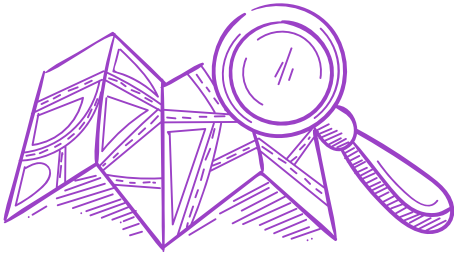


Identificación de las zonas de ladera aptas para el cultivo de mora en el territorio del Valle del Cauca



Andrés Jines León
Anton Eitzinger



Financian



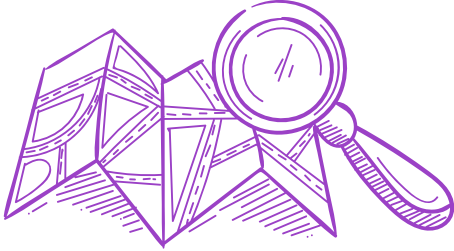
Apoyan



Organiza



Identificación de las **zonas** de **ladera aptas** para el **cultivo** de **mora** en el territorio del **Valle del Cauca**



Andrés Jines León
Anton Eitzinger

Identificación de las zonas de ladera aptas para el cultivo de mora 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 mora 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.

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

Incluye referencias bibliográficas

ISBN 978-958-794-582-9 (rústica). — ISBN 978-958-794-583-6 (e-book)

1. Zonificación de suelos 2. Moras — Cultivo — Valle del Cauca — Colombia 3. Rubus 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: 978-958-794-582-9

ISBN digital: 978-958-794-583-6

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 Gálvez, Lizette Díaz, Natalia Gutiérrez y Mark Lundy (CIAT)

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

Mónica Cifuentes (joven investigadora, UNAL).

CONTENIDO

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.....	12
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	14
3.2.2. Suelos	16
3.2.3. Geomorfología	17
3.3. Criterios socioecosistémicos	17
3.4. Criterios socioeconómicos.....	17
3.5. Cambio climático.....	18
4. Metodología	18
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 de mora	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	31
5. Resultados	33
5.1. Zonificación edafoclimática para la mora	33
5.2. Validación de resultados de la zonificación edafoclimática	37
5.3. Información socioecosistémica y socioeconómica asociada a las áreas de zonificación edafoclimática	39
5.4. Información socioeconómica asociada a las áreas de zonificación edafoclimática.....	49
5.5. Aptitud climática basada en escenarios de cambio	52
Conclusiones	65
Referencias	65
Anexos	68

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 de la mora, 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 efectuado 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 la planeación, las políticas de fomento, la gestión y la toma de decisiones, tanto en el sector público como en 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. Por último, en el componente socioeconómico se 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 del departamento, donde potencialmente se podría desarrollar el cultivo de mora. En este caso en particular, la zonificación se proyecta 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 en las zonas de estudio.

Según lo anterior, en este documento se presenta los resultados obtenidos en el ejercicio de identificación de las áreas aptas para el cultivo de mora 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, a la par que se realizaron los primeros análisis, que corresponden a la proyección del cambio climático para el cultivo de mora. La segunda fase del estudio inició con el 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, en aspectos climáticos, edafológicos, 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 mora 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 óptimo del cultivo de mora.
- Identificar las variables (suelos, clima, terreno) existentes para las zonas de ladera del departamento.
- Identificar las variables requeridas del componente físico, socioecosistémico y socioeconómico adyacentes e involucradas con el cultivo de mora 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 fundamental para apuntalar estrategias vinculadas a la seguridad alimentaria y al desarrollo socioeconómico del país y de la región. En este contexto, a nivel departamental, en el caso de la mora, en cuanto a las iniciativas de zonificación como herramientas de conocimiento dirigidas al mejoramiento de la toma de decisiones en este campo, Corpoica (ahora Agrosavia) en el año 2016 llevó a cabo el Plan de Manejo Agroclimático Integrado del Sistema Productivo de la mora, dentro del marco del proyecto MAPA. Su objetivo era contribuir al desarrollo de las capacidades locales del Subsistema de Asistencia Técnica Agropecuaria (Ssata) para adaptarse al cambio y a la variabilidad climática en 18 departamentos, bajo el enfoque de Agricultura Climáticamente Inteligente (ACI) (Agrosavia, 2018).

Este plan tenía como objetivo primordial coadyuvar a la reducción de la vulnerabilidad del sistema productivo de mora frente al riesgo agroclimático asociado a las condiciones restrictivas de humedad en el suelo. Simultáneamente, se presentaron algunas herramientas para la toma de decisiones, la gestión tecnológica y se definieron factores que determinan el riesgo climático, así como los tipos de práctica que se pueden implementar en pos de generar una capacidad de adaptación del sistema productivo de la mora ante un escenario de déficit hídrico. Por último, luego de agrupar a los productores según sus características socioeconómicas, se describió la implementación de algunas opciones tecnológicas que podrían servir de guía a los programas de extensión y asesoramiento técnico, teniendo en cuenta, desde luego, las particularidades de cada sector o grupo de productores (Corpoica, 2016). A partir de los resultados, se presentó el panorama, los riesgos, las condiciones y las potencialidades del sector.

2.2. Singularidades del cultivo

La mora de Castilla es originaria de los andes tropicales. Esta especie crece casi silvestre en muchos lugares de América del sur tropical y se cultiva en algunos países de Centroamérica como El Salvador, Panamá y Costa Rica, mientras que en Suramérica se considera de relevancia económica en Ecuador y Colombia. Pertenece a la familia de las rosáceas y, junto con otra gran variedad de especies



del género *Rubus* (más de 300 especies), es la más adaptada a las condiciones del trópico alto entre las moras y zarzamoras silvestres. Sus frutos son grandes, jugosos, de excelente sabor y con semillas pequeñas y blandas. En algunas regiones de Colombia también se le conoce como morón.

La mora es una planta perenne, arbustiva, de porte semierecto con tallos rastreros o semierguidos y usualmente con espinas. La planta se desarrolla desde altitudes que abarcan los 1200 hasta los 3500 m s. n. m., su óptimo desarrollo se produce al cultivarla entre los 1800 y 2200 m s.n.m., en un clima con frío moderado, cuyas temperaturas varían entre 12 y 18 °C. Por encima de los 2400 metros de altura, la producción es menor y se afecta la calidad y el tamaño de los frutos (Franco y Giraldo, 2001).

En lo que concierne a la precipitación anual para el desarrollo óptimo de la planta, esta se encuentra en un rango entre los 1200 a 1700 mm, asociada a una humedad relativa (60 %-70 %). Estas características ofrecen las condiciones ecofisiológicas necesarias para el desarrollo de esta fruta en plantaciones. Así mismo, la zonificación del cultivo debe considerar las variables mencionadas e identificar las condiciones agroecológicas para el desarrollo futuro de las plantaciones en el departamento del Valle del Cauca.

2.3. Alcances y limitaciones de la zonificación

Con relación a la realización de la zonificación para el cultivo de mora en la zona de ladera del Valle del Cauca, su objetivo es promover la comprensión –entre las organizaciones y cultivadores de las zonas de ladera del departamento– sobre la importancia de las condiciones físicas, climáticas y geomorfológicas, que, articuladas con aspectos socioeconómicos y socioecosistémicos, impactan e impactarán (proyecciones a 2050) al sector agrícola focalizado en la mora. Con esto, se espera que puedan llevarse a cabo estudios más específicos respecto a las medidas de adaptabilidad que los agricultores deben aplicar y el apoyo institucional o sectorial que debe implementarse. Otro alcance que se evidencia es la posibilidad que se le presenta a distintas empresas que promueven el cultivo, prestan asistencia y llevan a cabo programas de extensión para la cadena de la mora, puesto 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 principalmente.

- a) La zonificación en esencia es una herramienta que señala, de forma general, la aptitud de un cultivo, bajo ciertas restricciones y sujeta a la escala y 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 concretos, tal como la agricultura específica por sitio, que respondan a las distinciones en cada lugar, en especial, en el aspecto edafológico.
- b) 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 se debe priorizar un cultivo por encima de otro. Esto se definirá a través de otras herramientas, que incluyan elementos de la cadena de valor de la mora, tales como la competitividad, la variación de los precios internacionales –o los precios de cultivos sustitutos o complementarios–, la inversión, la tradición y los arraigos culturales; los cuales también pueden definir la opción a tomar.
- c) La zonificación se ve limitada a la hora de responder 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 enfoca concretamente 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, con lo cual se mejora el aprovechamiento de recursos y esfuerzos de los diversos programas encaminados a formar enclaves de desarrollo en las zonas vistas 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, estos son

parámetros particulares usados en la definición centrados 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 geomorfológicos, 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 del cultivo objeto de estudio.

3.2. Componentes físicos

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

- *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 s. n. m.), tomando como referencia la localización de un punto geográfico determinado.
- *Humedad relativa*: es la cantidad de vapor de agua que se encuentra presente en el aire.
- *Precipitación*: es la media de la cantidad de lluvia que puede caer en un lugar, área o región específicos.



Para llevar a cabo el análisis de cambio climático, las variables utilizadas fueron la temperatura y la 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.

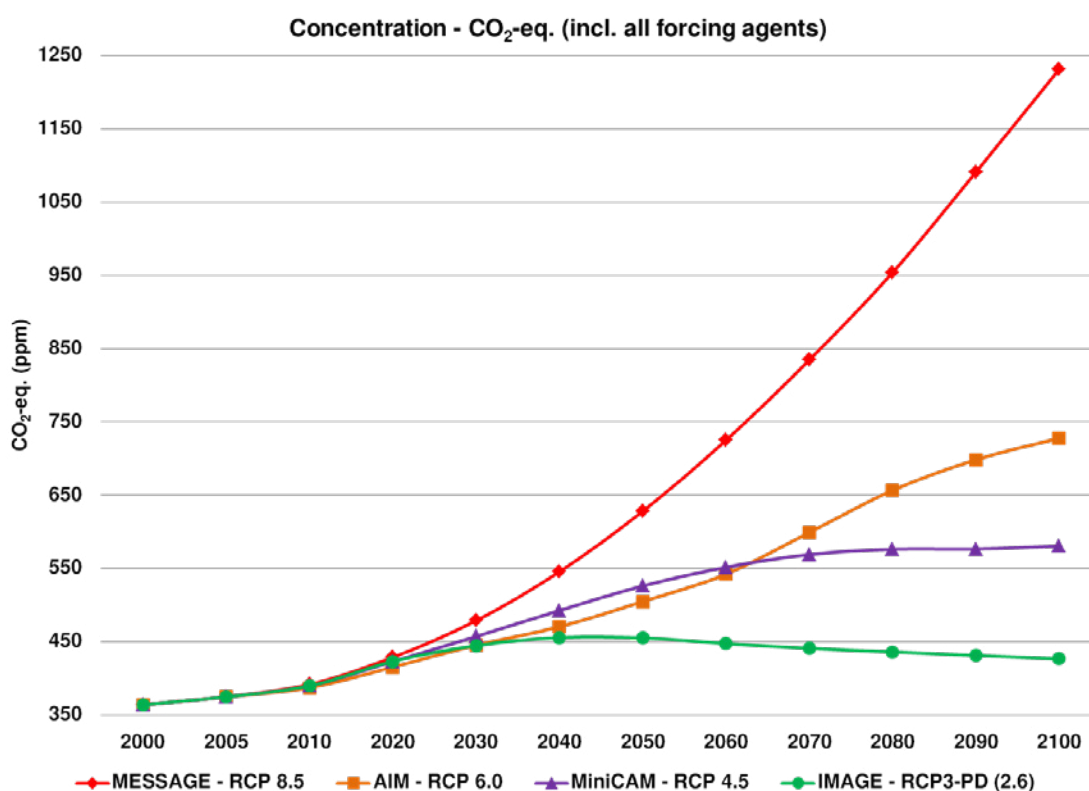


Figura 1. Gráfico comparativo de todos los agentes atmosféricos impulsores de acuerdo con las cuatro Trayectorias de Concentración Representativas (RCP, por sus siglas en inglés)

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 a lo largo del tiempo.

Este futuro está fundado en los siguientes aspectos:

- Tres veces los niveles de emisiones actuales de CO₂ en 2100.
- Rápido aumento en las emisiones de metano.
- Mayor uso de tierras de cultivo y 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, principalmente los involucrados con 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 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 y que, suscintamente, 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. Y 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 impedimento en el suelo. En suelos más profundos, las plantas pueden sobrellevar 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 modificará 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 al 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 moderadamente 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 principal factor que ocasiona la erosión es, entre otros, el hídrico, ya sea por efectos de la lluvia o por procesos de estancamientos 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 alterando 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 inclusión de 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 tal que las limitaciones y potencialidades puedan comprenderse mejor a la hora de tomar decisiones para el desarrollo de programas de fomento agrícola. A su vez, se protege el patrimonio cultural material e inmaterial del país y el derecho a la autodeterminación de los territorios colectivos de 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, pues permiten la descripción del ambiente en el cual está inmerso el objeto de estudio. En el caso particular de una zonificación 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 del acceso a sistemas de riego, la existencia de maquinaria agrícola, el acceso a 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 patrones geográficos aptos para el desarrollo del cultivo de mora, es posible unir, 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, 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 Grupo *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 su vez, 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, que afectarán los asentamientos humanos costeros.

En esta medida, se hace necesario acudir a los análisis de cambio climático para establecer los cambios que puedan 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, considerando el esquema de trabajo, fue necesario llevar a cabo una revisión de los planteamientos, conceptos y metodología que se desarrollan a lo largo del análisis de zonificación para la mora, dentro del marco del proyecto. En particular, esto 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. De este modo, “[l]os 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). Así mismo, en el caso particular de este estudio, se partió de una base edafoclimática, para su posterior asociación con los factores socioeconómicos y socioecosistémicos presentes en la región.

En este contexto, el desarrollo del proceso de la zonificación edafoclimática se dio a través de cinco etapas principales (ver figura 2):

1. Recolección y producción de datos.
2. 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.
3. Superposición ponderada de datos: procesos de ponderación de los componentes físico, de sue-



- los y geomorfológico, e intersección de rangos climáticos presentes y futuros con el uso de herramientas SIG.
4. **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 representan la zonificación edafoclimática final.
 5. **Validación:** la zonificación edafoclimática, teniendo en cuenta el cambio climático, fue validada y contrastada con información *in situ* de las zonas categorizadas, para obtener una respuesta de confiabilidad de los procesos.



FLUJOGRAMA PROCESO ZONIFICACIÓN

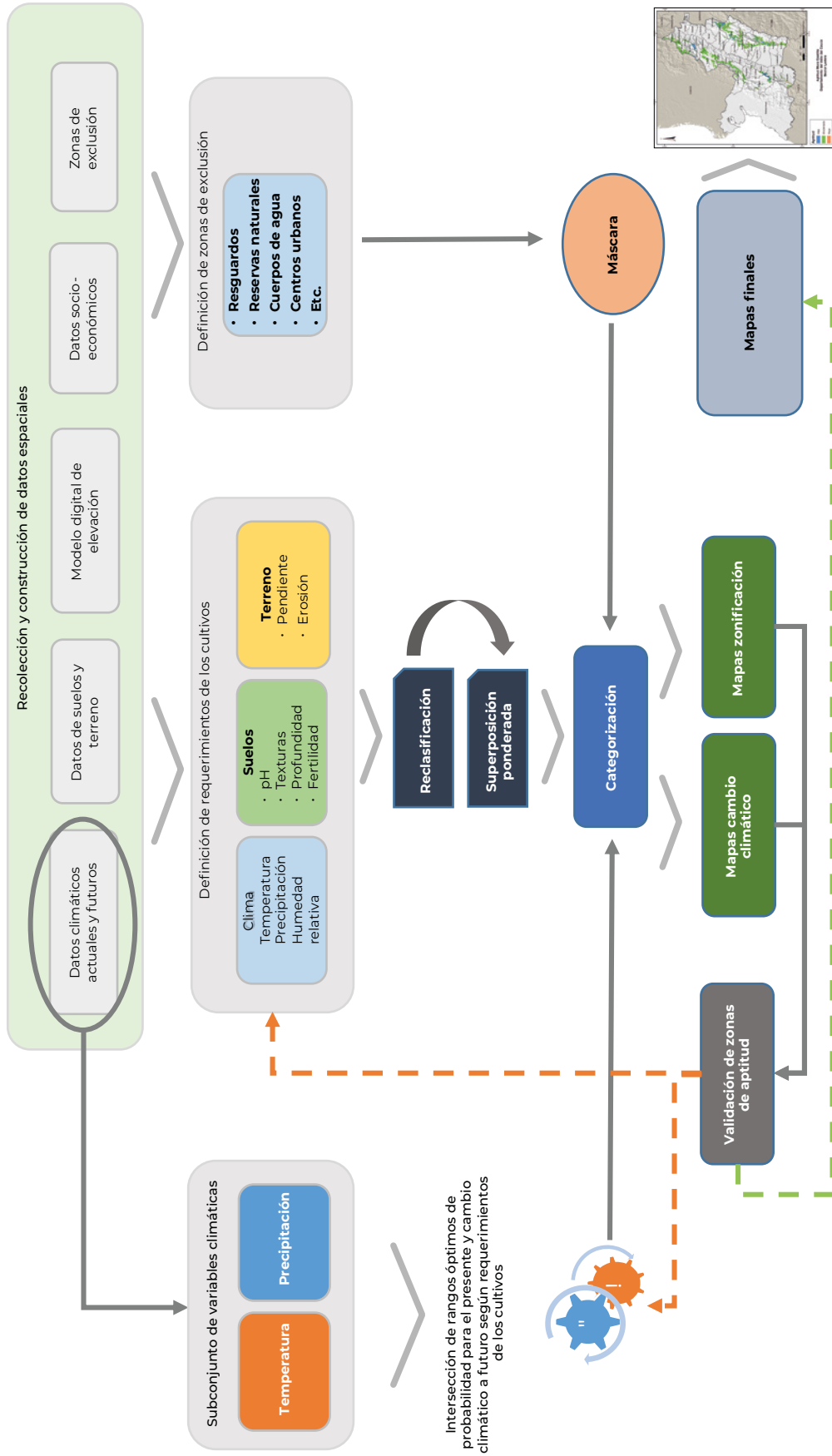


Figura 2. Flujoograma de trabajo para la zonificación edafoclimática

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 correspondiente a los datos del Censo Nacional Agropecuario 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 de los datos obtenidos del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y de la Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca (CVC), referentes a los conflictos por el uso de suelos, vocación de uso y vulnerabilidad ambiental (ver figura 3).

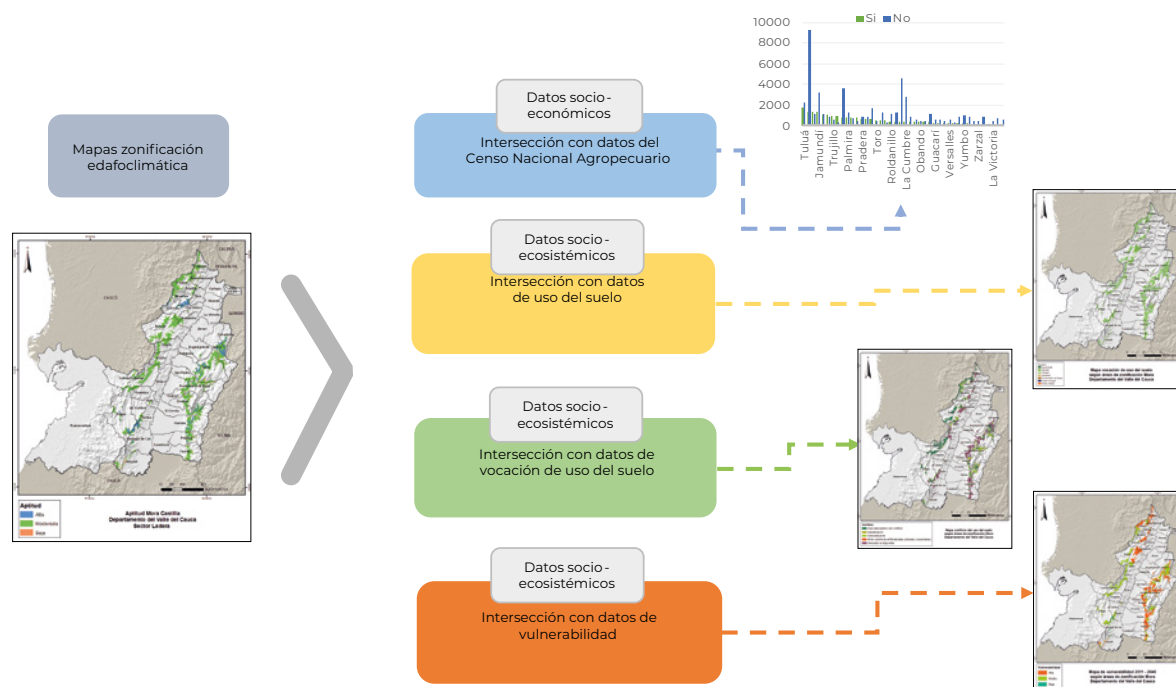


Figura 3. Flujo de la vinculación de la zonificación edafoclimática con los datos socioeconómicos y socioecosistémicos

Fuente: elaboración propia.

En paralelo al proceso de la zonificación edafoclimática, se realizó 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*, 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 que 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 (de 0 % hasta 100 %), y un rango óptimo en el cual se desarrollara el cultivo (ver figura 4).

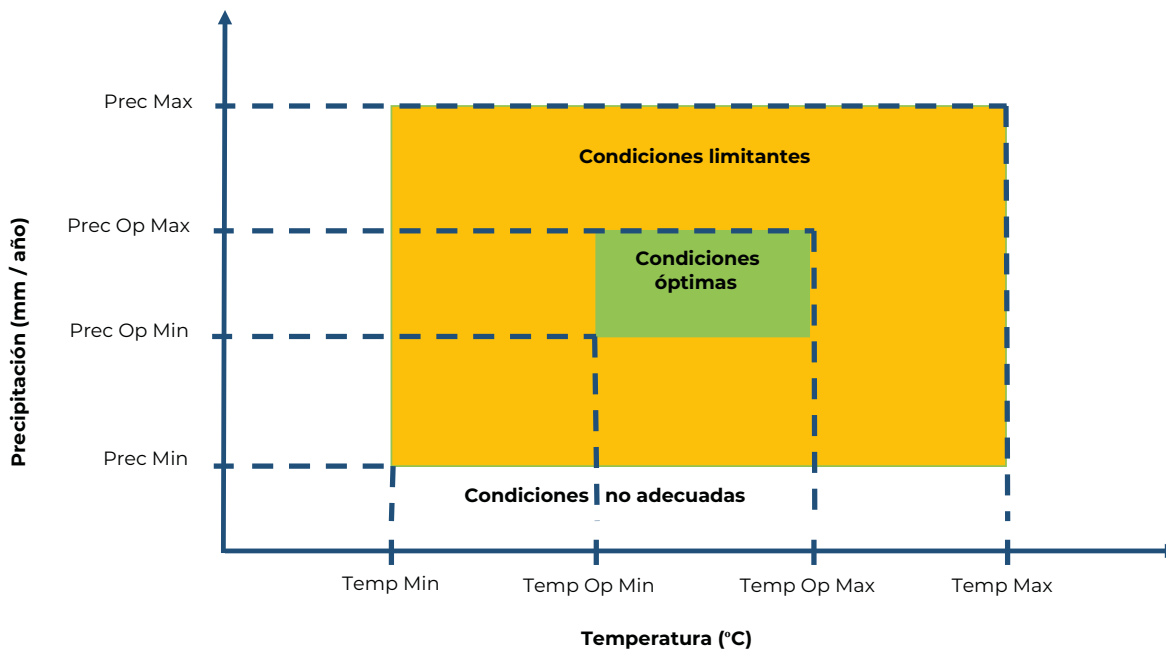


Figura 4. Rangos óptimos y absolutos para determinar el porcentaje de aptitud

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 las que se obtuvieron los datos de clima, suelos, geomorfología, socioeconómicos y socioecosistémicos, y se finaliza con el cuadro de requerimientos edafoclimáticos para el cultivo de mora.

• 4.1.1. Identificación de la zona de estudio

Para delimitar la zona de estudio, se tomó como límite inferior los 1.100 m s.n.m. y se tuvo como referencia la ciudad de Cali, que está ubicada a una altitud promedio de 1.020 m s.n.m. Para obtener los datos de elevación, se acudió a la plataforma del Cgiar-CSI (2017) y se obtuvo de ella los datos digitales de elevación mundiales, 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.

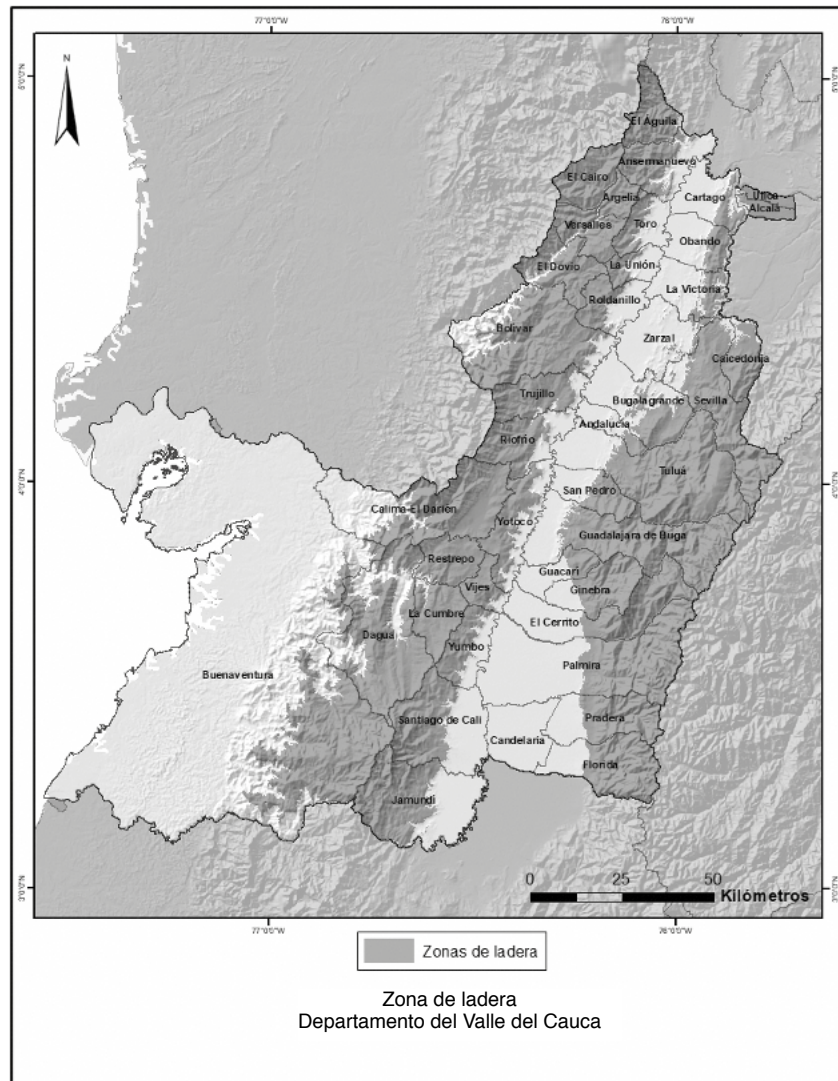


Figura 5. Mapa de zonas de ladera en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.

• 4.1.2. Obtención de variables climáticas

Para dar continuidad al esquema propuesto y con el objetivo final de identificar las zonas de aptitud edafoclimáticas para la mora, el proceso de zonificación comenzó con la producción y obtención de los conjuntos de datos climáticos.

a) Producción de datos climáticos al presente ajustados a la región

Frente a la necesidad de incorporar los datos climáticos ajustados, y acordes al resto de las variables relativas al estudio de zonificación de la mora en el Valle del Cauca, fue necesario producir y obtener datos climáticos proyectados al presente, que tuvieran como base estaciones climatológicas ubicadas en la geografía departamental.

Para este fin, se obtuvo una base de datos de las estaciones climatológicas desde el portal catalogador de información geográfica del Instituto Alexander Von Humboldt (2017). En este conjunto de datos se incluyó la información mensual de la precipitación y la temperatura hasta el año 2012.



Con dicha información se procedió a realizar la interpolación con el uso del algoritmo *Thin plate splines* (TPS) para su suavizado (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 futuro. En el primer caso, los datos climáticos para el presente derivan del uso del procedimiento *Thin plate splines*, mientras que, para el segundo, los datos climáticos provienen de la aplicación del *downscaling*: procedimiento que toma los datos climáticos de gran resolución y los lleva a una resolución 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 usa principios físicos resueltos mediante 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:

1. El desarrollo de las relaciones estadísticas entre variables climáticas locales (p. ej., temperatura del aire de la superficie y la precipitación) y predictores de gran escala (p. ej., campos de presión).
2. 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).

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

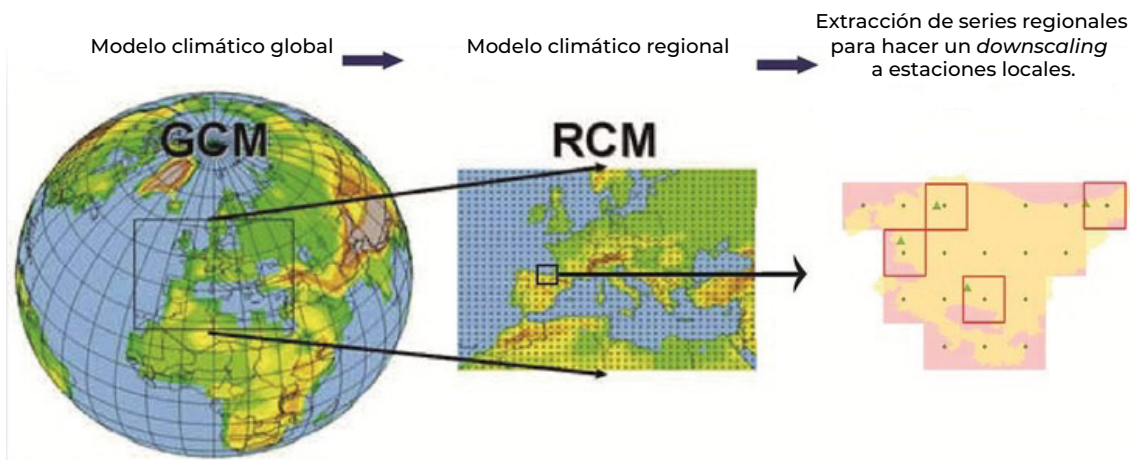


Figura 6. Downscaling de datos climáticos

Fuente: F. Giorgi, WMO Bulletin 57(2), April 2008.



Luego, el procedimiento consistió en realizar la identificación de las variables más significativas para los componentes de suelos y terreno existentes para las zonas de ladera del 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 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, 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 texturas, 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 variable 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 la mora

Junto con las fuentes de información bibliográficas, el uso de fuentes secundarias, la realización de entrevistas a profesionales del campo y la asistencia a reuniones de comité, en las que se tuvo contacto con los productores directamente, 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	Moderna	Baja	No apto
TEMPERATURA (°C)	15-19	12-15/19-13	10-12/23-25	<14-24<
PRECIPITACIÓN (mm año)	1.500-2.000	1.000-1.500/2.000-2.300	800-1.000/2.300-2.500	<800-2500<
HUMEDAD (%)	70-80	60-70/80-90	85-90	90<

Continúa



Variable	Aptitud			
	Alta	Moderada	Baja	No apto
<i>SUELO</i>				
TEXTURA	franco, franco arenoso, franco arcilloso	franco limoso, arcilloso arenoso	franco arcilloso limoso, arcilloso arenoso	arcilloso, arcilloso limoso, areno franco, arenoso
PROFUNDIDAD EFECTIVA (m)	1<	0,50-1	0,30-0,50	<0.30
pH	5,7-6,7	5,1-5,7	<5,1-5,7<	<5.2
FERTILIDAD DEL SUELO	Alta-muy alta	Moderada	Baja	Muy baja
<i>TERRENO</i>				
EROSIÓN	Ligera	Moderada		Severa-muy severa
PENDIENTE (%)	5-oct	0-5/10-15	25-50	50<

Fuente: basado en Cámara de Comercio de Bogotá (2015), DANE (2013), Escobar (2013), Fundación Universidad del Valle (2015), Gobernación del Huila (2007), Rodríguez y Villegas (2015) y Secretaría de Ambiente, Agricultura y Pesca del Valle del Cauca (2001).

• 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 la mora, de acuerdo con el escenario de la vocación y usos principales del suelo. Esta variable posibilita analizar la viabilidad de las áreas resultantes de la zonificación edafoclimática. De acuerdo con el IGAC (2017), 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”. Así, el objetivo principal de esta variable es determinar el uso 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, del índice de sensibilidad (ISA), que es una variable que surge

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, del índice relativo de afectación (IRA), variable que surge a partir del consenso de 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 visualizar el estado general de la base productiva agropecuaria en el departamento del Valle del Cauca. Para tal fin, se procedió a la obtención de los microdatos del Tercer Censo Nacional Agropecuario¹ desde el catálogo general de datos (DANE, 2018).

Una vez ubicados los microdatos específicos para el departamento del 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 tomó 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 registran 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 del software estadístico R, se seleccionaron los subconjuntos de información de la base de datos principal que, en este caso, era la Unidad Productora Agropecuaria.

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 respecto al total de las UPA que fueron censadas.

A continuación, se hace la descripción de las condiciones generales en el departamento de cada una de las variables del Censo Nacional Agropecuario 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 pérdidas o disminución de rendimientos.

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

Para llevar a cabo de manera 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

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



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 encuentran inconexas con las realidades rurales (FAO, 2016).

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

El acceso al crédito enfocado al sector agrícola se ha redefinido por las dislocaciones de la economía y los mercados a niveles nacionales y globales. 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, 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 vincularlas 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)

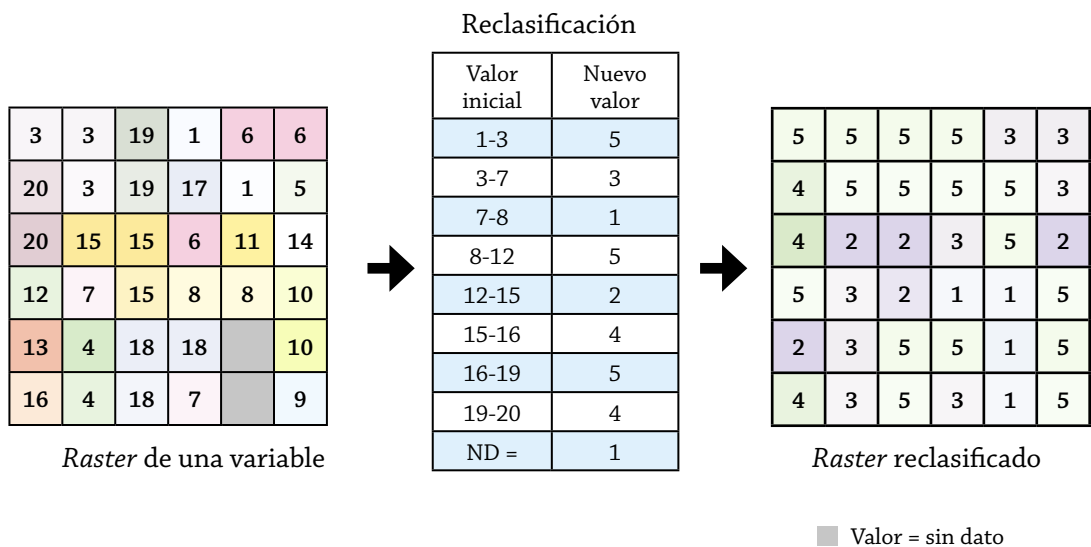


Figura 7. Esquema del proceso de reclasificación de un *raster*

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 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)

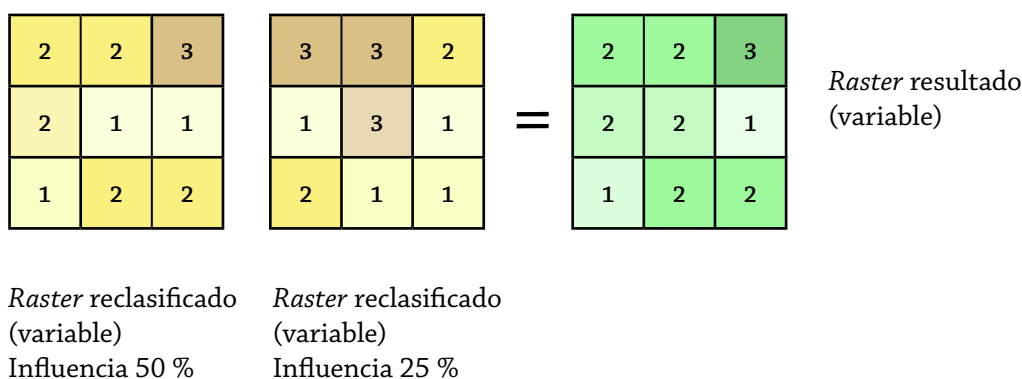


Figura 8. Esquema del proceso de superposición ponderada

Fuente: elaboración propia.

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

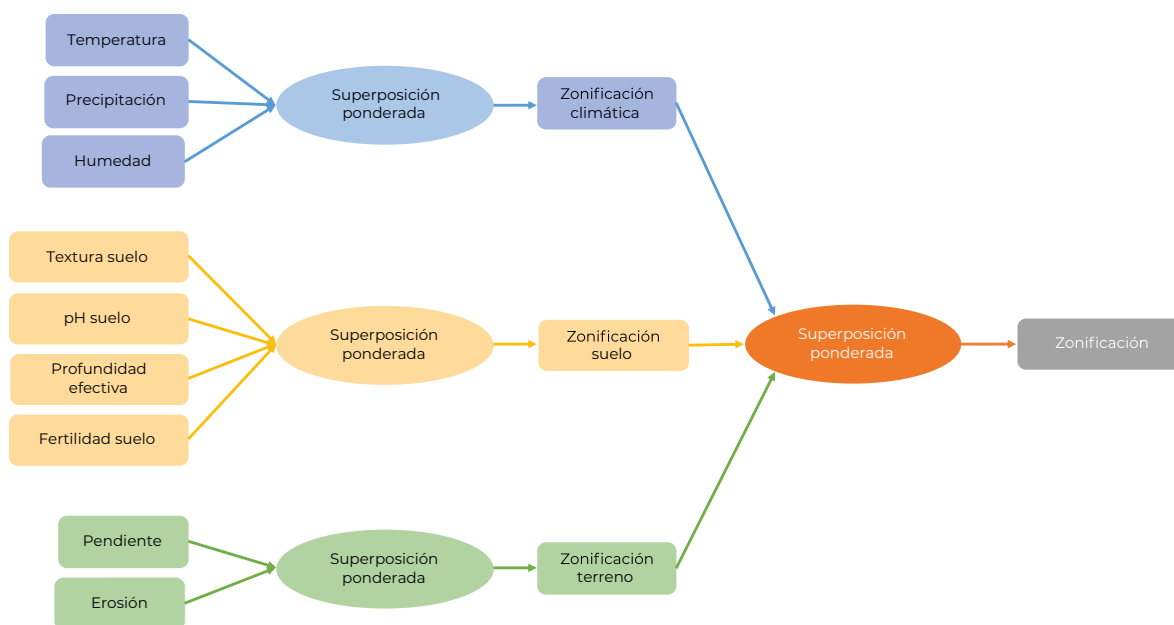


Figura 9. Modelo de superposición ponderada para la zonificación

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 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.

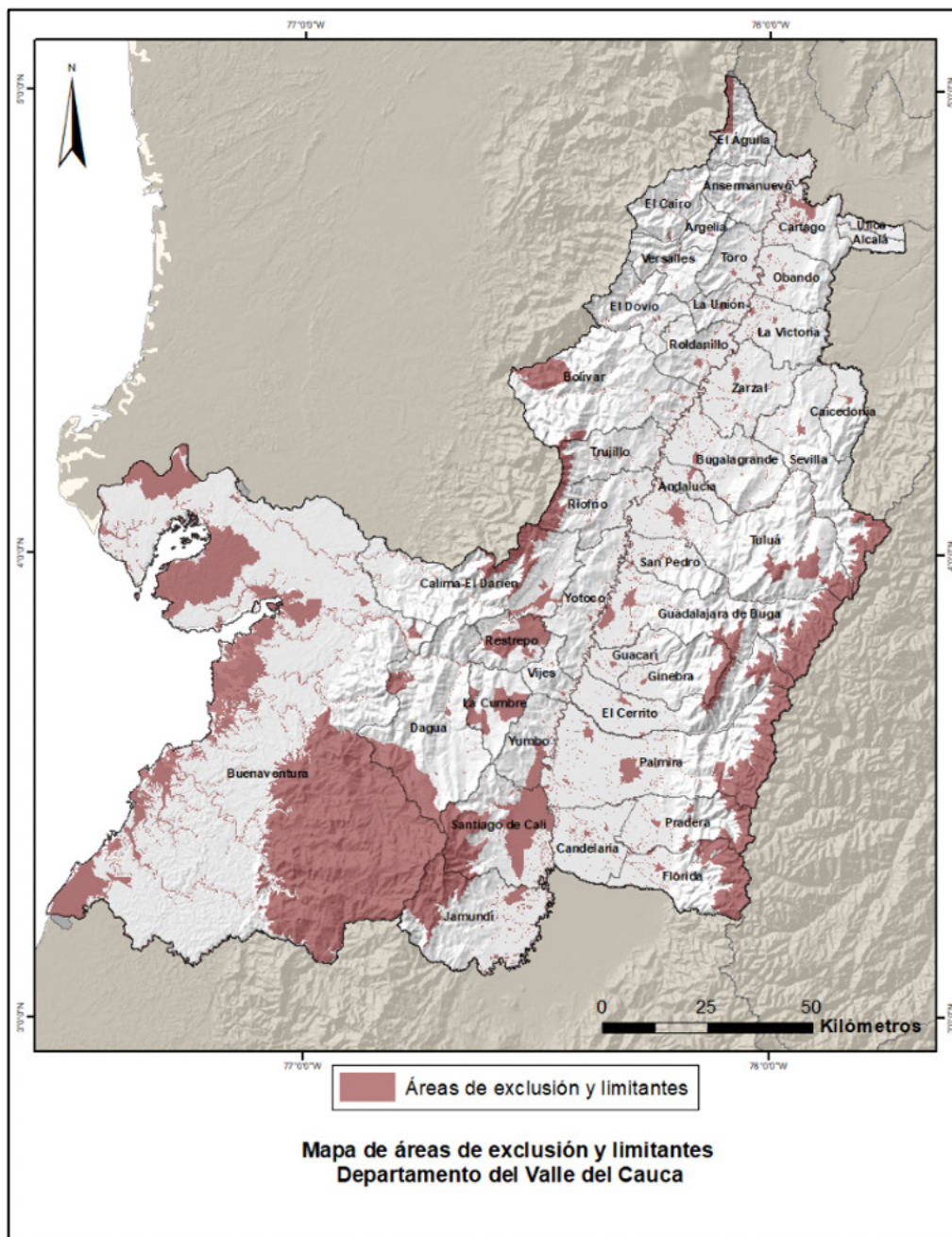


Figura 11. Mapa de las capas de exclusión y restricción (limitantes) en el departamento del Valle del Cauca

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).

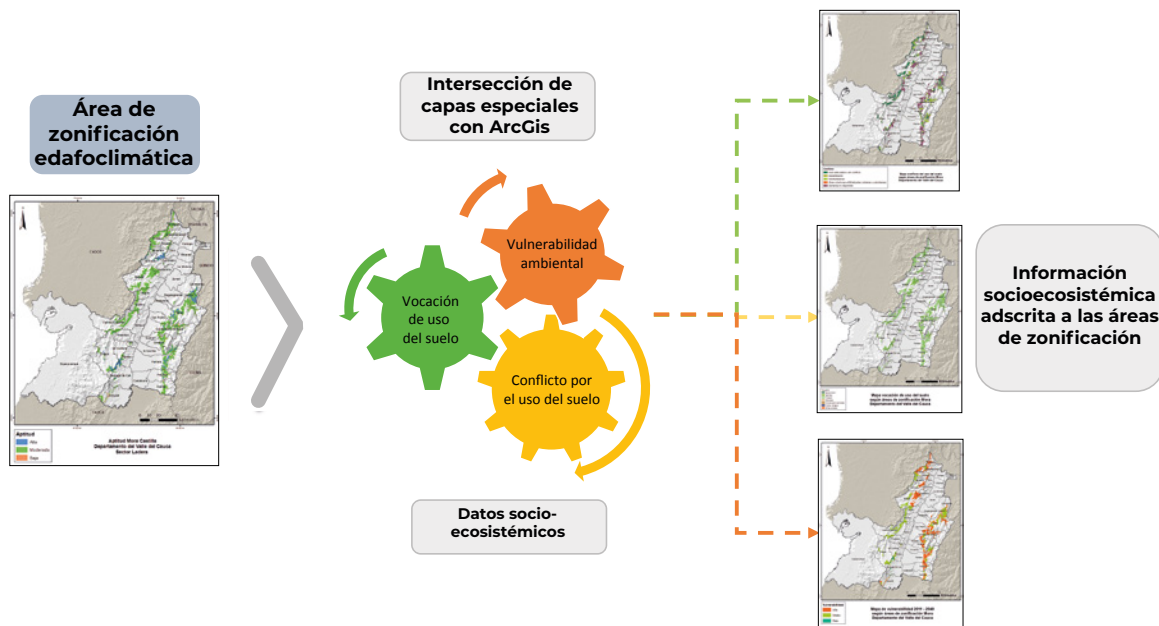


Figura 12. Flujograma para la información socioecosistémica adscrita a las áreas de zonificación

Fuente: elaboración propia.

Para vincular la información socioeconómica con la zonificación edafoclimática, se filtraron los microdatos del Censo Nacional Agropecuario. 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).

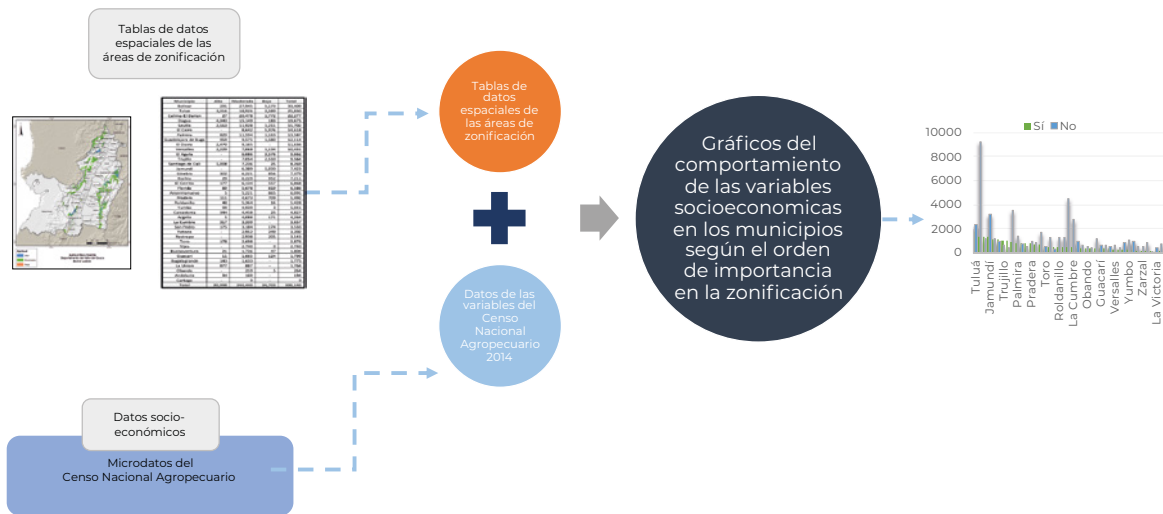


Figura 13. Flujograma para la información socioeconómica adscrita a las áreas de zonificación

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 Rutas de Concentración Representativas (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.

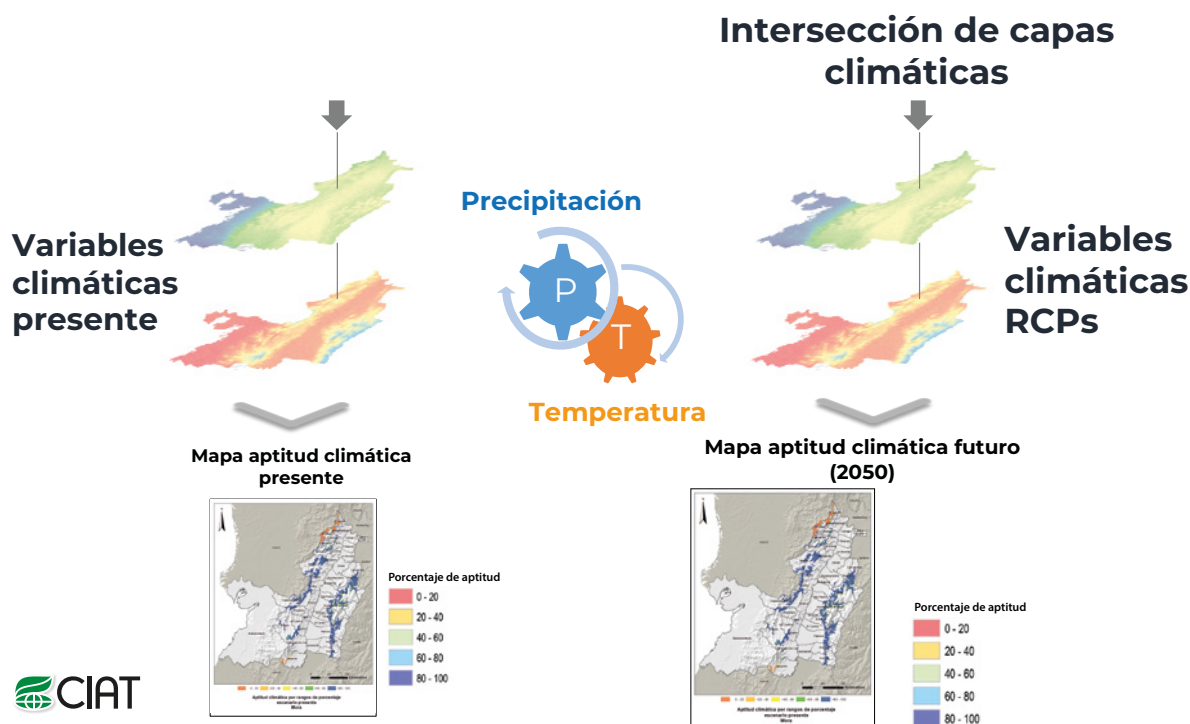


Figura 14. Intersectos de los píxeles de las capas climáticas

Fuente: elaboración propia.

5. RESULTADOS

5.1. Zonificación edafoclimática para la mora

En el departamento del Valle del Cauca, las zonas de aptitud alta para el cultivo de mora se concentran, según su orden de importancia, en los municipios de Tuluá, Sevilla, Versailles, Palmira, Dagua, Santiago de Cali y El Dovio. Todos estos con áreas de aptitud alta, entre 3000 y 1300 ha (ver figura 15 y tabla 3). Sin embargo, de estos municipios, Tuluá, Sevilla y Palmira presentan áreas de aptitud total superiores a las 10.000 ha (ver tabla 4). De modo general, se puede ver que las zonas de aptitud moderada predominan y que las zonas de aptitud baja tienen muy poca presencia.

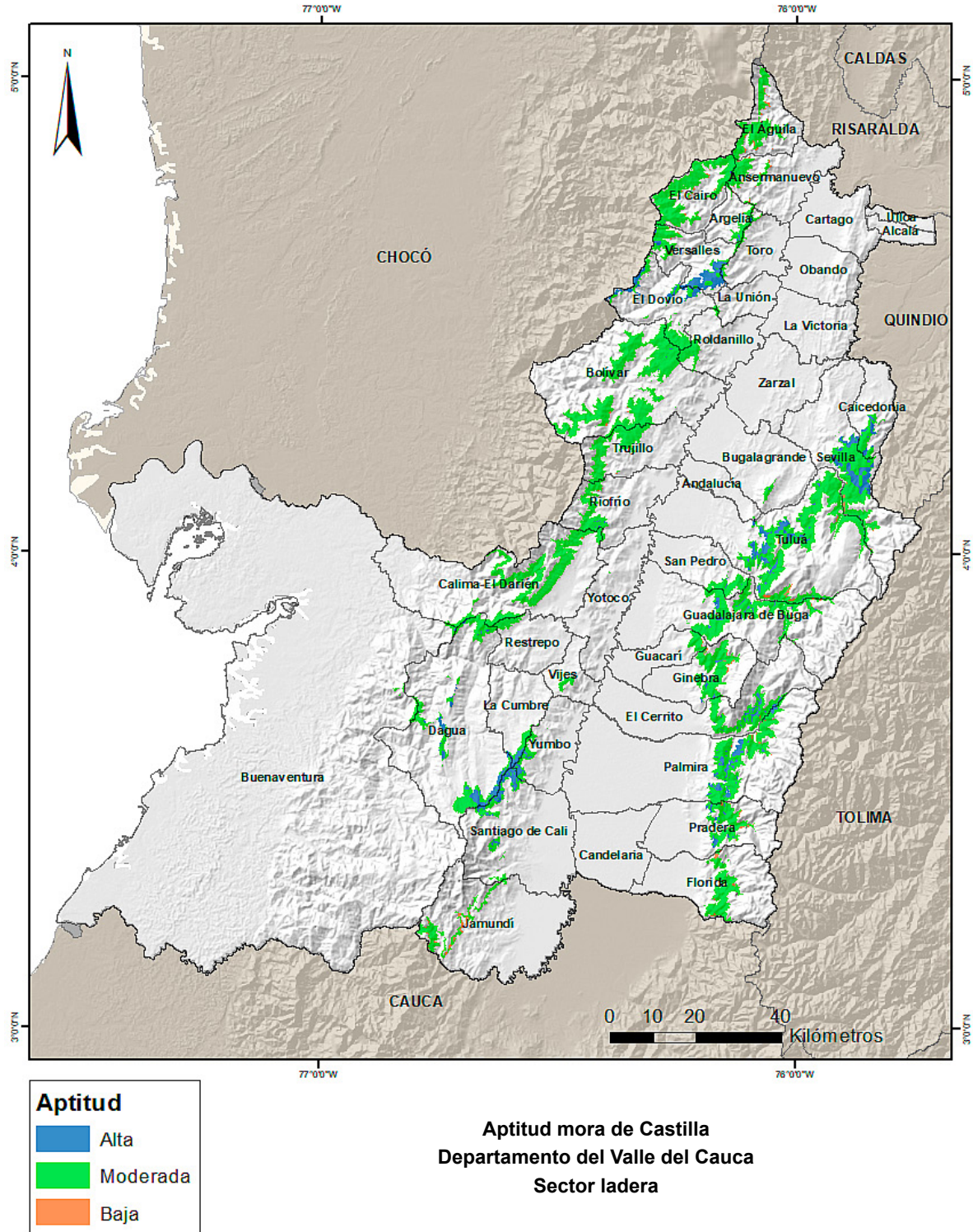


Figura 15. Mapa de zonificación de la mora en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.

A su vez, se puede ver cómo la distribución porcentual de las zonas de aptitud a nivel departamental dejan entrever el predominio de las zonas de aptitud moderada, seguidas por una proporción menor en cuanto a las zonas de aptitud alta (10,7 %) y de aptitud baja (1,5 %) (ver figura 16).

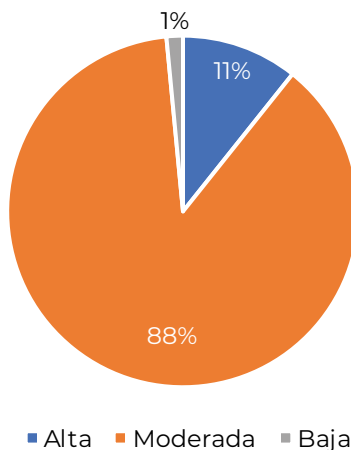


Figura 16. Porcentaje de área por aptitud en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: Elaboración propia.

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

Aptitud	Área (ha)
Alta	20.591
Moderada	168.614
Baja	2.905
Total	192.111

Fuente: elaboración propia.

En lo concerniente a los resultados a nivel municipal (ver figura 17), estos permiten ver que solo 7 municipios presentan áreas totales de aptitud entre las 9000 y las 22.000 ha. En este contexto, los municipios con las mayores zonas son Tuluá, Bolívar, Calima-El Darién, Palmira, Sevilla, Guadalajara de Buga, El Cairo y Dagua. Tal como ya se observó, aquellos que destacan por tener zonas de aptitud alta son Tuluá, Palmira, Sevilla, Guadalajara de Buga y Dagua. Con el fin de verificar detalles en cuanto a los tamaños de área, según la zona y aptitud, se elaboró la tabla 4.

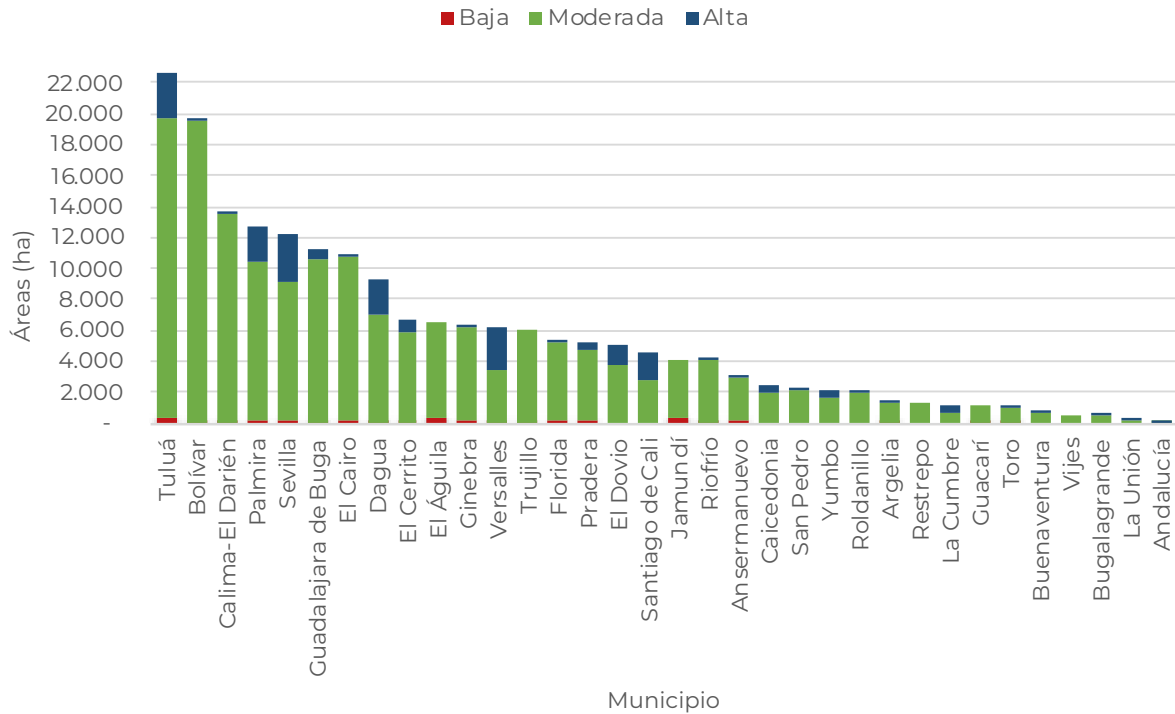


Figura 17. Resultados de la zonificación por municipios en el departamento del Valle del Cauca, con relación a su importancia por tamaño de área

Fuente: elaboración propia.

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

Municipios	Alta	Moderada	Baja	Área (ha)
Tuluá	2.992	19.303	346	22.640
Bolívar	46	19.376	78	19.500
Calima-El Darién	14	13.554	46	13.615
Palmira	2.217	10.349	141	12.706
Sevilla	2.951	9.000	197	12.149
Guadalajara de Buga	718	10.472	94	11.285
El Cairo	24	10.456	247	10.727
Dagua	2.158	7.085	5	9.248
El Cerrito	884	5.773	39	6.696
El Águila	-	6.159	335	6.494
Ginebra	260	5.943	202	6.406
Versalles	2.751	3.389	36	6.176
Trujillo	-	5.982	41	6.023
Florida	5	5.121	167	5.293
Pradera	422	4.626	174	5.222
El Dovio	1.351	3.733	-	5.084
Santiago de Cali	1.793	2.728	-	4.521
Jamundí	-	3.721	423	4.144
Riofrío	61	4.024	35	4.120



Municipios	Alta	Moderada	Baja	Área (ha)
Ansermanuevo	13	2.683	243	2.939
Caicedonia	525	1.998	-	2.524
San Pedro	46	2.153	-	2.199
Yumbo	515	1.588	-	2.104
Roldanillo	5	1.991	-	1.995
Argelia	147	1.287	20	1455
Restrepo	-	1.320	-	1.320
La Cumbre	490	731	-	1.221
Guacarí	-	1.173	21	1.195
Toro	130	983	15	1.128
Buenaventura	36	646	-	682
Vijes	-	581	-	581
Bugalagrande	20	490	-	510
La Unión	13	120	-	133
Andalucía	2	37	-	39
Yotoco	-	37	-	37
Total	20.591	168.164	2905	192.111

Fuente: elaboración propia.

5.2. Validación de resultados de la zonificación edafoclimática

Para realizar la validación correspondiente a los resultados obtenidos en la zonificación, se recurrió a una muestra de datos obtenidos en algunas visitas a productores. Se debe aclarar que los puntos georreferenciados de productores son solo una muestra de la totalidad de los agricultores de mora de Castilla en el Valle del Cauca.

Los puntos reales de producción visitados en las etapas iniciales del estudio estaban focalizados en los municipios de Trujillo, Tuluá, Pradera y Ginebra. Con la obtención posterior de los resultados, y al hacer la intersección de estos con los puntos recolectados, se observó que todos los puntos de referencia se ubicaron en las zonas de aptitud moderada, lo cual permite corroborar la idoneidad de los resultados (ver figura 18).

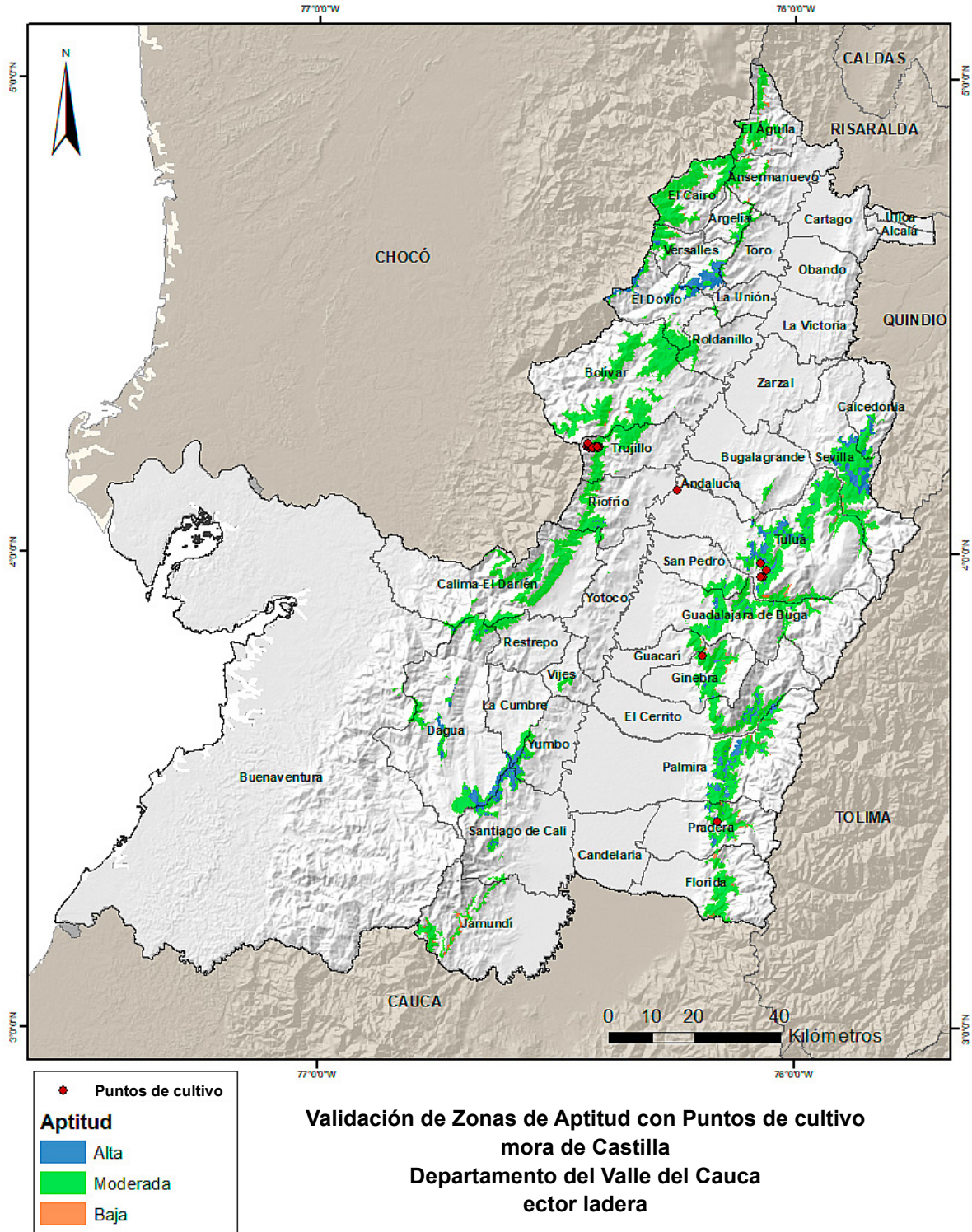


Figura 18. Validación de la zonificación de la mora en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.



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

a) Conflicto por el uso del suelo según áreas de zonificación de la mora

A rasgos generales, en las zonas de aptitud para el cultivo de mora, los *usos adecuados o sin conflicto* ocurren en el 32,3 % del total de las áreas (62.010 ha), mientras que la *sobreutilización* se lleva a cabo en el 31,9 % (61.193 ha) de las áreas mencionadas. En cuanto a *la demanda no disponible*, esta se presenta en el 35,2 % (67.538 ha) de dichas zonas (ver figura 19 y tabla 5).

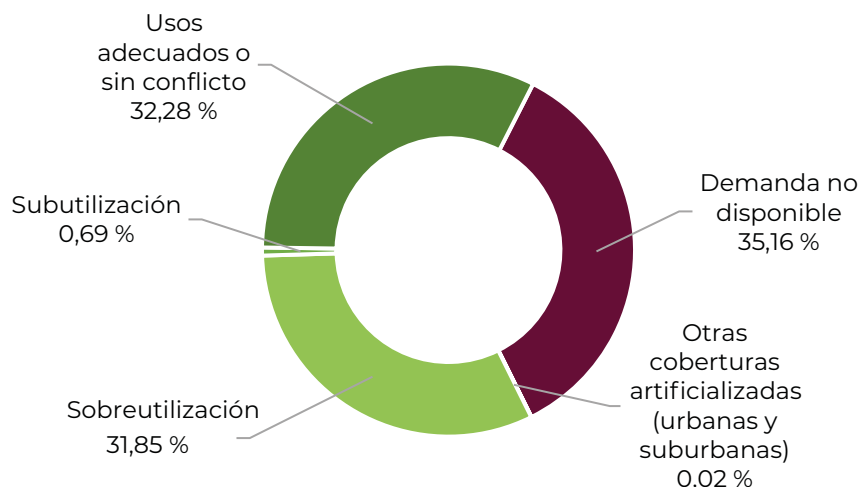


Figura 19. Porcentaje del conflicto por el uso del suelo según las áreas de zonificación

Fuente: elaboración propia.

Al entrar en detalle en el análisis de los datos, es posible identificar que los municipios de Bolívar y Calima-El Darién tienen las mayores áreas con *usos adecuados o sin conflicto*. Con relación a los municipios de Tuluá, Palmira y Sevilla, a pesar de tener grandes áreas de aptitud total, estos poseen mayores áreas con *sobreutilización* y *demandas no disponibles*. Así mismo, se identificó a Dagua como uno de los municipios con zonas mayores de *usos adecuados o sin conflicto*. Por lo tanto, este municipio presenta un buen potencial para el cultivo de mora en zonas de ladera, aunque su área total no supere las 10.000 ha (ver figura 20 y tabla 5).

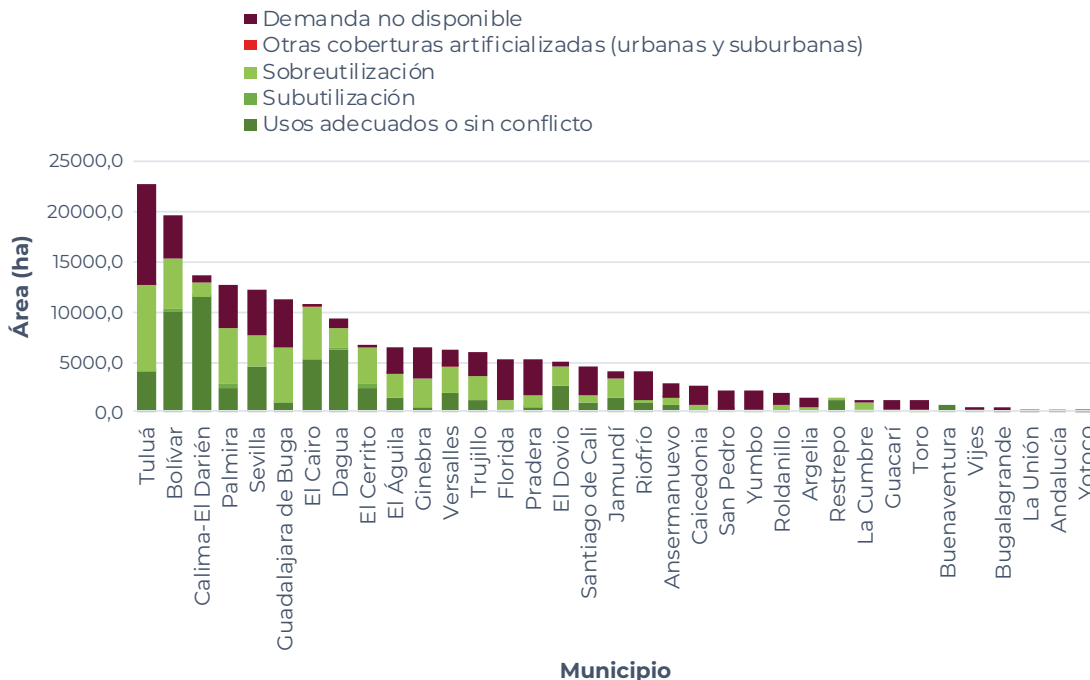
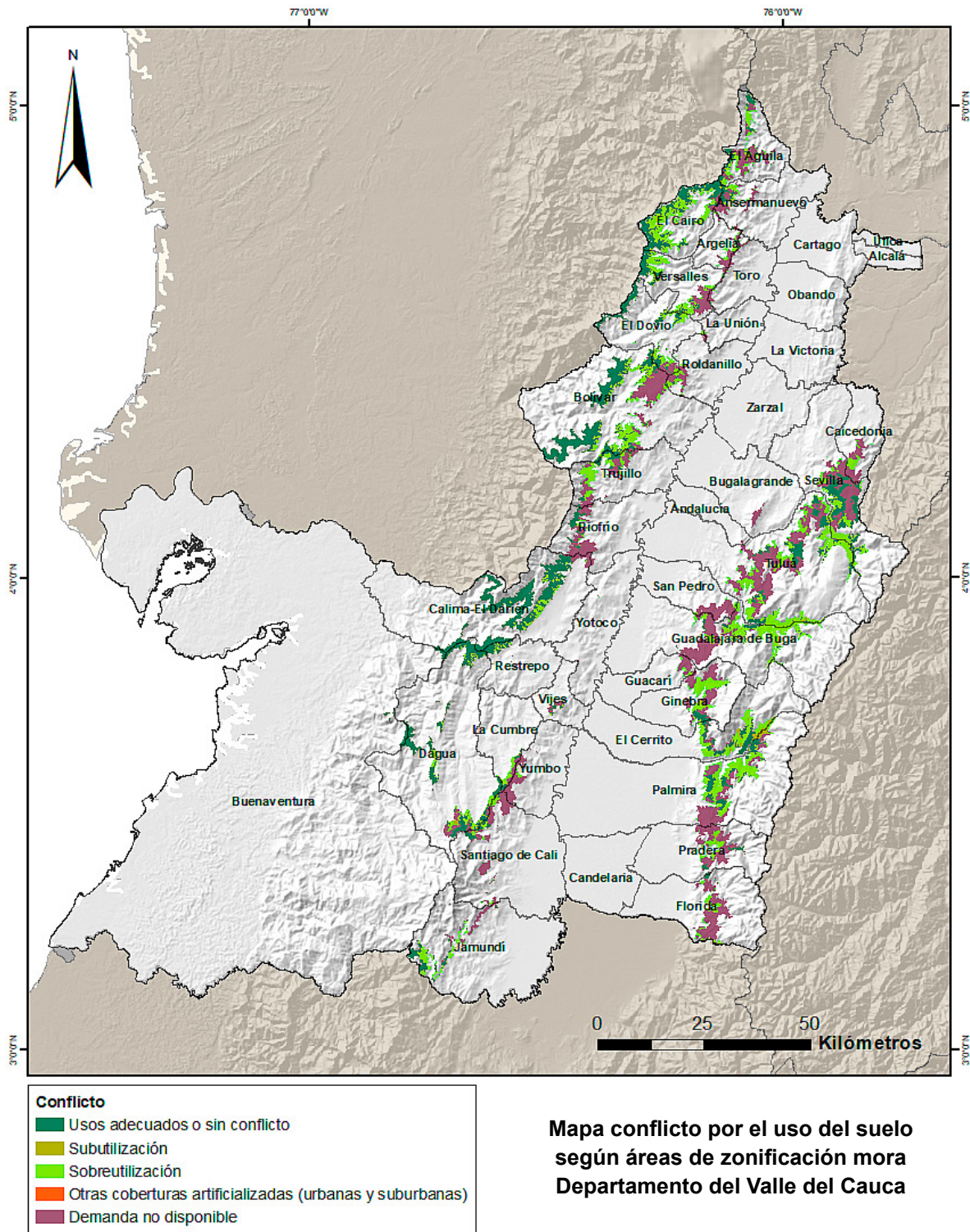


Figura 20. Conflictos por el uso del suelo según las áreas de zonificación en orden de importancia por municipio en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.

A continuación, en el mapa de distribución de los conflictos por el uso del suelo y según las áreas de zonificación (ver figura 21), se puede identificar grandes porciones de zonas con *usos adecuados y sin conflicto*. Estas se hallan en las laderas de la Cordillera Occidental desde el municipio de Restrepo, en dirección al norte del valle, hasta Ansermanuevo. Por otra parte, una distribución bastante alta de áreas con *demanda no disponible* se halla en la Cordillera Central. No obstante, es en esta parte del departamento donde se distribuyen de forma equilibrada los conflictos por el uso del suelo más prevalentes.



Mapa conflicto por el uso del suelo según áreas de zonificación mora Departamento del Valle del Cauca

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 por municipio según los conflictos por el uso del suelo

Municipios	Usos adecuados o sin conflicto	Sub-utilización	Sub-reutilización	Otras coberturas artificializadas (urbanas y suburbanas)	Demanda no disponible	Total
Tuluá	4.060,4	95,7	8.580,2	0,6	9.903,5	22.640,4
Bolívar	10.132,0	70,5	5.086,0	-	4.211,9	19.500,3
Calima-El Darién	11.371,0	34,7	1.438,7	-	770,4	13.614,7
Palmira	2.453,5	363,8	5.442,9	-	4.446,3	12.706,5
Sevilla	4.506,8		3.239,2	-	4.402,5	12.148,5
Guadalajara de Buga	956,8	33,4	5.423,1	1,8	4.869,6	11.284,6
El Cairo	5.190,3		5.296,6	5,2	234,6	10.726,7
Dagua	6.165,6	170,6	1.940,0	-	972,0	9.248,3
El Cerrito	2.319,6	468,3	3.559,8	2,9	345,7	6.696,3
El Águila	1.397,3	-	2.356,8	21,4	2.718,7	6.494,2
Ginebra	579,7	-	2.762,9	-	3.063,0	6.405,7
Versalles	1.884,8	-	2.595,0	4,1	1.692,4	6.176,3
Trujillo	1.124,8	-	2.405,9	-	2.492,3	6.023,0
Florida	117,1	-	1.181,9	-	3.994,3	5.293,4
Pradera	440,7	81,1	1.065,8	-	3.634,6	5.222,2
El Dovio	2.724,5	-	1.702,6	-	656,5	5.083,5
Santiago de Cali	879,7	-	761,8	-	2.879,7	4.521,2
Jamundí	1.418,2	-	1.800,5	-	925,1	4.143,8
Riofrío	952,2	13,8	253,7	-	2.900,0	4.119,7
Ansermanuevo	674,7	-	716,6	0,2	1.547,9	2.939,4
Caicedonia	47,4	-	748,0	-	1.728,3	2.523,7
San Pedro	-	-	146,5	2,1	2.050,3	2.198,9
Yumbo	57,1	-	159,3	-	1.887,5	2.103,9
Roldanillo	79,4	-	682,0	-	1.233,9	1.995,3
Argelia	96,5	-	465,2	-	893,5	1.455,2
Restrepo	1.069,7	-	250,2	-	-	1.320,0
La Cumbre	296,7	-	586,8	-	337,8	1.221,2
Guacarí	-	-	265,7	-	928,9	1.194,6
Toro	113,1	-	144,2	-	870,6	1.128,0
Buenaventura	681,6	-	-	-	-	681,6
Vijes	214,8	-	89,8	-	276,2	580,8
Bugalagrande	20	-	0,4	-	509,6	510,0
La Unión	13	-	23,7	-	109,5	133,2
Andalucía	2	-	-	-	38,6	38,6
Yotoco	3,9	-	20,7	-	12,5	37,2
Total	62.009,6	1.331,9	61.192,6	38,3	67.538,4	192.110,8

Fuente: elaboración propia.



b) Vocación de uso del suelo según las áreas de zonificación de la mora

La asociación de esta variable con las áreas de zonificación muestra que una gran porción de estas tiene suelos con vocación de uso *forestal* (96,8 %), lo que equivale a 186.044 ha. En tanto que las áreas con vocación de *uso agrícola* escasamente llegan a 2,5 % (4739 ha) (ver figura 22 y tabla 6).

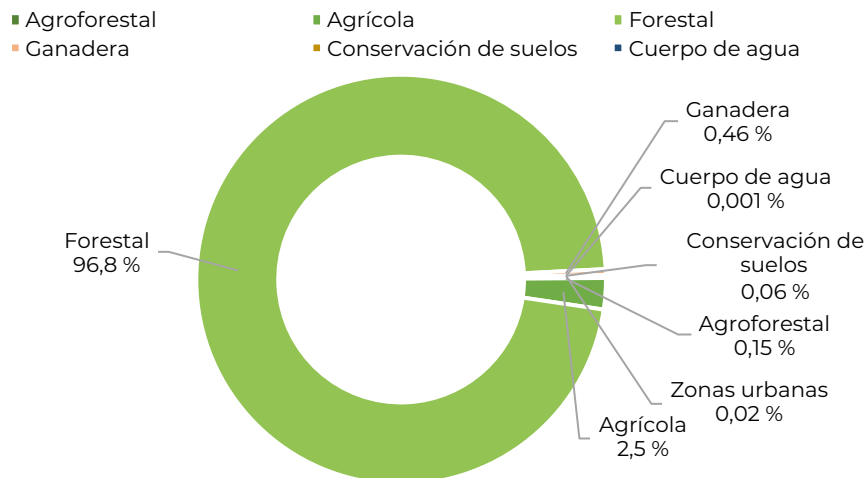


Figura 22. Porcentaje de la vocación de uso del suelo según áreas de zonificación

Fuente: elaboración propia.

En cuanto al análisis particular por municipios, es posible identificar los pocos que contienen en sus límites áreas con vocación de uso agrícola. Estos municipios son Bolívar, Calima-El Darién, Dagua y Riofrío (ver figuras 23 y 24).

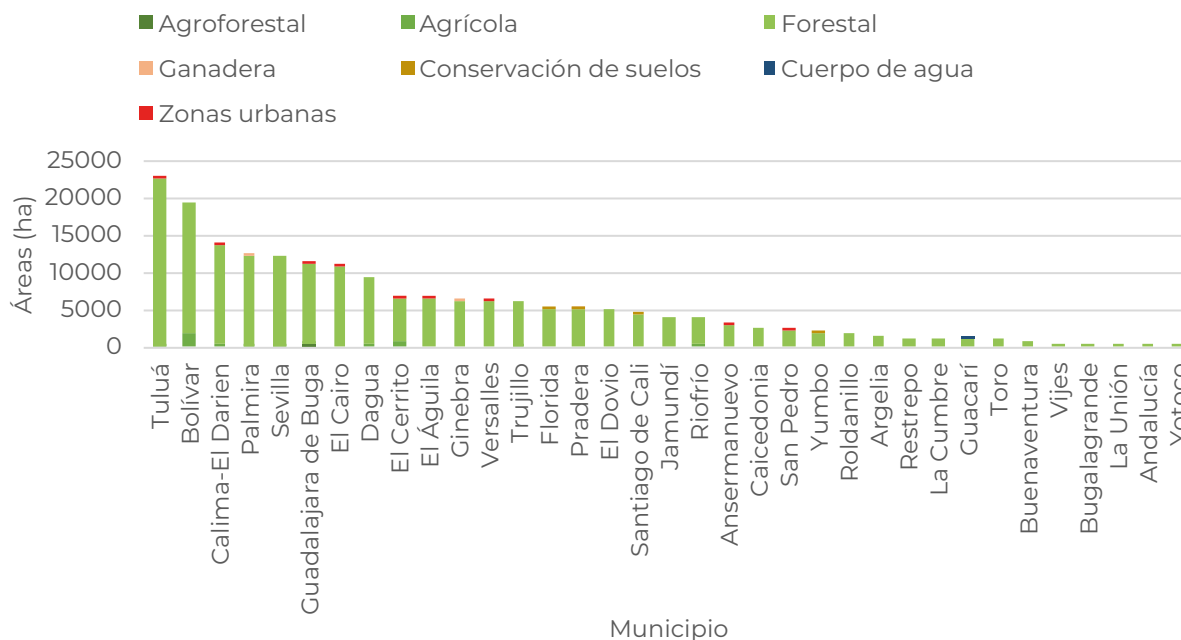


Figura 23. Vocación de uso del suelo según las áreas de zonificación por municipio en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.

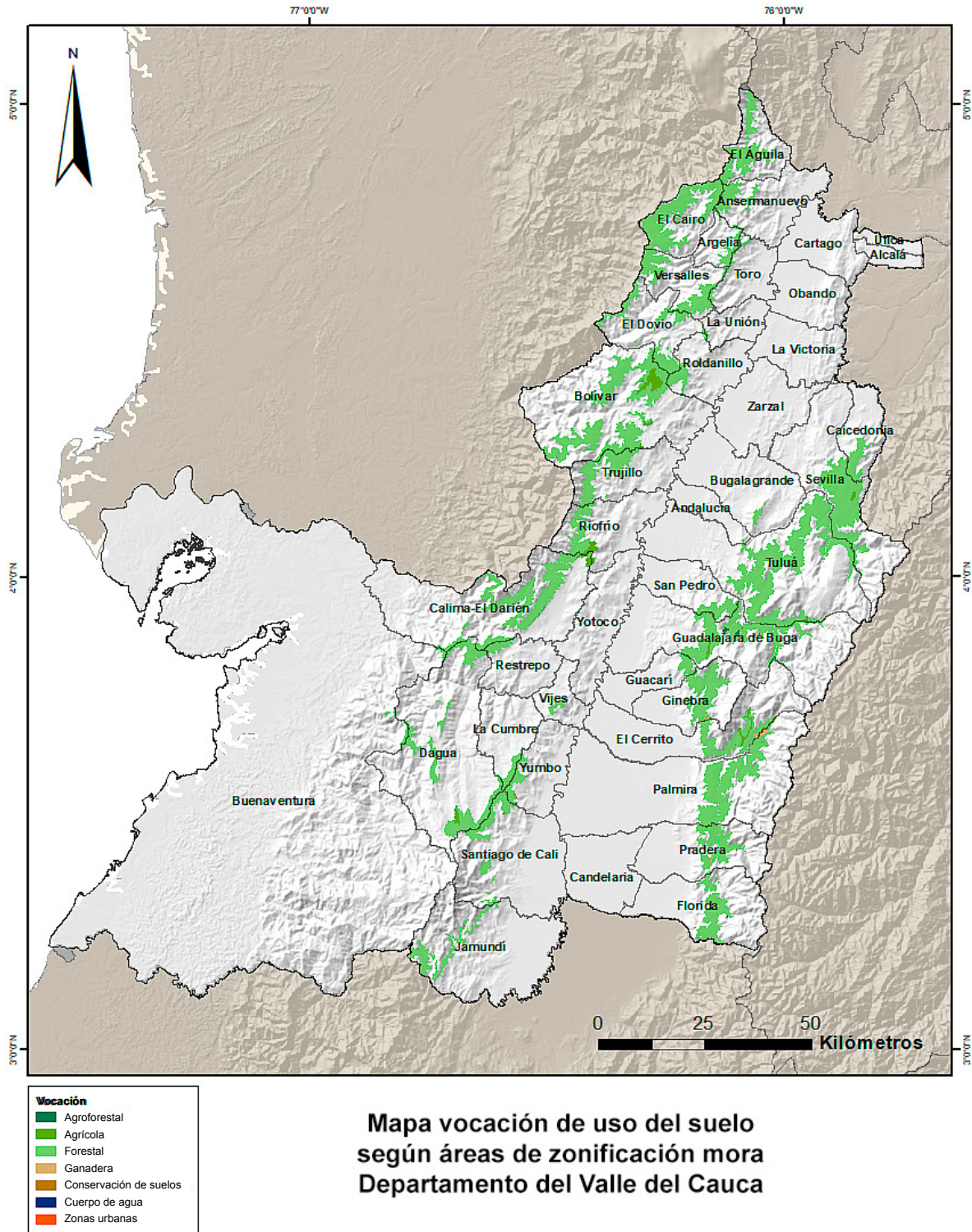


Figura 24. Mapa vocación de uso del suelo según las áreas de zonificación en el departamento del Valle del Cauca
Fuente: elaboración propia.



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

Municipios	Agro-forestal	Agrícola	Forestal	Ganadera	Conservación de suelos	Cuerpo de agua	Zonas urbanas	Total
Tuluá	-	107,6	22.532,2	-	-	-	0,6	22.640,4
Bolívar	-	1.773,4	17.727,0	-	-	-	-	19.500,4
Calima-El Darién	-	568,1	13.046,1	-	-	-	0,5	13.614,7
Palmira	-	97,0	12.281,3	328,2	-	-	-	12.706,5
Sevilla	-	182,3	11.966,3	-	-	-	-	12.148,5
Guadalajara de Buga	297,3	255,0	10.730,5	-	-	-	1,8	11.284,6
El Cairo	-	-	10.721,5	-	-	-	5,2	10.726,6
Dagua	-	408,2	8.840,1	-	-	-	-	9.248,3
El Cerrito	-	702,0	5.767,3	224,0	-	-	2,9	6.696,3
El Águila	-	-	6.472,8	-	-	-	21,4	6.494,2
Ginebra	-	-	6.302,4	103,2	-	-	-	6.405,6
Versalles	-	-	6.172,2	-	-	-	4,1	6.176,3
Trujillo	-	25,5	5.997,5	-	-	-	-	6.023,0
Florida	-	-	5.291,5	-	1,9	-	-	5.293,4
Pradera	-	-	4.993,9	225,4	2,9	-	-	5.222,2
El Dovio	-	-	5.083,5	-	-	-	-	5.083,5
Santiago de Cali	-	-	4.486,9	-	34,3	-	-	4.521,2
Jamundí	-	-	4.143,8	-	-	-	-	4.143,8
Riofrío	-	620,9	3.498,7	-	-	-	-	4.119,7
Ansermanuevo	-	-	2.939,2	-	-	-	0,2	2.939,4
Caicedonia	-	-	2.523,7	-	-	-	-	2.523,7
San Pedro	-	-	2.196,7	-	-	-	2,1	2.198,9
Yumbo	-	-	2.034,8	-	69,1	-	-	2.103,9
Roldanillo	-	-	1.995,3	-	-	-	-	1.995,3
Argelia	-	-	1.455,2	-	-	-	-	1.455,2
Restrepo	-	-	1.320,0	-	-	-	-	1.320,0
La Cumbre	-	-	1.221,2	-	-	-	-	1.221,2
Guacarí	-	-	1.193,6	-	-	1,0	-	1.194,6
Toro	-	-	1.128,0	-	-	-	-	1.128,0
Buenaventura	-	-	681,6	-	-	-	-	681,6
Vijes	-	-	580,8	-	-	-	-	580,8
Bugalagrande	-	-	510,0	-	-	-	-	510,0
La Unión	-	-	133,2	-	-	-	-	133,2
Andalucía	-	-	38,6	-	-	-	-	38,6
Yotoco	-	-	37,2	-	-	-	-	37,2
Total	297,3	4.739,9	186.044,5	880,9	108,2	1,0	38,8	192.110,7

Fuente: elaboración propia.



c) Vulnerabilidad al cambio climático según áreas de zonificación de la mora

Con respecto al índice de vulnerabilidad, a rasgos generales, este muestra un índice alto (48,2 %), que equivale a 92.520 ha, y medio (50,5 %), que equivale a 96.970 ha (ver figura 25).

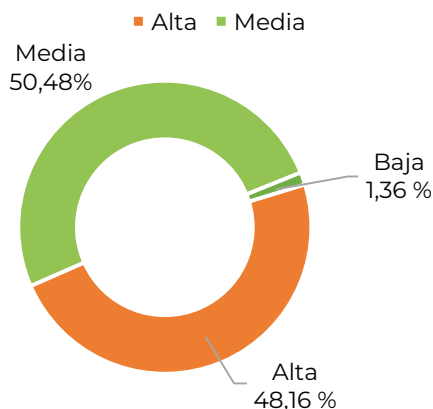


Figura 25. Porcentaje del índice de vulnerabilidad al cambio climático según el área total de la zonificación

Fuente: elaboración propia.

Estrictamente, entre los municipios predomina la vulnerabilidad media, lo cual es más favorable, en términos de impacto, en los municipios de Calima-El Darién, Dagua, Trujillo, Santiago de Cali, Riofrío, Yumbo, Restrepo, La Cumbre, Buenaventura y Vijes (ver figura 26). En la figura 27, se puede apreciar cómo la alta vulnerabilidad puede afectar los municipios del norte de la cordillera Occidental, desde Bolívar hasta El Águila, y al sur en Jamundí. Así, la Cordillera Central se vería más afectada en una mayor proporción en las áreas de zonificación de algunos municipios como Sevilla y El Cerrito. Asimismo, estos tendrían más áreas de impacto medio que áreas de impacto alto (ver tabla 7).

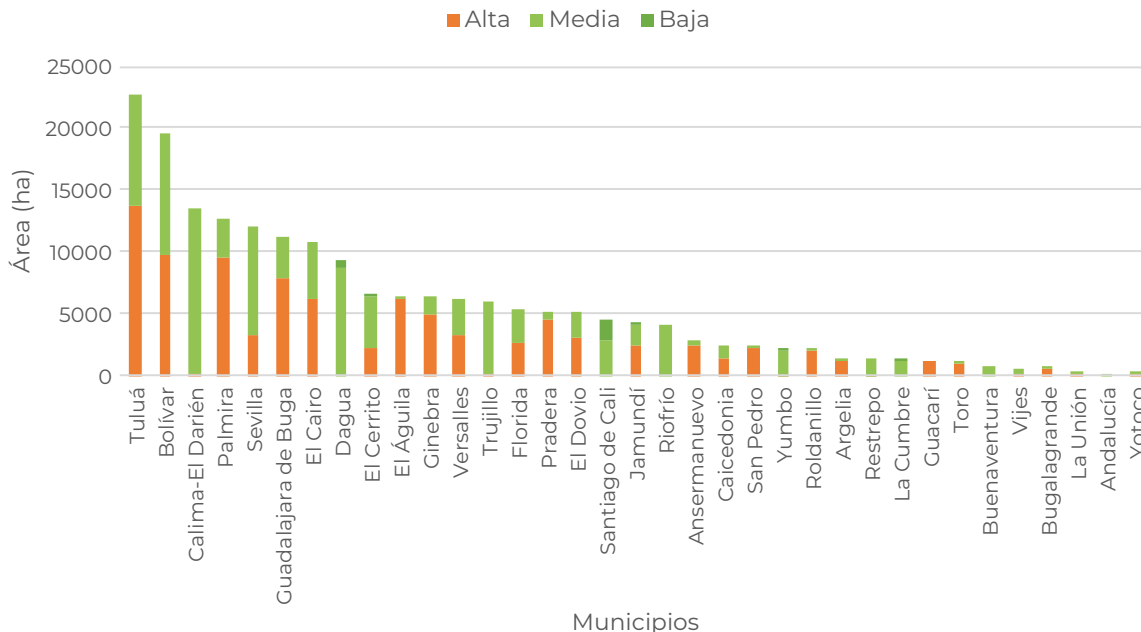


Figura 26. Vulnerabilidad según las áreas de zonificación por municipio en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.

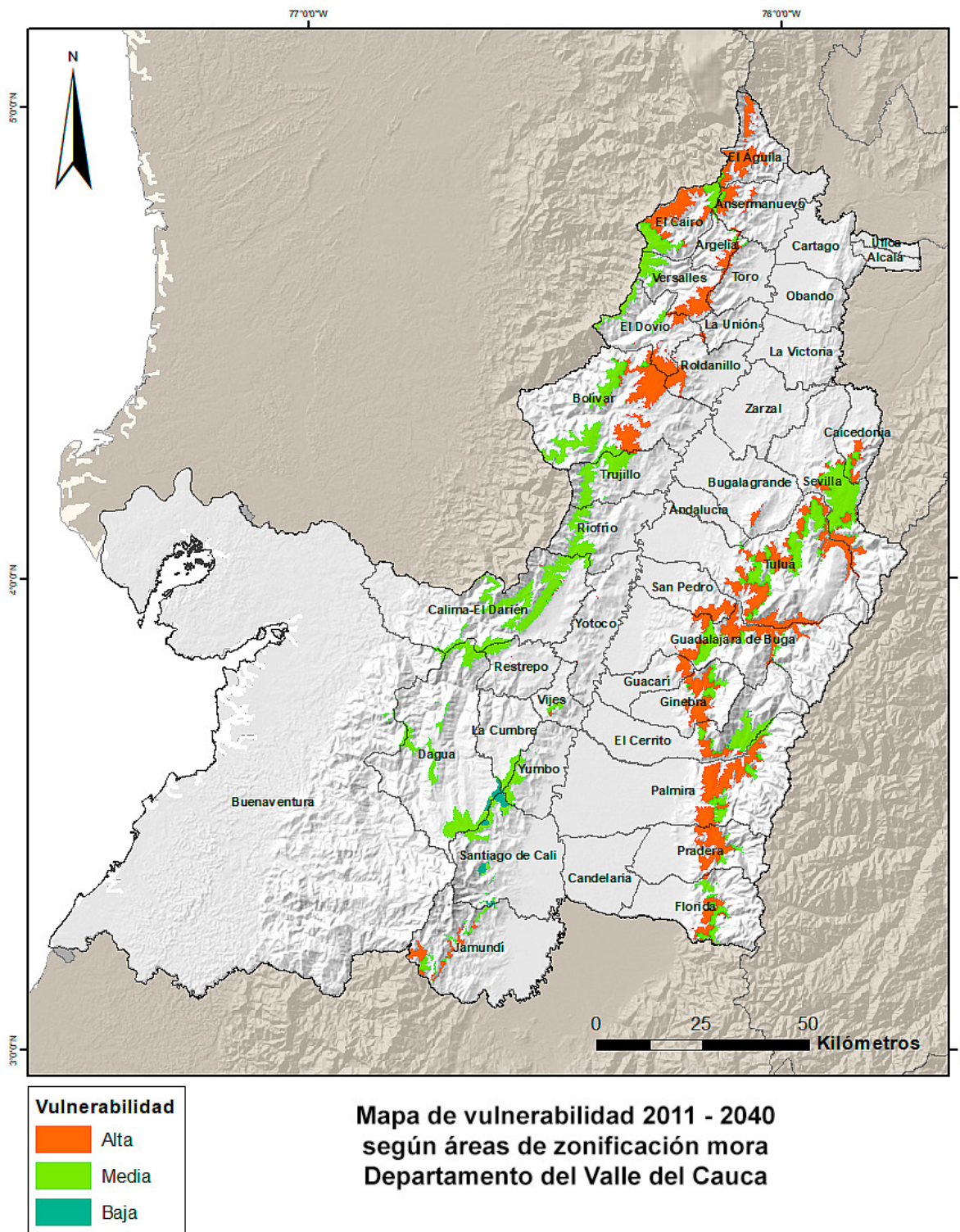


Figura 27. Mapa de vulnerabilidad al cambio climático según las áreas de zonificación en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.



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

Municipios	Alta	Media	Baja	Total
Tuluá	13.797,2	8.843,2	-	22.640,4
Bolívar	9.794,0	9.706,3	-	19.500,3
Calima-El Darién	152,5	13.462,2	-	13.614,7
Palmira	9.632,6	3.073,9	-	12.706,5
Sevilla	3.285,0	8.863,5	-	12.148,5
Guadalajara de Buga	7.925,3	3.359,3	-	11.284,6
El Cairo	6.128,9	4.597,8	-	10.726,7
Dagua	-	8.713,4	534,9	9.248,3
El Cerrito	2.317,4	4.188,5	190,4	6.696,3
El Águila	6.294,2	200,0	-	6.494,2
Ginebra	4.900,9	1.504,8	-	6.405,6
Versalles	3.318,9	2.857,4	-	6.176,3
Trujillo	184,8	5.838,2	-	6.023,0
Florida	2.588,8	2.704,5	-	5.293,4
Pradera	4.556,9	665,3	-	5.222,2
El Dovio	3.002,8	2.080,7	-	5.083,5
Santiago de Cali	-	2.827,3	1.693,9	4.521,2
Jamundí	2.366,6	1.693,6	83,6	4.143,8
Riofrío	-	4.119,7	-	4.119,7
Ansermanuevo	2.454,7	484,6	-	2.939,4
Caicedonia	1.456,0	1.067,8	-	2.523,7
San Pedro	2.179,5	19,4	-	2.198,9
Yumbo	2,5	2.070,7	30,7	2.103,9
Roldanillo	1.988,2	7,1	-	1.995,3
Argelia	1.206,5	248,7	-	1.455,2
Restrepo	6,7	1.313,2	-	1.320,0
La Cumbre	-	1.134,0	87,2	1.221,2
Guacarí	1.194,6	-	-	1.194,6
Toro	1.010,8	117,1	-	1.128,0
Buenaventura	-	681,6	-	681,6
Vijes	101,7	479,1	-	580,8
Bugalagrande	505,5	4,5	-	510,0
La Unión	129,2	4,0	-	133,2
Andalucía	-	38,6	-	38,6
Yotoco	36,9	0,2	-	37,2
Total general	92.519,8	96.970,2	2.620,8	192.110,7

Fuente: elaboración propia.



5.4. Información socioeconómica asociada a 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), de las cuales se obtuvo la información del número de las UPA que dieron respuestas afirmativas o negativas respecto a la tenencia o no de maquinaria, sistema de riego agrícola, acceso a servicios financieros-crediticios, asistencia y asesoría. La síntesis de datos a partir de los resultados de la zonificación brinda una mirada general de las cuatro variables priorizadas en función de la situación particular de los municipios según el área total de aptitud de mayor a menor.

a) Tenencia de riego

Partiendo de los datos generales, se sabe que un 43,8 % del total de las UPA (76.874) registraron respuesta a esta variable. De ellas, un 32 % tiene al menos un sistema de riego. Con respecto al total de municipios que tienen áreas de aptitud para el cultivo de mora, el 42,9 % de ellos cuenta con un número mayor de UPA con al menos un sistema de riego.

Según la zonificación, los municipios con grandes áreas (más de 9000 ha) con aptitud, tales como Calima-El Darién, El Cairo, Sevilla y Guadalajara de Buga, tienen un número bajo de UPA con al menos un tipo de sistema de riego; mientras que Tuluá, Sevilla, Dagua y El Águila presentan un gran número de UPA sin acceso a este servicio (ver figura 28). En general, la tendencia a no tener un sistema de riego alcanza el 57,1 %. Para el caso específico de la mora, este tema debe evaluarse a partir de las particularidades del lugar donde se lleva a cabo el plantío, pues esto determina qué tan crítico o no puede llegar a ser el acceso a este servicio. En este contexto, en muchos de los casos observados, las particularidades climáticas pueden coadyuvar a prescindir del sistema de riego.

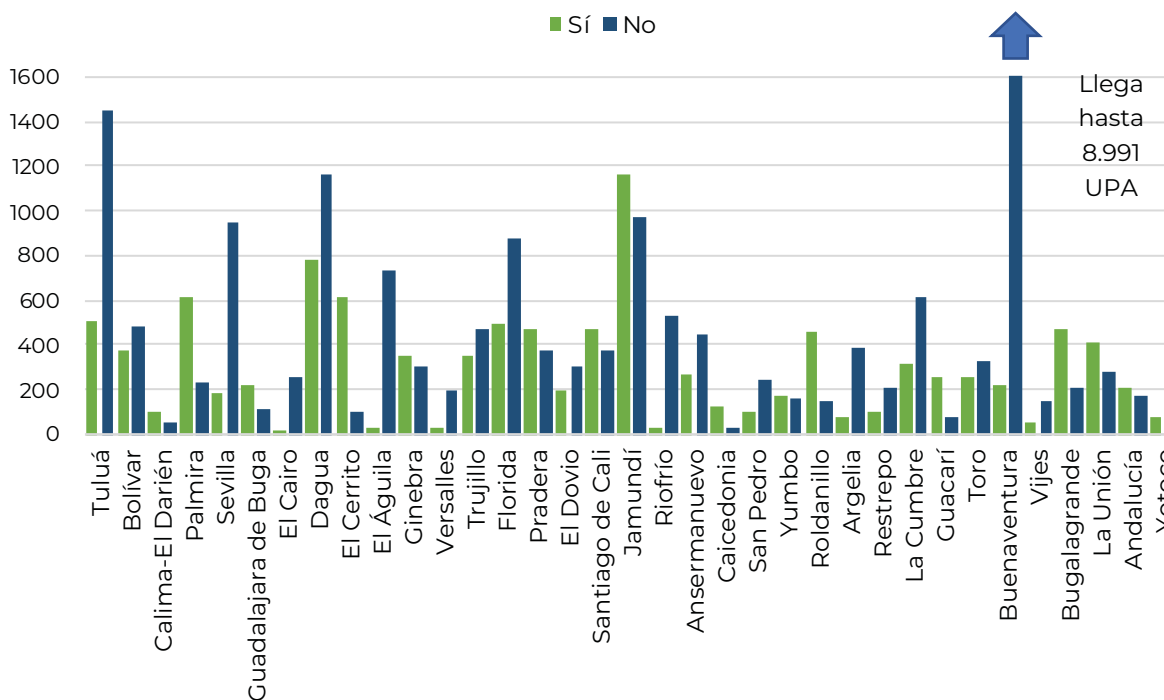


Figura 28. Tenencia de riego por municipio en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.



b) Tenencia de maquinaria

Con respecto a esta variable, los datos más generales muestran que las UPA registradas con respuesta representan el 88,6 % del total de 76.874 UPA que hay en el departamento. De este número, solo el 27,1 % registran posesión de maquinaria agrícola. Por otra parte, del total de municipios que tienen áreas de aptitud para el cultivo de mora, solo un 14,3 % cuenta con un mayor número de UPA con tenencia de algún tipo de maquinaria.

De acuerdo con la figura 29, se puede observar que la mayoría de los municipios registran un número mayor de UPA sin posesión de maquinaria agrícola respecto al número de estas que sí poseen. En el caso de la mora, en muchos de los puntos de producción observados la actividad del cultivo es llevada a cabo en huertas o en cultivos a pequeña escala. Esto sucede en lugares donde la mecanización compleja no es aplicable. Por tanto, cabría analizar a futuro si en los proyectos productivos de mora, por su extensión y ubicación geográfica, se requiere acceso a este tipo de bienes.

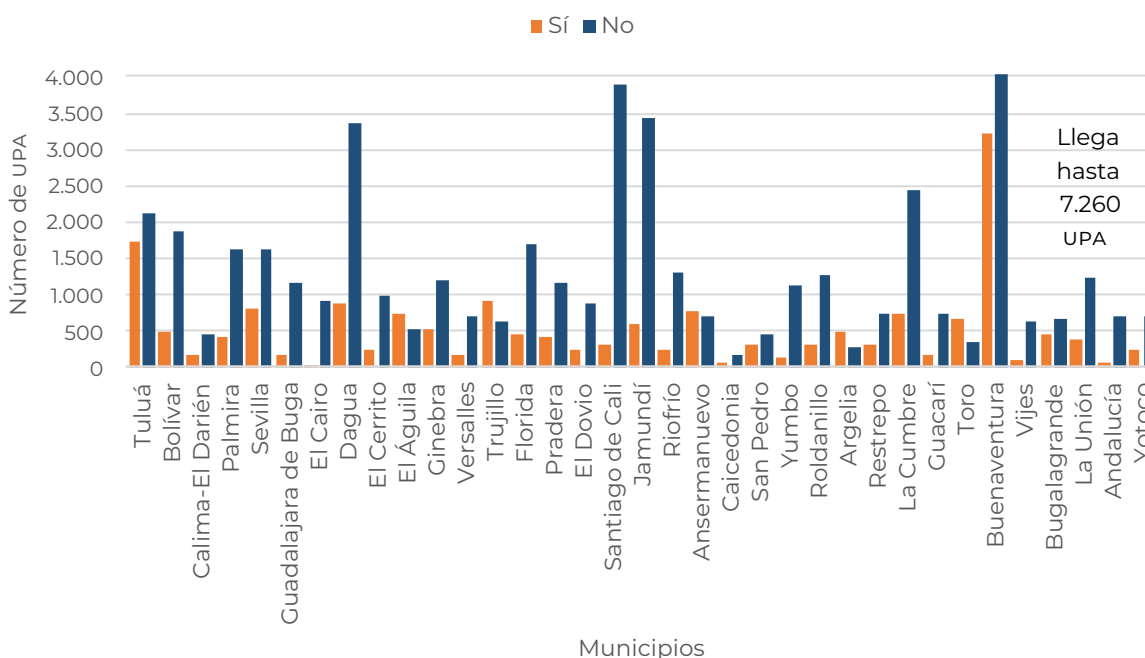


Figura 29. Tenencia de maquinaria por municipio en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.

c) Beneficiarios de asistencia o asesoría

Según los datos, del total de las UPA en el departamento (76.874), un 93,1 % registra algún tipo de respuesta con respecto a esta variable. A su vez, solo un 29,6 % de estas ha accedido a algún tipo de asistencia o asesoría. Del total de municipios que tiene áreas de aptitud para el cultivo de mora, el 20 % cuenta con el mayor número de UPA que ha tenido algún tipo de servicio de asesoramiento o asistencia.

Según la zonificación, en función del área que poseen, los municipios con mayor potencial de aptitud, con el número más alto de UPA que han recibido algún tipo de asistencia o asesoría son Tuluá, Palmira y Dagua. Esto indica la necesidad de impulsar programas en el tema, en particular, en los municipios que presentan mayores potenciales para el cultivo de mora. De la misma manera, se recomienda prestar atención a los casos más críticos: Tuluá, Calima-El Darién, Palmira, Guadalajara de Buga, El Cairo y, especialmente, Dagua, que presenta un alto número de UPA sin beneficio de asistencia y asesoría (ver figura 30).

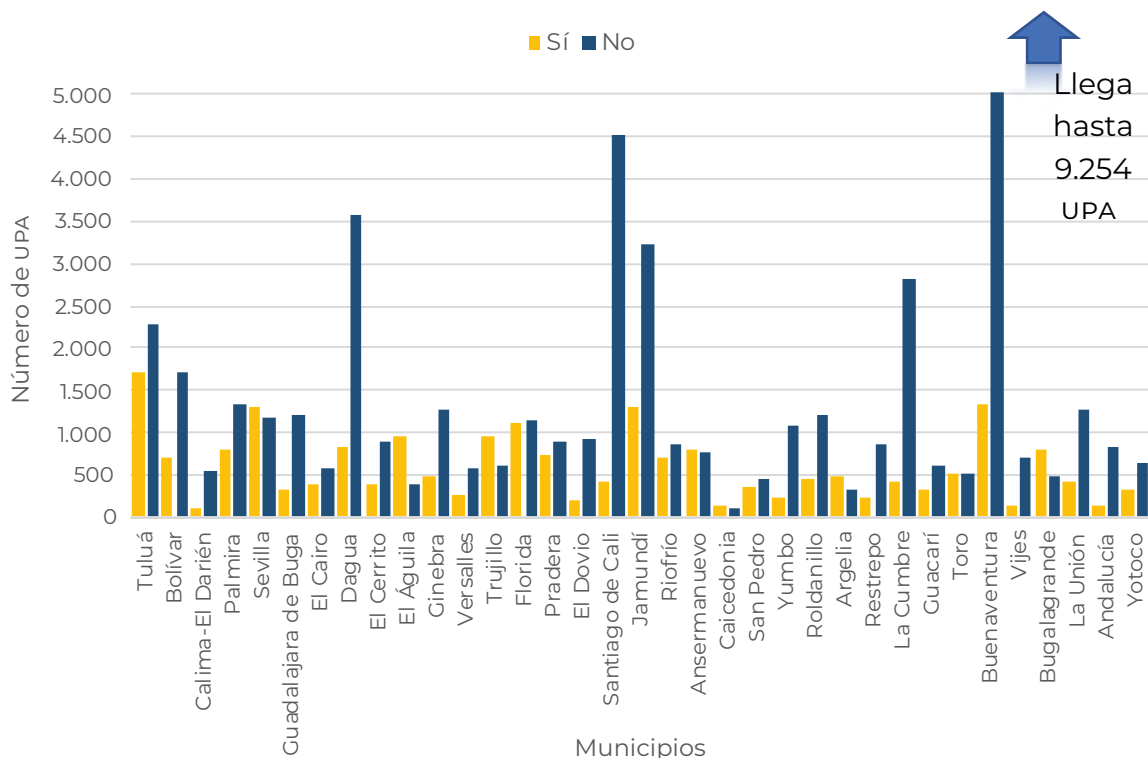


Figura 30. Beneficiarios de asistencia o asesoría según las áreas de zonificación por municipio en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.

d) Crédito y financiamiento

Los datos generales muestran que, del número total de UPA (76.874) en el departamento del Valle del Cauca, solo un 13,8 % registra algún tipo de respuesta para esta variable. De estas, un 90,6 % ha accedido a algún tipo de asistencia o asesoría. Por su parte, en los municipios con áreas de aptitud para el cultivo de mora, el 100 % de las UPA ha contado con algún tipo de servicio de asesoramiento o asistencia. En lo concerniente a los municipios con más área potencial según la zonificación, Calima-El Darién y El Cairo presentan un muy bajo número de UPA con acceso a este tipo de servicios. En general, los diez municipios con mejores perspectivas de acceso a crédito y financiamiento, sin importar el área total de aptitud, son: Tuluá, Jamundí, Florida, Palmira, Pradera, Sevilla, Bolívar Trujillo y Bugalagrande (ver figura 31).

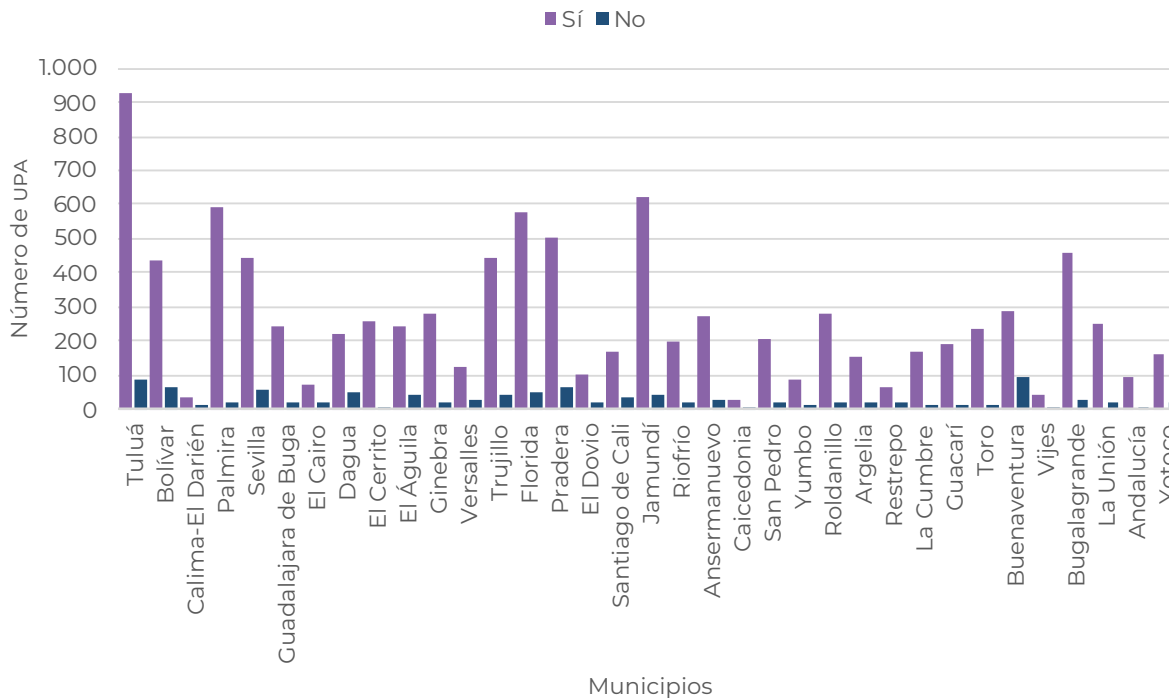


Figura 31. Aprobación de crédito o financiamiento según las áreas de zonificación por municipio en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.

5.5. Aptitud climática basada en escenarios de cambio

Con relación a los resultados correspondientes a este análisis, estos se presentan a continuación:

- 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.

De modo general, se puede decir que, en el escenario presente (ver figura 32) y en los dos escenarios RCP a futuro, no se presentan grandes variaciones en la aptitud climática para el cultivo de mora. Así mismo, los porcentajes de área que corresponden a cada uno de los rangos de aptitud no varían mucho (ver figura 33). Visualmente, se aprecia unas variaciones en la zona norte en los municipios de La Unión, Toro, Argelia y Ansermanuevo, sin embargo, entre los cuatro municipios hay poca área comprometida. Otra zona comprometida con algún cambio es la que abarca los límites entre el municipio de Santiago de Cali y Dagua (ver figura 32, ver los mapas en las figuras 43, 44 y 45, en el anexo 1). En cuanto a otras zonas que presentan algún tipo de cambio entre escenarios están las ubicadas en la Cordillera Central entre los municipios de Sevilla y Ginebra (ver en detalle las figuras del anexo 1). Los siete principales municipios que conservan rangos de aptitud altos y áreas de aptitud superiores a 9000



ha, según la zonificación en los tres escenarios, son Tuluá, Bolívar, Calima-El Darién, Palmira, Sevilla, Guadalajara de Buga y Dagua.

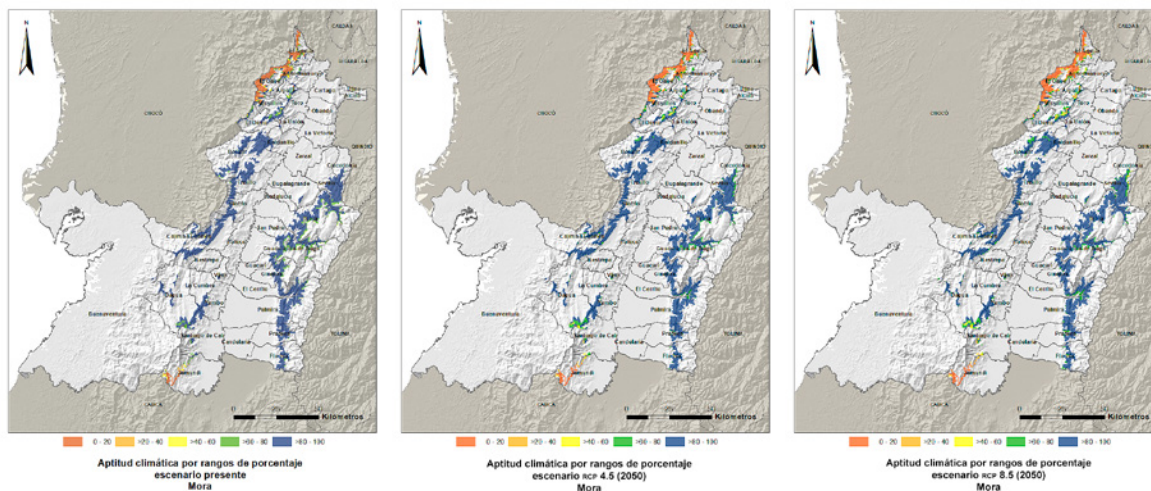


Figura 32. Zonas de aptitud climática escenario presente, RCP 4.5 (2050) y RCP 8.5 (2050)

Fuente: elaboración propia.

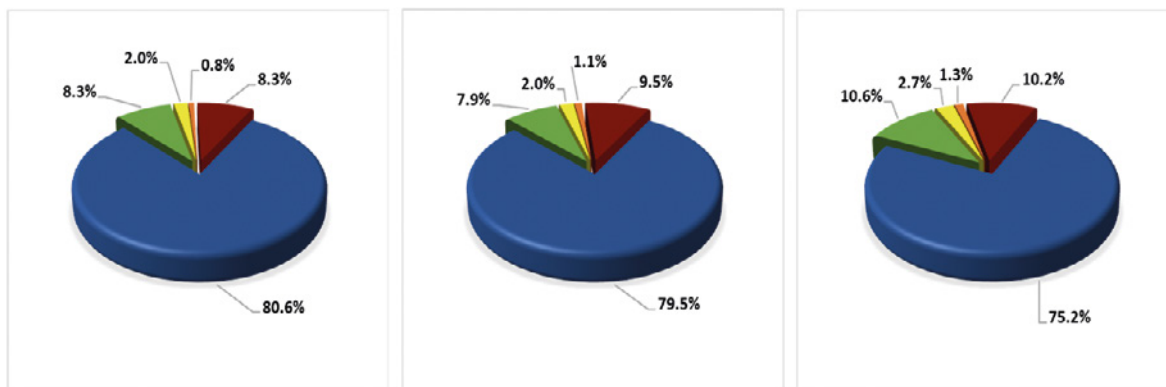


Figura 33. Porcentaje de área según el rango de aptitud del escenario presente, RCP 4.5 y RCP 8.5, para el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.

En lo concerniente al análisis particular en el escenario presente, en primer lugar, se puede observar el caso del municipio de El Cairo, el cual, si bien es uno de los municipios con más áreas potenciales de aptitud, según la zonificación en lo estrictamente climático, tiene un muy bajo porcentaje de aptitud, pues de sus 10.583 ha potenciales, 7.347,5 están en el rango de porcentaje de aptitud climática más baja (0-20 %) (ver tabla 8). Por otro lado, los municipios que se destacan por tener grandes áreas en el rango más alto del porcentaje de aptitud climática son Tuluá, Bolívar, Calima-El Darién, Palmira y Sevilla; todos ellos con áreas superiores a las 10.000 ha. Si bien la mayoría de los municipios tiene porcentajes de aptitud alta, sin embargo, sus áreas totales están por debajo de las 7000 ha. Los municipios que poseen áreas destacables, en un rango medio alto de aptitud, son Guadalajara de Buga, Tuluá, Versalles y Ginebra (ver figura 34 y tabla 8).

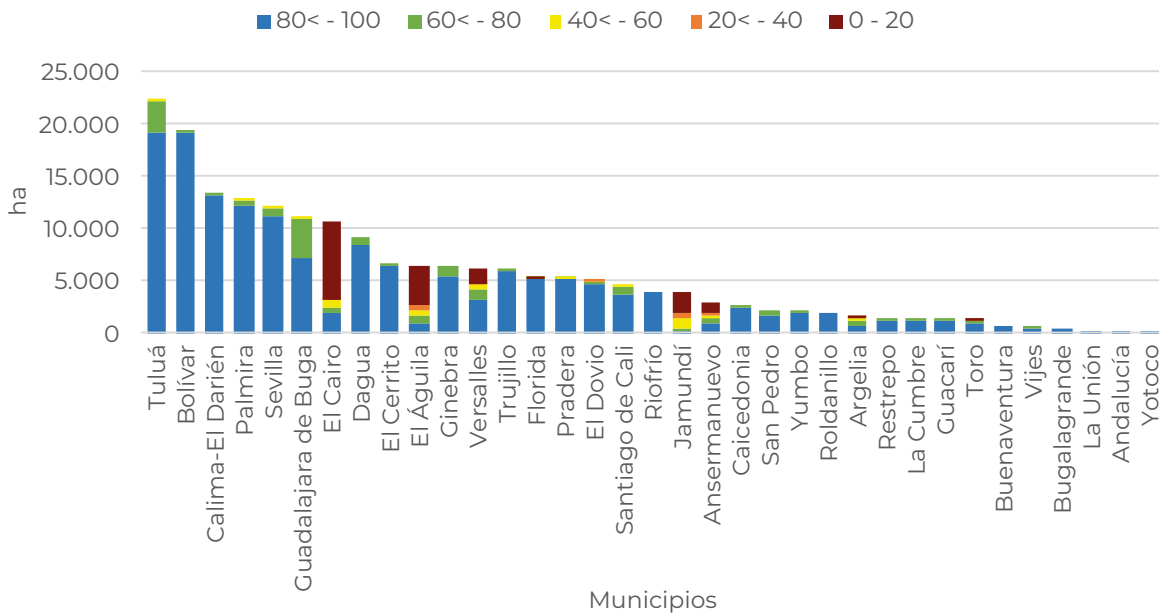


Figura 34. Gráfico de distribución de porcentajes de área según los rangos de aptitud climática por municipio en el escenario presente en el departamento del Valle del Cauca

Fuente: elaboración propia.

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

Municipios	80 < - 100	60 < - 80	40 < - 60	20 < - 40	0 - 20	Total general
Tuluá	19.259,8	2.886,3	356,7	-	-	22.503
Bolívar	19.268,7	165,2	-	-	-	19.434
Calima-El Darién	13.128,2	194,6	-	-	-	13.323
Palmira	12.084,4	512,3	26,7	-	-	12.623
Sevilla	11.097,7	853,2	153,0	-	-	12.104
Guadalajara de Buga	7.300,5	3.746,3	151,0	-	-	11.198
El Cairo	1.878,6	479,3	738,9	138,5	7.347,5	10.583
Dagua	8.391,0	834,6	-	-	-	9.226
El Cerrito	6.384,5	299,8	-	-	-	6.684
El Águila	889,3	697,6	491,4	583,1	3.828,9	6.490
Ginebra	5.496,2	905,7	-	-	-	6.402
Versalles	3.263,1	981,5	478,7	58,6	1.345,2	6.127
Trujillo	5.963,1	32,0	-	-	-	5.995
Florida	5.102,3	133,4	5,3	-	10,7	5.252
Pradera	5.090,2	80,0	26,7	-	-	5.197
El Dovio	4.573,4	370,6	53,3	79,9	-	5.077
Santiago de Cali	3.776,1	623,0	10,7	-	-	4.410
Jamundí	4.019,7	-	-	-	-	4.020
Riofrío	113,8	423,6	828,4	531,9	2.085,2	3.983
Ansermanuevo	945,9	469,3	367,5	87,9	1.057,5	2.928
Caicedonia	2.516,4	26,7	-	-	-	2.543



Municipios	80< - 100	60< - 80	40< - 60	20< - 40	0 - 20	Total general
San Pedro	1.788,5	387,3	-	-	-	2.176
Yumbo	2.027,8	60,9	-	-	-	2.089
Roldanillo	2.020,2	-	-	-	-	2.020
Argelia	752,0	424,2	144,2	68,3	65,6	1.454
Restrepo	1.266,6	58,6	-	-	-	1.325
La Cumbre	1.206,1	3,1	-	-	-	1.209
Guacarí	1.156,5	31,3	-	-	-	1.188
Toro	979,4	92,6	42,7	16,9	1,6	1.133
Buenaventura	680,8	-	-	-	-	681
Vijes	500,8	80,0	-	-	-	581
Bugalagrande	506,4	-	-	-	-	506
La Unión	122,0	-	-	-	-	122
Andalucía	36,3	-	-	-	-	36
Yotoco	29,7	-	-	-	-	30
Total general	153.616	15.853	3.875	1.565	15.742	190.652

Fuente: elaboración propia.

En el escenario de cambio climático RCP 4.5, para el año 2050, se puede apreciar que los municipios de El Cairo, El Águila, Versailles, Jamundí y Ansermanuevo mantienen un alto porcentaje de aptitud en el rango más bajo de 0-20 % (ver figura 35). Si bien el aumento de porcentaje de aptitud es bajo, este se evidencia en municipios como Tuluá, Bugalagrande, Ginebra y San Pedro (ver tablas 8 y 9):

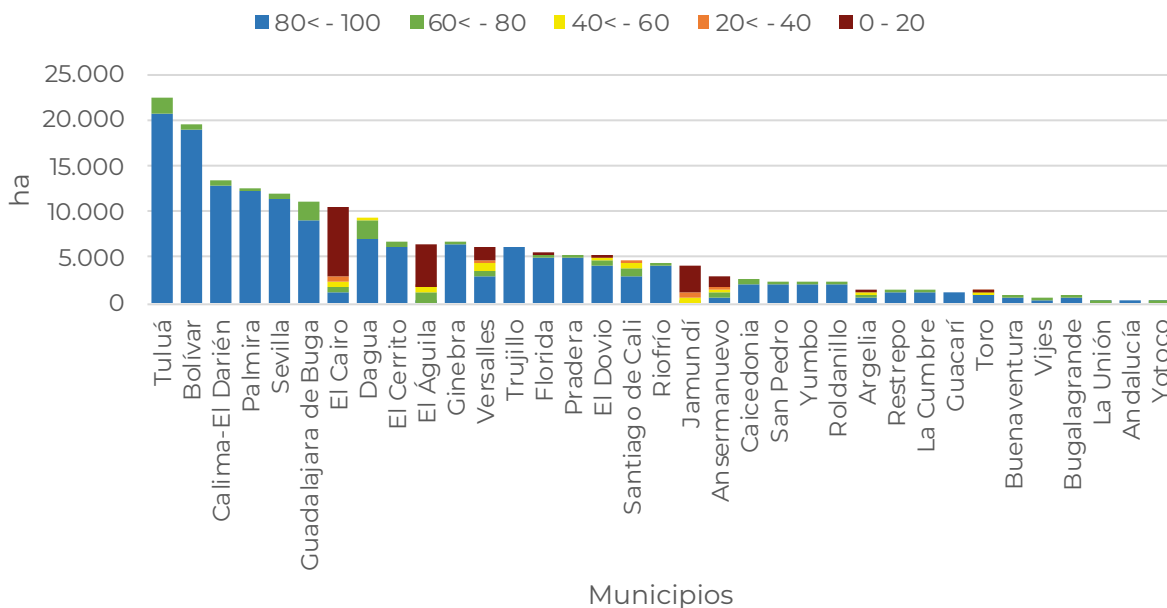


Figura 35. Gráfico de distribución de porcentajes de área según los rangos de aptitud climática por municipios en el departamento del Valle del Cauca en el escenario RCP 4.5 (2050)

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)

Municipios	80 < - 100	60 < - 80	40 < - 60	20 < - 40	0 - 20	Total general
Tuluá	20.790,3	1.712,5	-	-	-	22.503
Bolívar	18.998,7	435,2	-	-	-	19.434
Calima-El Darién	12.832,5	490,4	-	-	-	13.323
Palmira	12.373,8	249,6	-	-	-	12.623
Sevilla	11.237,6	866,2	-	-	-	12.104
Guadalajara de Buga	9.110,1	2.087,8	-	-	-	11.198
El Cairo	1.270,4	608,2	479,3	547,8	7.677,1	10.583
Dagua	7.101,4	1.838,0	286,2	-	-	9.226
El Cerrito	6.156,8	527,5	-	-	-	6.684
El Águila	117,2	963,9	601,7	175,4	4.632,2	6.490
Ginebra	6.396,6	5,3	-	-	-	6.402
Versalles	2.852,9	742,1	820,0	308,2	1.403,8	6.127
Trujillo	5.995,1	-	-	-	-	5.995
Florida	5.048,9	192,1	-	-	10,7	5.252
Pradera	5.059,8	137,0	-	-	-	5.197
El Dovio	4.145,4	654,6	175,8	21,3	79,9	5.077
Santiago de Cali	2.833,7	989,5	495,8	90,7	-	4.410
Jamundí	3.987,7	32,0	-	-	-	4.020
Riofrío	-	85,3	392,0	589,6	2.916,2	3.983
Ansermanuevo	544,2	631,3	319,5	255,6	1.177,4	2.928
Caicedonia	1.960,6	582,5	-	-	-	2.543
San Pedro	2.170,6	5,3	-	-	-	2.176
Yumbo	1.947,8	140,9	-	-	-	2.089
Roldanillo	1.981,6	38,6	-	-	-	2.020
Argelia	481,8	521,4	247,9	-	203,2	1.454
Restrepo	1.222,6	102,7	-	-	-	1.325
La Cumbre	1.206,1	3,1	-	-	-	1.209
Guacarí	1.187,9	-	-	-	-	1.188
Toro	775,8	229,4	76,9	32,7	18,5	1.133
Buenaventura	671,6	9,1	-	-	-	681
Vijes	391,2	189,6	-	-	-	581
Bugalagrande	463,8	42,6	-	-	-	506
La Unión	118,0	4,0	-	-	-	122
Andalucía	36,3	-	-	-	-	36
Yotoco	22,0	7,7	-	-	-	30
Total general	151.491	15.125	3.895	2.021	18.119	190.652

Fuente: elaboración propia.

Si bien la diferencia de cambio entre el escenario presente y los escenarios RCP 4.5 y RCP 8.5 es baja, se puede notar que, para este último, las áreas con porcentaje medio alto (>60-80) presentan un aumento generalizado. Por otra parte, para el escenario RCP 8.5 las áreas con los porcentajes más bajos de aptitud en el presente muestran una tendencia a acentuarse (ver figura 36 y tabla 10).

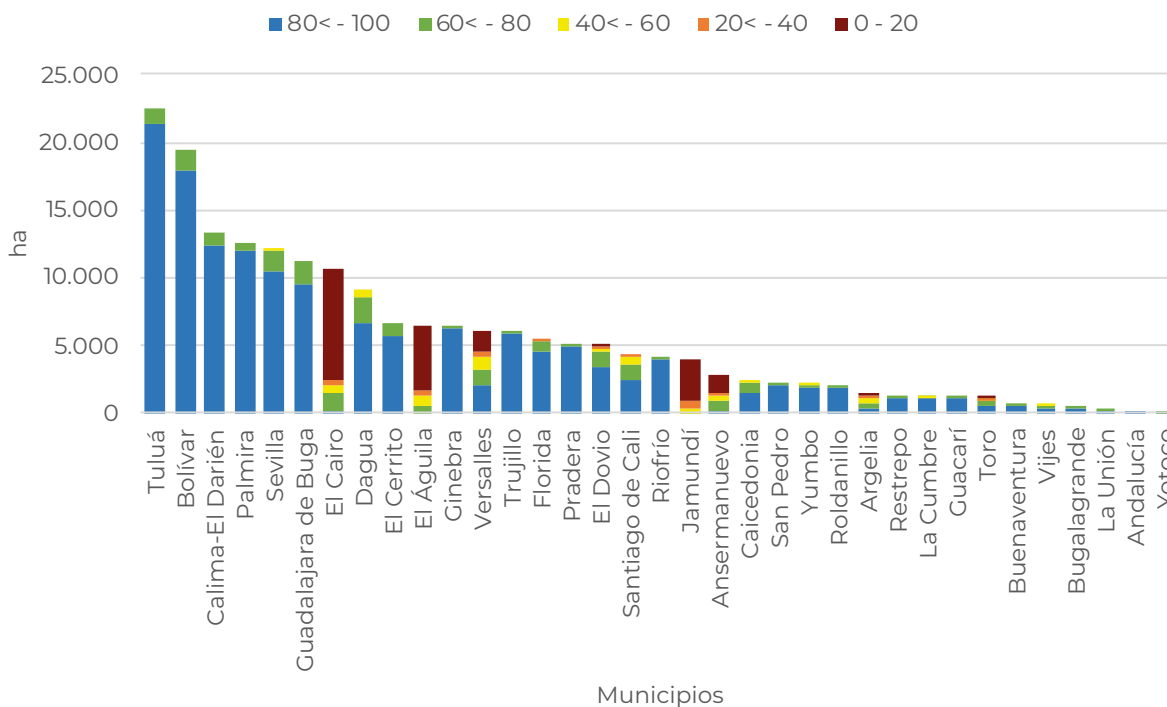


Figura 36. Gráfico de distribución de porcentajes de área según los rangos de aptitud climática por municipios del departamento del Valle del Cauca en el escenario RCP 8.5 (2050)

Fuente: elaboración propia.

Tabla 10. 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)

Municipios	80 < - 100	60 < - 80	40 < - 60	20 < - 40	0 - 20	Total general
Tuluá	21.370,1	1.132,7	-	-	-	22.503
Bolívar	17.982,3	1.451,7	-	-	-	19.434
Calima-El Darién	12.477,7	845,2	-	-	-	13.323
Palmira	12.037,8	585,7	-	-	-	12.623
Sevilla	10.566,0	1.495,1	42,6	-	-	12.104
Guadalajara de Buga	9.468,8	1.729,1	-	-	-	11.198
El Cairo	252,1	1.306,9	537,9	346,2	8.139,7	10.583
Dagua	6.739,1	1.816,0	670,5	-	-	9.226
El Cerrito	5.639,5	1.044,8	-	-	-	6.684
El Águila	-	591,1	740,2	351,5	4.807,6	6.490
Ginebra	6.220,6	181,3	-	-	-	6.402
Versalles	2.048,3	1.204,2	885,6	362,2	1.626,8	6.127
Trujillo	5.895,2	99,9	-	-	-	5.995
Florida	4.627,4	613,6	-	10,7	-	5.252
Pradera	4.868,1	328,8	-	-	-	5.197
El Dovio	3.418,1	1.187,3	194,7	197,1	79,9	5.077
Santiago de Cali	2.491,1	1.092,1	539,8	286,8	-	4.410
Riofrío	3.934,4	85,3	-	-	-	3.983

Continúa



Municipios	80 < - 100	60 < - 80	40 < - 60	20 < - 40	0 - 20	Total general
Jamundí	-	1,3	293,8	564,6	3.123,3	
Ansermanuevo	150,1	715,9	490,6	138,5	1.433,0	2.928
Caicedonia	1.518,1	806,3	218,6	-	-	2.543
San Pedro	2.170,6	5,3	-	-	-	2.176
Yumbo	1.797,3	276,8	14,7	-	-	2.089
Roldanillo	1.976,2	43,9	-	-	-	2.020
Argelia	312,1	439,9	381,3	117,8	203,2	1.454
Restrepo	1.071,0	254,3	-	-	-	1.325
La Cumbre	1.205,3	2,7	1,3	-	-	1.209
Guacarí	1.155,9	32,0	-	-	-	1.188
Toro	549,8	429,6	50,2	52,4	51,2	1.133
Buenaventura	597,3	83,5	-	-	-	681
Vijes	373,2	202,2	5,3	-	-	581
Bugalagrande	378,5	127,9	-	-	-	506
La Unión	112,7	9,3	-	-	-	122
Andalucía	36,3	-	-	-	-	36
Yotoco	22,0	7,7	-	-	-	30
Total general	143.463	20.229	5.067	2.428	19.465	190.652

Fuente: elaboración propia.

Una vez determinadas las zonas de aptitud en el presente y en los escenarios de cambio climático a futuro (2050), fue necesario establecer también el porcentaje de cambio de aptitud climática entre los escenarios. 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 (ver tabla 11).

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

Escenario presente respecto RCP 4.5		Escenario presente respecto RCP 8.5	
+	Ganancias entre 1% y 25%	++	Ganancias entre > 25% y 34%
=	No hay cambio	+	Ganancias entre > 25% y 34%
-	Pérdidas entre -1% y 25%	=	No hay cambio
--	Pérdidas entre -25% > y >=-50%	-	Pérdidas entre -1% y 25%
		--	Pérdidas entre <-25% y >=-50%
		---	Pérdidas de -51%

Fuente: elaboración propia.

En general, el cambio entre el escenario presente y los RCP 4.5 y 8.5 evidencia un predominio en la pérdida de porcentaje de aptitud entre -1 % y -25 % (equivalentes a 97.125 ha), seguido por las zonas de “no cambio”, con más incidencia en el escenario RCP 4.5 (ver figuras 37 y 40).

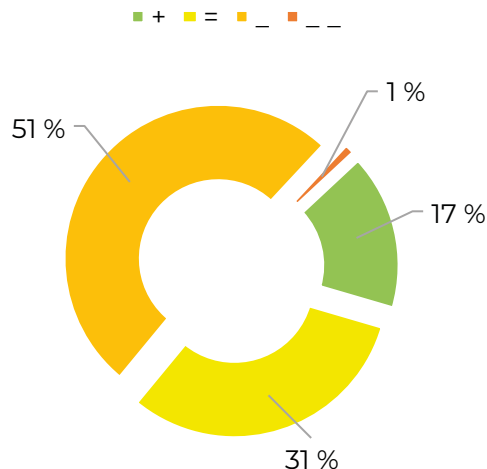


Figura 37. Tamaño del área a nivel del departamento del Valle del Cauca, de acuerdo con el cambio del porcentaje de aptitud climática entre el escenario presente y el escenario futuro RCP 4.5 (2050)

Fuente: elaboración propia.

En particular, de acuerdo con los municipios, se puede notar que los mayores cambios de porcentaje de aptitud positiva están entre el 1 y el 25 %, y ocurren en los municipios de Tuluá, Palmira, Sevilla, Guadalajara de Buga, El Cerrito y Ginebra (ver figura 38). En otros, se presentan cambios positivos en menor proporción, pero ocurren pérdidas en dicho porcentaje también en grandes áreas. Los municipios en donde será aún mayor el impacto (entre -1 y -25 %) son Bolívar, Dagua, Calima-El Darién y Tuluá (ver tabla 12).

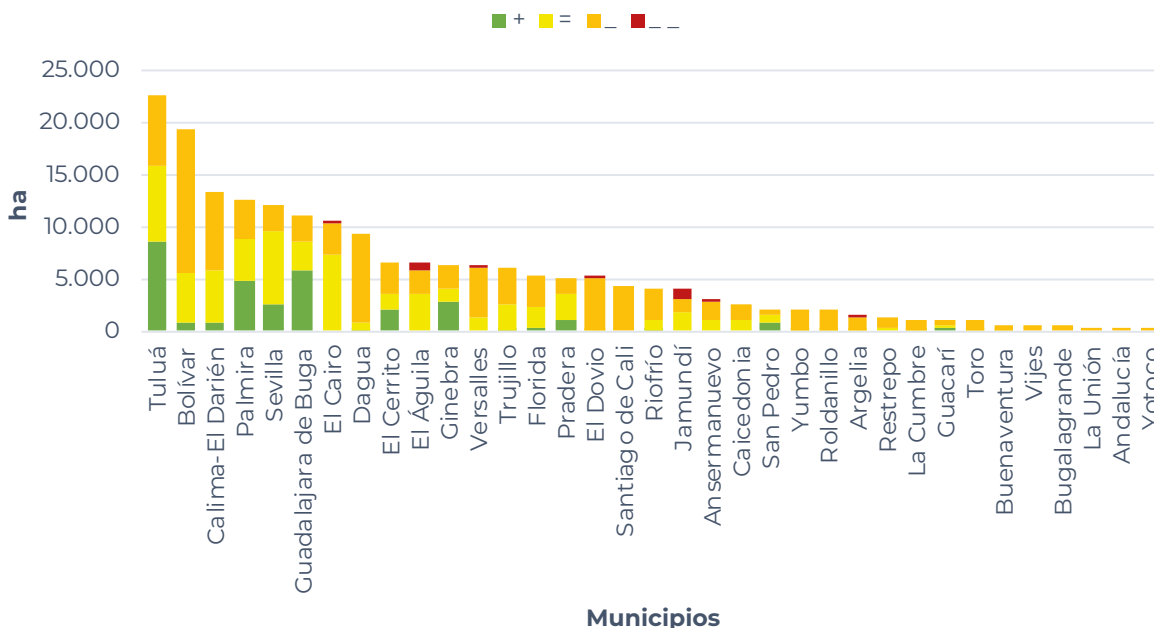


Figura 38. Gráfico de distribución de los porcentajes de cambio de aptitud climática por municipios en el departamento del Valle del Cauca entre el escenario presente y el escenario futuro RCP 4.5 (2050)

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)

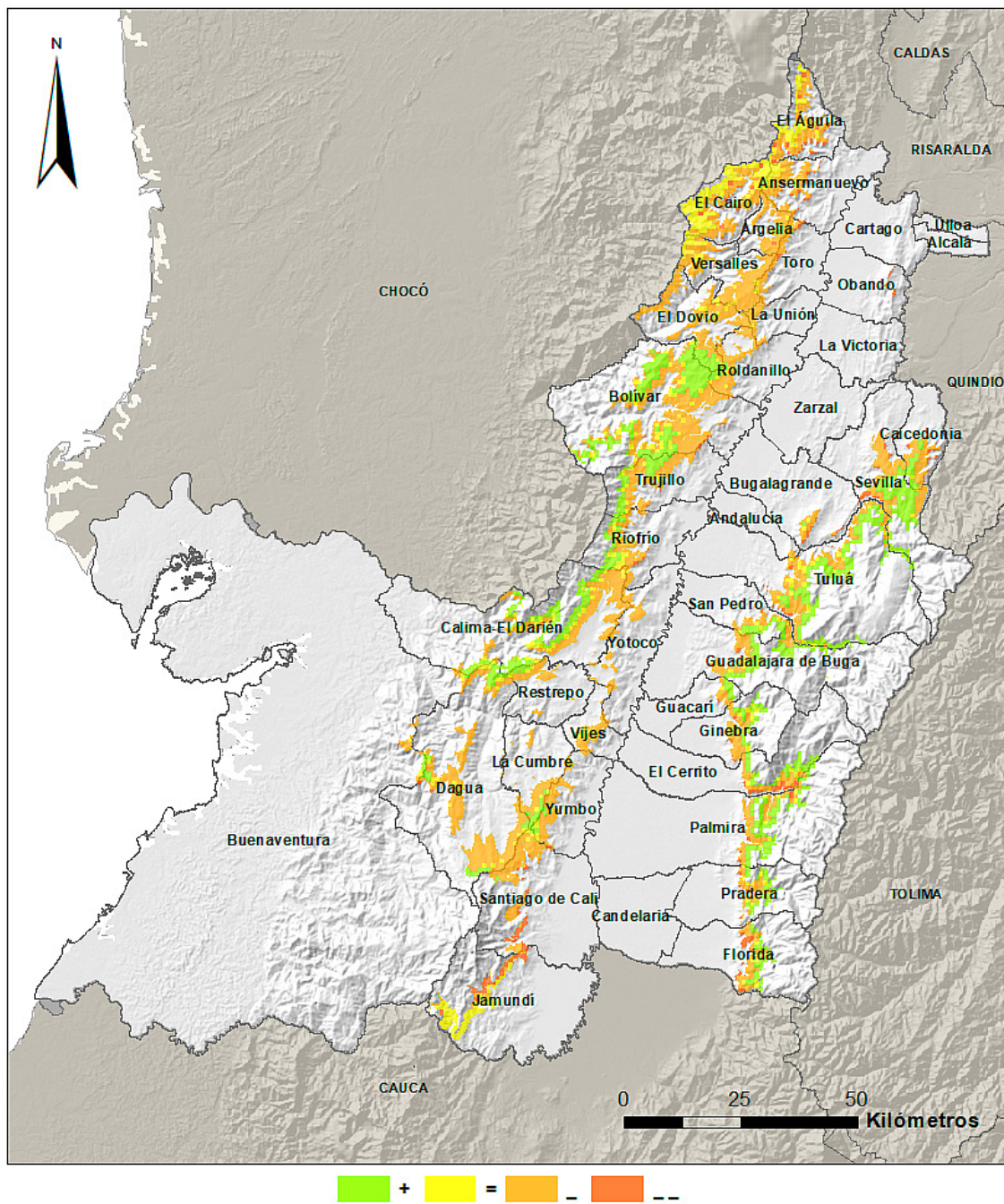
Municipios	+	=	-	--	Total general
Tuluá	8.665,9	7.307,9	6.529,0	-	22.503
Bolívar	947,8	4.691,9	13.794,3	-	19.434
Calima-El Darién	711,8	5.090,8	7.520,3	-	13.323
Palmira	4.955,0	3.803,0	3.865,4	-	12.623
Sevilla	2.562,4	6.924,4	2.617,1	-	12.104
Guadalajara de Buga	5.951,8	2.579,1	2.666,9	-	11.198
El Cairo	-	7.347,5	2.905,8	329,6	10.583
Dagua	32,0	855,5	8.338,1	-	9.226
El Cerrito	2.001,6	1.626,5	3.056,2	-	6.684
El Águila	-	3.658,6	2.254,0	577,8	6.490
Ginebra	2.907,1	1.071,9	2.423,0	-	6.402
Versalles	-	1.345,2	4.723,3	58,6	6.127
Trujillo	138,8	2.326,3	3.530,0	-	5.995
Florida	429,8	1.957,2	2.864,7	-	5.252
Pradera	997,8	2.508,4	1.690,6	-	5.197
El Dovio	-	6,6	4.990,6	79,9	5.077
Santiago de Cali	-	-	4.409,8	-	4.410
Riofrío	16,5	1.090,5	2.912,7	-	3.983
Jamundí	-	1.879,7	1.122,1	981,2	
Ansermanuevo	-	1.057,5	1.835,9	34,6	2.928
Caicedonia	-	967,9	1.575,1	-	2.543
San Pedro	742,0	853,6	580,3	-	2.176
Yumbo	-	18,7	2.070,0	-	2.089
Roldanillo	-	163,9	1.856,2	-	2.020
Argelia	-	65,6	1.319,4	69,2	1.454
Restrepo	-	336,8	988,5	-	1.325
La Cumbre	-	66,6	1.142,6	-	1.209
Guacarí	338,3	330,6	519,0	-	1.188
Toro	-	1,6	1.131,6	-	1.133
Buenaventura	-	35,7	645,0	-	681
Vijes	-	-	580,8	-	581
Bugalagrande	-	-	506,4	-	506
La Unión	-	-	122,0	-	122
Andalucía	-	-	36,3	-	36
Yotoco	-	-	29,7	-	30
Total	31.399	59.970	97.153	2.131	190.652

Fuente: Elaboración propia.

Al analizar el mapa de las zonas de cambio de aptitud, entre el escenario presente y el escenario futuro RCP 4.5 (2050) se observa que el cambio en dichas zonas, según la relación entre el escenario presente y el RCP 4.5, muestra zonas de *no cambio* y *ganancia* entre el 1 y 25 %, en especial, en las zonas de aptitud de la cordillera Central de los municipios de Sevilla, Tuluá, San Pedro y Guadalajara de Buga (ver figura 39). Entre tanto, el cambio en las regiones de la cordillera Occidental tiende a la pérdida en los



porcentajes de aptitud (entre el -1 y -25 %), en particular, en los municipios de La Unión, Toro, Roldanillo, Bolívar, Trujillo, Riofrío, Calima-El Darién y en la zona de intersección de los municipios de Dagua, La Cumbre, Yumbo y Santiago de Cali. Con relación a la zona de cambio que sufre las peores pérdidas de porcentaje de aptitud (aunque reducidas en aérea), esta se localiza en el municipio de Jamundí.



Zonas de ganancia o pérdida de aptitud climática escenario presente vs RCP4.5 (2050)
Mora

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 cuanto al cambio más notable respecto al escenario RCP 8.5, el mismo se da en el aumento de las áreas con pérdidas de porcentaje de aptitud climática entre el -1 y -25 % (equivalentes a 113.159 ha) (ver figura 40). Si se compara con los cambios dados en el escenario RCP 4.5, se puede notar un aumento de las áreas con porcentaje de pérdida de aptitud climática de hasta -51 %, aunque estas sean reducidas en tamaño solo unas 180 ha.

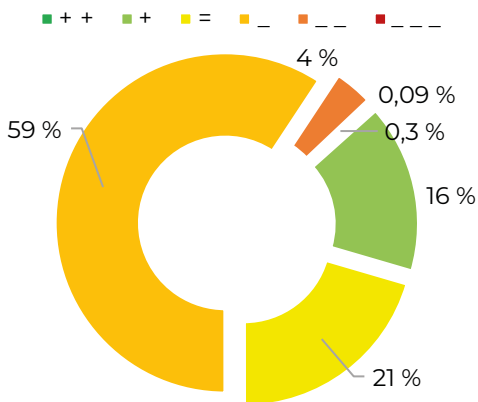


Figura 40. Porcentajes de área de acuerdo con el cambio de aptitud climática entre el escenario presente y el escenario futuro RCP 8.5 (2050)

Fuente: elaboración propia.

Al llevar a cabo un análisis por municipio, se puede evidenciar la alta proporción de áreas con pérdida de porcentaje de aptitud (entre -1 y -25 %) frente a las áreas con ganancias entre el 1 a 25 %. En este escenario de cambio persisten, dada su tendencia positiva, los municipios de Tuluá, Palmira, Sevilla, Bugalagrande, El Cerrito y Ginebra. En lo que concierne a los municipios más afectados por dichas pérdidas se encuentran El Cairo, El Águila y Jamundí (ver figura 41 y tabla 13).

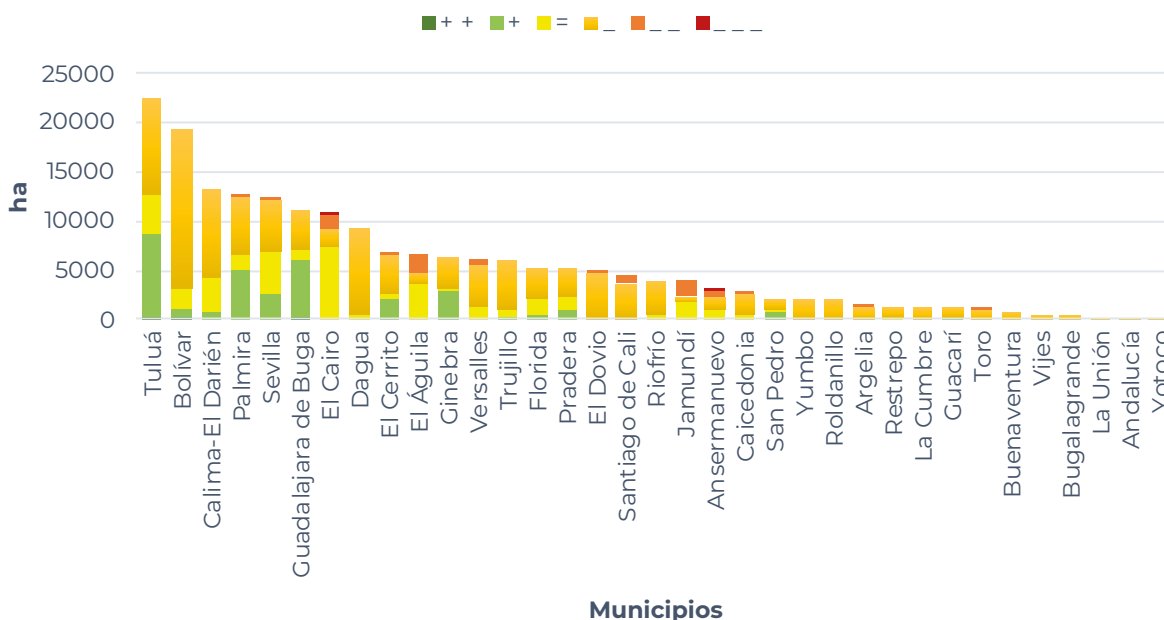


Figura 41. Gráfico de distribución de los porcentajes de cambio de aptitud climática por municipios en el departamento del Valle del Cauca entre el escenario presente y el escenario futuro RCP 8.5 (2050)

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)

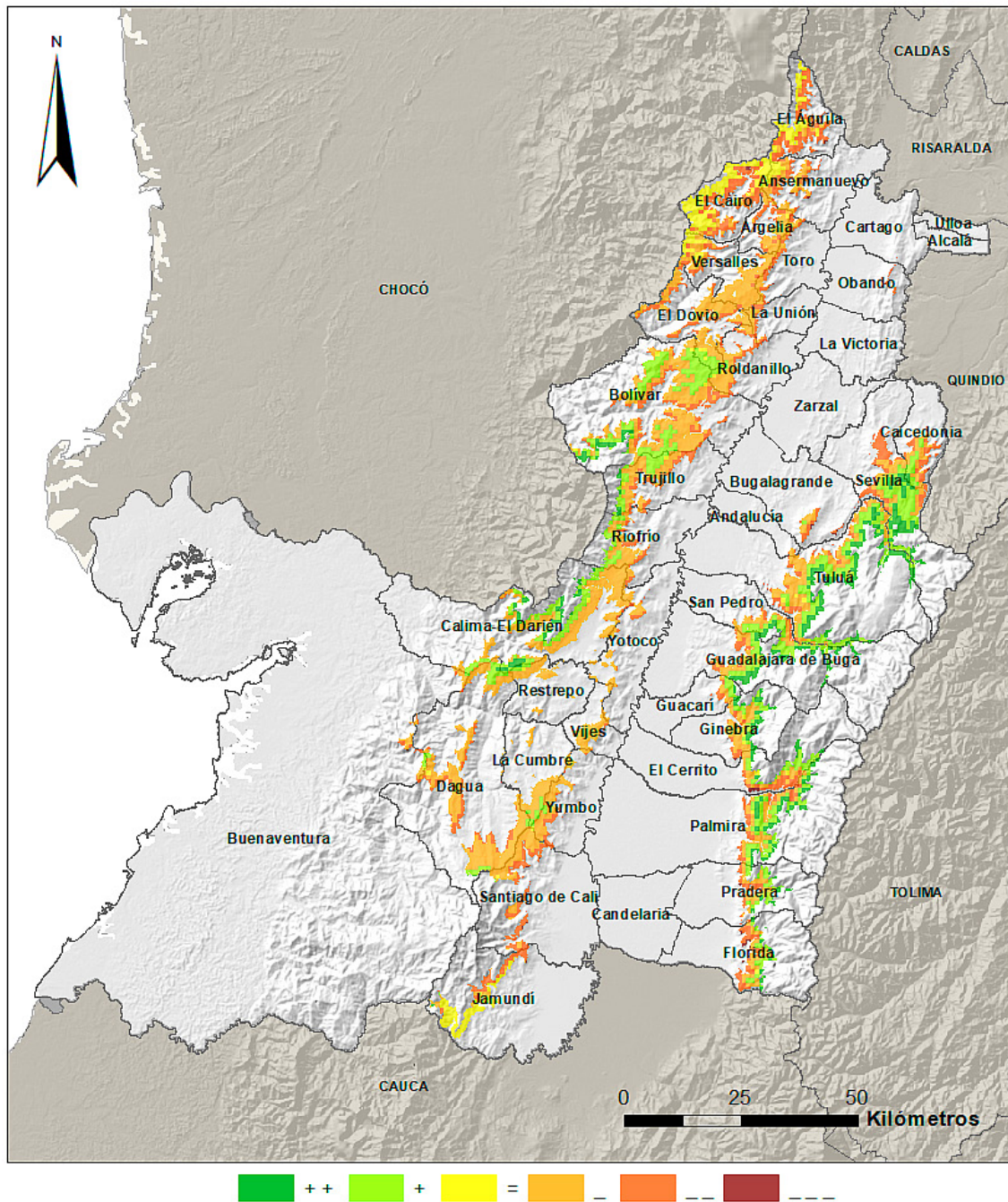
Municipios	++	+	=	-	--	---	Total general
Tuluá	181,4	8.484,5	3.907,7	9.929,2	-		22.503
Bolívar	127,9	819,9	2.181,0	16.305,2	-		19.434
Calima-El Darién	16,0	695,8	3.510,2	9.100,9	-		13.323
Palmira	48,0	4.907,0	1.751,6	5.795,2	121,6		12.623
Sevilla	-	2.562,4	4.185,1	5.345,7	10,7		12.104
Guadalajara de Buga	159,8	5.792,0	1.249,8	3.996,3	-		11.198
El Cairo	-	-	7.347,5	1.852,0	1.298,9	84,5	10.583
Dagua	-	32,0	503,9	8.689,7	-		9.226
El Cerrito	32,0	1.969,6	706,3	3.815,3	161,1		6.684
El Águila	-	-	3.658,6	1.123,6	1.708,2		6.490
Ginebra	37,3	2.869,7	309,3	3.185,6	-		6.402
Versalles	-	-	1.345,2	4.159,4	622,5		6.127
Trujillo	-	138,8	915,8	4.940,5	-		5.995
Florida	21,3	408,5	1.729,2	3.092,7	-		5.252
Pradera	-	997,8	1.398,7	2.800,3	-		5.197
El Dovio	-	-	-	4.864,0	213,1		5.077
Santiago de Cali	-	-	-	3.778,0	631,7		4.410
Riofrío	-	16,5	369,7	3.633,5	-		3.983
Jamundí	-	-	1.879,7	550,8	1.552,5		
Ansermanuevo	-	-	1.057,	1.393,9	380,8	95,9	2.928
Caicedonia	-	-	534,45	1.982,0	26,7		2.543
San Pedro	16,0	726,0	213,4	1.220,5	-		2.176
Yumbo	-	-	18,7	2.070,0	-		2.089
Roldanillo	-	-	-	2.020,2	-		2.020
Argelia	-	-	65,6	1.201,6	187,0		1.454
Restrepo	-	-	106,6	1.218,7	-		1.325
La Cumbre	-	-	66,6	1.142,6	-		1.209
Guacarí	-	338,3	-	849,6	-		1.188
Toro	-	-	1,6	1.046,6	85,1		1.133
Buenaventura	-	-	-	680,8	-		681
Vijes	-	-	-	580,8	-		581
Bugalagrande	-	-	-	506,4	-		506
La Unión	-	-	-	122,0	-		122
Andalucía	-	-	-	36,3	-		36
Yotoco	-	-	-	29,7	-		30
Total	640	30.759	39.014	113.059	7.000	180	190.652

Fuente: elaboración propia.

Con relación al mapa de las zonas de cambio de aptitud entre el escenario presente y el escenario futuro RCP 8.5 (2050) (ver figura 42), se puede identificar con claridad la concentración de pérdidas de porcentaje de aptitud climática, en su mayoría, en la cordillera Occidental. Así mismo, esto muestra una concentración mayor de áreas con pérdidas de porcentaje de aptitud climática alta al norte del departamento. A su vez, en el municipio de Jamundí, al sur, persiste una concentración mayor



de áreas con porcentaje de ganancia en la cordillera Central, aunque son adyacentes a otras áreas de pérdida (entre el -1 y el 25 %).



Zonas de ganancia o pérdida de aptitud climática escenario presente vs RCP8.5 (2050)
Mora

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 20.591 ha con aptitud alta, 168.614 ha de aptitud moderada y 2.905 ha de aptitud baja para el cultivo de mora en la zona de ladera del departamento del Valle del Cauca.
- Desde el punto de vista edafoclimático, los municipios con mayor área total de aptitud (alta, moderada y baja), respectivamente, son los siguientes: Tuluá, Bolívar, Calima-El Darién, Palmira, Sevilla, Guadalajara de Buga, El Cairo y Dagua. De estos, los municipios que tienen áreas con mayor potencial son Tuluá, Sevilla, Palmira y Dagua.
- De acuerdo con el análisis climático, se puede concluir que las áreas aptas para el cultivo de mora en las zonas de ladera en el Valle del Cauca, sin importar el escenario a futuro, serán favorables; solo cambios pequeños en ciertas regiones pueden afectar esta aptitud. En cuanto al cambio, se puede observar una tendencia a pérdidas potenciales en el porcentaje de aptitud (entre -1 y -25 %). Esto no necesariamente significa pérdida total de aptitud, sino apenas un cambio negativo en su porcentaje.
- De los ítems relacionados a las condiciones socioeconómicas de la región, se enfatiza la necesidad de mejorar el acceso a la asistencia técnica. Como ya se mencionó, muchas de las unidades productoras de mora están, en su mayoría, asociadas a pequeñas unidades familiares; esto restringe ostensiblemente la aplicación de nuevas tecnologías para la producción. Debe hacerse hincapié en la gestión de paquetes asistenciales para implementar las mejoras tecnológicas.
- Es importante tener en cuenta que la zonificación se convierte en una guía general respecto a las áreas potenciales de aptitud a nivel edafoclimático, el porcentaje de aptitud al cambio climático a nivel de los municipios, y a escala general para el departamento. Ahora bien, para la determinación de potencialidades locales se requiere de estudios más focales y específicos. De igual modo, 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, pues para ello deben conducirse estudios más específicos que indaguen profundamente en las especificidades de los sitios de interés.

REFERENCIAS

- Agrosavia (2018). *Modelos de adaptación y prevención agroclimática (mapa)*. <http://www.agrosavia.co/site-mapa/>
- 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>
- 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 piña en Colombia, a escala 1:100.000*. <https://xdocs.cz/doc/aguacate-estudio-de-zonificacionpdf-jovmpdjwdrov>
- Cámara de Comercio de Bogotá (2015). *Manual mora. Programa de apoyo agrícola y agroindustrial vicepresidencia de fortalecimiento empresarial*. Bogotá: Cámara de Comercio. <http://bibliotecadigital.ccb.org.co/bitstream/handle/11520/14319/Mora.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- 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>



- Corpoica (2016). *Plan de manejo agroclimático integrado del sistema productivo de la mora* (Rubus glaucus Benth) Municipio de Ginebra, Departamento de Valle del Cauca. <https://www.huila.gov.co/agricultura-y-mineria/descargar.php?idFile=20700>
- CVC (2017). *Geoportal*. <http://www.geocvc.co/Geoservicios.html>
- CVC y CIAT (2016). *Etapa 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 (2013). *El cultivo de la mora de Castilla* (Rubus glaucus Benth) frutal de clima frío moderado, con propiedades curativas para la salud humana [Boletín mensual 17]. https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/agropecuario/sipsa/insumos_factores_de_produccion_nov_2013.pdf
- DANE (2018). *Microdatos del Tercer Censo Nacional Agropecuario*. http://andacna.dane.gov.co/index.php/catalog/669/get_microdata
- Escobar, C.H. (2013). *El cultivo de la mora*. <https://sioc.minagricultura.gov.co/Mora/Documentos/2013-10-31%20Cifras%20Sectoriales.pdf>
- 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*. <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.
- Franco, G., Giraldo, M. J. (2001). *El cultivo de la mora*. Corpoica. https://repository.agrosavia.co/bitstream/handle/20.500.12324/12792/39929_24481.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Giorgi, F. (2008). Regionalization of climate change information for impact assessment and adaptation. *World Meteorological Organization Bulletin* (WMO), 57(2), 86-92.
- Gobernación del Huila (2007). *Producción limpia cultivo de la mora* (Rubus glaucus). <http://huila.gov.co/documentos/M/manual%20tecnico%20cultivo%20de%20la%20mora%20en%20el%20Huila.pdf>
- 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 período 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/>

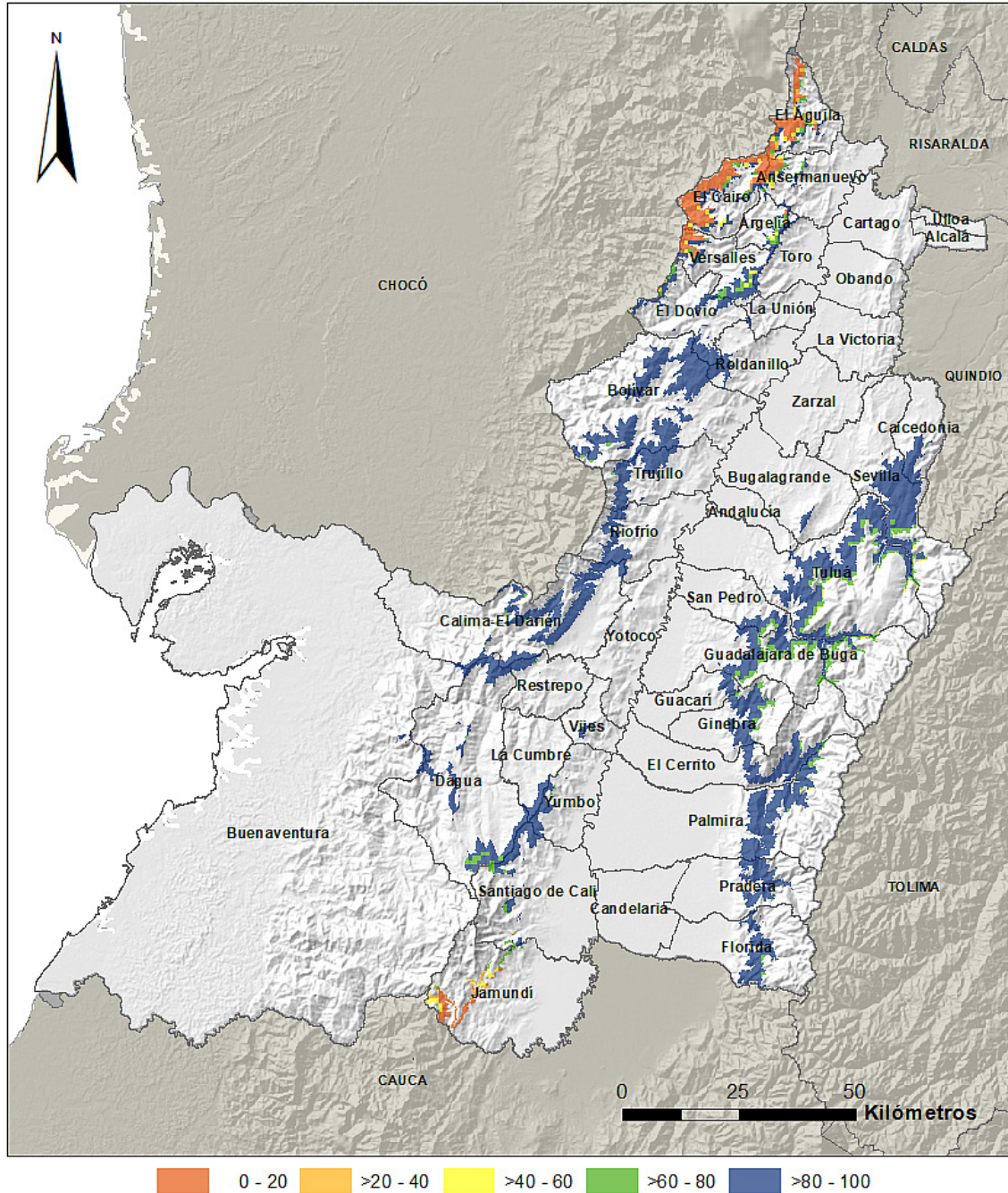


- Rodríguez, C. A., Villegas, B. (2015). *Caracterización de los cultivos de mora de castilla (Rubus glaucus Benth) con espinas, en dos fincas del municipio de Guática, Risaralda*. (Trabajo final Tecnología en Química, Universidad Tecnológica de Pereira). <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/handle/11059/6118/63438R696.pdf?sequence=1>
- 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.



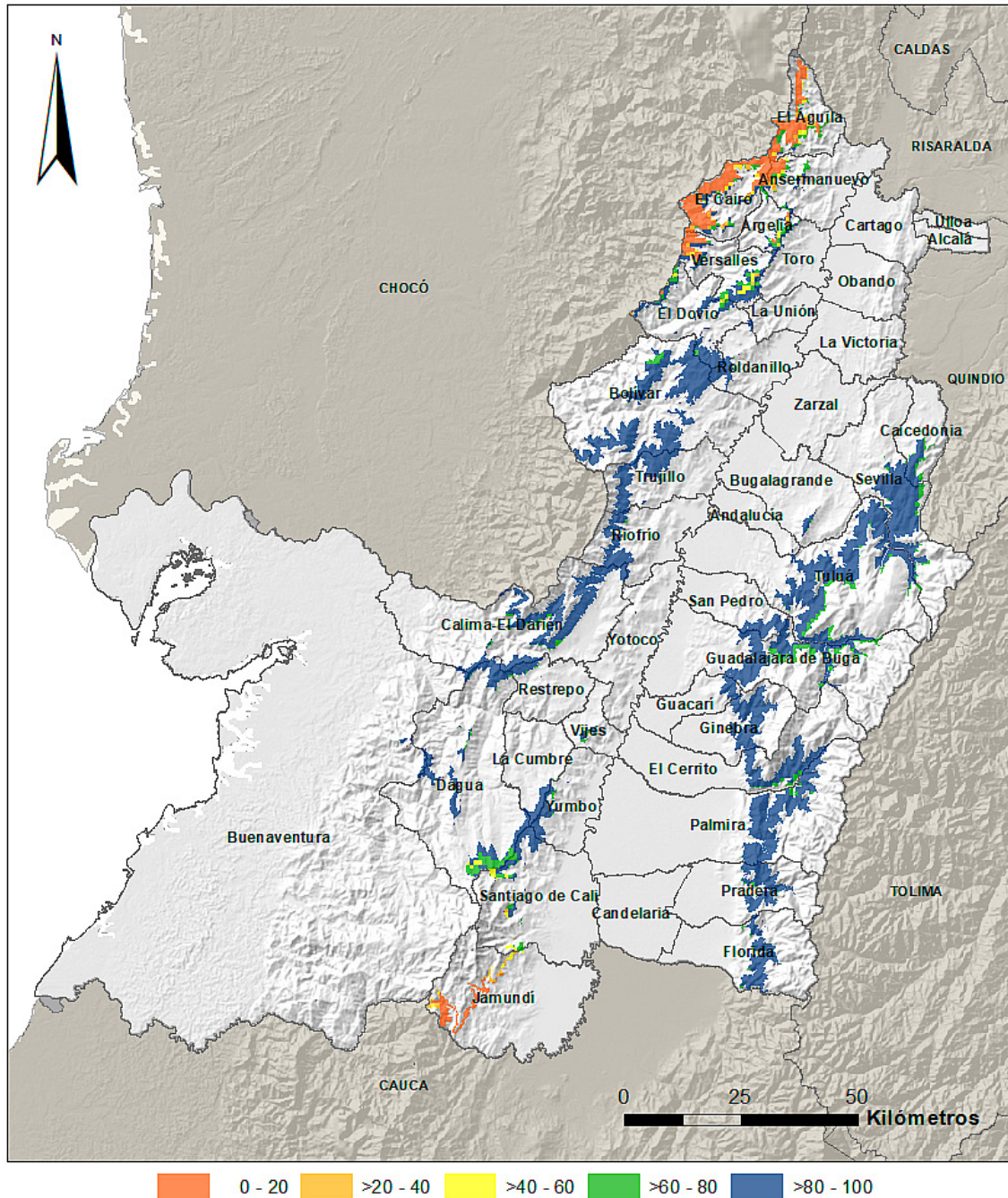
ANEXOS

Anexo 1



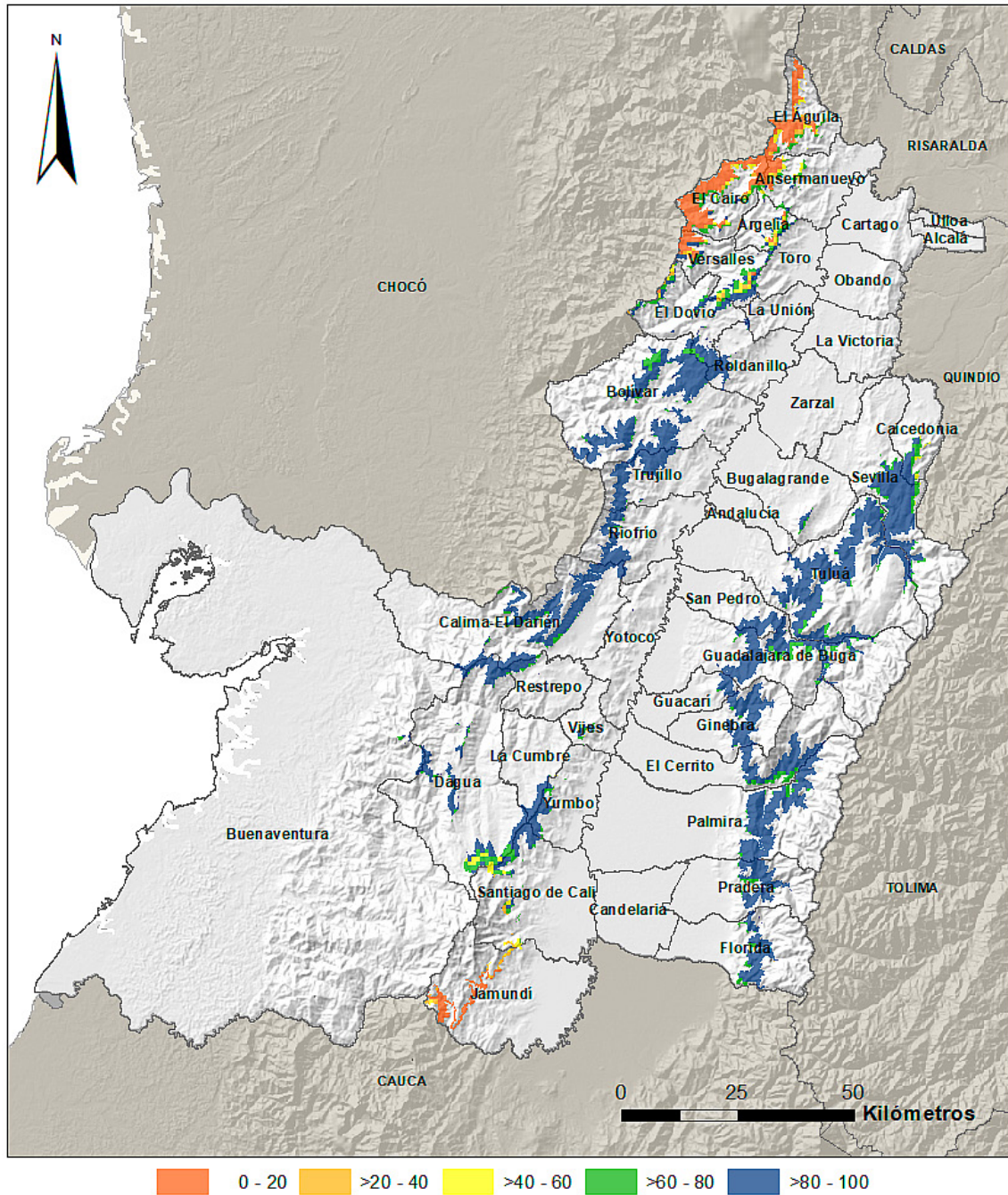
**Aptitud climática por rangos de porcentaje
escenario presente
Mora**

Figura 43. Zonas de aptitud climática para la mora en el escenario presente en el departamento del Valle del Cauca



**Aptitud climática por rangos de porcentaje
escenario RCP 4.5 (2050)
Mora**

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



**Aptitud climática por rangos de porcentaje
escenario RCP 8.5 (2050)
Mora**

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

**IDENTIFICACIÓN DE LAS
ZONAS DE LADERA APTAS
PARA EL CULTIVO DE MORA
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

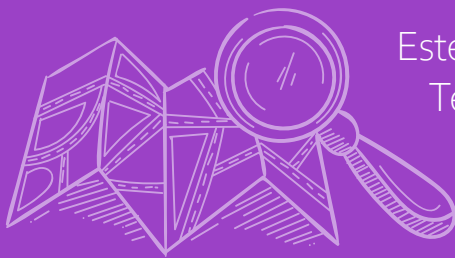
Se editó y diagramó en la Editorial
Universidad Nacional de Colombia.

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: 978-958-794-582-9



9 789587 1945829