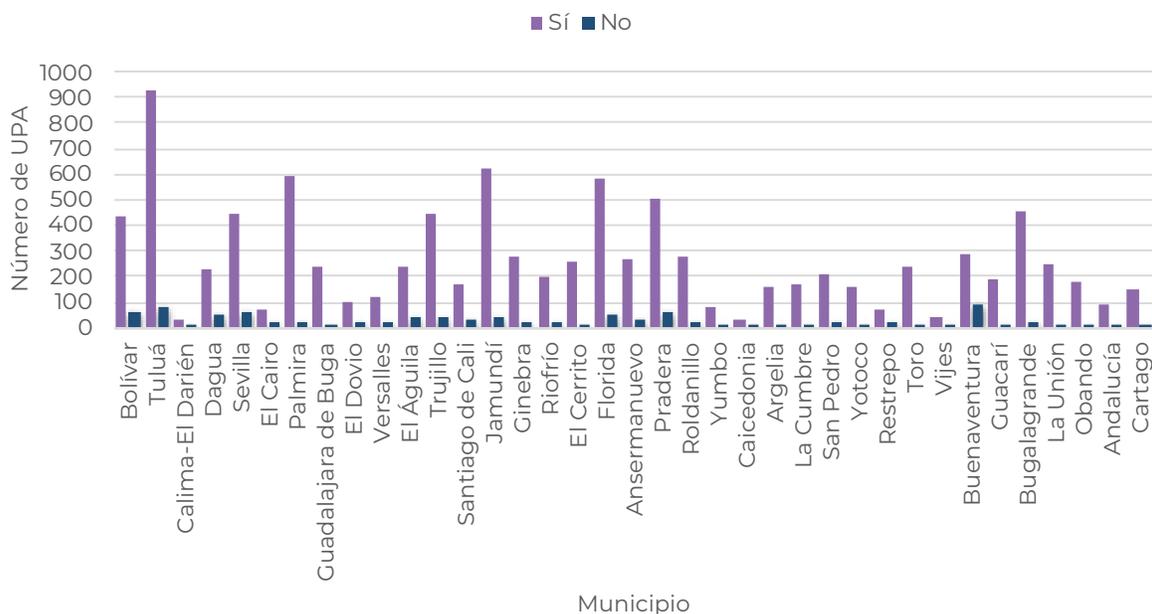


Figura 31. Aprobación de crédito o financiamiento según las áreas de zonificación por municipio en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.

5.5. Aptitud climática basada en escenarios de cambio

A continuación, se presentan los resultados correspondientes al análisis:

- Mapas de aptitud climática, escenario presente y futuro (RCP 4.5 y RCP 8.5) dados en rangos de aptitud.
- Indicador gráfico del porcentaje de aptitud climática general para el escenario presente y futuro (RCP 4.5 y RCP 8.5) en todo el departamento, dados en cuatro rangos de porcentajes de aptitud.
- Indicador presentado en gráfico de barras sobre la aptitud climática, para el escenario presente y futuro (RCP 4.5 y RCP 8.5) por municipios, según los rangos de porcentaje de aptitud.
- Mapas de ganancia, no cambio y pérdida de áreas de aptitud climática de acuerdo con la diferencia entre el escenario presente (menos RCP 4.5) y el presente (menos RCP 8.5).
- Indicadores gráficos de ganancia, no cambio y pérdida de áreas de aptitud climática dados en rangos de porcentaje de aptitud.

Con respecto a los análisis finales, estos muestran que entre el escenario presente y el escenario futuro RCP 4.5 hay una disminución del tamaño de las áreas con porcentajes de aptitud, en especial, en el rango de >80 a 100 (ver figura 33). Sin embargo, estos porcentajes aumentan en algunos municipios, en particular: Bolívar, El Dovio y Roldanillo en la cordillera Occidental; igualmente, en la cordillera Central sucede lo mismo con los municipios de Sevilla y Caicedonia. En relación con los porcentajes de aptitud en el rango de >60 a 80, se nota un aumento sustancial en el tamaño de las áreas que se distribuyen relativamente a lo largo del departamento.

En el escenario RCP 8.5 se puede apreciar un considerable aumento de proporción del área correspondiente a los porcentajes de aptitud en los rangos >60-80 y >40-60 %. Las áreas relacionadas con estos cambios se distribuyen de forma relativa a lo largo de todos los municipios del departamento.

Por otra parte, se puede ver que los porcentajes de áreas de aptitud que corresponden a los rangos >20-40 y 0-20 no varían mucho entre el escenario presente y los dos escenarios futuros. También, es



notable que las dos zonas donde persisten estas proporciones de área y rango son las mismas y están ubicadas al norte del departamento en los municipios de El Cairo, El Águila, Versalles y Ansermanuevo, y al sur, en el municipio de Jamundí (ver figura 32).

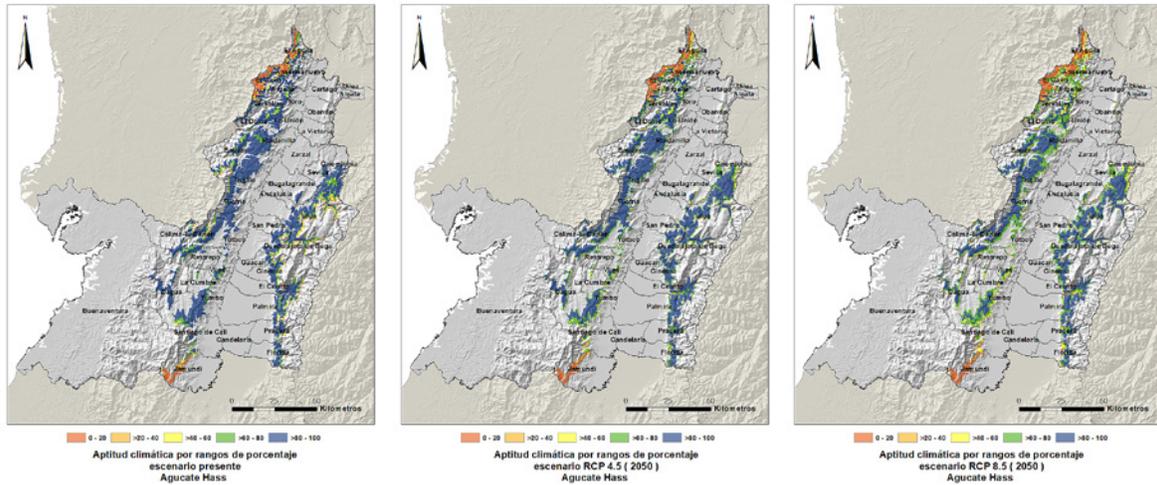


Figura 32. Zonas de aptitud climática para el escenario presente, RCP 4.5 (2050) y RCP 8.5 (2050)

Fuente: elaboración propia.

Para ver en detalle los mapas de la distribución de áreas por rangos de aptitud según los municipios, consultar las figuras 43, 44 y 45 del anexo 1.

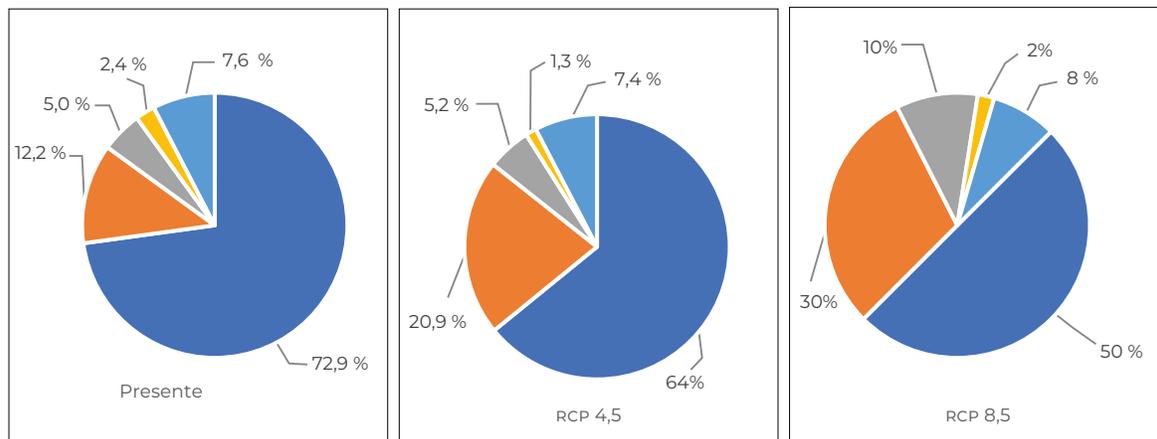


Figura 33. Porcentaje de área según el rango de aptitud del escenario presente, RCP 4.5 y RCP 8.5, para el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.

En lo concerniente al análisis particular de los municipios, se puede observar que, en el escenario presente, los municipios con mayor potencial climático para el cultivo del aguacate Hass son Bolívar, Tuluá, Calima-El Darién, Dagua y Sevilla, con áreas totales de aptitud superiores a 10.000 ha y porcentaje de rango de aptitud >80-100 (ver tabla 8). Otros municipios que no tienen grandes áreas totales de aptitud, pero que pueden tener alto potencial (al tener más áreas con alta aptitud) son los siguientes: el Dovio, Trujillo, Riofrío y Roldanillo. Otros municipios como El Cairo, El Águila y Jamundí presentan porcentajes de aptitud bajos en sus áreas.



Otro detalle general es la evidente distribución por porcentajes de área según rangos de aptitud climática por municipios. Esto muestra que la mayoría de los municipios, con aptitud para el cultivo del aguacate Hass, tiene áreas totales de participación por debajo de 4 % (ver figura 34).

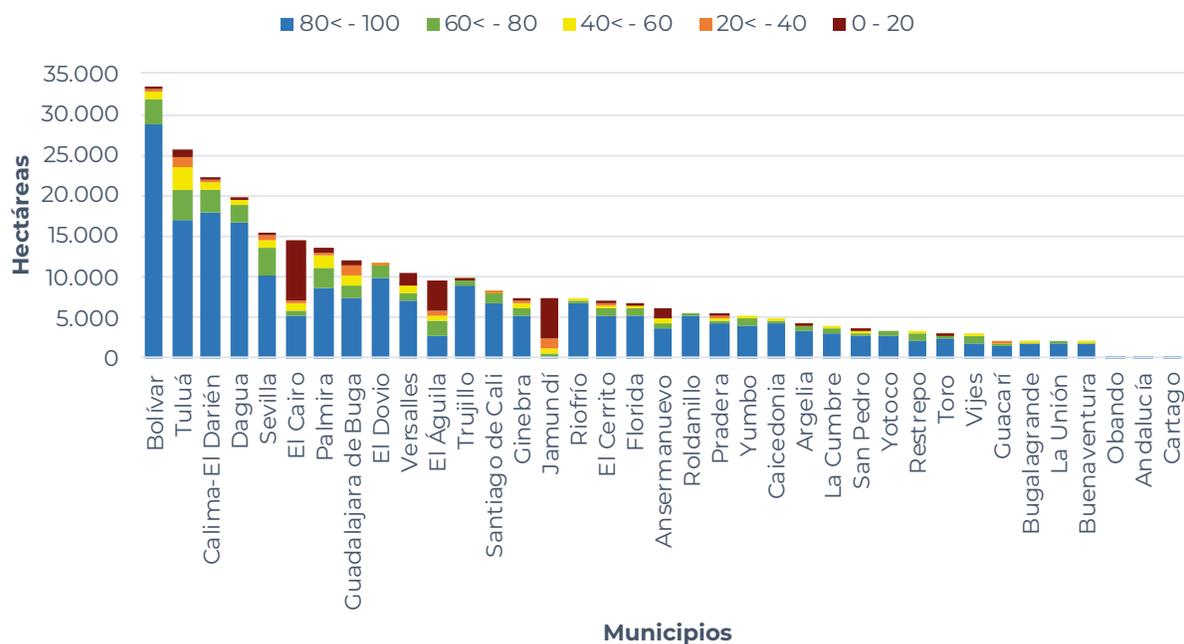


Figura 34. Gráfica de distribución de porcentajes de área según los rangos de aptitud climática por municipios en el departamento del Valle del Cauca en el escenario presente

Fuente: elaboración propia.

Tabla 8. Porcentajes de áreas según los rangos de aptitud climática por municipios en el departamento del Valle del Cauca en el escenario presente

Municipios	0- 20	20< - 40	40< - 60	60< - 80	80< - 100	Total general
Bolívar	357,0	261,1	687,4	3.229,1	28.807,9	33.342,5
Tuluá	936,8	1.091,3	2.978,0	3.765,1	16.881,5	25.652,7
Calima-El Darién	172,2	285,8	885,7	2.711,3	18.091,5	22.146,5
Dagua	15,5	32,0	487,1	2.274,9	16.719,0	19.528,5
Sevilla	425,6	486,0	989,8	3.333,5	10.300,4	15.535,3
El Cairo	7.543,2	170,4	1.064,0	649,7	5.172,0	14.599,3
Palmira	572,6	343,1	1.525,5	2.370,1	8.654,4	13.465,7
Guadalajara de Buga	650,8	1.292,5	1.010,5	1.705,4	7.362,3	12.021,5
El Dovio		63,9	166,0	1.368,5	9.982,1	11.580,5
Versalles	1.402,6	163,7	683,4	1.120,9	7.045,9	10.416,5
El Águila	3.675,4	690,8	708,8	1.815,8	2.719,1	9.609,9
Trujillo	10,7		83,4	626,4	8.817,9	9.538,4
Santiago de Cali		0,1	193,6	1.307,4	6.628,9	8.130,0
Ginebra	122,7	484,9	506,4	874,5	5.343,2	7.331,7
Jamundí	4.978,6	951,0	664,0	533,3	141,5	7.268,4

Continúa



Municipios	0- 20	20< - 40	40< - 60	60< - 80	80< - 100	Total general
Riofrío			34,3	194,6	6.860,9	7.089,8
El Cerrito	114,0	144,0	430,4	787,2	5.354,1	6.829,7
Florida	119,1	42,7	93,8	1.082,9	5.142,3	6.480,8
Ansermanuevo	1.067,0	86,3	540,2	702,6	3.657,7	6.053,8
Roldanillo				287,1	5.173,8	5.460,9
Pradera	153,0	238,3	282,0	523,5	4.188,4	5.385,2
Yumbo			10,7	1.075,1	3.992,5	5.078,3
Caicedonia			85,3	466,0	4.247,2	4.798,5
Argelia	160,2	85,2	118,1	509,2	3.359,7	4.232,4
La Cumbre			5,3	427,4	3.203,7	3.636,4
San Pedro	75,9	58,6	387,0	308,0	2.699,2	3.528,7
Yotoco				349,4	2.868,7	3.218,1
Restrepo			101,3	733,8	2.240,1	3.075,2
Toro	22,0	6,8	76,3	194,7	2.589,6	2.889,4
Vijes			53,3	787,9	1.918,7	2.759,9
Guacarí		69,7	35,1	169,0	1.530,1	1.803,9
Bugalagrande			5,3	64,0	1.710,4	1.779,7
La Unión				16,0	1.750,4	1.766,4
Buenaventura			16,0	9,7	1.732,4	1.758,1
Obando					271,7	271,7
Andalucía					197,6	197,6
Cartago					5,3	5,3
Total	22.574,9	7.048,2	14.908,0	36.374,0	217.362,1	298.267,2

Fuente: elaboración propia.

En el escenario de cambio climático RCP 4.5 para el año 2050, se puede apreciar un pequeño aumento de las áreas de aptitud para el cultivo del aguacate Hass en el rango de >60-80 % en casi todos los municipios (ver figura 35). El aumento de áreas con más bajo potencial persiste y aumenta para los municipios de El Cairo, Jamundí y, en el caso de El Águila, ocurre la pérdida casi total de las áreas de aptitud más altas, las cuales llegan a representar tan solo 127,8 ha. En la tabla 9 se puede ver en detalle el número de áreas por rangos y municipios. En la figura 41, anexo 1, se puede apreciar cómo en las zonas de aptitud ubicadas en la cordillera Central se destaca el aumento en el rango de >80-100, en tanto que en la cordillera Occidental se presenta un aumento de áreas en el rango de aptitud de >60-80.

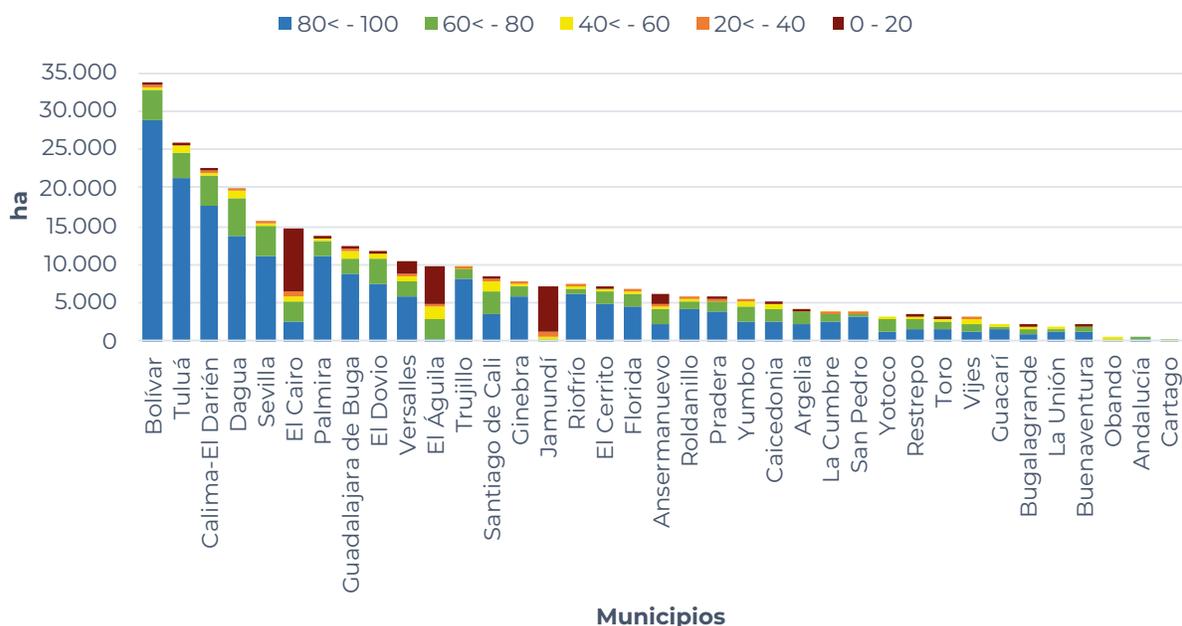


Figura 35. Gráfica de distribución de porcentajes de área según rangos de aptitud climática por municipios en el departamento del Valle del Cauca en el escenario RCP 4.5 (2050)

Fuente: elaboración propia.

Tabla 9. Porcentajes de área según los rangos de aptitud climática por municipios en el departamento del Valle del Cauca en el escenario RCP 4.5 (2050)

Municipio	0 - 20	20< - 40	40< - 60	60< - 80	80< - 100	Area (ha)
Bolívar	95,9	94,4	303,6	4.116,8	28.731,8	33.343
Tuluá	39,4	90,2	1.044,1	3.218,5	21.260,5	25.653
Calima-El Darién	22,0	85,8	380,3	4.038,6	17.619,8	22.147
Dagua		16,0	818,8	5.012,7	13.680,9	19.528
Sevilla		42,7	608,9	3.653,2	11.230,5	15.535
ElCairo	7.963,7	813,9	629,1	2.702,8	2.489,8	14.599
Palmira	31,8	21,3	268,8	2.209,7	10.934,1	13.466
Guadalajara de Buga	35,3	173,6	1.073,3	2.036,0	8.703,4	12.022
El Dovio	63,9	10,5	828,5	3.313,0	7.364,6	11.581
Versalles	1.493,2	320,7	936,2	1.926,3	5.740,2	10.417
ElÁguila	4.650,6	366,8	1.846,7	2.617,9	127,8	9.610
Trujillo		5,3	94,3	1.467,3	7.971,5	9.538
Santiago de Cali	21,1	425,9	1.302,7	2.861,6	3.518,7	8.130
Ginebra		21,3	213,3	1.355,3	5.741,7	7.332
Jamundí	6.110,9	741,9	274,1	141,5		7.268
Riofrío		10,7	122,6	975,7	5.981,0	7.090
ElCerrito	10,7		306,0	1.614,4	4.898,7	6.830
Florida		128,0	302,1	1.400,9	4.649,7	6.481

Continúa



Municipio	0 - 20	20 < - 40	40 < - 60	60 < - 80	80 < - 100	Area (ha)
Ansermanuevo	1.222,5	327,2	378,1	2.051,8	2.074,1	6.054
Roldanillo		22,8	197,1	1.160,6	4.080,3	5.461
Pradera	21,3	53,3	138,5	1.267,7	3.904,3	5.385
Yumbo		26,7	697,6	1.731,0	2.623,1	5.078
Caicedonia	10,7		735,6	1.580,7	2.471,5	4.799
Argelia	245,4		230,0	1.399,2	2.357,8	4.232
La Cumbre		5,3	202,5	896,9	2.531,7	3.636
San Pedro		48,0	86,6	368,3	3.025,9	3.529
Yotoco			206,1	1.696,6	1.315,4	3.218
Restrepo	5,3	16,0	148,0	1.321,7	1.584,2	3.075
Toro	22,0	52,2	224,7	1.040,3	1.550,1	2.889
Vijes		37,3	410,8	1.180,6	1.131,2	2.760
Guacarí			42,7	327,3	1.434,0	1.804
Bugalagrande	16,0	37,3	245,2	527,0	954,2	1.780
La Unión			56,9	476,7	1.232,7	1.766
Buenaventura	16,0		11,4	441,4	1.289,2	1.758
Obando			74,6	197,1		272
Andalucía				56,5	141,1	198
Cartago				5,3		5
Total	22.098	3.995	15.440	62.389	194.346	298.267

Fuente: elaboración propia.

Si se observa la figura 36, en el escenario de cambio climático RCP 8.5 para el año 2050, se evidencia un aumento general pronunciado en las áreas con aptitudes superiores a 40 % hasta el 80 %. Entre los municipios con mayor área de aptitud total, Dagua presenta en este escenario una disminución alta de sus áreas de más alta aptitud (>80-100). En ambas cordilleras se puede apreciar que el cambio de rango de aptitud es equilibrado. Sin embargo, los cambios son más acentuados hacia los rangos de aptitud mayores a 40 % y hasta el 80 % en el norte del valle (cordillera Occidental), entre los municipios de El Dovio, La Unión, Versailles, Toro, Argelia, El Cairo, Ansermanuevo y El Águila (mapa del gráfico 42, anexo 1). En el caso de la Cordillera Central, para este mismo rango, los cambios más acentuados suceden en Caicedonia y Sevilla, y la zona nororiental del municipio de Tuluá. En el centro-sur de la cordillera Occidental, estos cambios pronunciados de rango ocurren en los municipios de Yotoco, Restrepo, Vijes, La Cumbre, Yumbo y Dagua.

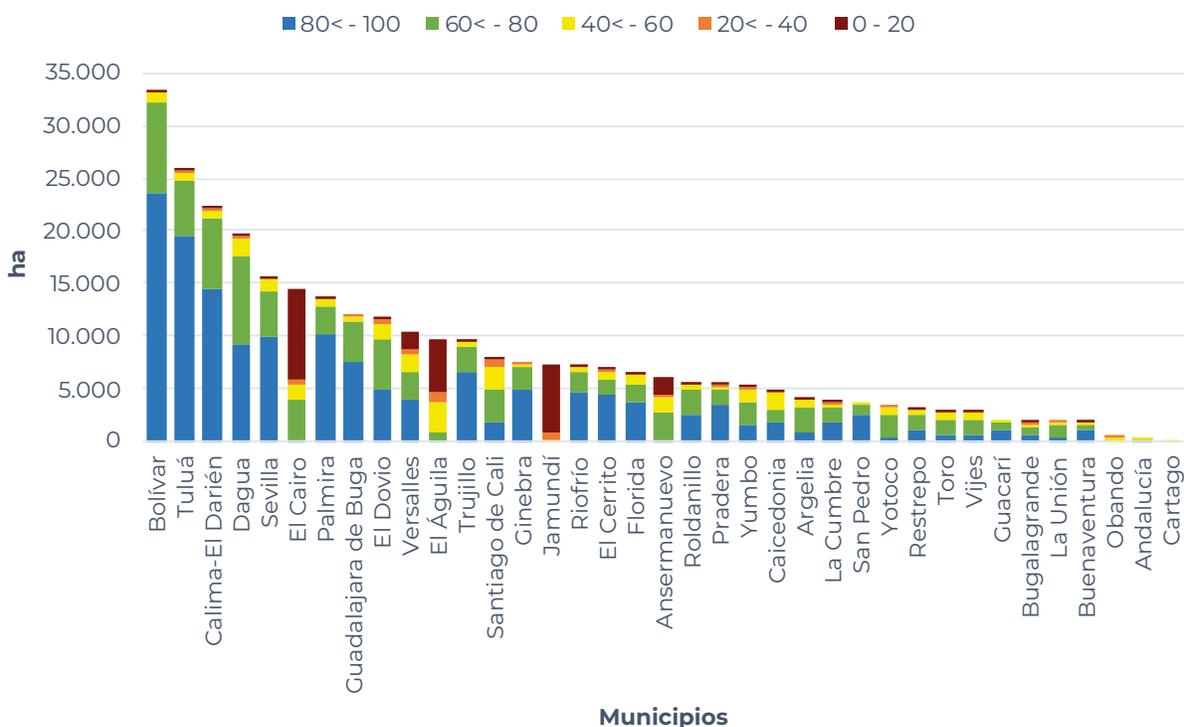


Figura 36. Gráfica de distribución de porcentajes de área según los rangos de aptitud climática por municipios en el departamento del Valle del Cauca en el escenario RCP 8.5 (2050)

Fuente: elaboración propia.

Tabla 10. Porcentajes de área según rangos de aptitud climática por municipios en el departamento del Valle del Cauca en el escenario RCP 8.5 (2050)

Municipio	0 - 20	20 < - 40	40 < - 60	60 < - 80	80 < - 100	Área (ha)
Bolívar	137,1	154,4	737,6	8.723,2	23.590,3	33.343
Tuluá	10,7	124,7	669,4	5.214,6	19.633,3	25.653
Calima-El Darién	32,0	112,6	873,2	6.677,1	14.451,5	22.146
Dagua	5,3	152,4	1.876,3	8.344,7	9.149,8	19.529
Sevilla	32,0	21,3	1.278,2	4.258,9	9.944,9	15.535
El Cairo	8.692,4	458,7	1.466,2	3.815,0	167,0	14.599
Palmira	10,7	21,3	628,6	2.696,9	10.108,3	13.466
Guadalajara de Buga		61,9	658,5	3.825,4	7.475,6	12.021
El Dovio	69,2	267,2	1.534,9	4.865,9	4.843,3	11.581
Versalles	1.728,6	430,5	1.572,5	2.819,0	3.865,9	10.417
El Águila	4.916,2	1.010,7	2.777,5	905,3		9.610
Trujillo	5,3	35,7	548,3	2.417,7	6.531,4	9.538
Santiago de Cali	270,9	734,5	2.107,3	3.224,7	1.792,7	8.130
Ginebra		58,7	296,1	2.022,7	4.954,3	7.332
Jamundí	6.351,0	735,4	182,0			7.268
Riofrío	10,7	106,6	413,4	1.880,0	4.679,3	7.090

Continúa



Municipio	0 - 20	20 < - 40	40 < - 60	60 < - 80	80 < - 100	Área (ha)
El Cerrito	64,0	165,3	838,5	1.442,7	4.319,2	6.830
Florida	128,0	122,7	949,0	1.489,1	3.791,9	6.481
Ansermanuevo	1.565,6	239,7	1.390,7	2.822,0	35,8	6.054
Roldanillo	22,8	33,8	529,1	2.267,8	2.607,4	5.461
Pradera	37,3	95,9	378,5	1.418,4	3.455,2	5.385
Yumbo	10,7	170,6	1.200,7	2.146,5	1.549,7	5.078
Caicedonia	26,7	106,6	1.556,0	1.209,0	1.900,1	4.798
Argelia	245,4	96,6	769,4	2.209,3	911,6	4.232
La Cumbre	5,3	64,0	363,3	1.480,9	1.722,9	3.636
San Pedro			167,4	733,1	2.628,3	3.529
Yotoco		26,7	769,7	2.097,7	324,2	3.218
Restrepo	16,0	85,8	575,1	1.335,1	1.063,3	3.075
Toro	74,2	73,7	743,8	1.410,0	587,7	2.889
Vijes	21,3	32,0	765,4	1.274,7	666,5	2.760
Guacarí			115,9	605,8	1.082,2	1.804
Bugalagrande	69,3	207,9	260,5	634,4	607,7	1.780
La Unión		16,0	183,1	1.200,6	366,7	1.766
Buenaventura	16,0	1,8	183,5	461,3	1.095,5	1.758
Obando		26,6	245,1			272
Andalucía			10,7	93,5	93,5	198
Cartago			5,3			5
Total	24.575	6.052	29.621	88.023	149.997	298.268

Fuente: elaboración propia.

Una vez determinadas las zonas de aptitud en el presente y los escenarios de cambio climático a futuro (2050), fue necesario establecer el porcentaje de cambio de aptitud climática entre los escenarios climáticos. A continuación, se aclaran las convenciones que están relacionadas con los límites de porcentajes de aptitud de cambio entre escenarios, es decir, presente respecto a RCP 4.5 y presente respecto a RCP 8.5.

Tabla 11. Convenciones para los porcentajes de cambio de aptitud entre escenarios

Escenario presente respecto a RCP 4,5		Escenario presente respecto a RCP 8,5	
+++	Ganancias entre 50 % < y < = 65 %	+++	Ganancias entre 50 % < y < = 77 %
++	Ganancias entre 25 % < y < = 50 %	++	Ganancias entre 25 % < y < = 50 %
+	Ganancias entre 1 % y 25 %	+	Ganancias entre 1 % y 25 %
=	No hay cambio	=	No hay cambio
-	Pérdidas entre -1 % y -25 %	-	Pérdidas entre -1 % y -25 %
--	Pérdidas entre -25 % > y > = -50 %	--	Pérdidas entre -25 % < y > = -50 %
---	Pérdidas entre -50 % > y > = -65 %	---	Pérdidas entre -50 % > y > = -77 %

Fuente: elaboración propia.



En cuanto al resultado de este análisis, entre el *escenario presente* y el *escenario futuro RCP 4.5 a 2050*, se observa que el tamaño del área con cambio más acentuado en el porcentaje de aptitud para el cultivo del aguacate Hass se presenta en el porcentaje de rango de pérdida de aptitud (entre -1 y -25 %) (ver figura 37). En especial, estas zonas se concentran a lo largo de la cordillera Occidental (ver figura 38). Con respecto a los municipios que presentan los mayores tamaños de área, en este rango de porcentaje de pérdida de aptitud, se cuentan: Bolívar, Dagua, Calima-El Darién, el Dovio y Versalles (ver figura 38 y tabla 12).

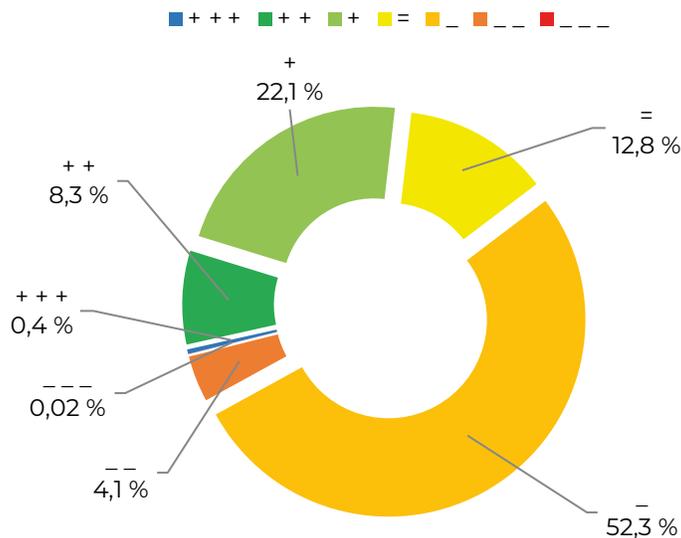


Figura 37. Tamaño del área a nivel en el departamento del Valle del Cauca de acuerdo con el cambio de porcentaje de aptitud climática entre el escenario presente y el escenario futuro RCP 4.5 (2050)

Fuente: elaboración propia.

De acuerdo con la figura 38, la mayoría de municipios presentarán más áreas de pérdida de porcentaje de aptitud en comparación con las áreas de ganancia. A su vez, se puede observar que municipios relevantes según el tamaño de área total de aptitud, tales como Bolívar, Calima-El Darién, Dagua, el Dovio y Versalles, presentarán áreas mayores de pérdidas de porcentaje de aptitud para el cultivo del aguacate Hass. Por su parte, Bolívar, Tuluá, Sevilla, Palmira, Guadalajara de Buga y Ginebra mostrarán ganancia en los porcentajes de aptitud más altos, y municipios como El Cairo y Jamundí, entre otros, conservarán áreas considerables con el mismo porcentaje de aptitud climática. Para comprobar el tamaño de áreas relativas a estos cambios en los porcentajes de aptitud climática, ver la tabla 12.

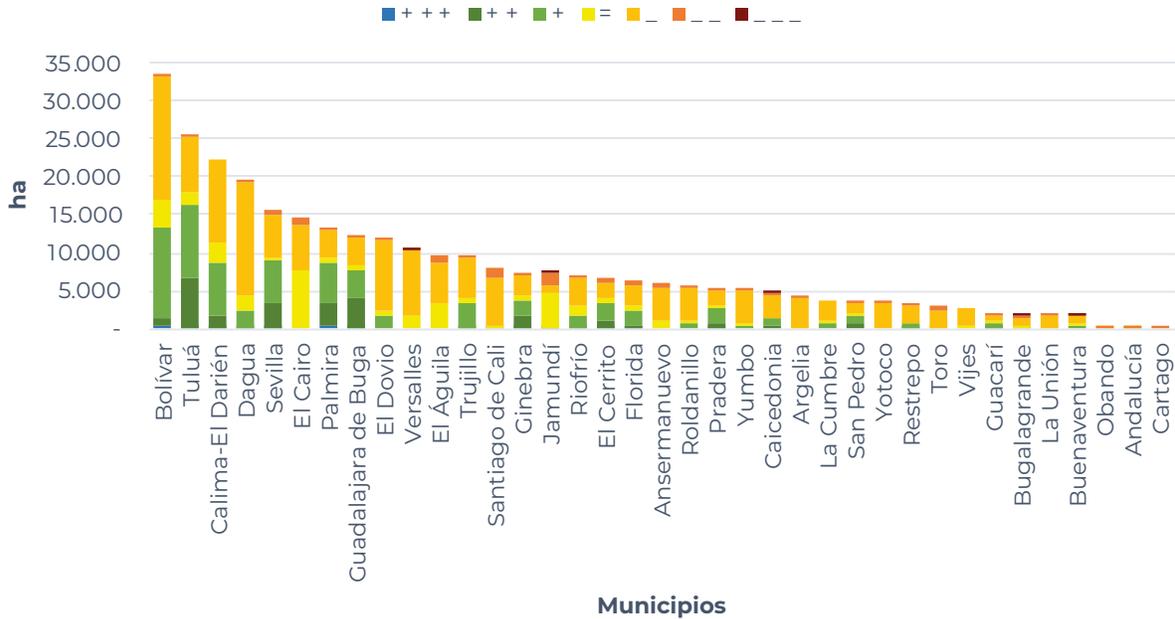


Figura 38. Gráfica de distribución de los porcentajes de cambio de aptitud climática por municipios en el departamento del Valle del Cauca entre el escenario presente y el escenario futuro RCP 4.5 (2050)

Fuente: elaboración propia.

Tabla 12. Tamaño del área por municipios en el departamento del Valle del Cauca según el tipo de cambio de aptitud climática entre el escenario presente y el escenario futuro RCP 4.5 (2050)

Municipios	+++	++	+	=	-	--	---	Total general
Bolívar	261,1	1.124,3	11.855,1	3.690,2	16.213,7	198		33.342
Tuluá	90,6	6.564,6	9.569,0	1.901,6	7.160,2	367		25.653
Calima-El Darién	97,4	1.682,6	6.769,6	2.801,4	10.795,4			22.146
Dagua		128,1	2.225,2	1.851,2	15.213,7	110		19.528
Sevilla	80,0	3.224,4	5.856,0	142,9	5.551,6	680		15.535
El Cairo				7.543,2	6.208,9	847		14.599
Palmira	306,5	3.034,0	5.287,1	554,0	3.893,9	390		13.466
Guadalajara de Buga	58,7	3.826,2	3.916,9	470,5	3.610,6	139		12.022
El Dovio			1.601,3	687,7	9.211,8	80		11.581
Versalles				1.777,6	8.580,4	53	5,3	10.417
El Águila				3.505,0	5.051,9	1.053		9.610
Trujillo		147,9	3.069,7	789,5	5.301,0	230		9.539
Santiago de Cali			168,5	336,3	6.125,5	1.500		8.130
Ginebra	96,0	1.727,2	1.786,7	681,9	2.837,3	203		7.332
Jamundí		53,3	26,6	4.605,9	906,3	1.666	11	7.268
Riofrío		34,4	1.810,8	1.230,6	3.758,2	256		7.090
El Cerrito	55,4	972,9	2.332,3	518,1	2.109,7	841		6.830

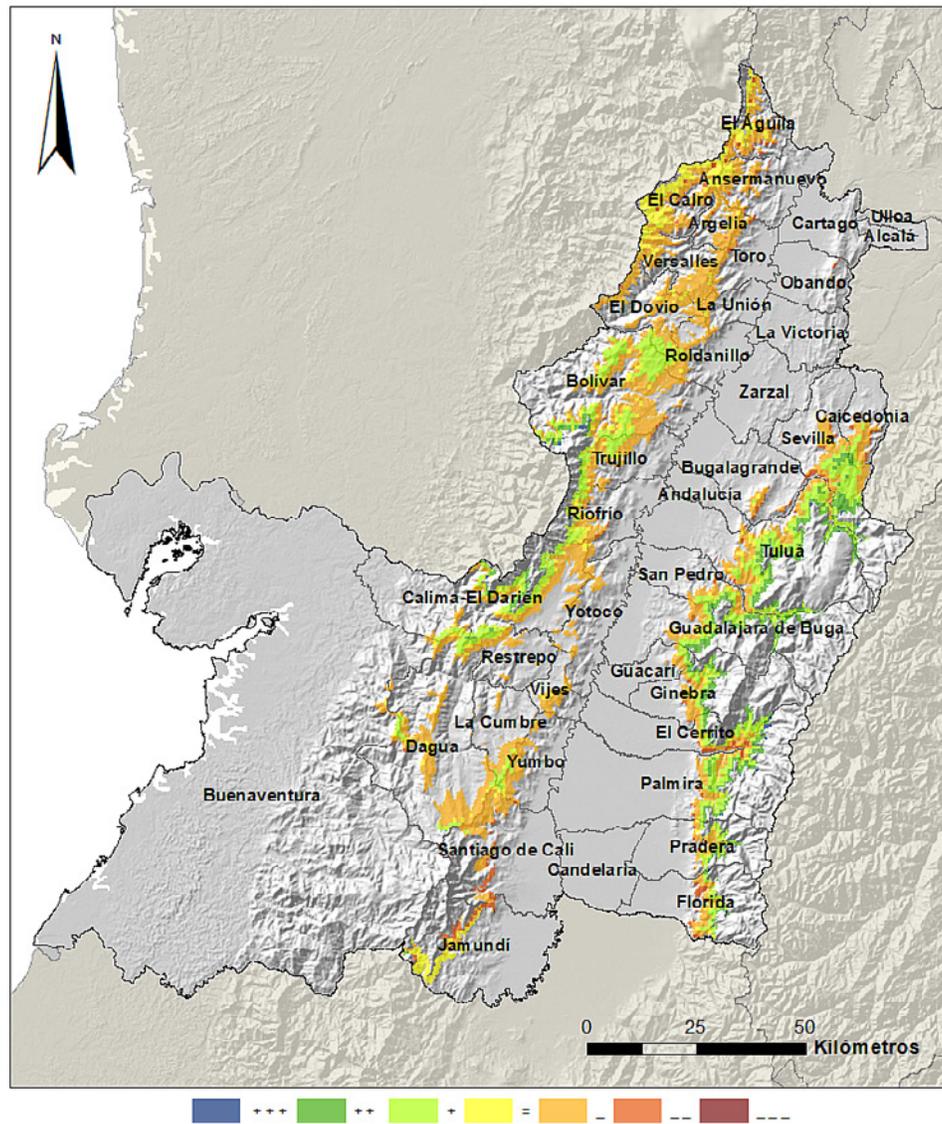
Continúa



Municipios	+++	++	+	=	-	--	---	Total general
Florida	65,7	420,7	1.848,1	584,0	2.718,0	844		6.481
Ansermanuevo				1.067,0	4.382,8	604		6.054
Roldanillo			708,5	434,7	4.293,1	25		5.461
Pradera	73,0	664,1	1.836,0	614,0	1.937,0	261		5.385
Yumbo			394,4	358,7	4.309,4	16		5.078
Caicedonia		204,6	1.148,4	120,7	2.871,7	442	11	4.799
Argelia				94,5	3.946,1	192		4.232
La Cumbre			792,5	221,3	2.622,6			3.636
San Pedro		609,5	1.253,5	324,7	1.287,6	53		3.529
Yotoco					3.212,8	5		3.218
Restrepo		3,0	569,4	257,6	2.239,8	5		3.075
Toro				127,9	2.389,5	372		2.889
Vijes				341,3	2.418,7			2.760
Guacarí		193,8	624,9	79,6	857,6	48		1.804
Bugalagrande			85,3	170,6	1.114,1	399	11	1.780
La Unión				82,9	1.678,2	5		1.766
Buenaventura			284,5	337,6	1.075,5	44	16	1.758
Obando					48,0	224		272
Andalucía				8,2	178,7	11		198
Cartago						5		5
Total	1.184	24.616	65.820	38.313	156.111	12.169	53	298.267

Fuente: elaboración propia.

Al realizar una observación general sobre el mapa de zonas de cambio del porcentaje de aptitud climática (ver figura 39), se puede percibir que las zonas que conservarán sus porcentajes de aptitud climática se ubican al norte del departamento, en especial, en los municipios de Versalles, El Cairo, Ansermanuevo y El Águila. En menor proporción, otras zonas de *no cambio* se distribuyen en los municipios ubicados especialmente a lo largo de la cordillera Occidental. En cuanto a la mayor proporción de zonas con considerables áreas de ganancia de porcentaje de aptitud climática (entre el 25 % y el 50 %), estas se ubican, especialmente, en las estribaciones de las zonas de aptitud en la cordillera Central, donde se destacan los municipios de Sevilla, Tuluá y Guadalajara de Buga.



**Zonas de ganancia o pérdida de aptitud climática escenario presente vs rcp y 4.5 (2050)
Aguacate Hass**

Figura 39. Zonas de cambio de aptitud en el departamento del Valle del Cauca entre el escenario presente y el escenario futuro RCP 4.5 (2050)

Fuente: elaboración propia.

En lo que respecta a los resultados del análisis de la comparación entre el *escenario presente en contraste con el escenario futuro RCP 8.5 a 2050*, estos evidencian que las áreas aptas para el cultivo de aguacate Hass, en términos climáticos, presentan pérdidas de porcentaje de aptitud (entre -1 % y -25 %). No obstante, estas pérdidas son menores en el tamaño del área comparada respecto al escenario RCP 4.5. En este rango de pérdida del porcentaje de aptitud, los municipios en los que se presenta un mayor impacto son los siguientes: Bolívar, Calima-El Darién, Dagua, El Dovio y Versalles (ver figura 40).

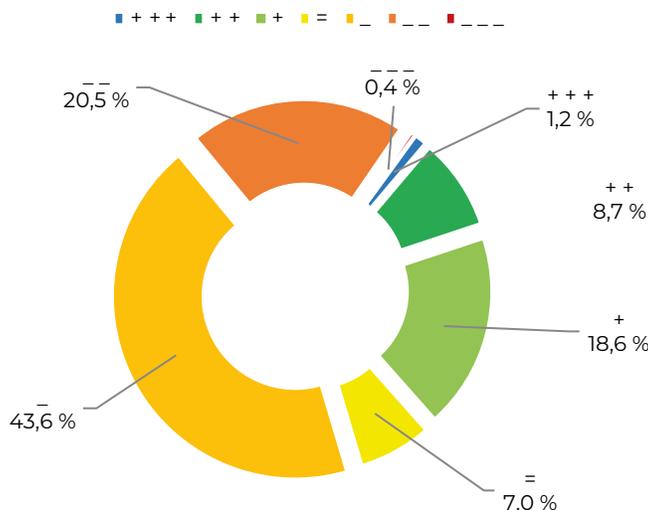


Figura 40. Porcentajes de área de acuerdo con el cambio de aptitud climática entre el escenario presente y el escenario futuro RCP 8.5 (2050)

Fuente: elaboración propia.

En general, para el escenario de cambio a futuro RCP 8.5, las gráficas muestran un predominio de zonas de pérdida de porcentajes de aptitud, en las que el rango de porcentaje de pérdida es más persistente entre $> -25\%$ y $\leq -50\%$. Solo algunos municipios como Tuluá, Sevilla, Palmira y Guadalajara de Buga presentan más áreas con porcentajes de ganancia de aptitud en el rango entre el 1 % al 25 %, y menor al 25 % y menor o igual al 50 %. Para observar con mayor detalle el tamaño de las áreas asociadas a estos cambios de porcentaje de aptitud en cada municipio del departamento del Valle del Cauca, ver la tabla 13 y la figura 41.

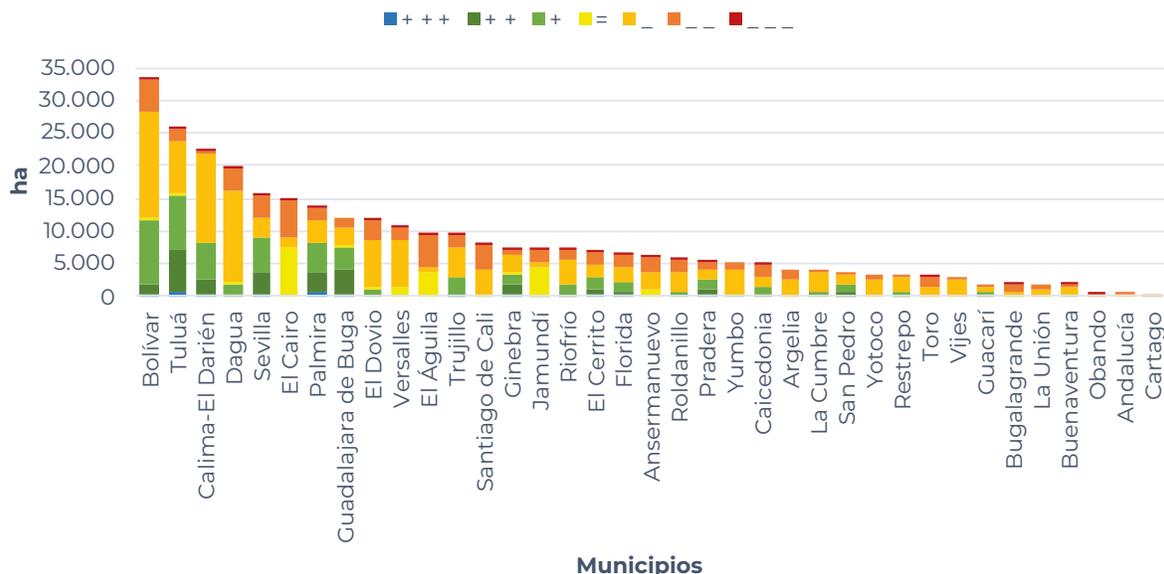


Figura 41. Gráfica de distribución de los porcentajes de cambio de aptitud climática por municipios en el departamento del Valle del Cauca entre el escenario presente y el escenario futuro RCP 8.5 (2050)

Fuente: elaboración propia.



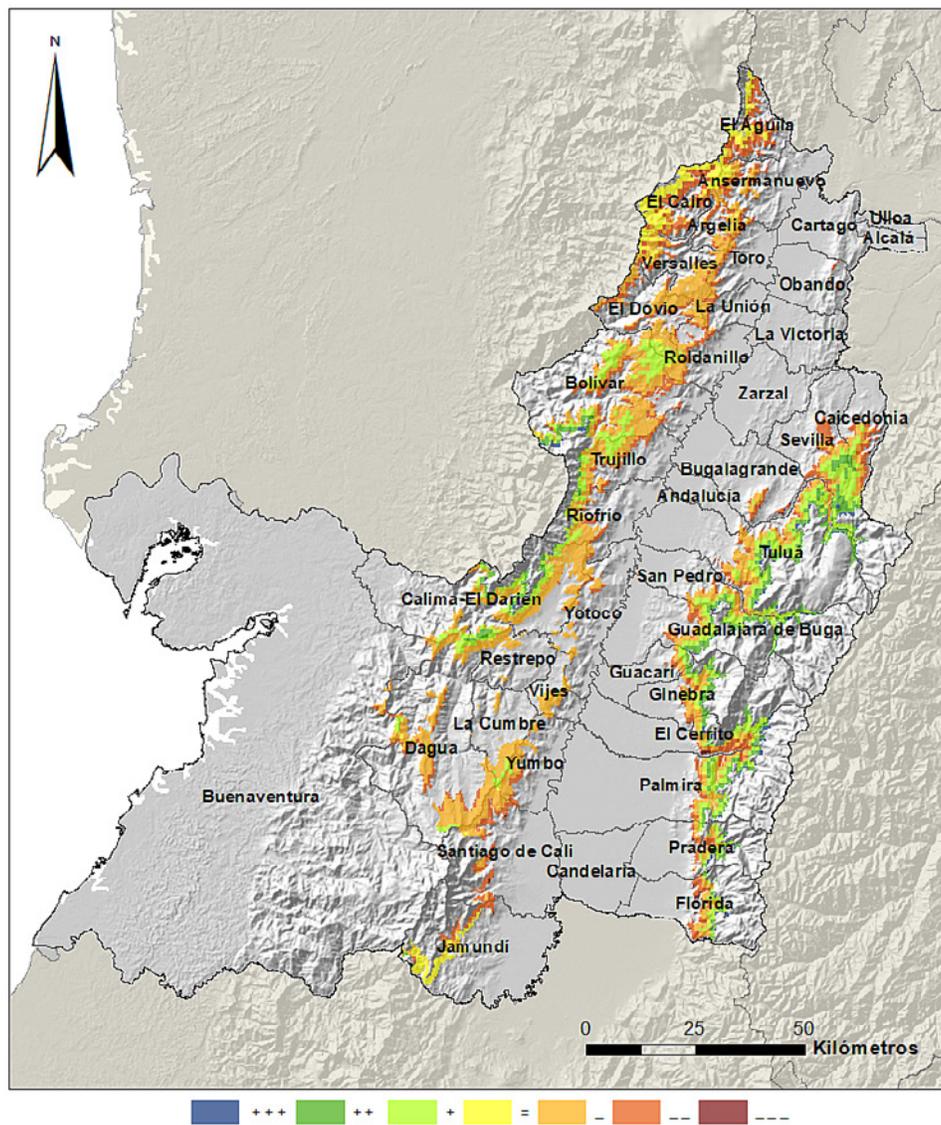
Tabla 13. Tamaño de área por municipios en el departamento del Valle del Cauca según el tipo de cambio de aptitud climática entre el escenario presente y el escenario futuro RCP 8.5 (2050)

Municipios	+++	++	+	=	-	--	---	Total general
Bolívar	378,3	1.545,3	9.677,9	301,0	16.225,3	5.190	25,2	33.343
Tuluá	653,2	6.482,4	8.341,3	309,2	8.086,1	1.765	16	25.653
Calima-El Darién	233,5	2.460,8	5.450,4	85,3	13.521,1	379	16	22.147
Dagua		128,1	1.789,6	128,8	14.231,5	3.245	5,3	19.529
Sevilla	357,8	3.480,2	5.322,4		2.982,5	3.361	32	15.535
El Cairo				7.543,2	1.486,9	5.432	137,5	14.599
Palmira	658,2	3.076,6	4.354,2	170,7	3.287,5	1.908	10,7	13.466
Guadalajara de Buga	441,0	3.489,8	3.577,6	170,6	2.810,4	1.532		12.022
El Oovio			1.176,1	274,4	6.983,9	3.141	5,3	11.581
Versalles				1.402,6	7.234,6	1.763	16	10.417
El Águila				3.505,0	830,7	5.162	111,8	9.610
Trujillo	10,7	368,5	2.538,5	170,5	4.291,7	2.148	10,7	9.539
Santiago de Cali			17,8	150,8	3.994,1	3.818	148,9	8.130
Ginebra	112,0	1.711,2	1.429,1	256,0	2.995,4	769	58,7	7.332
Jamundí		53,3	26,6	4.536,1	736,6	1.905	10,7	7.268
Riofrío		76,5	1.631,1		3.868,6	1.503	10,7	7.090
El Cerrito	135,7	903,4	1.846,6	165,3	1.936,7	1.671	170,7	6.830
Florida	156,4	643,1	1.294,9	85,4	2.239,8	1.885	176,1	6.481
Ansermanuevo				1.067,0	2.491,2	2.421	74,6	6.054
Roldanillo			538,0	170,5	3.112,5	1.617	22,8	5.461
Pradera	297,0	565,1	1.732,2		1.597,6	1.156	37,3	5.385
Yumbo			289,2	19,9	3.842,2	927		5.078
Caicedonia		235,9	1.117,0		1.718,9	1.700	26,7	4.798
Argelia				94,5	2.623,3	1.515		4.232
La Cumbre			621,9		3.008,2	6		3.636
San Pedro	70,6	538,9	1.253,5		1.331,1	335		3.529
Yotoco					2.607,6	611		3.218
Restrepo		92,4	390,4	85,3	2.485,8	21		3.075
Toro				2,4	1.312,0	1.527	47,9	2.889
Vijes					2.644,3	116		2.760
Guacarí		193,8	624,9		568,7	417		1.804
Bugalagrande			85,3		725,0	858	111,9	1.780
La Unión					1.058,7	708		1.766
Buenaventura			219,6	41,8	1.083,9	397	16	1.758
Obando						245	26,6	272
Andalucía					141,1	57		198
Cartago						5		5
Total	3.504	26.045	55.346	20.736	130.096	61.214	1.326	298.267

Fuente: elaboración propia.



Con relación al mapa de las zonas de cambio de porcentaje de aptitud climática entre el presente y el escenario futuro RCP 8.5 (ver figura 42), este muestra que la cordillera Occidental albergará más zonas de ganancia de porcentaje de aptitud al cambio climático, mientras que los municipios del norte como Versailles, El Cairo, Ansermanuevo y El Águila presentarán zonas de *no cambio* de porcentaje de aptitud, junto a zonas de pérdidas de porcentaje de aptitud muy altas. En general, el panorama de las zonas de aptitud para el cultivo del aguacate Hass en el escenario RCP 8.5 muestra grandes pérdidas de porcentaje de aptitud en los municipios de la cordillera Occidental, aún más que en la cordillera Central. Inclusive, en esta última, se revela una distribución de altos rangos a lo largo de sus municipios.



**Zonas de ganancia o pérdida de aptitud climática escenario presente vs rcp 8.5 (2050)
Aguacate Hass**

Figura 42. Zonas de cambio de aptitud entre el escenario presente y el escenario futuro RCP 8.5 (2050) en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.



CONCLUSIONES

- A través de la zonificación edafoclimática se pudieron identificar 20.998 ha con aptitud alta, 244.440 ha de aptitud moderada y 34.703 ha de aptitud baja para el cultivo del aguacate Hass en la zona de ladera en el departamento del Valle del Cauca.
- Desde el punto de vista edafoclimático, los municipios con mayor área total de aptitud (alta, moderada y baja) son, en su orden: Bolívar, Tuluá, Calima-El Darién, Dagua, Sevilla, El Cairo, Palmira, Guadalajara de Buga, El Dovio y Versalles. A su vez, estos municipios se destacan por tener zonas potenciales de alta aptitud, en su orden: Dagua, Tuluá, Sevilla, El Dovio y Versalles.
- Se pudo establecer que, en la zona de ladera, los usos de suelo adecuados o sin conflicto no superan el 30 % del terreno, lo cual equivale a 82.816 ha. Sin embargo, se pueden identificar municipios que cuentan con zonas considerables en esta categoría (Bolívar, Calima-El Darién y Dagua). Por su parte, para la vocación de uso de suelo se determinó que solo un 3,8 % de las zonas de ladera están bajo la categoría de uso agrícola, esto equivale a 11.311 ha. A su vez, se destaca que, para este uso, los municipios con más áreas de participación son Bolívar, Calima-El Darién, Dagua y Riofrío. Por último, la vulnerabilidad al cambio climático es un factor de alto impacto en la zona de ladera, pues al menos un 50,95 % tiene un índice alto, como ya se anotaba en los resultados. Esto conduce a la necesidad de proyectar programas de adaptabilidad para enfrentar los impactos del cambio climático.
- Durante el proceso de obtención de datos se logró identificar como factores sensibles la tenencia de sistemas de riego, el acceso a la asistencia y al asesoramiento. Dichos factores requieren ser atendidos para mejorar los índices socioeconómicos, pues de ellos depende el buen desempeño de cualquier proyecto productivo, en este caso, el cultivo del aguacate Hass.
- En lo concerniente al análisis del cambio climático, con el fin de determinar las zonas de aptitud para el cultivo del aguacate Hass, este permitió identificar que, a pesar de presentarse una disminución de las áreas con altos porcentaje de aptitud en los escenarios futuros, estas mermas se logran distribuir en los rangos de porcentaje de aptitud moderados y medios. No obstante, para el escenario de mayor impacto (que es el RCP 8.5) se espera que las zonas de cambio negativo más alto solo representen entre el -1 % y el -25 % de disminución en el porcentaje de aptitud climática.
- La recomendación más relevante es considerar que la zonificación corresponde a una guía general de las áreas de aptitud potencial, a nivel edafoclimático, y de porcentaje de aptitud al cambio climático, a escala municipal y también a escala general para el departamento del Valle del Cauca. Sin embargo, si se quiere determinar potencialidades locales, esto requiere estudios más focales y específicos. Igualmente, si se menciona la necesidad de implementar programas de adaptabilidad al cambio climático y el fomento de ciertas variables socioeconómicas, esto no indica que sean recomendaciones directas, puesto que para ello deben llevarse a cabo estudios más específicos que indaguen profundamente en las especificidades de los sitios de interés.

REFERENCIAS

- ArcGIS Desktop (2017). *Análisis de superposición*. <http://desktop.arcgis.com/es/arcmap/10.5/tools/spatial-analyst-toolbox/overlay-analysis-approaches.htm>, el 11 de octubre de 2017
- ArcGIS Pro (2019). *Análisis de superposición*. <https://pro.arcgis.com/es/pro-app/tool-reference/3d-analyst/reclass-by-ranges-of-values.htm>
- Anguiano, J., Contreras, Coria-Avalos, V. M., Ruíz-Corral, J. A., Chávez-León, G., Alcántar-Rocillo, J. J. (2003). Caracterización edáfica y climática del área productora de aguacate *Persea americana* cv. "Hass" en Michoacán, México *Proceedings V World Avocado Congress*, Málaga, España, 323-328. http://avocadosource.com/WAC5/Papers/WAC5_p323.pdf



- Australian National University (2018). *Paquete para análisis e interpolación de datos multivariados ANUSPLIN*. <http://fennerschool.anu.edu.au/research/products/anusplin-vrsn-44>
- Bancoldex y UTCF (2015). *Documento final de conclusión de la metodología, memorias técnicas y mapas por aptitud de uso para cultivos comerciales de aguacate Hass en Colombia, a escala 1:100.000*. <https://www.ptp.com.co/documentos/AGUACATE%20HASS%20ESTUDIO.pdf>
- Bernal J. A. (2011). *Cuarto Informe de avance del proyecto: estudio y evaluación del comportamiento agronómico y productivo de las variedades de aguacate Hass en diferentes pisos térmicos del departamento de Antioquia*. Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural de Antioquia, Medellín, diciembre de 2012. 53 p.
- Bernal, J., Díaz, C., Osorio, C., Tamayo, A., Osorio, W., Córdoba, O., Londoño, M. E., Kondo, D. T., Carabalí, A., Varón, E., Caicedo, A. M., Tamayo, P. J., Sandoval, A., Forero, F., García, J., Londoño, M. (2014). *Manual técnico actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate*. Medellín: Corpoica. 410p. https://conectarural.org/sitio/sites/default/files/documentos/Manual%20Actualizacion%20Tecnologica%20y%20BPA%20Cultivo%20de%20Aguacate_GOBERNACION%20PDF%20BAJA%20con%20caratulas.pdf
- Campos, C. O. (2012). *Zonificación agroecológica del aguacate (Persea americana Mill. Var. Hass) en la cuenca del río Duero*. [Tesis Maestría en Ciencias en Producción Agrícola Sustentable], Instituto Politécnico Nacional, CIIDIR, Unidad Michoacán. <https://tesis.ipn.mx/handle/123456789/12258?show=full>
- Chanderbali, A. S., Albert, V. A., Ashworth, V.E., Clegg, M.T., Litz, R.E., Soltis, D.E., Soltis, P. S. (2008). *Persea americana* (avocado): bringing ancient flowers to fruit in the genomics era. *BioEssay*, 30(4), 386-396. <https://doi.org/10.1002/bies.20721>
- Cgiar CSI (2017). *Modelos de elevación digital*. <http://srtm.csi.cgiar.org/>
- Columbia University (2018). *Thin Plate Spline Regression*. <https://www.mailman.columbia.edu/research/population-health-methods/thin-plate-spline-regression>
- CVC (2017). *Geoportal*. <http://www.geocvc.co/Geoservicios.html>
- CVC y CIAT (2016). *Etapas de planificación y preparación para la elaboración del Plan Integral de Cambio Climático (PICC) para el Valle del Cauca*. Valle del Cauca: CVC y CIAT. <http://ecopedia.cvc.gov.co/cambio-climatico/cambio-climatico/etapa-de-planificacion-y-preparacion-para-la-elaboracion-del-plan>
- DANE (2015). *Boletín técnico: sexta entrega de resultados 2014. Cifras preliminares*. <https://www.dane.gov.co/files/CensoAgropecuario/avanceCNA/Boletin%20tecnico-6-de-October.pdf>
- DANE (2016). *Cultivo del aguacate Hass (Persea americana Mill; Persea nubigena var. Guatemalensis x Persea americana var. drymifolia). Plagas y enfermedades durante la temporada de lluvias. Cifras preliminares*. Boletín mensual DANE, 50. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/Bol_Insumos_ago_2016.pdf
- DANE (2018). *Microdatos del Tercer Censo Nacional Agropecuario*. http://andacna.dane.gov.co/index.php/catalog/669/get_microdata
- FAO (1997a). *Zonificación agroecológica. Guía general*. <http://www.fao.org/docrep/W2962S/W2962S00.htm>
- FAO (1997b). *Zonificación agroecológica. Guía general*. <http://www.fao.org/3/w2962s/w2962s04.htm>
- FAO (2014). *La maquinaria agrícola debe evolucionar junto a la agricultura sostenible*. <http://www.fao.org/news/story/es/item/212415/icode/>
- FAO (2016). *Asistencia técnica y extensión rural participativa en América Latina*. <http://www.fao.org/3/a-i5370s.pdf>
- FAO Montes. 1996. *Ecología y Enseñanza Rural - Nociones ambientales básicas para profesores rurales y extensionistas*. Disponible en <http://www.fao.org/docrep/006/W1309S/W1309S00.HTM>
- Fundación Universidad del Valle (2015). *Guía de cultivo plan frutícola del Valle del Cauca 2013-2014*. Cali: Universidad del Valle.
- Garbanzo, S. M. (2010). *Manual de aguacate: buenas prácticas de cultivos aguacate Hass*. San José: MAG. <http://www.mag.go.cr/bibliotecavirtual/F01-4259.pdf>
- Giorgi, F. (2008). Regionalization of climate change information for impact assessment and adaptation. *World Meteorological Organization Bulletin (WMO)*, 57(2), 86-92.



- Gobernación de Antioquia (2014). *Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural. Manual técnico actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas en el cultivo del aguacate*. Medellín: Corpoica. 410 p.
- Guanuchi J. C. (2015). *Análisis comparativo de downscaling estadístico y dinámico en las cuencas de los ríos paute y jubones*. [Tesis de pregrado, Universidad de Cuenca, Ecuador]. <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/21352/1/TESIS.pdf>
- Hijmans, J., Cameron, E., Parra, L., Jones, G. y Jarvis, A. (2005). Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology*, 25, 1965-1978. <https://doi.org/10.1002/joc.1276>
- Ideam (2010). *Segunda comunicación nacional de cambio climático*. http://www.cambioclimatico.gov.co/comunicaciones-nacionales-de-cambio-climatico-anteriores/-/document_library_display/v99eEN2QN5WK/view/528488
- IGAC y CVC (2004). *Levantamiento de suelos y zonificación de tierras del departamento del Valle del Cauca*. Bogotá: Imprenta Nacional de Colombia.
- IGAC (2017). *Usos de suelo (12 de julio de 2017)*. <http://datos.igac.gov.co/pages/agrologia>.
- Instituto Alexander Von Humboldt (2017). *Estaciones meteorológicas con datos mensuales de precipitación, humedad relativa, temperatura máxima, media y mínima para el periodo 1942-2012*. <http://geonetwork.humboldt.org.co/geonetwork/srv/spa/search>
- IPCC (2018). *Escenarios de cambio climático*. http://sedac.ipcc-data.org/ddc/ar5_scenario_process/RCPs.html
- NCAR GIS Program (2018). *Remuestreo de datos climáticos*. <https://gisclimatechange.ucar.edu/>
- Ortega, J. (2015). Aguacate Hass: cadena de valor para contribuir a la competitividad del departamento de Nariño. *Revista UNIMAR*, 33, 2, 129-152. <http://editorial.umariana.edu.co/revistas/index.php/unimar/article/view/1103>
- Ramírez-Gil, J. G., Morales, J. G., Peterson, A. (2018). Potential geography and productivity of “Hass” avocado crops in Colombia estimated by ecological niche modeling. *Scientia Horticulturae*, 287, 287-295 <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.021>
- Renner S. S. (1999). Circumscription and phylogeny of Laurales: evidence from molecular and morphological data. *American Journal of Botany*, 86, 9, 1301-1315.
- SoilGrids (2018). *Información de suelos*. https://www.soilgrids.org/#!/?zoom=6&layer=TAXNWRB_250m&vector=1
- UPRA (2017). *Zonificación de aptitud para el cultivo comercial de aguacate Hass en Colombia, a escala 1:100.000*. Bogotá.



ANEXOS

Anexo 1

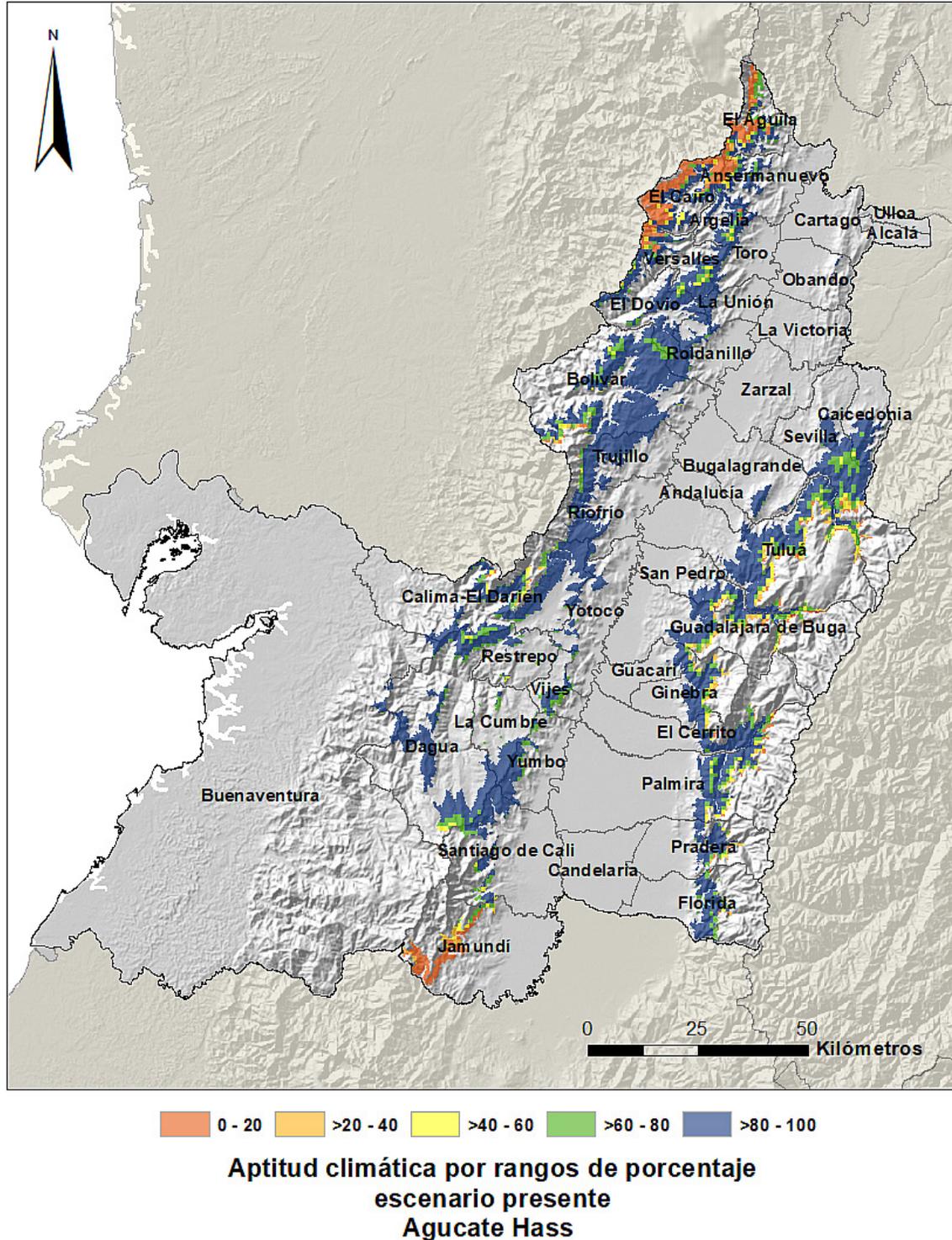
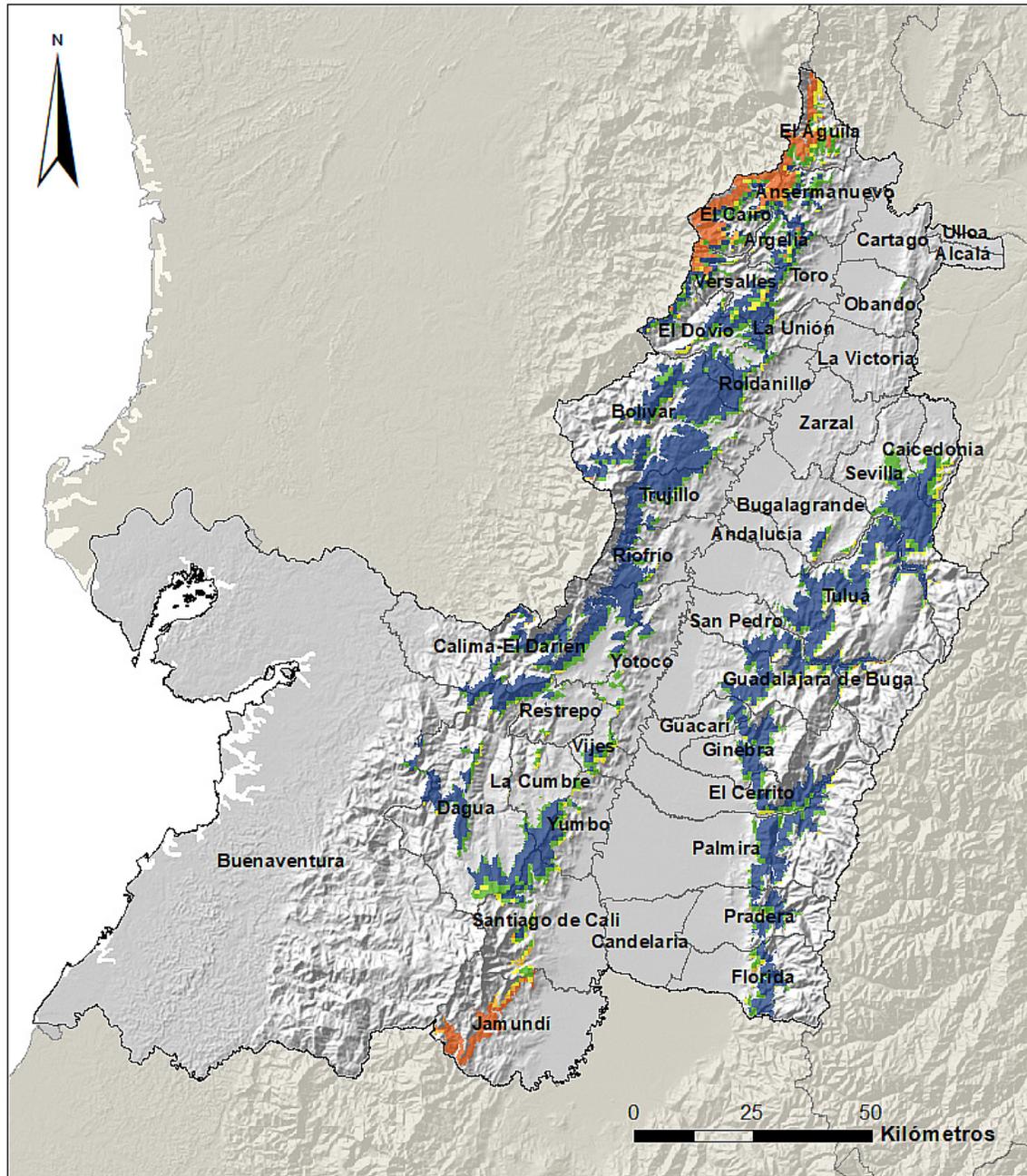


Figura 43. Zonas de aptitud climática por rangos de porcentaje, escenario presente aguacate Hass



Anexo 2



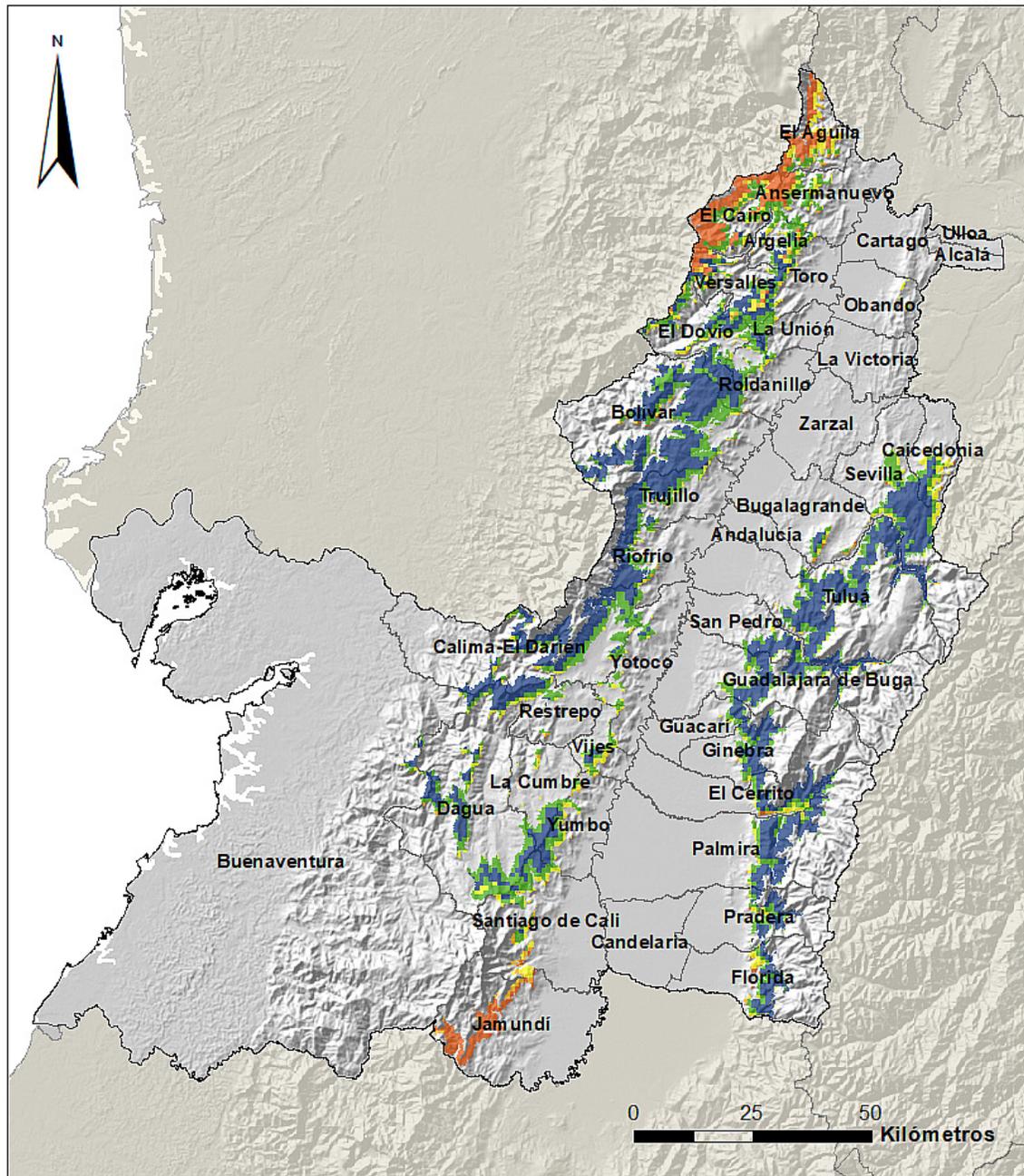
0 - 20 >20 - 40 >40 - 60 >60 - 80 >80 - 100

**Aptitud climática por rangos de porcentaje
escenario rcp 4.5 (2050)
Aguacate Hass**

Figura 44. Zonas de aptitud climática escenario RCP 4.5 (2050) en el departamento del Valle del Cauca



Anexo 3



0 - 20 >20 - 40 >40 - 60 >60 - 80 >80 - 100

**Aptitud climática por rangos de porcentaje
escenario rcp 8.5 (2050)
Aguacate Hass**

Figura 45. Zonas de aptitud climática escenario RCP 8.5 (2050) en el departamento del Valle del Cauca

**IDENTIFICACIÓN
DE LAS ZONAS DE LADERA
APTAS PARA EL CULTIVO DE
AGUACATE HASS
EN EL TERRITORIO DEL VALLE
DEL CAUCA**

Hace parte del Proyecto
Incremento de la competitividad
sostenible en la agricultura de
ladera en todo el departamento,
Valle del Cauca, occidente

Se editó y diagramó en la Editorial
Universidad Nacional de Colombia.

En su composición se utilizaron
caracteres Chaparral Pro

Formato de 21,5 x 28 centímetros.

Se publicó en agosto de 2021
Bogotá, D. C., Colombia.





Este proyecto es financiado por el Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías del Departamento Nacional de Planeación y tiene como objetivo beneficiar a 15.000 personas en el Valle del Cauca. Está orientado a incrementar la competitividad sostenible en la agricultura de ladera del Valle del Cauca, mediante procesos de investigación y desarrollo en los diferentes eslabones de la cadena productiva, que va desde la etapa inicial del cultivo hasta la etapa agroindustrial de los tres frutales seleccionados: piña MD-2, aguacate Hass y mora de Castilla.

ISBN: 978-958-794-580-5



9 789587 1945805