



ANÁLISIS INTERINSTITUCIONAL Y MULTISECTORIAL DE  
VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO  
PARA EL SECTOR AGRÍCOLA  
DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CAUCA  
IMPACTANDO POLÍTICAS DE ADAPTACIÓN



# **ANÁLISIS INTERINSTITUCIONAL Y MULTISECTORIAL DE VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO PARA EL SECTOR AGRÍCOLA DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CAUCA IMPACTANDO POLÍTICAS DE ADAPTACIÓN**

## **METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD PARA LA CUENCA ALTA DEL RÍO CAUCA**

Reporte Técnico

Agosto de 2013

## Resumen Ejecutivo

Frente a los impactos actuales y futuros del cambio climático, existe una gran necesidad de obtener tanta información como sea posible sobre la naturaleza y el alcance de los posibles riesgos e impactos asociados al cambio climático. En este sentido, son esenciales los análisis de las respuestas de los sistemas a los cambios en el clima.

En el caso de Colombia, las inundaciones causadas por el aumento de las precipitaciones en los últimos años han afectado al país, repercutiendo en el sector agrícola. Este panorama resulta aún más inquietante debido a que se prevé un aumento de la temperatura media anual y variación en el régimen de precipitaciones para el país en las próximas décadas. De acuerdo con esto, resulta oportuno contar con información adecuada y herramientas que faciliten la toma de decisiones frente al cambio climático.

En este contexto, la iniciativa AVA - “Agricultura, Vulnerabilidad y Adaptación” busca proponer una metodología que permita cuantificar y analizar la vulnerabilidad del territorio y de los sistemas productivos, para así proponer medidas de adaptación para las futuras condiciones cambiantes. Se ha tomado como zona de estudio la Cuenca Alta del Río Cauca, abarcando los departamentos de Caldas, Cauca, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca, por ser una región de importancia estratégica, ya que es un centro de producción agrícola muy relevante para la economía del país y además alberga el 20% de la población nacional.

De acuerdo con lo anterior, la metodología AVA para el análisis de la vulnerabilidad de los sistemas productivos en la Cuenca Alta del Río Cauca se ha desarrollado a partir de un proceso participativo a través de talleres y reuniones con actores tanto locales como nacionales. Dicho proceso contribuyó a la selección de los indicadores para cada uno de los componentes para determinar la vulnerabilidad y la priorización de los cultivos de la zona (café, caña de azúcar, papa, frijol, cacao y plátano) para ser utilizados y analizados de acuerdo con la metodología AVA. La vulnerabilidad se determinó promediando los indicadores seleccionados para los componentes de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa, lo cual permitió obtener resultados de vulnerabilidad tanto a nivel de cuenca, departamento y cultivos. Adicionalmente, se realizaron proyecciones de los posibles escenarios climáticos futuros a 2030 y 2050 para la Cuenca Alta del Río Cauca, para esto se utilizó un conjunto de 19 Modelos Climáticos Globales (GCMs), con lo cual se identificó los probables impactos del cambio climático en los cultivos bajo estudio y la posible implicación para la vulnerabilidad a futuro.

Con los resultados obtenidos se pudo identificar los departamentos y cultivos más susceptibles a la variabilidad climática y el cambio climático. Dentro de estos, se encuentran los **departamentos de Caldas y Risaralda**. En cuanto a cultivos, se encontró que el frijol y plátano son los cultivos más vulnerables, excepto en los departamentos de Cauca y Quindío respectivamente, mientras que la caña de azúcar es el cultivo con menor índice de

vulnerabilidad. Según las proyecciones al 2030 y 2050, los cambios en el clima tendrán mayores impactos en la vulnerabilidad para los sistemas productivos de café, afectando fuertemente las zonas de baja altura en el piedemonte y varias áreas de Quindío y Risaralda.

El objetivo de evaluar la vulnerabilidad, es brindar los insumos para la definición de criterios que conlleven a la formulación de medidas de adaptación y reducción de la vulnerabilidad, al ser incorporadas en la planificación y el ordenamiento territorial. Es por esto que la metodología AVA constituye un insumo valioso para la formulación de políticas públicas y para enfrentar los retos que impone el cambio climático, pero también para aprovechar las oportunidades y en general, poder tomar decisiones más acertadas y a tiempo para apoyar sistemas agropecuarios más resilientes. El análisis hecho es una contribución para los diversos tipos de actores que deben integrarse en el proceso de adaptación a nivel nacional y regional (Tabla 1).

**Tabla 1.** Metodología AVA: actores interesados, tipo de información facilitada por el análisis y tipo de decisión que puede ser influida por AVA.

	<b>Tipo de actor interesado en la información facilitada por el análisis de vulnerabilidad</b>	<b>Tipo de información facilitada por el análisis de vulnerabilidad</b>	<b>Utilidad de la información generada por el análisis de vulnerabilidad</b>
<b>Nivel nacional</b>	Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MADR)  Departamento Nacional de Planeación (DNP)		Para apoyar la definición de medidas de adaptación a nivel regional y local.  Para identificar los instrumentos y estrategias de adaptación con los cuales se podrían generar una mayor reducción de la vulnerabilidad.

	<p>Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS)</p> <p>El Instituto de Meteorología, Hidrología y Estudios Ambientales (IDEAM)</p>		<p>Para apoyar la formulación de una estrategia sectorial que prepare el sector agropecuario para enfrentar los retos climáticos, con políticas públicas que se enfoquen directamente en resolver las barreras estructurales principales para reducir la vulnerabilidad de los sistemas productivos, con enfoques diferenciales para la agricultura campesina y la extensiva.</p> <p>Para apoyar una zonificación agro-ambiental a nivel nacional y de cuenca que considere las zonas de mayor aptitud para la producción agrícola, como posibles focos de intensificación de la producción, al igual que zonas de protección ambiental como ejes de provisión de servicios ecosistémicos estratégicos para el mantenimiento de la producción de alimentos, entre otras actividades prioritarias de la región.</p>
<p><b>Nivel regional</b></p>	<p>Gobernaciones</p> <p>Alcaldías</p> <p>Corporaciones Autónomas</p>	<p>¿Cuáles municipios tienen la más alta probabilidad de ser vulnerables frente al cambio climático en el futuro?</p> <p>¿Cuáles son las dimensiones</p>	<p>Para enfocar programas hacia las comunidades, cadenas productivas y municipios más vulnerables, y hacia la resolución de las causas que más influyen en la vulnerabilidad.</p> <p>Insumo para futuros Planes de Desarrollo y Planes de Ordenamiento Territorial.</p>

	Regionales	<p>(biofísicas, productivo-económica, político-institucional y socio-cultural) que más afectan la vulnerabilidad en cada departamento/municipio?</p> <p>¿Cuáles cultivos serán más vulnerables frente al cambio climático, según las proyecciones climáticas?</p>	<p>Insumo para guiar el proceso de cambio en el uso de la tierra y el cambio de los cultivos ubicados en zonas no óptimas para su crecimiento y producción.</p> <p>Insumo para fortalecer los sistemas de alerta temprana y para mejorar el manejo de los cultivos frente a las amenazas climáticas.</p>
<b>Nivel gremial</b>	Entidades públicas y privadas	<p>¿Cuáles cultivos serán más vulnerables frente al cambio climático, según las proyecciones climáticas?</p>	<p>Para identificar los municipios y cultivos con mayor vulnerabilidad, definir el tipo de cultivo a desarrollar y la zona en la cual cultivarlos.</p> <p>Para tomar las medidas (de adaptación, etc) necesarias en el corto y largo plazo.</p> <p>Insumo para fortalecer las sistemas de alerta temprana y para mejorar el manejo de los cultivos frente a las amenazas climáticas.</p>

## Contenido

1. Introducción: ¿Por qué analizar la vulnerabilidad? .....	9
2. Estado del arte: Análisis de Vulnerabilidad .....	12
2.1. La vulnerabilidad al cambio climático: concepto y metodologías de análisis de la vulnerabilidad .....	12
2.2. Métodos de análisis de vulnerabilidad en Colombia .....	15
3. Metodología AVA .....	18
3.1. Área del estudio.....	18
3.2. Marco conceptual para el análisis AVA.....	20
3.3. Proceso metodológico .....	22
3.4. Desarrollo participativo de la metodología AVA .....	24
3.6. Análisis de datos .....	33
3.7. Supuestos y limitaciones de la metodología AVA .....	33
4. Resultados .....	37
4.1. Resultados generales de vulnerabilidad en la cuenca .....	37
4.2 Impactos del cambio climático .....	45
4.3. Impacto del comportamiento de las áreas con y sin aptitud climática en las áreas de conservación de la Cuenca Alta del Río Cauca. ....	54
5. Conclusiones .....	58
6. Referencias.....	60
Anexos.....	66

## Listado de Tablas

Tabla 1. Metodología AVA: actores interesados, tipo de información facilitada por el análisis y tipo de decisión que puede ser influida por AVA. ....	3
Tabla 2. Departamentos, número de municipios, número de subcuencas, área y población, en el área de estudio de AVA – Cauca .....	20
Tabla 3. Indicadores seleccionados para la metodología AVA .....	26
Tabla 4. Parámetros EcoCrop por cada cultivo .....	30
Tabla 5. Vulnerabilidad desagregada por cultivo en la Cuenca Alta del Río Cauca.....	38
Tablas 6a, 6b, 6c, 6d y 6e. Departamentos y áreas bajo cultivo.....	42
Tabla 7. Cambios en precipitación, temperatura mínima y máxima para 2030 y 2050 en la Cuenca Alta del Río Cauca. ....	46
Tabla 8. Cambio futuro (2030 y 2050) en el nivel medio de aptitud climática (%) frente a las condiciones actuales para las áreas de los cinco departamentos que conforman la Cuenca Alta del Río Cauca. ....	48
Tabla 9. Resultados del análisis de aptitud climática de seis cultivos sobre las áreas de conservación (AC) en la zona de estudio. ....	55

## Listado de Figuras

Figure 1. Mapa Cuenca Alta del Río Cauca. ....	18
Figura 2. Esquema metodológico del proyecto AVA. Componentes de la vulnerabilidad .....	22
Figura 3. Desarrollo metodológico del proyecto AVA .....	23
Figura 4. Esquema de la metodología AVA.....	23
Figura 5. Tipos de indicadores usados para cada componente de vulnerabilidad empleados en la Metodología AVA .....	27
Figura 6. Promedio de vulnerabilidad actual por departamentos y para todos los cultivos de la Cuenca Alta del Río Cauca .....	37
Figura 7. Promedio vulnerabilidad actual por departamentos en la Cuenca Alta del Río Cauca, escala de 0 a 5.....	38
Figura 8. Vulnerabilidad actual desagregada por departamentos en la Cuenca Alta del Río Cauca, escala 0 a 5 .....	39
Figura 9. Vulnerabilidad actual desagregada por cultivos en la Cuenca Alta del Río Cauca. ....	40
Figura 10. Exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa de los sistemas productivos de café en la Cuenca Alta del Río Cauca .....	43
Figura 11. Exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa de los sistemas productivos de caña de azúcar en la Cuenca Alta del Río Cauca.....	43
Figura 12. Vulnerabilidad global para los sistemas productivos de café y caña de azúcar. ....	44
Figura 13. Promedio vulnerabilidad actual por cultivo en la Cuenca Alta del Río Cauca .....	44
Figura 14. 14a-14b Diferencias en precipitación 2030 y 2050 .....	47
Figura 15. 15a y 15b Diferencias en temperatura mínima y máxima para 2030 y 2050.....	47
Figura 16. Cacao: Aptitud climática (actual, 2030, 2050) para la Cuenca Alta del Río Cauca ...	50
Figura 17. Café arábica: Aptitud climática (actual, 2030, 2050) para la Cuenca Alta del Río Cauca .....	51
Figura 18. Cambio esperado en la vulnerabilidad para 2030 y 2050 en la Cuenca Alta del río Cauca para los los sistemas productivos de café, cacao y caña de azúcar.....	52



## 1. Introducción: ¿Por qué analizar la vulnerabilidad?

La Cuarta Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, 2007) presenta una evidencia considerable sobre los futuros aumentos en las temperaturas y los efectos de este fenómeno sobre la cobertura de nieve, los niveles del mar, los patrones de precipitaciones, las tormentas tropicales, etc. Esto indica que los cambios afectarán a los diferentes sistemas del mundo, tales como los ecosistemas acuáticos, la agricultura, las áreas forestales naturales, entre otros. Para la agricultura en particular, los impactos previstos del cambio climático se traducen en cambios en la distribución de la precipitación, frecuencia y severidad de eventos climáticos extremos, con el consecuente aumento de riesgos de incendios, plagas y brotes de patógenos. Los pequeños productores y agricultores de subsistencia, pastores y pescadores suelen ser los más vulnerables a los impactos del cambio climático.

La seguridad alimentaria, la agricultura y el cambio climático tienen interacciones complejas y dinámicas. Si bien la agricultura es vital para el logro de la seguridad alimentaria, los cambios de las condiciones climáticas pueden afectar gravemente la seguridad alimentaria de millones de personas que dependen de la agricultura, además pone en riesgo a los pequeños productores que dependen de la agricultura para su subsistencia. Asimismo, muchas de las actividades agrícolas contribuyen al cambio climático (según cifras oficiales, el sector agropecuario contribuye al 39% del total de las emisiones del país), intensificando así las emisiones de gases de efecto invernadero y modificando la superficie de la tierra, lo cual aumenta la variabilidad y las condiciones climáticas extremas (CCAFS, 2009). Sin embargo, con el transcurso del tiempo los agricultores han desarrollado distintas maneras de manejar los riesgos relacionados con el cambio y la variabilidad climática. Las estrategias de adaptación que han adoptado incluyen: mejoras tecnológicas, cambios en estilos de vida, prácticas productivas mejoradas, nuevos calendarios agrícolas, insumos utilizados y patrones de consumo, proyectos de conservación y planeación en el uso de los recursos naturales (UNFCC, 2007).

A pesar de esto y debido a las complejas dinámicas y efectos del cambio climático, es fundamental contar con información adecuada y herramientas que faciliten la toma de decisiones frente al cambio climático, especialmente para el proceso de adaptación a diversos escenarios climáticos, que permitan generar mayor resiliencia en el sector agrícola, los ecosistemas y las comunidades rurales.

En Colombia una clara manifestación de la variabilidad climática es la ola invernal por la que atravesó el país entre 2010 y 2011. El incremento notable de las precipitaciones y sus consecuentes inundaciones devastaron buena parte del territorio colombiano, afectando el sector agropecuario, causando daños a la infraestructura vial y de comunicaciones además de

la fuerte incidencia de plagas y enfermedades (MADR, 2011). El aumento previsto en la temperatura media anual y los cambios en el régimen de precipitaciones darán pie a fenómenos como la degradación del suelo; pérdidas de materia orgánica en las laderas de los Andes; cambios en la prevalencia y distribución de plagas y enfermedades (Lau et al, 2012); aumento de los costos de producción; pérdida de nichos de cultivos climáticos, especialmente para los cultivos especializados como el café (Ramirez-Villegas et al, 2012). En el 2025, se estima que los costos económicos asociados al cambio climático en la Región Andina serán de aproximadamente US\$30.000 millones al año (SGCAN, 2008).

De acuerdo con todo lo anterior, la iniciativa AVA - “Agricultura, Vulnerabilidad y Adaptación,” se crea reconociendo la importancia de desarrollar una metodología que permita cuantificar y analizar la vulnerabilidad del territorio y de los sistemas productivos, para apoyar la planificación integral de los procesos productivos, la sostenibilidad y la conservación de los ecosistemas frente al cambio climático.

AVA se establece con el apoyo de la Alianza Clima y Desarrollo (CDKN, por sus siglas en inglés), con la intención de generar una metodología de análisis de vulnerabilidad frente al cambio climático para el sector agropecuario, que de insumos que sirvan para definir políticas públicas locales y regionales más adecuadas para integrar el cambio climático en los planes de desarrollo y planes de adaptación de Colombia y posteriormente en otras regiones y países donde se pueda replicar la metodología. Especialmente, con la implementación de AVA, se espera en primer lugar proponer y desarrollar un acercamiento metodológico a la evaluación de la vulnerabilidad y con ello abrir un camino hacia la construcción de políticas públicas formuladas con mayor evidencia científica para comprender y gestionar el riesgo en función de la amenaza climática y la vulnerabilidad enmarcada en cuatro dimensiones principales de análisis: la biofísica, la económica-productiva, la sociocultural y la político-institucional. Este enfoque multidimensional busca incorporar en el análisis otros factores determinantes de la vulnerabilidad, aparte de los cambios del clima.

Para el desarrollo de la metodología de vulnerabilidad AVA se tomó como caso de estudio la Cuenca Alta del Río Cauca, puesto que es una región de importancia estratégica tanto para el país como para el occidente colombiano, dado que la superficie de casi 25.000 km<sup>2</sup> alberga el 20% de la población del país (9 millones), cubre cinco departamentos (Caldas, Cauca, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca) y es un eje socioeconómico dinámico e importante para la economía del país, especialmente en materia de producción agrícola (agricultura tradicional y principalmente cultivos de café, caña de azúcar, maíz, plátano, frutales, cacao, frijol, yuca y arroz).

Adicionalmente, el Río Cauca a su paso por cinco importantes departamentos y centros de producción del país, beneficia alrededor de 183 municipios. Sin embargo, debido a una inadecuada administración de los recursos ambientales y debilidad en los sistemas de sanidad, presenta serios problemas de contaminación hídrica y degradación del ecosistema circundante. Los desafíos radican en el manejo eficiente del recurso hídrico, dado que este recurso es de vital importancia en el desarrollo de las actividades agrícolas. Además, la falta de información sobre los posibles impactos del cambio climático y vulnerabilidad asociada ha desafiado a los tomadores de decisiones en las distintas instancias a tomar las medidas necesarias para la adaptación de los sectores socioeconómicos a los cambios previstos.

Para asegurar que la construcción de la metodología de vulnerabilidad sea participativa e inclusiva, se ha consolidado una alianza intersectorial en la región entre los sectores público y privado, que busca propiciar las condiciones técnicas y científicas para garantizar la adaptación, permanencia y sostenibilidad de las actividades productivas más relevantes en la Cuenca Alta del Río Cauca. Es así, como se ha trabajado en estrecha colaboración con el sector agropecuario y ambiental, trabajando con las gobernaciones, municipios y corporaciones autónomas regionales, academia y centros de investigación, para generar un compromiso intersectorial y multidisciplinario frente al cambio climático.

Sin embargo, la falta de sistemas de monitoreo, de gestión de datos y de captura de información oportuna, sistemática y veraz para la toma de decisiones en materia ambiental, social, climática y económico-productiva, han sido algunas de las fuertes barreras que se han enfrentado para poder realizar la propuesta de metodología de evaluación de vulnerabilidad AVA y con ello fortalecer las políticas públicas de gestión, en un marco de información real y acorde con la realidad del sector.

De esta manera, el proyecto AVA realiza una prueba de concepto de la metodología desarrollada con un análisis de la vulnerabilidad a escala municipal en la Cuenca Alta del Río Cauca, enfocada en cultivos tales como café, caña de azúcar, papa, frijol, cacao, y plátano. Adicionalmente, evalúa la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa de los municipios y de dichos cultivos frente al cambio y la variabilidad climática. Con lo anterior, se avanza sólidamente en brindar herramientas de soporte para la priorización de acciones que reduzcan la vulnerabilidad de los sistemas productivos de dichos cultivos y por ende de los grupos humanos que en él habitan, éste ejercicio es sólo una primera aproximación para comprender la vulnerabilidad del territorio, de los cultivos y las comunidades que interactúan en esta área específica. Este proyecto busca ser una pieza fundamental para contribuir en la búsqueda de soluciones que ayuden ya sea a prevenir o a superar los retos que se enfrentarán en el futuro cercano en Colombia, y servir como referente para otros países del mundo.

## 2. Estado del arte: Análisis de Vulnerabilidad

### 2.1. La vulnerabilidad al cambio climático: concepto y metodologías de análisis de la vulnerabilidad

En el contexto del cambio climático, los análisis de vulnerabilidad desempeñan un papel fundamental en el diseño de estrategias de mitigación y adaptación, identificando a las personas o lugares que son más susceptibles al daño (Clark *et al.*, 2000; Downing, *et al.*, 2001; Polsky *et al.*, 2003; Stephen *et al.*, 2001). A pesar de que los esfuerzos de llevar a cabo este tipo de análisis cada vez son mayores, el propósito y la aplicabilidad del concepto de vulnerabilidad, así como los métodos de medición han sido foco de varios debates en los últimos años.

Investigaciones realizadas sobre la vulnerabilidad han sugerido varias definiciones y marcos conceptuales, incluyendo estudios sobre resiliencia, susceptibilidad y adaptabilidad (Liverman, 1990). Esto indica que es complejo e incluso controversial organizarlos en un sistema de clasificación, aunque ya existen propuestas en este sentido Adger, 2006; Adger *et al.*, 2005, Alwang *et al.*, 2001; Eakin y Luersl, 2006; Eriksen y Kelly, 2006; Füssel y Klein, 2006; Fussel, 2007; Gallopín, 2006; Nelson *et al.*, 2007; O'Brien *et al.*, 2007, Pelling y High, 2005; Smit y Pilifosova, 2002; Vincent, 2007, entre otros.

La pluralidad de definiciones y enfoques para la evaluación de la vulnerabilidad ha dado lugar a un intenso trabajo conceptual que trata de aclarar conceptos y metodologías (Adger, 2006; Eakin y Luers, 2006; Wolf *et al.*, 2010) citados por Hinkel (2011). Hasta el momento han sido compilados y desarrollados varios glosarios (IATF-DR, 2006; McCarthy *et al.*, 2001; ONU-EIRD, 2004; Parry, 2007; Thywissen, 2006), marcos generales (Brooks, 2003; Cutter, 1996; Jones, 2001; Luers, 2005; Turner, Matson, *et al.*, 2003a), y diferentes tipos de enfoques (Fussel, 2007; Füssel *et al.*, 2006; Kates, 1985; Kelly *et al.*, 2000; O'Brien *et al.*, 2007; Timmerman, 1981) para estudiar la vulnerabilidad frente al cambio climático.

En términos generales, la vulnerabilidad se define como la susceptibilidad al daño, y se describe en términos de uno o más de los siguientes elementos: la sensibilidad y/o la exposición de un sistema (personas o lugar) a las crisis, tensiones o disturbios; al estado del sistema en relación a un umbral de daño, y la capacidad del mismo para adaptarse a condiciones cambiantes (Chambers, 1989; Downing *et al.*, 2001; IPCC, 2001; Luers *et al.*, 2003; Mitchell *et al.*, 1989; B. Smit y Skinner, 2002; Turner *et al.*, 2003; Turner *et al.*, 2003b).

La definición expresada por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) se ha convertido en un punto de referencia para los

análisis de vulnerabilidad y trae a un primer plano los conceptos de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa. Por consiguiente, la vulnerabilidad de un sistema depende de la medida en que el sistema está expuesto y cuán sensible es a los efectos del cambio climático y es inversamente proporcional a su capacidad de adaptarse a estos efectos (IPCC, 2007). Las causas y los efectos de la vulnerabilidad son muy dinámicos, varían en el tiempo y el espacio y también están estrechamente vinculados a las condiciones climáticas (por ejemplo, aumento en la temperatura) y a la perspectiva adoptada por el evaluador (Adger, 2006, Smit y Wandel, 2006).

Los académicos han distinguido entre la *vulnerabilidad como resultado* - como efecto del cambio climático, dadas las condiciones biofísicas y la capacidad socioeconómica de los diferentes componentes del sistema de resistir a los cambios y/o de adaptarse - y la *vulnerabilidad contextual*, donde la vulnerabilidad también depende de otros componentes y procesos socioeconómicos. Mientras que los estudios que se centran en el primer tipo de vulnerabilidad buscan proporcionar soluciones de mitigación y adaptación de tipo técnico, el segundo enfoque propone estrategias para aumentar la capacidad adaptativa de las poblaciones humanas a condiciones climáticas cambiantes. Individualmente, ninguno de estos conceptos tiene la capacidad de describir un panorama amplio de la vulnerabilidad de un sistema complejo (social, económico, socio-ecológico, etc), por lo que deben considerarse como complementarios (O'Brien et al, 2007). De ahí la necesidad de adaptar una perspectiva multidimensional en el diseño metodológico, que es parte de las contribuciones esenciales del proyecto AVA.

Las evaluaciones de vulnerabilidad relacionadas con el cambio climático varían en escalas espaciales (globales, regionales, nacionales, locales, sectoriales, etc.) y temporales, en el proceso de diseño (por ejemplo, la integración de las diferentes disciplinas académicas y enfoques participativos) o en la metodología adoptada<sup>1</sup>. El enfoque de las evaluaciones puede también variar (estudios de impacto que tienen un enfoque *top-down* y/o estudios de adaptación, con un enfoque *bottom-up*, más participativo). De la misma forma, el tipo de evaluación está determinado por el enfoque del estudio, que puede ser orientado hacia los *escenarios* (se construyen escenarios climáticos y socioeconómicos futuros para entender los impactos en los escenarios más probables y/o pesimistas); la *vulnerabilidad* (donde se busca comprender y reducir la vulnerabilidad, incluyendo los factores sociales y ambientales de la vulnerabilidad; y la capacitación adaptativa del sistema) hacia la *resiliencia* del sistema (donde se busca aumentar la capacidad de resiliencia (recuperación potencial del sistema) (Nair and Bharat, 2011)

Inicialmente, los análisis del cambio climático (modelos de primera generación) han buscado soluciones para mitigar los impactos del cambio climático y estabilizar las concentraciones de

---

<sup>1</sup> Ejemplos de metodologías incluyen modelos biofísicos que analizan los efectos de las condiciones cambios climáticas sobre el rendimiento de los cultivos, modelos de simulación socioeconómica para medir el impacto del cambio climático en la productividad agrícola, estudios estadísticos, etc.



gases de efecto invernadero en la atmósfera. Estos estudios se basaban principalmente en Modelos de Circulación General (GCM) o Modelos de Circulación General Atmosféricos y Oceánicos. El enfoque fue seguido por intentos de modelar los impactos sobre los sectores económicos (agricultura, bosques) y en las comunidades, en el contexto de la agenda de desarrollo sostenible. Esta segunda generación de estudios se centró en la evaluación de la variabilidad climática y vulnerabilidad asociada (actual y futura). Hoy en día, los estudios combinan los dos enfoques, sumando nuevos escenarios socioeconómicos, herramientas participativas y mecanismos de adaptación diseñados a varias escalas (Nair and Bharat, 2011).

Además, la pertinencia de las definiciones y metodologías para los análisis de vulnerabilidad depende de varios aspectos. Estos incluyen el uso de la terminología explícita, la elección de indicadores que reflejan una gran variedad de problemas (biofísicos, socioeconómicos, políticos, institucionales o culturales), así como el grado de incertidumbre considerado (asociado con la disponibilidad y precisión de los datos, con unidades de análisis inadecuados, etc.) (Fellmann, 2012).

Teniendo estos en cuenta, se pueden identificar varias tendencias en las evaluaciones de vulnerabilidad. Por un lado, hay una visión o tendencia centrada en que el estudio de la vulnerabilidad se debe hacer de forma específica, lo que denota que no puede existir un propósito unificador o general para acercarse a su conceptualización, más cuando el foco del análisis se centra en los impactos sobre la agricultura. Por otro lado, hay un enfoque en las evaluaciones del impacto dejando de lado la mirada de procesos lineales (Adger, 2006). Los sistemas se aproximan a la medición de la vulnerabilidad, incluyendo el desarrollo de métodos nuevos (Nelson *et al.*, 2010).

Otra mirada es la que se orienta a estudiar la "vulnerabilidad de los ecosistemas", según lo definido por Williams *et al.* (2000), donde se focaliza el análisis en el potencial de un ecosistema para moldear su respuesta a factores de estrés en el tiempo y el espacio, donde ese potencial es determinado por las características del ecosistema y sus niveles de organización. Se trata de una estimación de la incapacidad de un ecosistema de tolerar los factores de estrés en el tiempo y el espacio a los cuales está expuesto. De esta definición se deduce que las relaciones temporales y espaciales deben ser consideradas, así como una escala jerárquica, porque en la práctica, la evaluación se hace en diferentes niveles de la estructura del ecosistema. Además, la evaluación de la vulnerabilidad de los ecosistemas involucra a los organismos, sus relaciones funcionales intrínsecas y extrínsecas, entre otros. Este último aspecto hace que la evaluación de la vulnerabilidad en los ecosistemas sea bastante compleja (Burger, 1997).

Otro enfoque de los análisis de vulnerabilidad está relacionado con el concepto de sistemas socio-ecológicos (SES), el cual implica que "la acción humana y las estructuras sociales son parte integral de la naturaleza y por lo tanto, cualquier distinción entre los sistemas sociales y naturales es arbitraria" (Adger, 2006). Por ello un estudio de vulnerabilidad en sistemas socio-

ecológicos está basado en la tensión a la que se expone un sistema, su sensibilidad y su capacidad de adaptación, la cual puede ser entendida como la resiliencia del sistema. Los estudios de vulnerabilidad en un sistema socio-ecológico frecuentemente se orientan al establecimiento de relaciones con el cambio climático o desastres naturales, y una vez establecidas, se definen estrategias de mitigación o adaptación al cambio. Con la capacidad de adaptación (el factor que puede influir en la gestión del riesgo), la resiliencia y la vulnerabilidad pueden ser considerados, aun teniendo claro que son conceptos opuestos ya que un sistema socio-ecológico que aumenta su capacidad de adaptación (para aumentar la resistencia) será menos vulnerable y más resiliente (e.g. Adger *et al*, 2005; Alessa *et al*, 2008).

Cabe destacar que no hay una metodología que pueda responder y resolver todas las problemáticas y que además pueda responder a todos los desafíos relacionados con la disponibilidad de información confiable, de herramientas, de capacidad institucional, y con las diversas formas de vulnerabilidad. Sin embargo, es importante reconocer tanto estos desafíos, como la necesidad de adaptar los estudios a las necesidades y capacidades existentes, si bien teniendo en cuenta que tales evaluaciones son fundamentales para la priorización de esfuerzos de mitigación y adaptación frente al cambio climático.

## 2.2. Métodos de análisis de vulnerabilidad en Colombia

Las experiencias nacionales en análisis de vulnerabilidad al cambio climático adelantadas por organizaciones como el IDEAM, PNUD, Fundación Río Piedras-PNUD-ISA y CDKN-AVA Cuenca Alta del río Cauca, entre otros, coinciden al tomar como referencia clave las propuestas del IPCC, y han arrojado una serie de lecciones aprendidas que se constituyen en referentes para abordar propuestas que buscan analizar la vulnerabilidad frente a la variabilidad y el cambio climático.

En la Metodología de Vulnerabilidad de la Segunda Comunicación Nacional (SCN), el Instituto de Meteorología, Hidrología y Estudios Ambientales (IDEAM) propone un marco conceptual para la evaluación de la vulnerabilidad del territorio colombiano, que pretende generar una visión integradora y focaliza su propuesta a partir de factores climáticos y no climáticos, escenarios climáticos, condiciones de predisposición de bienes y servicios y personas a ser afectados, impactos ambientales o pérdidas económicas. En este marco, el conocimiento de variables fundamentales como la sensibilidad del sistema, su exposición y su capacidad adaptativa están definidas y asociadas a condiciones que caracterizan la capacidad socioeconómica institucional y la capacidad técnica para la adaptación. La metodología integra componentes como: información y métodos de medición bajo el concepto del patrimonio total; índices y variables que involucran aspectos de género, equidad intergeneracional, inversión en prevención y atención de desastres y capacidad de ahorro (como ajustes de la capacidad adaptativa); variables de precipitación y temperatura a través del índice de Lang; análisis de la fragmentación de ecosistemas y/o coberturas clave en la conservación; rendimientos hídricos para los diferentes períodos de análisis dentro del patrimonio natural; información tabular de

lagunas en las coberturas de la tierra; el uso de las coberturas de la tierra en escala 1:100.000 con la metodología Corine Land Cover adaptada para Colombia y el uso de la presencia de especies animales en el patrimonio natural.

A su vez, el PNUD ha desarrollado una metodología en el marco del proyecto titulado “Fortalecimiento de las Capacidades Institucionales para la Implementación de Prácticas Locales de Gestión del Riesgo como Medida de Adaptación al Cambio Climático en la Zona Insular y Costera del Caribe Colombiano.” Esta metodología propone cruzar las capas de información de sensibilidad a inundaciones o deslizamientos (teniendo en cuenta sólo las categorías alta y muy alta), ya que son eventos frecuentes en temporadas de invierno y se ven incrementados con el fenómeno de La Niña. Este resultado fue usado para identificar los lugares de alta vulnerabilidad y alta sensibilidad a eventos de variabilidad climática lo cual genera la vulnerabilidad del territorio. La metodología también identificó (por intersección), los municipios y subzonas hidrográficas (SZH) que tendrán los mayores problemas con relación a diferentes aspectos del recurso hídrico, reflejados en cuatro indicadores del estudio nacional del agua: índice de regulación hídrica (IRH), índice de uso de agua (USO), índice de calidad hídrica (IACAL) y el índice de vulnerabilidad por desabastecimiento (VUL).

Por otra parte, el proceso de adaptación al cambio climático que se llevó a cabo en la región del Macizo colombiano (departamento del Cauca) buscó validar una metodología para la evaluación participativa de la vulnerabilidad local a la variabilidad climática y al cambio climático y también poner en marcha medidas de adaptación conjuntamente con los actores locales y nacionales. Bajo el liderazgo a nivel nacional del IDEAM y del Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (llamado así en esa época), el proceso se desarrolló entre los años 2008 y 2011 y estuvo acompañado por un equipo mixto de técnicos y expertos comunitarios tanto indígenas como campesinos. Este equipo intercultural generó y aplicó una metodología participativa basada en un diálogo entre la ciencia y los saberes locales.

Cinco elementos fundamentales se tomaron en cuenta para desarrollar el enfoque de adaptación al cambio climático: a) apoyarse en el conocimiento, habilidades y oportunidades, existentes a nivel local que pueden ser fortalecidas para una mayor capacidad de adaptación; b) generar apropiación con un proceso participativo *top-down*; c) reconocer la relación concreta entre adaptación al cambio climático y lucha contra la pobreza en comunidades vulnerables rurales y cómo pueden realizarse sinergias entre ambos; d) la visión integral del desarrollo a nivel local y, por último; e) la identificación de procesos de adaptación no adecuados que deben ser revertidos. A nivel nacional, este proceso es un piloto desarrollado con objeto de comprender mejor la vulnerabilidad de las comunidades de alta montaña y su adaptación al cambio climático identificando vínculos concretos de estos esfuerzos con las políticas e instrumentos de planificación territorial, de protección social, de gestión ambiental y del riesgo, que si bien son llevados a cabo con otros fines, tienen sinergias muy efectivas para fortalecer la capacidad de adaptación al cambio climático.



Otro ejemplo de una metodología de análisis de vulnerabilidad es el Plan Regional Integral de Cambio Climático (PRIC-CC) Región Capital, Bogotá-Cundinamarca. En éste, autoridades territoriales (Gobernación de Cundinamarca y Distrito Capital), autoridades ambientales (CAR, CORPOGUAVIO, CORPORINOQUIA) e instituciones técnicas nacionales (IDEAM, IAvH, UAESPNN), han buscado definir colectivamente las líneas estratégicas de acción y respectivos portafolios de proyectos de mitigación y adaptación frente a la variabilidad y cambio climático. Esto permitirá impulsar opciones de desarrollo social y económico suficientemente robustas para resistir las condiciones de un clima cambiante.

El modelo de análisis de vulnerabilidad del PRICC Región Capital, frente a la variabilidad y el cambio climático se estima en función del grado de exposición a las amenazas climáticas, la sensibilidad de los elementos constitutivos del territorio y la incidencia de la capacidad adaptativa para reducir los impactos potenciales. Se consideran elementos constitutivos del territorio: las condiciones biofísicas, la biodiversidad (en sus diferentes dimensiones: especies, ecosistemas y paisajes) y sus servicios ecosistémicos, los sectores productivos y las condiciones de vida de la población. Por su parte, la capacidad de adaptación está medida en función de las características sociales y humanas, financieras y de gobernanza e institucionalidad existentes en la región. Estos elementos son valorados y considerados en el modelo para dar la estimación de vulnerabilidad territorial ante la variabilidad y el cambio climático.

Adicionalmente, la estructura del modelo permite realizar énfasis en evaluación de la vulnerabilidad de diferentes unidades de análisis: sectores, población, ecosistemas y sus servicios; teniendo presente que son parte de un territorio y dependen e interactúan con los demás elementos. Como elementos complementarios para el análisis de vulnerabilidad se incluyen: conflictos de uso del suelo, infraestructura vial, ubicación de embalses, centros urbanos y concesiones mineras. Adicionalmente, se recopila y se espacializa geográficamente el registro de eventos de emergencia y desastre (inundaciones, deslizamientos e incendios forestales), así como los avances existentes en términos de estimación de susceptibilidad a este tipo de eventos. El objetivo de evaluar la vulnerabilidad, es brindar los insumos técnicos para la definición de criterios que conlleven a la formulación de medidas de adaptación y reducción de la vulnerabilidad, al ser incorporadas en la planificación y el ordenamiento territorial.

### 3. Metodología AVA

#### 3.1. Área del estudio

El río Cauca es la principal arteria fluvial del occidente Colombiano. Nace en el sur del país en el Macizo Colombiano, en el cerro de “El Español” cerca del páramo de Sotará en el Departamento del Cauca, a una altura aproximada de 3.200 msnm, y desciende hacia el norte siguiendo la dirección paralela a la cordillera Occidental. Tiene una longitud de 1.360km y desemboca en el río Magdalena, en el Departamento de Bolívar. Atraviesa de sur a norte nueve departamentos (Cauca, Valle del Cauca, Quindío, Risaralda, Caldas, Antioquia, Córdoba, Sucre y Bolívar). Se subdivide en tres grandes regiones, la cuenca alta, media y baja. La cuenca alta (que es objeto de estudio de AVA), comprende un área de 3.031.488 hectáreas, de la cual el 34,1% se encuentra en el departamento del Cauca, 37,9% en el Valle, 6,4% en el Quindío, 7,9% en Risaralda y 13,7% en Caldas (Figura 1).

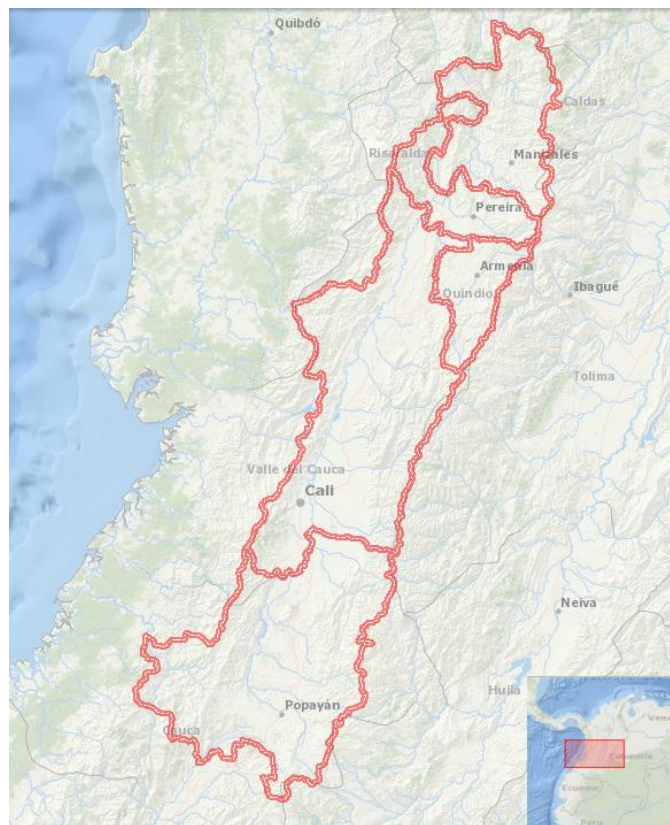


Figure 1. Mapa Cuenca Alta del Río Cauca.

La Cuenca Alta del Río Cauca se extiende desde el Macizo Colombiano hasta los límites de los departamentos de Caldas y Antioquia, entre las cimas de las cordilleras occidental y central. Su altitud varía desde los 5.400 msnm en las nieves perpetuas de la cordillera central y los 950 en el valle aluvial del Cauca. El área de estudio aloja 191 sub-cuencas que tributan al río Cauca, comprende 99 municipios y alberga una población de aproximadamente 7.056.000 habitantes. La Tabla 2 muestra las áreas de los departamentos y municipios que se encuentran en la Cuenca, calculadas a partir de las coberturas departamentales mediante el software.

El corredor agrícola e industrial que se encuentra ubicado en el área de esta cuenca desarrolla agricultura tradicional, cultivo de café, de caña de azúcar, frijol, plátano, cítricos, cacao, maíz, aguacate, entre otros. Además, aproximadamente el 20% de la población nacional se beneficia de la oferta ambiental de los recursos de esta cuenca.

Actualmente la cuenca hidrográfica del río Cauca presenta un alto deterioro, debido principalmente al uso inadecuado del suelo, deforestación, contaminación hídrica de origen antrópico y desecamiento de ciénagas y humedales, para la expansión de la frontera agrícola especialmente en la zona plana.

Debido a esto, los principales desafíos en la cuenca radican en el manejo eficiente del recurso hídrico, puesto que para departamentos como Cauca y Valle del Cauca el uso de este recurso es primordial para el desarrollo de las actividades agrícolas, pues éstas actividades demandan el 42% y el 75% del recurso en cada departamento, respectivamente (CONPES, 2009).

Adicionalmente, los departamentos de Caldas, Quindío y Risaralda, en sus Planes de Desarrollo Regional, han integrado estrategias de fortalecimiento institucional así como de gestión, prevención y atención de desastres, reforzando los planes de ordenamiento territorial. Todo ello con el fin de planificar el desarrollo en un contexto de variabilidad climática aumentando la capacidad de respuesta de los territorios ante dicha situación, donde el adecuado aprovechamiento del agua es un gran reto para estos departamentos, tanto para su fortalecimiento en el presente como para obtener mayor competitividad a futuro.

Finalmente, debe tenerse en cuenta que el área estudiada en la Cuenca, no abarca el 100% del territorio de los departamentos de estudio (excepto para el caso del Quindío donde sí abarca la totalidad del territorio del departamento). Por lo mismo, los resultados de vulnerabilidad deben considerar que la vulnerabilidad no es representativa de todo el departamento y se concentra en unos municipios más que en otros. A continuación, se detalla el porcentaje del área de la Cuenca en el departamento:

**Tabla 2.** Departamentos, número de municipios, número de subcuencas, área y población, en el área de estudio de AVA – Cauca

DEPARTAMENTO	Municipios en el Departamento	Area Depto. km <sup>2</sup>	Municipios en la Cuenca	Area Cuenca km <sup>2</sup>	Porcentaje de área de la cuenca en el Departamento
CALDAS	27	7,421	19	4,160	56.1%
CAUCA	41	30,807	23	10,339	33.6%
QUINDIO	12	1,934	12	1,934	100.0%
RISARALDA	14	3,580	12	2,396	66.9%
VALLE DEL CAUCA	42	20,622	33	11,485	55.7%
<b>TOTAL</b>	<b>136</b>	<b>64,364</b>	<b>99</b>	<b>30,315</b>	<b>47.1%</b>

### 3.2. Marco conceptual para el análisis AVA

De acuerdo con la revisión bibliográfica realizada sobre metodologías de vulnerabilidad, este estudio tomó como referencia la metodología propuesta por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés). Adicionalmente, la revisión bibliográfica y de experiencias previas en Colombia sobre análisis de vulnerabilidad, fue importante para el desarrollo del marco conceptual de AVA, en el sentido de insertar una mirada multidimensional a la vulnerabilidad y además, de tener en cuenta la relevancia de vincular estos análisis con los procesos de planificación territorial y la definición de políticas públicas.

En este sentido y de acuerdo con el IPCC, la **vulnerabilidad** se define como el grado de susceptibilidad o de incapacidad de un sistema para afrontar los efectos del cambio climático, particularmente de la variabilidad del clima y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está dada en función de la sensibilidad y capacidad de adaptación del sistema, adicionalmente del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática al que esté expuesto. Esta se puede evaluar en términos de exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa (IPCC, 2007). En el proyecto AVA se entenderá por sistema, el sistema productivo como tal, lo que incluye el cultivo, las variables ambientales, el manejo (esto incluye los productores y organizaciones comunitarias), los factores abióticos (e.g. disponibilidad de agua), y los actores que apoyan proveyendo servicios y recursos para el sector agropecuario de forma directa o indirecta.

Dentro del proyecto AVA los componentes que se emplearon para determinar la vulnerabilidad de los sistemas productivos son **exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa**. Los cuales se definen a continuación:

### **a) Exposición**

Es el grado en que un sistema productivo está expuesto a variaciones climáticas importantes. En el marco del proyecto AVA, se entiende como las condiciones que se encuentran fuera del rango óptimo de desarrollo eco-fisiológico que un cultivo requiere para que sus condiciones de producción sean óptimas y más competitivas. Según lo expresado, todos los cultivos que se mantienen en este “rango de confort” presentan una mínima exposición, caso contrario para aquellos que se localicen bien por encima o por debajo de las condiciones climáticas que definen el “rango de confort” para cada cultivo. Para este estudio el “rango de confort” está determinado por la oferta climática, sus cambios o variabilidad, y la oferta ambiental, especialmente de agua, tipos de suelos, nutrientes y niveles de degradación de los agro ecosistemas. En este caso, la exposición se calculó mediante indicadores del área de los cultivos y la importancia económica de éstos en cada municipio, por ende desde la perspectiva agropecuaria a mayor área cultivada relacionada con las actividades económicas del cultivo mayor es la exposición.

### **b) Sensibilidad**

Es el grado en el cual un sistema productivo responderá a un cambio dado en el clima, incluyendo efectos beneficiosos o dañinos. En el marco del proyecto AVA, se calculó con base en tres indicadores que se enfocan principalmente en el cultivo y los factores abióticos, el primero variabilidad del rendimiento de cada cultivo en los últimos 10 años para cada municipio, el segundo un indicador que califica el grado de erosión en cada uno de los territorios municipales y el tercer indicador empleado fue el de aptitud climática para cada cultivo.

### **c) Capacidad adaptativa**

Se define como la habilidad del sistema productivo para ajustarse al cambio climático. Corresponde a los medios por los cuales la gente u organizaciones usan los recursos disponibles y habilidades para enfrentar las consecuencias adversas que puedan conducir a efectos dañinos sobre la agricultura. En general, esto supone un manejo de recursos y capacidades tanto en tiempos normales como en periodos de crisis. La capacidad de adaptación permite a las comunidades tener cierta resiliencia para resistir los efectos de los riesgos naturales o antrópicos pudiendo con ello restaurar la condición inicial una vez pasado el efecto del fenómeno adverso (UN/ISDR, 2004). Este componente se asocia al nivel de desarrollo tecnológico del que se dispone, a la capacidad de acción efectiva que pueda tener el gobierno en una región, a las condiciones sociales y políticas, a los fenómenos de concentración y fragmentación de los usos del suelo, a la degradación ambiental que se presenta en el área de estudio y bien se puede afirmar que a las condiciones socioculturales prevalecientes en la misma. Para el desarrollo de la metodología AVA, se relacionaron múltiples indicadores del entorno social, político y económico incluyendo el cumplimiento de



metas del plan de desarrollo a escala municipal, la inversión agropecuaria a escala departamental, la fragilidad por capital humano a escala municipal y las necesidades básicas insatisfechas, entre otros.

La figura 2 muestra la relación entre los tres componentes de la vulnerabilidad en el Proyecto AVA.

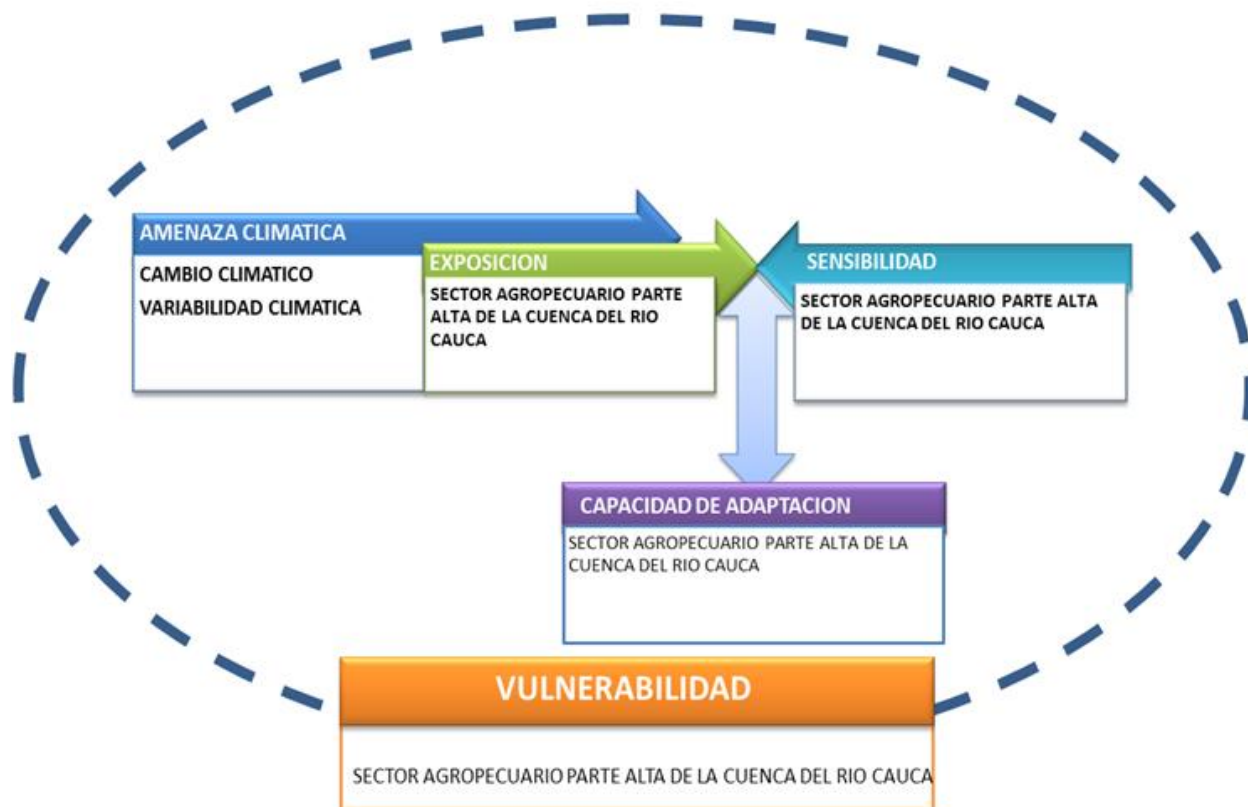


Figura 2. Esquema metodológico del proyecto AVA. Componentes de la vulnerabilidad

### 3.3. Proceso metodológico

La construcción de la metodología de análisis de vulnerabilidad se desarrolló en dos etapas principalmente (Figura 3). Inicialmente se realizó una extensa revisión bibliográfica sobre metodologías de evaluación de la vulnerabilidad, para conformar la línea base del proyecto, parte de los que se describen en las secciones anteriores. Adicionalmente y con el objetivo de desarrollar una metodología participativa, se llevaron a cabo talleres y reuniones de consulta y discusión con actores claves pertenecientes a la cuenca. A partir de los resultados obtenidos en estos talleres se elaboró la metodología de vulnerabilidad. Finalmente, se realizó un análisis de vulnerabilidad identificando los municipios y cultivos más susceptibles a los impactos de la

variabilidad climática y el cambio climático, con base en estos resultados se sugieren algunas acciones prioritizadas de acuerdo con los rangos y niveles de vulnerabilidad hallados en la cuenca para los principales cultivos estudiados tales como café, caña de azúcar, papa, frijol, cacao, y plátano. En los siguientes ítems se describe con mayor detalle la metodología desarrollada en el proyecto (Figuras 3 y 4).



Figura 3. Desarrollo metodológico del proyecto AVA

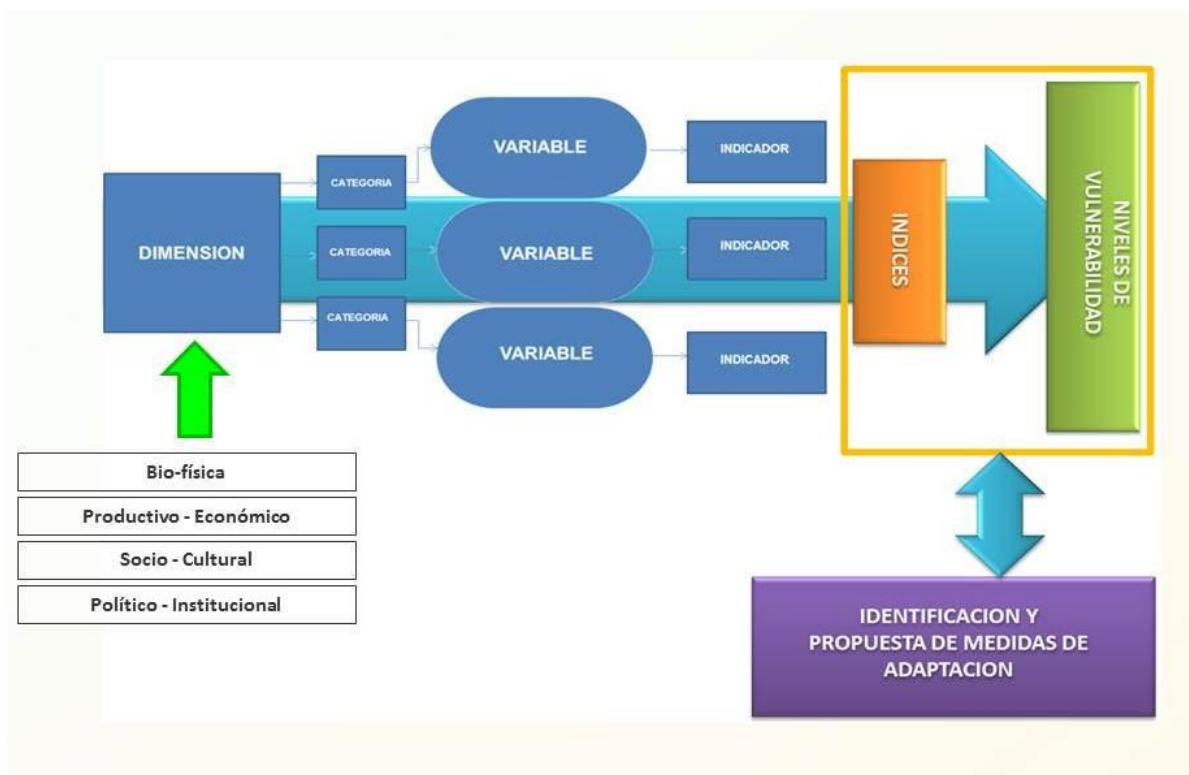


Figura 4. Esquema de la metodología AVA

### 3.4. Desarrollo participativo de la metodología AVA

Para la elaboración de la metodología AVA se llevaron a cabo 4 talleres participativos y reuniones con múltiples actores estratégicos pertenecientes a la cuenca alta del río Cauca. Dichos talleres se realizaron con el objetivo de intercambiar conocimientos, debatir y elaborar de manera participativa las dimensiones de la metodología de vulnerabilidad y sus indicadores. Entre los actores convocados se encuentran miembros de los sectores agrícola y ambiental de la cuenca alta, representantes de la industria, institutos de investigación, expertos académicos en materia de cambio climático, agricultura y medio ambiente, organizaciones de agricultores, gremios, comunidades tanto indígenas como afrodescendientes y autoridades de los gobiernos nacionales, regionales y municipales (Gobernaciones y Alcaldías con sus secretarías de Planeación, Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MADR, Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible - MADS, Departamento de Planeación - DNP, Departamento Administrativo Nacional de Estadística, Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales - IDEAM, Instituto Geográfico Agustín Codazzi, entre otros).

Durante los talleres participativos se realizaron actividades como presentaciones, mesas de trabajo, plenarias y discusiones. Los temas desarrollados en dichos talleres fueron:

- Discusiones acerca de parámetros teóricos y epistemológicos sobre cambio climático y las diferentes metodologías de análisis de vulnerabilidad (IPCC, modelos híbridos, comunicación nacional de cambio climático, etc).
- Se definió la escala de aplicación de la metodología AVA, escala micro (municipal), permitiendo así un análisis de la vulnerabilidad más a nivel local para ser aplicado en diferentes sectores agrícolas y de forma comparativa entre regiones.
- Se identificaron los cultivos prioritarios para la zona de estudio los cuales se debían analizar en la metodología AVA. La elección de los cultivos se basó tanto en este proceso colectivo de priorización previa, como en la información disponible.
- Se establecieron las variables y modelos climáticos a utilizar en el análisis de vulnerabilidad para la cuenca.
- Se elaboraron de forma participativa los indicadores a utilizar en el análisis de vulnerabilidad. Estos indicadores se estructuraron en cuatro dimensiones, según se consideró su representatividad y pertinencia para este estudio: biofísica, socio-cultural, política-institucional y económico – productiva.

Las cuatro dimensiones acordadas se definen de la siguiente manera:

**a) Dimensión socio-cultural** comprende las características de un hogar, como por ejemplo, aquellos con mujeres cabeza de familia y adultos mayores. Igualmente contempla las necesidades básicas insatisfechas de las comunidades, los niveles de alfabetización y el riesgo de una población a sufrir una catástrofe de origen natural.



**b) Dimensión biofísica**, hace referencia a un conjunto de estructuras y relaciones del contexto ambiental. Comprende la geomorfología, los suelos, las coberturas vegetales, los cuerpos de agua, los ecosistemas, los agro-ecosistemas y los servicios ambientales y ecosistémicos correspondientes a los elementos anteriores.

**c) Dimensión político-institucional**, busca evaluar la capacidad de gestión institucional, administrativa y fiscal de las instituciones públicas a nivel local, regional y nacional. Además contempla las prioridades y porcentaje de inversión del presupuesto de las entidades territoriales, en temas relacionados con la sostenibilidad ambiental y el sector agropecuario.

**d) Dimensión económica-productiva** contempla lo relacionado con la producción agrícola y el área bajo cultivo, la eficiencia de los sistemas agro-productivos, los ingresos municipales que dependen de la actividad agrícola y los procesos de optimización de los recursos agrícolas.

Por último, vale la pena rescatar que las consultas e interacción con las comunidades tradicionales (por ej. las comunidades indígenas) fueron muy importante para comprender los procesos de adaptación que ya se estaban implementando por parte de las comunidades y que pueden servir como insumo para las recomendaciones de adaptación que surjan de AVA. Por otro lado, fue un reto poder utilizar sus indicadores biológicos y etno- meteorológicos, junto con sus percepciones locales, pues además de que el proyecto no se enfoca únicamente en territorios y comunidades indígenas, la información debe cumplir con ciertos criterios de rigor (disponibilidad, confiabilidad, escala temporal, escala de la información, accesible, entre otros). Para el caso de información que provenga de las comunidades, esto incluye el consentimiento informado.

### 3.5. Selección de indicadores y forma de calcularlos

A partir de los talleres participativos se obtuvo un listado de indicadores para cada uno de los factores de vulnerabilidad analizados en este estudio. Dichos indicadores fueron seleccionados considerando su pertinencia para la medición y monitoreo de la vulnerabilidad, además, teniendo en cuenta aquellos que fueran más representativos de las cuatro dimensiones priorizadas por la metodología AVA para hacer un análisis a nivel multi-escala (ya sea local, regional o nacional).

Al final del proceso de discusión y consulta, a pesar que todos los indicadores seleccionados en los talleres eran ideales para realizar estudios de análisis de vulnerabilidad, fue necesario excluir algunos y seleccionar sólo aquellos para los cuales se contó con información *disponible* a escala municipal y *en las series de tiempo requeridas*, además de información *robusta* y de *calidad*. Para la priorización de los indicadores, también se consideraron los indicadores que son *pertinentes* (que responden al propósito de este proyecto), *medibles* (de forma cualitativa o

cuantitativa), únicos (no redundantes), *simples* (de fácil elaboración), *específicos* (que permiten medir realmente lo que se desea), *confiables* (los datos utilizados para la construcción del indicador deben ser fidedignos) y *replicables* (que puedan ser aplicados a otras escalas y lugares). En la medida de lo posible, se intentó que los datos fueran lo más recientes posible y se manejó un periodo de análisis del 2005 al 2010.

Finalmente se seleccionaron 15 indicadores, los cuales fueron incluidos dentro de la metodología AVA, como se indica a continuación (Tabla 3 y Figura 5).

**Tabla 3.** Indicadores seleccionados para la metodología AVA

Factor de Vulnerabilidad	Indicador	Dimensión
Exposición	Aporte del sistema productivo al PIB Municipal	Económico -Productiva
	Área cultivada (por cultivo)	Económico - Productiva
Sensibilidad	Áreas erosionadas (2003)	Biofísico
	Aptitud climático (actual, 2030, 2050)	Económico -Productiva
	Coefficiente variación rendimiento	Económico -Productiva
Capacidad Adaptativa	FD Fragilidad por rasgos sociodemográficos	Socio-Cultural
	NBI Necesidades básicas insatisfechas	Socio-Cultural
	FCH Fragilidad por capital humano	Socio-Cultural
	FA Fragilidad Ambiental	Socio-Cultural
	Rendimiento (ha/Año)	Económico -Productiva
	IDHA Índice desarrollo humano ajustado	Socio-Cultural
	Inversión agrícola (Inv. Agropecuaria)	Político - Institucional
	Capacidad administrativa y fiscal 2005 a 2010 (Gestión)	Político - Institucional
	Cumplimiento de Metas del Plan de Desarrollo (Eficacia)	Político - Institucional
	Inversión ambiental (Inv. Sostenibilidad)	Político - Institucional

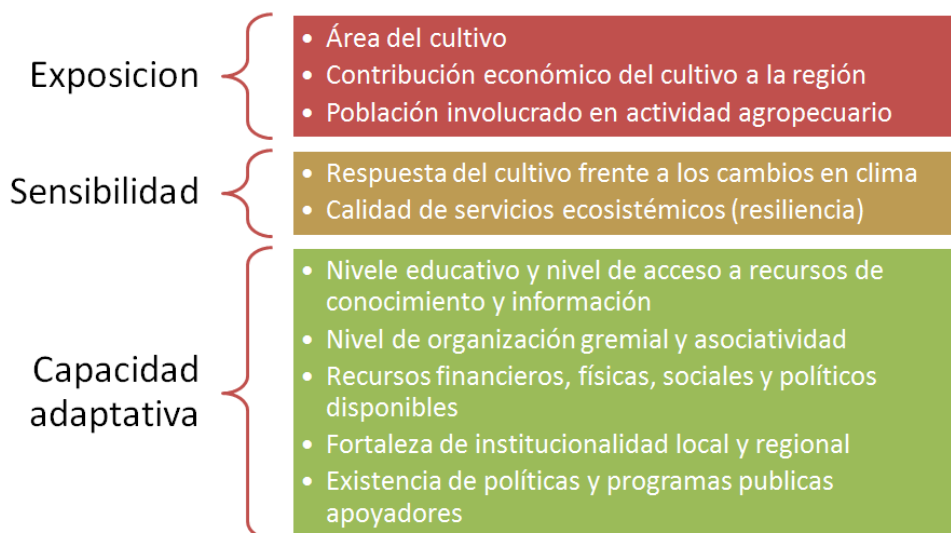


Figura 5. Tipos de indicadores usados para cada componente de vulnerabilidad empleados en la Metodología AVA

Para estimar el factor de **exposición** dentro de la metodología AVA se emplearon indicadores relacionados con el área del cultivo y la contribución económica del cultivo al PIB regional. Más específicamente, los siguientes indicadores fueron utilizados para reflejar el grado de exposición de un cultivo:

**a) Aporte del sistema productivo al PIB municipal (ha / año / municipio)**

El Producto Interno Bruto (PIB) es el valor total de la producción corriente de todos los bienes y servicios de un país, durante un período de tiempo determinado, por lo general un trimestre o un año. La tasa del PIB Municipal es la medida de la variación interanual del PIB Agrícola Municipal (PIBa) en función de la oferta climática y tecnológica. Este se calculó con base en información del PIB realizado para una serie de tiempo de 10 años (2000 al 2010).

Para el proyecto AVA, este indicador hace referencia al valor total de la producción agrícola en cada uno de los municipios donde se cultiva la especie estudiada. Actualmente, no existe información oficial de PIB agrícola a nivel departamental y municipal (PIBa). Por lo tanto, este indicador se construyó paso a paso, con el grupo de economistas del proyecto para una amplia gama de cultivos, a partir de información recolectada en el DANE, AGRONET, MADR, y en las Secretarías de Agricultura Departamental de Caldas, Cauca, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca.

Para el cálculo de éste, en primer lugar se tomó para cada año el valor de la producción nacional y departamental de cada cultivo que reporta el DANE en la Encuesta Nacional Agropecuaria-ENA. Posteriormente se estableció la proporción de la producción departamental con respecto a la producción nacional y luego, el resultado obtenido, se multiplica por el valor

de balance - oferta utilización de productos (BOU) reportado por el DANE. El BOU corresponde a los ingresos en pesos obtenido por cada producto agrícola.

$$PIBa\ departamental = [Producción\ departamental\ (Ton) / Producción\ nacional\ (Ton)] * BOU$$

Para el cálculo del aporte del sistema productivo al PIBa municipal, inicialmente se establece el valor de la producción municipal y departamental por año así:

$$Valor\ de\ la\ Producción\ municipal\ del\ cultivo: \text{Área sembrada del cultivo (ha)} * \text{Rendimiento del cultivo (Ton / ha)}.$$

Luego se calcula la contribución de cada municipio a la producción total del departamento respectivo (% de participación municipal), de esta manera:

$$\% \text{ participación municipal de la producción: } (Producción\ municipal\ (Ton) * 100) / Producción\ total\ del\ departamento\ (Ton)$$

Finalmente, con los valores de PIBa departamental y el porcentaje de participación municipal, se estima el aporte del sistema productivo al PIBa municipal como:

$$PIBa\ municipal = (\% \text{ participación municipal del departamento} * PIBa\ departamental) / 100$$

De esta forma se calcula el aporte del sistema productivo al PIB Agrícola Municipal-PIBa.

### **b) Área cultivada**

Este indicador determina el área total del municipio que está bajo algún tipo de cultivo (según los cultivos priorizados para este proyecto). En este sentido, es importante considerar que a mayor área cultivada, más expuesto se encuentra el municipio.

En el caso del factor de **sensibilidad** los indicadores empleados se refieren a la respuesta del cultivo frente a los cambios en el clima y la calidad de servicios ecosistémicos (como un factor que contribuye a la resiliencia del cultivo):

### **c) Áreas erosionadas**

Permite clasificar los grados de erosión a nivel nacional. La información se recolectó en la cuenca y adicionalmente los datos se consultaron desde el portal del SIGOT. La erosión es un muy buen indicador de calidad, fertilidad y funcionalidad del suelo. Por esto, dentro del contexto de la metodología AVA se empleó como un indicador indirecto para estimar la degradación del

suelo, la cual está muy ligada a la sensibilidad de los cultivos. Es decir que a mayor degradación del suelo, los cultivos se verán más afectados ante un cambio en el clima.

#### **d) Aptitud climática (actual, 2030 y 2050)**

Este indicador determina la aptitud climática para el crecimiento, desarrollo y producción del cultivo. Cualquier cultivo tiene un nicho climático específico necesario para el desarrollo y la producción del mismo. Los cultivos que se encuentran dentro del margen climático necesario para la producción por lo general son menos productivos y más sensibles a cualquier cambio del clima, por ejemplo un periodo más seco, más húmedo y con temperaturas más altas significa que las condiciones se salen del rango óptimo para el desarrollo del cultivo. Sin embargo, los cambios del clima también pueden ser benéficos para la producción cuando estos responden al rango óptimo de producción de un cultivo en específico (para el caso de este estudio, sólo se analizó considerando los cultivos priorizados por AVA). Por esto, el factor de sensibilidad indica las áreas que presentan rangos aptos o con un margen de adaptabilidad para los cultivos.

En el caso de la metodología AVA las áreas óptimas de producción se obtuvieron a partir del modelo de crecimiento EcoCrop, desarrollado por la FAO. Este modelo permite establecer las zonas potenciales para el crecimiento de un cultivo, teniendo en cuenta los parámetros de precipitación y temperatura adecuados para su desarrollo. Dichos parámetros se obtienen de la base de datos de la FAO o de fuentes más locales según sea necesario.

Para la ejecución del modelo se necesitaron datos de clima actual y futuro, la línea base actual corresponde a datos históricos del clima obtenida de [www.worldclim.org](http://www.worldclim.org). Las variables incluidas en esta línea base son la precipitación total mensual, y la media mensual, temperatura mínima y máxima, y 19 variables bioclimáticas (Hijmans et al., 2005a)

Para establecer el clima futuro, CIAT tiene acceso a los datos del portal de la Red del Sistema Tierra (ESG) con 19 modelos de circulación general (GCMs, por sus siglas en Inglés) para el escenario de emisiones SRES-A2 y de dos diferentes periodos de 30 años corriendo promedios (es decir, 2010-2039 [2020], 2040-2069 [2050]). Cada conjunto de datos (escenario SRES - GCM - intervalo de tiempo) se compone de 4 variables mensuales (temperatura media, máxima, mínima y precipitación total), sobre una resolución espacial de 30 segundos de arco (Ramírez y Jarvis, 2008). Los datos usados se encuentran disponibles de forma gratuita en [www.ccafs-climate.org](http://www.ccafs-climate.org).

Dentro del marco del proyecto, se analizó un total de 17 cultivos de importancia regional, pero la presentación de resultados, discusión y conclusiones se concentra en los cultivos prioritarios definidos durante los talleres con actores locales; es decir, café, cacao, frijol, papa, plátano y caña de azúcar. Los parámetros usados para cada cultivo en el modelo EcoCrop están presentados en la Tabla 4. En amarillo se resaltan los cultivos analizados en el proyecto AVA. En el anexo 1 se encuentra un listado de los 19 GCMs usados en el estudio.

Tabla 4. Parámetros EcoCrop por cada cultivo

Cultivo	Gmax	Temp. Minima Absoluta	Temp. Minima	Temp. Optima Minima	Temp. Optima Maxima	Temp. Maxima	Prec. Minima	Prec. Optima a Min.	Prec. Optima Maxima	Prec. Maxima
Aguacate lorena	365	12.0	18.0	26.0	30.0	32.0	1000	1500	2000	3000
Aguacate hass	365	-1.0	5.0	17.0	20.0	22.0	1000	1500	2000	3000
Arveja	140	-7.2	4.0	12.0	18.0	26.0	100	150	300	400
Cacao	365	10.0	18.0	21.0	30.0	32.0	1250	1500	2000	3000
Cafe arabica	365	0	16.5	18.6	22.7	24.7	750	1400	2300	4200
Caña de azúcar	365	-1.0	17.0	24.0	28.0	38.0	800	843	1439	2500
Cana panelera	365	-2.0	15.0	24.0	37.0	41.0	1000	1500	2000	5000
Citricos	365	0	13.0	20.0	30.0	39.0	800	1200	2000	2500
Frijol	170	0	13.5	17.5	23.1	25.6	200	363	450	710
Maiz tecnificado	170	0	8.0	23.0	28.0	40.0	600	800	1200	1700
Mango	365	-1.0	19.2	21.7	26.8	29.4	300	877	3584	4937
Papa	180	-1.0	7.0	10.0	15.0	20.0	450	500	2500	3000
Plátano	365	0	15.0	16.0	24.0	35.0	700	1000	2000	5000
Tomate árbol	365	-0.1	14.0	16.0	19.0	22.0	1200	1400	2000	2300
Yuca	240	0	15.0	22.0	32.0	45.0	300	800	2200	2800
Tomate chonto	150	0	7.0	20.0	27.0	35.0	400	600	1300	1800
Trigo	250	0	5.0	15.0	23.0	27.0	300	750	900	1600

### **e) Coeficiente de variación de rendimiento (Ton/ha/Año)**

Hace referencia a la producción de un cultivo agrícola expresada en unidad de peso (Tonelada –Kilogramos) en un área determinada ( $\text{ha-m}^2$ ) y en un tiempo determinado (año). Esta información se construyó a partir de los datos obtenidos en las Secretarías de Agricultura Departamental de Caldas, Cauca, Quindío, Risaralda y Valle del Cauca. En promedio se obtuvieron datos entre el año 2000 y 2010, para áreas sembradas y producción en kilos de cultivos perennes, semiperennes y transitorios. Es importante mencionar que para el caso de capacidad adaptativa se utilizó el rendimiento como indicador.

Finalmente, para determinar la **capacidad adaptativa** se utilizaron indicadores que reflejan el nivel educativo y nivel de acceso a recursos como conocimiento e información, el nivel de organización gremial y asociatividad, los recursos financieros, físicos, sociales y políticos disponibles al nivel de municipio, la fortaleza de la institucionalidad local y regional y la existencia de políticas y programas públicas:

### **f) Vulnerabilidad por rasgos sociodemográficos**

Este indicador toma en consideración el promedio de miembros en el hogar, el porcentaje de hogares con jefatura femenina, el número promedio de adultos mayores (> 64 años) por hogar, y el número promedio de niños (< 5 años) por hogar (PNUD, 2011).

### **g) Necesidades básicas insatisfechas (NBI)**

Este índice determina, con ayuda de algunos indicadores simples, si las necesidades básicas de la población se encuentran cubiertas. Los indicadores simples seleccionados son: viviendas inadecuadas, viviendas con hacinamiento crítico, viviendas con servicios inadecuados, viviendas con alta dependencia económica, viviendas con niños en edad escolar que no asisten a la escuela. Los datos obtenidos corresponden a los registrados por el DANE (2005).

### **h) Vulnerabilidad por capital humano**

Los componentes destacados de este indicador son tasa de alfabetización y personas en edad de trabajar por hogar (PNUD. 2011).

### **i) Vulnerabilidad ambiental**

Este indicador lo hace el PNUD (2011) con base en la propuesta metodológica de González *et al.* (2009). Es función de las variables: índice de desastres, ruralidad y el índice de desertificación, más el error de la estimación.

### **j) Índice desarrollo humano ajustado por violencia y concentración de la tierra (IDHA)**

Este índice incorpora cantidad de homicidios e intensidad del desplazamiento. Hace una medición de violencia donde se integra la esperanza de vida para evidenciar el impacto de ese fenómeno en el nivel de vida larga y saludable de los colombianos. Además de la violencia introduce de manera explícita el Gini de tierras, en los ámbitos nacionales, departamentales y municipales. El cálculo del logro educativo no se modifica (PNUD, 2011).



### **k) Inversión agrícola**

Porcentaje del presupuesto departamental destinado al sector agropecuario, que se encuentre consignado en el documento de regionalización del presupuesto de inversión (DNP, 2012). Este indicador es pertinente puesto que logra establecer la destinación presupuestal con recursos generales del Estado en el sector agropecuario, y en esta medida genera información acerca de la capacidad institucional en el ámbito de lo público, demostrando las fortalezas de cada departamento con miras a la resolución de problemáticas relacionadas con el sector agropecuario.

### **l) Capacidad administrativa y fiscal (2005 a 2010)**

Es el índice de la capacidad administrativa y financiera de un municipio para materializar los objetivos y metas programadas en el plan de desarrollo local (DNP, 2011). Este indicador es pertinente dado que brinda señales importantes acerca de los resultados en gestión pública obtenidos por las administraciones municipales, entendida, como un conjunto de procesos económicos, ambientales, políticos, institucionales, físicos y financieros concebidos desde su planificación, ejecución y evaluación para el cumplimiento de los planes de desarrollo municipales.

### **m) Cumplimiento de metas del Plan de Desarrollo (Eficacia)**

Este índice mide el estado de avance en el cumplimiento de las metas programadas en los Planes de Desarrollo Municipales. Evalúa en qué medida se siguen los planes, programas y proyectos existentes en los Planes de Desarrollo Municipales. Así, permite evaluar las fortalezas acumuladas por el municipio (o el departamento), que les permitirían hacer frente a diversas problemáticas, incluyendo eventos climáticos adversos.

### **n) Inversión ambiental**

Porcentaje del presupuesto departamental destinado a sostenibilidad ambiental y prevención del riesgo, que se encuentre consignado en el documento de regionalización del presupuesto de inversión (DNP, 2012). Este indicador es pertinente porque logra establecer la destinación presupuestal con recursos generales del Estado en el tema de sostenibilidad ambiental y prevención del riesgo, con miras al cumplimiento de uno de los pilares del Plan Nacional de Desarrollo.

### **o) Rendimiento (Ton/ha/año)**

Aunque por algunos cultivos existen datos que representa el nivel de asociatividad, o nivel de apoyo gremial recibido por los productores, no existen datos a nivel regional y por todos los cultivos para representar estos aspectos. Por lo tanto, se usa como proxy un indicador de capacidad adaptativa que representa el nivel de productividad que se logra a nivel municipal, cultivo por cultivo. Este proxy representa los niveles productivos que se tiene, y funciona bajo el supuesto que una comunidad productiva que recibe buen extensión, que tenga acceso a información y tecnologías mejoradas, y que tenga capacidad de comprar y usar insumos agrícolas, tendrán como resultado, altos niveles de producción. Aunque hay mejores



indicadores para representar estos aspectos por separado, en el caso de la aplicación regional de AVA presentado en ese informe solo usamos ese proxy de rendimiento.

### 3.6. Análisis de datos

Para la construcción del modelo se empleó una escala de 1 a 5 para cada unidad espacial (1Km pixel) y para cada indicador. En el caso de los indicadores relacionados con los factores de exposición y sensibilidad, el 5 representa altos niveles, indicando una contribución a mayor grado de vulnerabilidad. En el caso de la capacidad adaptativa, un valor de 5 representa alta capacidad de adaptación y por lo tanto contribuye a la reducción en la puntuación global de la vulnerabilidad. De acuerdo con esto cada píxel y cada indicador se incorporan a un modelo regido por la siguiente ecuación:

$$\text{Vulnerabilidad} = (\text{Exposición} + \text{Sensibilidad}) - \text{Capacidad Adaptativa}$$

Para cada componente de la ecuación, se calculó el promedio de los diferentes indicadores seleccionados. Es importante mencionar, que dentro de la metodología propuesta es posible realizar ponderaciones para cada indicador, enfatizando uno sobre el otro. Adicionalmente es posible realizar ponderaciones del peso de los diferentes componentes de vulnerabilidad (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa). Sin embargo, dada la gran diversidad de perspectivas sobre vulnerabilidad expresadas durante los talleres participativos con expertos y actores locales, no se usaron ponderaciones en el análisis presentado en este reporte.

Finalmente, la vulnerabilidad de cada departamento se calculó con la multiplicación del promedio del índice de vulnerabilidad (para cada cultivo dentro de cada departamento) por el área cultivada (indexado, cinco siendo el área máximo cultivado por cultivo/departamento).

### 3.7. Supuestos y limitaciones de la metodología AVA

Uno de los retos en la elaboración del análisis de vulnerabilidad es buscar la mejor manera de integrar enfoques cuantitativos y cualitativos, que podrían ampliar el alcance del análisis para compensar las debilidades de uno u otro enfoque y además, para integrar las interrelaciones entre los componentes biofísicos, económico-productivos y los socio-culturales. Si bien en los análisis de vulnerabilidad los datos cualitativos son más difíciles de obtener, cuantificar e interpretar, este enfoque tiene un gran valor agregado, pues permite una mejor comprensión de las causas estructurales y los procesos que subyacen a los distintos tipos de vulnerabilidad.

Por otro lado, los datos cuantitativos son más comunes en los análisis de vulnerabilidad. Sin embargo, un enfoque meramente cuantitativo puede no ser suficiente, ya que se pierden detalles importantes relacionados con la vulnerabilidad, que pueda responder a preguntas tales como: ¿Por qué? ¿Qué significa esto? ¿Qué implicaciones tiene?, etc.

La metodología propuesta por AVA para el cálculo de la vulnerabilidad es predominantemente cuantitativa, y busca a través de múltiples indicadores clave determinar la vulnerabilidad de los sistemas productivos priorizados por el estudio frente al cambio climático en la Cuenca Alta del Río Cauca. Aunque el proyecto recopiló y generó información valiosa de los talleres organizados con varios tipos de actores (tal como el diseño de las cuatro dimensiones de vulnerabilidad), y aunque tuvo una gran ambición de involucrar una diversidad de actores, utilizar un enfoque cualitativo tuvo varios desafíos.

Por un lado, es difícil integrar la gran cantidad de información cualitativa en indicadores que sean fácilmente cuantificables y representativos a mayor escala, dado que la mayoría de esta información se basa en percepciones y experiencias subjetivas y locales de las comunidades. Muchos de los indicadores de vulnerabilidad identificados inicialmente se basan en las percepciones y experiencias de los actores que intervinieron en el proceso, los cuales no pudieron ser representados en el modelo debido a que los insumos para realizar las evaluaciones de vulnerabilidad deben ser lo suficientemente robustos y representativos de toda la región y objetos de estudio, para poder procesar y analizar los datos. En los casos en los cuales se identifican varios indicadores basados en estas percepciones, los enfoques cualitativos para realizar evaluaciones de la vulnerabilidad pueden ser más apropiados. Estos enfoques cualitativos pueden capturar la riqueza de los puntos de vista de los actores, sin embargo, pueden presentar dificultades al momento de ser realizados a escalas regionales y nacionales.

Por otro lado, una gran cantidad de indicadores puede representar otro desafío para el diseño de un análisis de vulnerabilidad que sea coherente y donde los indicadores sean compatibles con la definición central de la vulnerabilidad. Durante los talleres participativos, los actores convocados identificaron un total de 38 indicadores de importancia regional y relevancia para la vulnerabilidad frente al cambio climático. Sin embargo, sólo se encontraron datos suficientemente detallados, confiables y en la escala requerida para el modelo para 15 de los indicadores inicialmente seleccionados. Se priorizaron al final los indicadores que permitían realizar un análisis de vulnerabilidad riguroso, ya esto depende tanto de la disponibilidad y la calidad de los datos, como del tratamiento adecuado de los mismos. Esta situación muestra una vez más que las metodologías ambiciosas para llevar a cabo los análisis de vulnerabilidad son difíciles de implementar, especialmente cuando se cuenta con información limitada acerca de los actores, procesos, contextos y en distintos niveles de escalas.

Adicionalmente, en los primeros talleres realizados se identificó que existe una gran variedad de definiciones para el concepto de vulnerabilidad. De acuerdo con esto, el significado depende en gran medida de la perspectiva de los actores involucrados. La integración de todos los puntos de vista y todas las percepciones es una tarea ambiciosa y casi irrealizable, dado que los actores tienen necesidades diversas, lo que dificulta llegar a un consenso. En este sentido, AVA utilizó indicadores que reflejan las condiciones locales de la vulnerabilidad, como fragilidad por rasgos sociodemográficos y las necesidades básicas insatisfechas (NBI). Por lo tanto, los

resultados de este análisis sólo se pueden interpretar de acuerdo con la visión y definición de vulnerabilidad, según los supuestos, indicadores y métodos descritos en las secciones anteriores.

La desagregación de los datos por género, edad, grupo socioeconómico, hubiera representado un gran aporte al análisis de vulnerabilidad en la Cuenca, ya que este tipo de información puede decir mucho sobre la población impactada por los cambios climáticos actuales y previstos y las disminuciones de productividad asociadas. Sin embargo, tal enfoque va más allá del ámbito de este estudio, ya que aquí el objeto principal es analizar cómo algunas cadenas productivas se ven afectadas o no, por los cambios en el clima.

Además, el presente análisis de vulnerabilidad facilita la identificación de los cultivos y municipios más vulnerables frente a cambios climáticos futuros, lo que puede servir como punto de partida, complementado con otros insumos, para discusiones sobre el diseño y la negociación de estrategias públicas y/o privadas de adaptación. Sin embargo, hay que tener presente que tales estrategias dependen no sólo de la información y datos disponibles, sino también de procesos políticos y relaciones de poder entre varios actores, que van más allá del alcance de esta metodología. No obstante, uno de los supuestos del proyecto con relación a este tema es que la información sobre los costos económicos y sociales que el cambio climático puede traer en el futuro permite a las tomadores de decisiones reconocer la importancia de unir esfuerzos y empezar a trabajar en conjunto, a diversas escalas y en diversos sectores, para enfrentar tanto los retos, como para aprovechar las oportunidades que surjan con el cambio.

Finalmente, de acuerdo con estudios previos (ver Vincent, 2007), el grado de incertidumbre de los modelos climáticos tiene una gran influencia sobre la toma de decisiones acerca de las medidas de adaptación y/o mitigación para el corto y especialmente para el mediano y largo plazo. El proyecto AVA cuenta con un análisis de vulnerabilidad basado en el escenario SRES-A2 del IPCC, que es el más pesimista, con el supuesto que, desde un punto de vista de impactos y adaptación, si se prepara al sector agrícola para enfrentar los peores cambios que se pueden prever a futuro, también podrá estar preparado para enfrentar condiciones menos adversas (Nakicenovic, 2000). Para disminuir el grado de incertidumbre, se utilizó un conjunto de 19 Modelos Climáticos Globales (GCMs, por sus siglas en inglés) para proyectar posibles escenarios climáticos futuros. Estos modelos emplean diferentes métodos para estimar las condiciones futuras y es por esto que las proyecciones y resultados varían entre los diferentes GCMs existentes. Sin embargo, se ha determinado que los resultados obtenidos al realizar un ensamblaje de GCMs han sido mejores comparados con los resultados obtenidos al emplear un solo GCM (Hagedorn et al, 2005). Debido a esto y con el objetivo de reducir las diferencias de resultados entre modelos, para este estudio se realizó un ensamblaje de GCMs, es decir que se usaron varios GCMs para generar las proyecciones futuras. En este sentido, 19 modelos GCM fueron empleados, los cuales se ponderaron por igual y se combinaron para



ANÁLISIS INTERINSTITUCIONAL Y MULTISECTORIAL DE  
VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO  
PARA EL SECTOR AGRÍCOLA  
DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CAUCA  
IMPACTANDO POLÍTICAS DE ADAPTACIÓN



producir un conjunto multi-modelo para generar las proyecciones de las condiciones futuras a 2030 y 2050 para la Cuenca Alta del río Cauca.

Además, es importante destacar que el análisis cuenta con proyecciones de eventos climáticos probables, pero es importante complementarla con análisis de proyecciones a futuro que consideren los rangos de cambio del clima. Este implica que las medidas de adaptación tienen que ser bastante flexibles y abiertas a cambios inesperados, que no pudieron ser proyectados por los modelos. Por esta razón, los resultados y las recomendaciones asociadas tienen que ser consideradas como un posible camino hacia la disminución de la vulnerabilidad, pero no el único.

## 4. Resultados

La metodología de análisis de vulnerabilidad propuesta por AVA es un insumo que junto con otras herramientas e información, puede utilizarse para la toma de decisiones. Lo que la metodología brinda al tomador de decisiones es la capacidad de realizar preguntas específicas por región, por cultivo, e igualmente por componente de vulnerabilidad o por dimensión. Dentro del contexto de este reporte, se presentan y discuten los resultados generales, pero vale la pena resaltar que la información que puede generar la metodología contiene mucho más detalle en cuanto a especificidad por cultivo, región o componente.

### 4.1. Resultados generales de vulnerabilidad en la cuenca

El siguiente mapa (Figura 6), muestra los diferentes grados de vulnerabilidad para todos los cultivos (promedio) de la Cuenca Alta del Río Cauca (ponderado por área bajo cultivo). Las áreas de piedemonte presentan niveles de vulnerabilidad más altos. A nivel de departamento Valle del Cauca, Caldas y Cauca presentan mayores índices de vulnerabilidad, mientras Quindío y Risaralda menor vulnerabilidad (Figura 7). Sin embargo, es importante enfocar más el análisis de resultados a nivel de cultivo, siendo el café el más vulnerable (tal como se hace más adelante). Además, también es importante recordar el área de estudio, pues la vulnerabilidad presentada no representa la totalidad de los departamentos, excepto para Quindío (Ver Tabla 2).

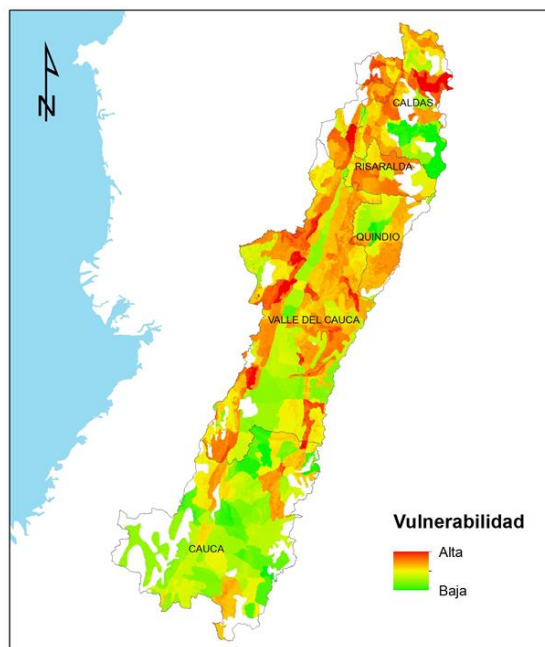


Figura 6. Promedio de vulnerabilidad actual por departamentos y para todos los cultivos de la Cuenca Alta del Río Cauca

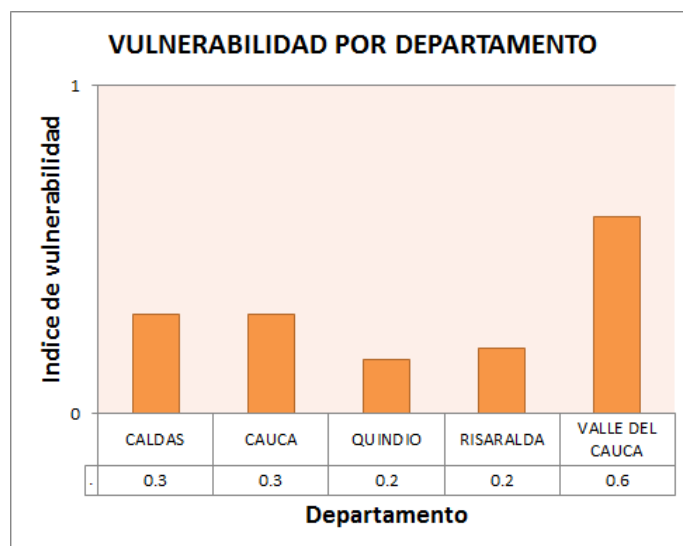


Figura 7. Promedio vulnerabilidad actual por departamentos en la Cuenca Alta del Río Cauca, escala de 0 a 5

Los datos de vulnerabilidad desagregados por cultivo, permiten identificar los cultivos con mayores niveles de vulnerabilidad en cada departamento. La tabla 4 resume la vulnerabilidad en el área de la Cuenca estudiada por AVA, ponderada por el área cultivada en todos los cultivos y departamentos. La vulnerabilidad se calculó con la multiplicación del promedio del índice de vulnerabilidad (para cada cultivo dentro de cada departamento) por el área cultivada (indexado, siendo cinco el área máxima cultivada por cultivo/departamento).

De acuerdo con los resultados del análisis, en el departamento del Valle del Cauca los cultivos de caña de azúcar y café presentan los mayores niveles de vulnerabilidad, mientras que en Caldas y Cauca se registra mayor vulnerabilidad para los cultivos de café y plátano (Caldas) y café y caña de azúcar respectivamente (Tabla 5). Los cultivos de frijol y papa son los cultivos menos vulnerables en toda la cuenca, ya que su área cultivada es reducida.

Tabla 5. Vulnerabilidad desagregada por cultivo en la Cuenca Alta del Río Cauca

DEPARTAMENTO	CACAO	CAFÉ	CANA	FRIJOL	PAPA	PLATANO	PROMEDIO
CALDAS	0.0	0.9	-	0.1	0.0	0.5	<b>0.3</b>
CAUCA	0.0	1.0	0.6	0.1	0.0	0.2	<b>0.3</b>
QUINDIO	0.0	0.6	0.0	0.0	0.0	0.4	<b>0.2</b>
RISARALDA	0.0	0.6	0.1	0.0	0.0	0.4	<b>0.2</b>
VALLE DEL CAUCA	0.0	1.2	2.0	0.1	0.0	0.3	<b>0.6</b>
<b>PROMEDIO</b>	<b>0.0</b>	<b>0.9</b>	<b>0.7</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.4</b>	

A continuación, se puede observar el análisis de vulnerabilidad desagregado por departamento, lo que permite comparar los cultivos de estudio AVA (Figura 8). Este cálculo se realizó usando la misma ecuación que se utilizó en el análisis de toda la Cuenca, pero utilizando el nivel máximo de área bajo cultivo del departamento/cultivo analizado. En Caldas, los cultivos que requerirán mayor atención son el café, al igual que en el Cauca, donde la caña también muestra mayor vulnerabilidad.

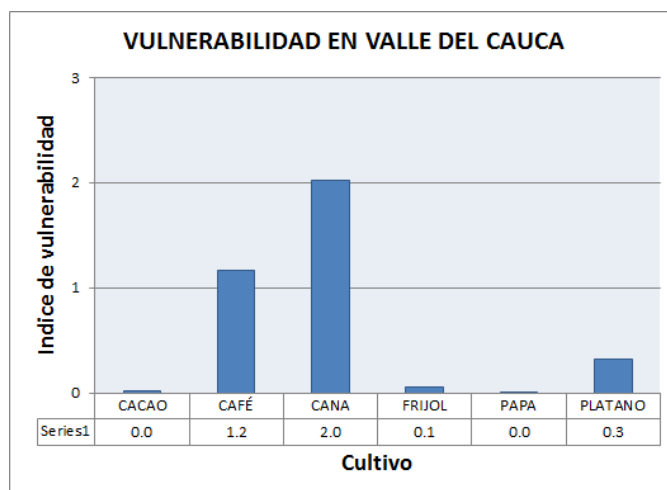
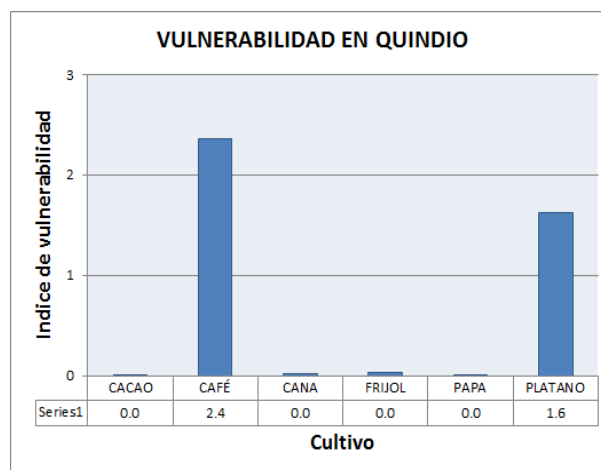
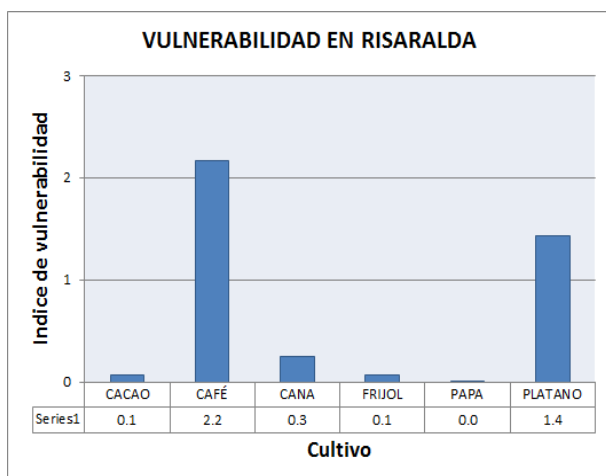
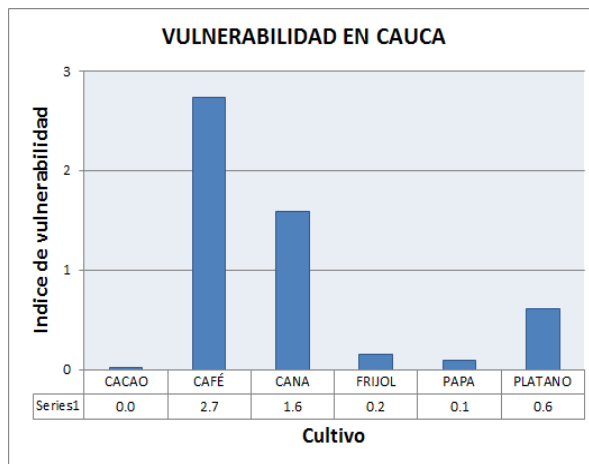
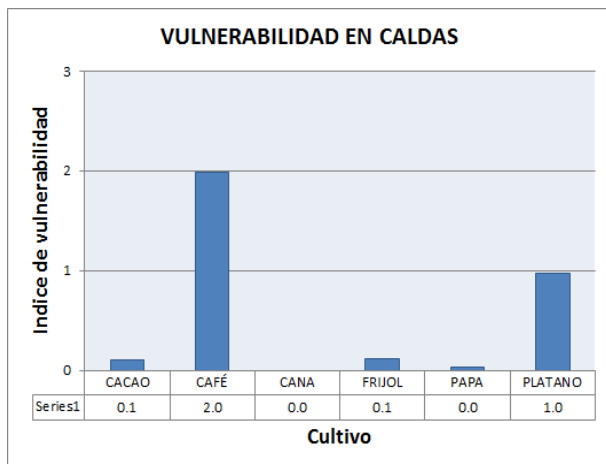


Figura 8. Vulnerabilidad actual desagregada por departamentos en la Cuenca Alta del Río Cauca, escala 0 a 5



Para el caso de Quindío, el café y el plátano son los cultivos que deberán priorizarse para tomar medidas que reduzcan su vulnerabilidad, al igual que en Risaralda. Y finalmente, en el Valle del Cauca, la mayor vulnerabilidad se concentra en el cultivo del café, pero sobre todo en la caña de azúcar.

Por otro lado, para un análisis entre cadenas productivas y/o gremios, a continuación se presenta los resultados por cultivo (Figura 9). El cacao por su parte, presenta mayor vulnerabilidad en los departamentos de Caldas y Risaralda, mientras que el café tiene una vulnerabilidad significativa en todos los departamentos, pero especialmente en Valle del Cauca, Caldas y Cauca. La caña de azúcar tiene su mayor vulnerabilidad en el departamento del Valle del Cauca. El frijol requiere mayor atención sobre todo en Valle del Cauca, seguido por Caldas y Cauca. Mientras que la papa, muestra su mayor índice de vulnerabilidad en Cauca, seguido por Caldas. Por último, el plátano, requerirá atención en todos los departamentos, pero mucho más en Caldas, Risaralda y Quindío. A continuación, se puede ver el análisis detallado.

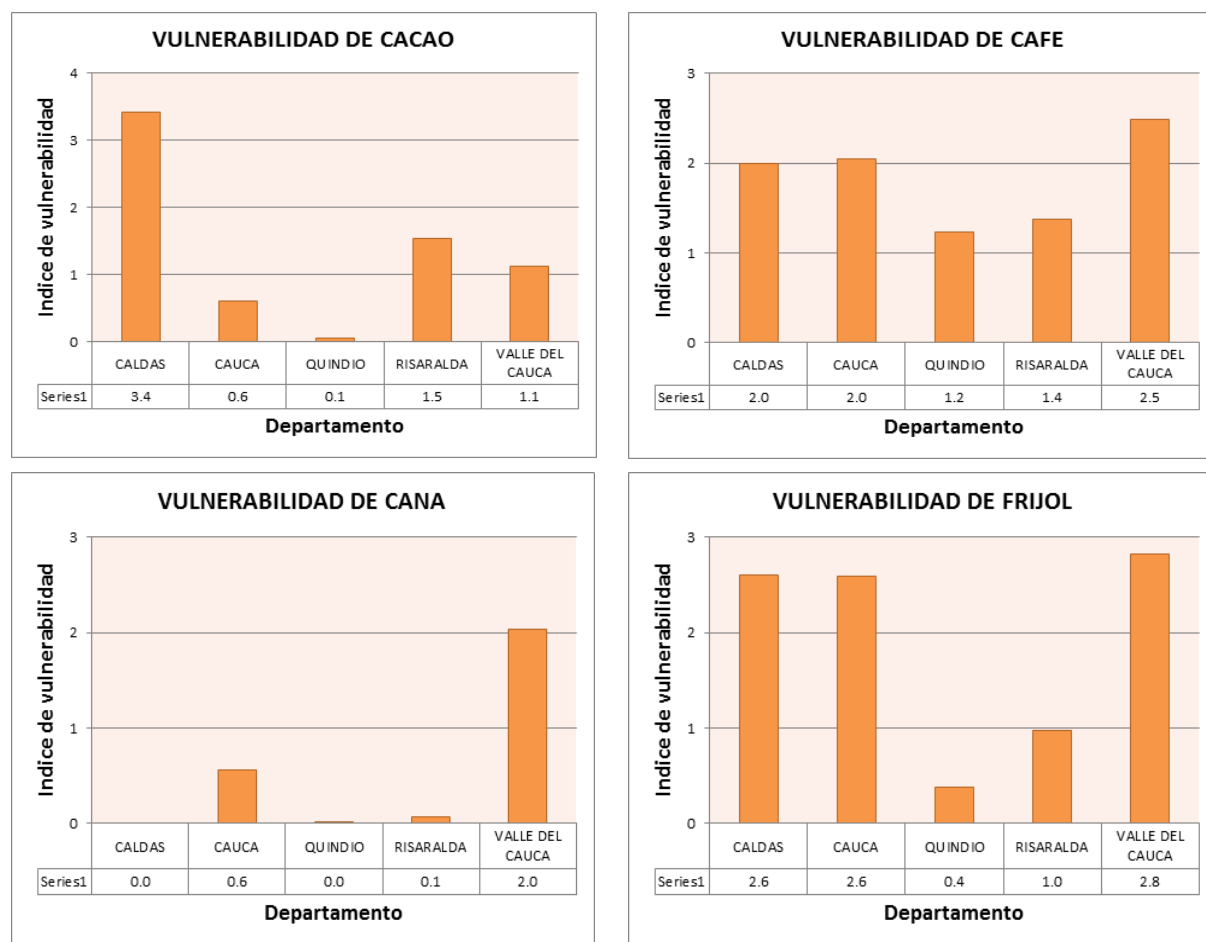


Figura 9. Vulnerabilidad actual desagregada por cultivos en la Cuenca Alta del Río Cauca.



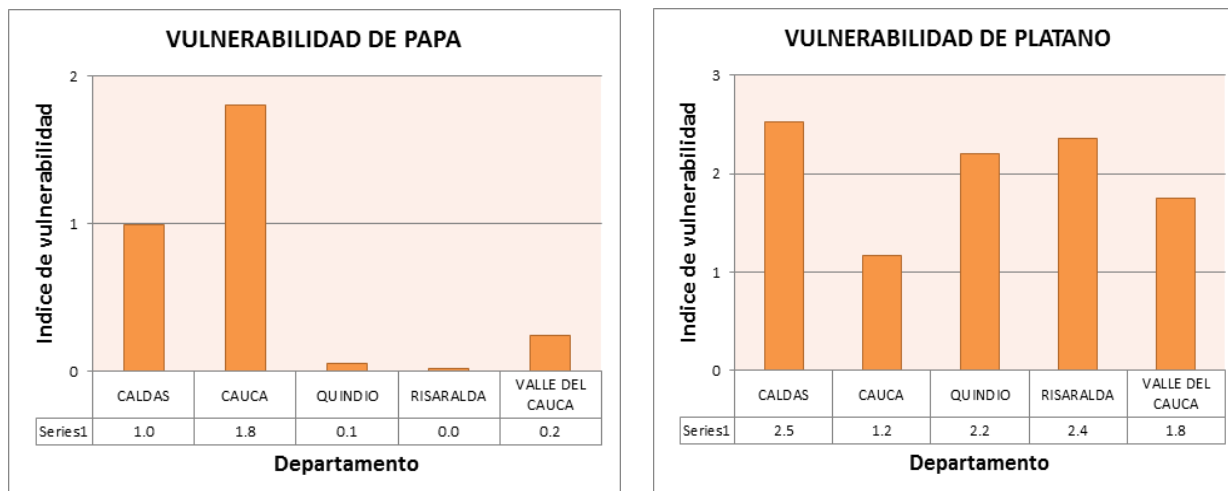


Figura 9. Vulnerabilidad actual desagregada por cultivos en la Cuenca Alta del Río Cauca (continuación).

En las siguientes tablas (Tablas 6a, 6b, 6c, 6d y 6e), según los datos proporcionados por IGAC-SIGOT (2012), se puede observar el área cultivada según los cultivos priorizados por AVA dentro de cada departamento, criterio que también permite considerar y analizar, cuales son más relevantes desde el punto de vista de priorización de intervenciones. Se puede observar que para el caso de **Caldas**, el cultivo con más hectáreas cultivadas y mayor nivel de vulnerabilidad es el café, seguido por el plátano, el segundo cultivo más vulnerable. La papa ocupa una área pequeña en esta parte de la cuenca y presenta niveles mínimas de vulnerabilidad. En las áreas de interés del departamento de **Cauca**, el café también encabeza las hectáreas bajo cultivo, siendo también el cultivo más vulnerable del área, seguido por la caña de azúcar (en términos de área cultivada y nivel de vulnerabilidad). El cacao no es representativo para la area estudiada dentro del departamento, lo que también significa que el nivel de vulnerabilidad del cultivo es también bajo. En el **Quindío**, el café está a la cabeza, seguido por el cultivo de plátano. Para el caso de **Risaralda**, el café es el cultivo más representativo y así el más vulnerable, seguido por el plátano. La papa y el frijol se cultivan menos en esta área. Por último, en el **Valle del Cauca**, el departamento tradicionalmente cañero es donde la caña de azúcar lleva la delantera en hectáreas bajo cultivo, mientras que la papa y el cacao son los menos cultivados.

Tablas 6a, 6b, 6c, 6d y 6e. Departamentos y áreas bajo cultivo

CALDAS	Cultivo	Cacao	Café	Caña de azúcar	Frijol	Papa	Plátano
	Área cultivada del área total depto.* (ha)	2708.07	88918.5	3591.42	2573.49	1016.32	20922.21
	% Área depto.* (promedio 2001-2012)	0.7	21.4	0.9	0.6	0.2	5
	Rendimiento del área cultivada* (t/ha) (promedio 2001-2012)	0.74	2.58	85.95	1.18	13.36	9.84

QUIINDIO	Cultivo	Cacao	Café	Caña de azúcar	Frijol	Papa	Plátano
	Área cultivada del área total depto.* (ha)	54.97	46500	371	346.29	49.47	34392.57
	% Área depto.* (promedio 2001-2012)	0.03	24	0.2	0.2	0.03	17.8
	Rendimiento del área cultivada* (t/ha) (promedio 2001-2012)	0.25	1.66	140	0.76	7.77	9.29

CAUCA	Cultivo	Cacao	Café	Caña de azúcar	Frijol	Papa	Plátano
	Área cultivada del área total depto.* (ha)	988.09	66367.68	39489.5	3901.51	3524.75	12275.94
	% Área depto.* (promedio 2001-2012)	0.1	6.4	3.8	0.4	0.3	1.2
	Rendimiento del área cultivada* (t/ha) (promedio 2001-2012)	0.54	0.98	114.4	1.1	14.2	8.13

RISARALDA	Cultivo	Cacao	Café	Caña de azúcar	Frijol	Papa	Plátano
	Área cultivada del área total depto.* (ha)	1114.31	56614.38	2819.28	772.77	25.5	21624.44
	% Área depto.* (promedio 2001-2012)	0.5	23.6	1.2	0.3	0.01	9
	Rendimiento del área cultivada* (t/ha) (promedio 2001-2012)	0.44	1.65	13.07	1.06	15.97	7.5

VALLE DEL CAUCA	Cultivo	cacao	café	caña de azúcar	frijol	papa	plátano
	Área cultivada del área total depto.* (ha)	891.18	86740.05	188738	2884.74	377.05	18008.94
	% Área depto.* (promedio 2001-2012)	0.08	8	16.4	0.3	0.03	1.6
	Rendimiento del área cultivada* (t/ha) (promedio 2001-2012)	0.99	0.98	115.77	1.02	16.98	9.18

Los siguientes mapas (Figura 10 y 11) muestran la exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa de los cultivos de café y caña de azúcar en la Cuenca Alta del Río Cauca. En la Figura 12 se puede observar la vulnerabilidad global para estos mismos cultivos. La información de vulnerabilidad (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa) para los sistemas productivos de frijol, papa y plátano se encuentra en el Anexo 2.

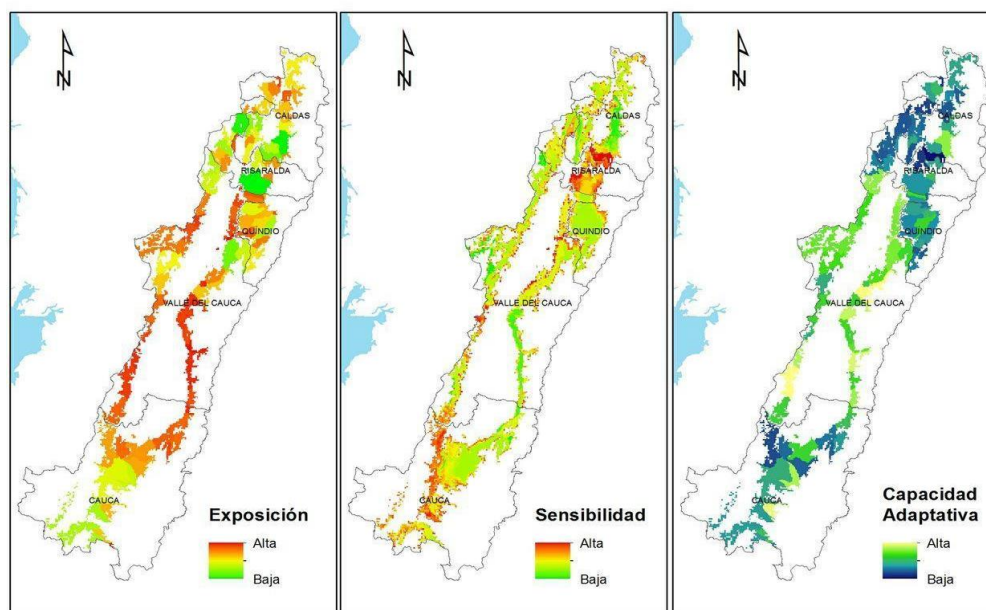


Figura 10. Exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa de los sistemas productivos de café en la Cuenca Alta del Río Cauca

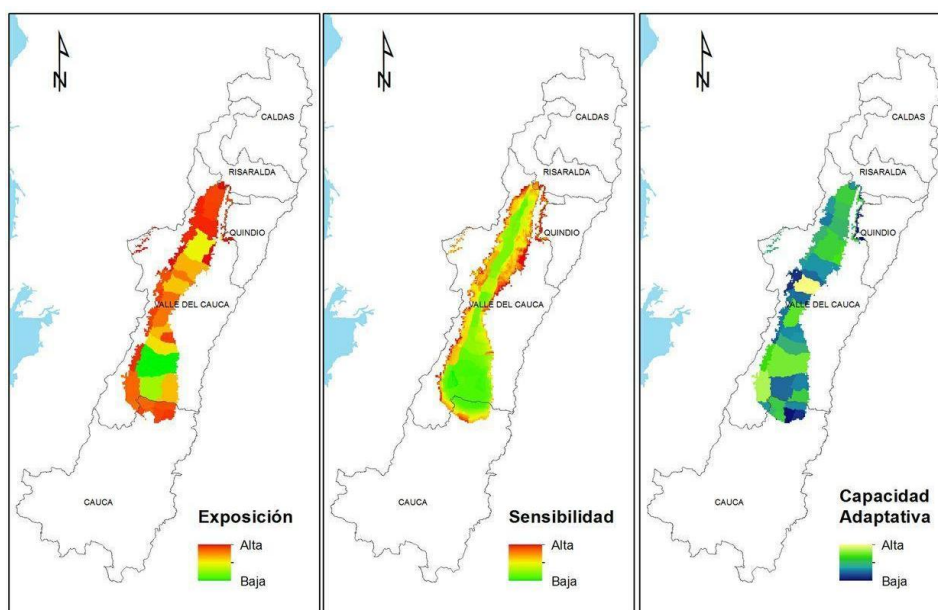


Figura 11. Exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa de los sistemas productivos de caña de azúcar en la Cuenca Alta del Río Cauca

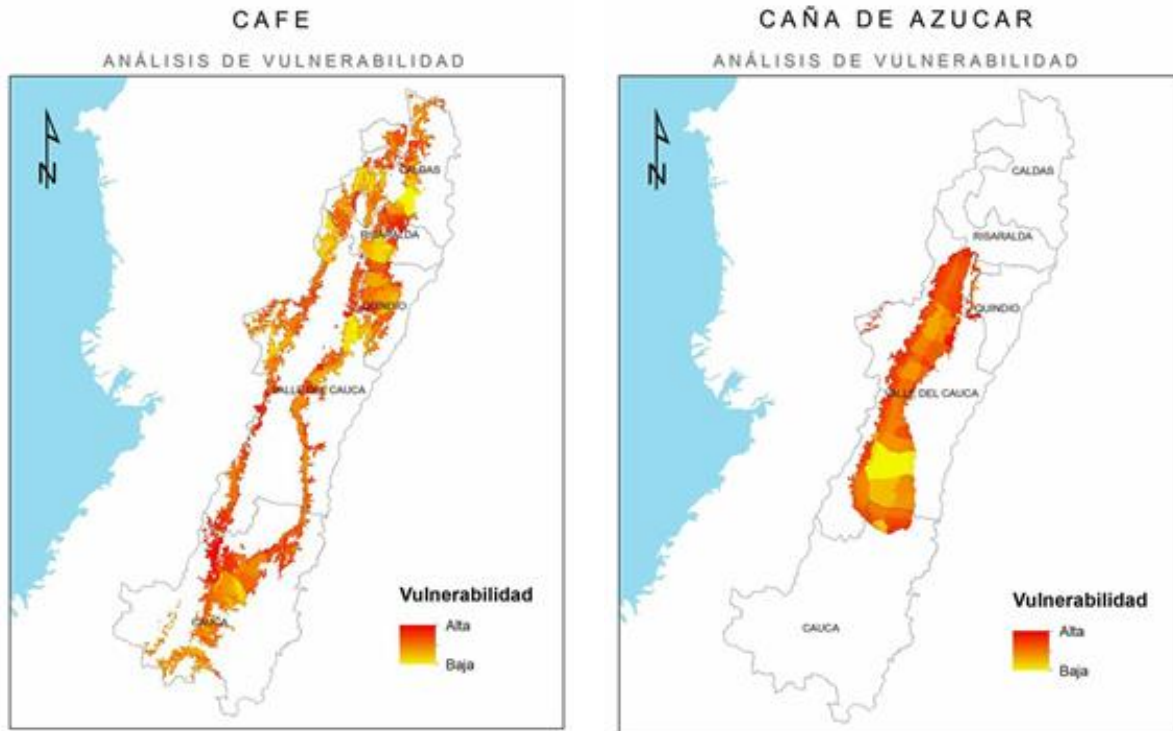


Figura 12. Vulnerabilidad global para los sistemas productivos de café y caña de azúcar.

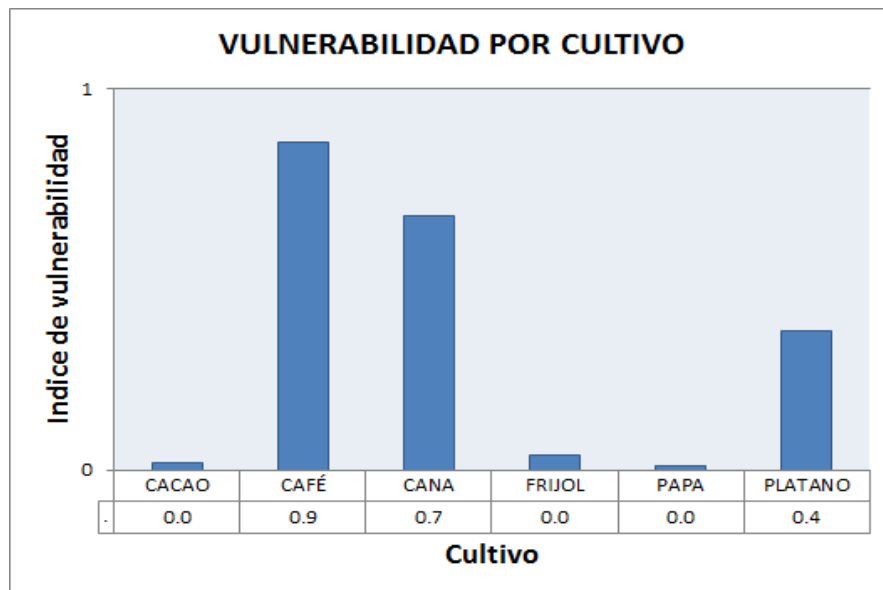


Figura 13. Promedio vulnerabilidad actual por cultivo en la Cuenca Alta del Río Cauca

En cuanto a los resultados obtenidos por cultivo se puede notar que existen grandes diferencias geográficas tanto en los componentes de vulnerabilidad, además de diferencias significativas entre cultivos. Los sistemas productivos de los cultivos de café y caña de azúcar presentan mayores niveles de vulnerabilidad, mientras que los cultivos de cacao, frijol y papa son menos vulnerables (Figura 13).

Tomando como ejemplo el café, la mayor exposición del cultivo se encuentra en el piedemonte hacia los alrededores del valle geográfico del río Cauca, sin embargo estas zonas no son tan sensibles dado que son zonas de muy buena aptitud climática para el cultivo. Además, esta área ha tenido rendimientos estables durante los últimos 10 años, lo cual indica baja sensibilidad a la variabilidad climática. En el caso del departamento de Risaralda, éste presenta mayor sensibilidad debido al indicador de variabilidad en el rendimiento, pues la producción ha sido muy impactada en los últimos años debido a la variabilidad climática y otros factores.

Por otro lado, en general la capacidad adaptativa en la zona de piedemonte es alta, sin embargo es baja en muchas áreas de los departamentos de Cauca, Risaralda y Caldas, lo cual brinda un resultado de vulnerabilidad global sin un fuerte patrón geográfico. Aunque los resultados muestran que hay áreas con mayor vulnerabilidad que otras, no hay un factor dominante que esté causando la vulnerabilidad, sino una gran diversidad de distintas combinaciones de indicadores y componentes de vulnerabilidad. Esto tiene importantes implicaciones en cuanto al desarrollo de estrategias de adaptación puesto que no habrá una solución única para toda la región, sino múltiples estrategias que se enfocan hacia la reducción de exposición, o aumento de capacidad adaptativa dependiendo del estado de los indicadores individuales.

Para el caso del cultivo de cacao, se identificó el mismo patrón, es decir áreas donde la exposición del cultivo es alta, en general son menos sensibles y con moderados niveles de capacidad adaptativa. En caña de azúcar, se identificó que la exposición en el valle geográfico del río Cauca es muy alta puesto que el aporte del sistema productivo al PIB de varios municipios de la zona están relacionadas con la caña, sin embargo la sensibilidad es muy baja puesto que son tierras con baja erosión, con un clima muy apto para la caña y una historia de producción estable en los últimos 10 años.

## 4.2 Impactos del cambio climático

Los resultados presentados en las secciones anteriores demuestran la vulnerabilidad actual ante fenómenos climáticos, sin embargo no consideran ningún cambio de la vulnerabilidad hacia el futuro. En esta sección se analiza los probables impactos del cambio climático en los cultivos bajo estudio y la posible implicación para la vulnerabilidad a futuro.

Inicialmente se analizaron los resultados de los diferentes GCMs en cuanto a los cambios en temperatura y precipitación a 2030 y 2050. De acuerdo con los resultados arrojados por el

modelo de ensamblaje, se estima para el año 2030, un incremento en la precipitación media de 5 mm, un aumento de 0.45°C en la temperatura mínima media y de 2°C en la temperatura máxima media para la Cuenca Alta del Río Cauca (Tabla 7). Por otro lado, las proyecciones para el 2050 indican una disminución de 8.58 mm en la precipitación media, mientras que se espera un aumento en la temperatura mínima y máxima media de 1.79°C y 2.03°C, respectivamente.

	Variación a 2030 y 2050			
	2030	SD	2050	SD
<b>Precipitación</b>	+5.00mm	3.99	+8.58mm	+4.79
<b>Temperatura Mínima</b>	+0.45°C	3.28	+1.79°C	+4.29
<b>Temperatura Máxima</b>	+2°.00C	12.59	+2.03°C	+12.38

Tabla 7. Cambios en precipitación, temperatura mínima y máxima para 2030 y 2050 en la Cuenca Alta del Río Cauca.

Se utilizaron diagramas de caja para proporcionar una mayor comprensión de los cambios a futuro en la precipitación media y en la temperatura para el 2030 y 2050. Estos diagramas también muestran la variación en los cambios proyectados de precipitación según lo que se infiere de varios GCMs. Los datos muestran que hay diferencias sustanciales entre los GCMs, por un máximo de 80mm en Enero, 2030 (Figura 14a) y por un máximo de 45mm en Enero, 2050. Los cambios proyectados en temperatura varían entre los GCMs, tal como se muestra en la figura 14a y 14b. Por ejemplo, el rango en las temperaturas mínimas proyectadas para los 19 GCMs varía por 2C en 08/2030.

De acuerdo con estos diagramas, se observa que la precipitación media presenta un ligero incremento para todos los meses del 2030, excepto para los meses de marzo y abril. Por su parte, los GCMs indican que para el año 2050 se espera un aumento en la variación de las precipitaciones, principalmente se observa un aumento importante de la precipitación para los meses de Enero y Febrero, mientras que para los meses de Septiembre y Octubre se prevé una considerable disminución de las precipitaciones. Es evidente que la precipitación proyectada será cada vez más variable para la Cuenca Alta del Río Cauca. Esto puede traer importantes implicaciones para los cultivos agrícolas de la región. Por ejemplo, se podrían correr las fechas de siembra, lo cual podría tener importantes implicaciones sobre la distribución anual de la seguridad alimentaria, incluso podría implicar aumento en la demanda de variedades de cultivos con ciclos más cortos para evitar problemas de estrés hacia finales del ciclo de cultivo. En el caso de los cultivos perennes, será necesario requerir sistemas para la producción agrícola mucho más resilientes frente la variabilidad climática, como por ejemplo sistemas con sombra capaz de reducir temperaturas dentro del cultivo, y reducir estrés hídrico o de calor durante las épocas secas.



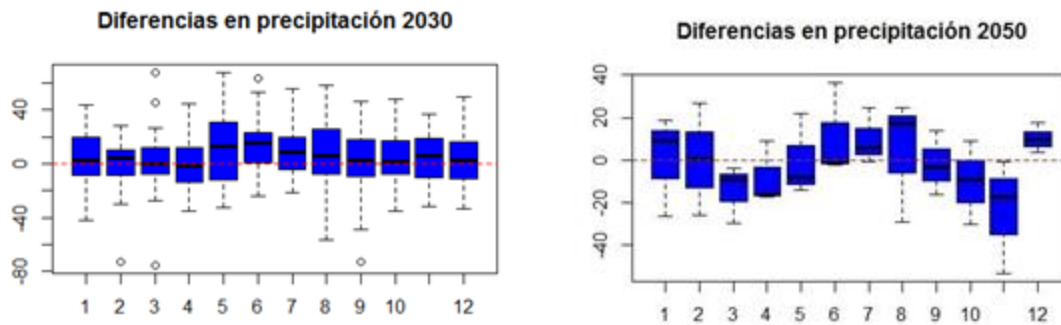


Figura 14. 14a-14b Diferencias en precipitación 2030 y 2050

Adicionalmente se encontró que la temperatura mínima media aumentará tanto para el año 2030 como para el 2050 (Figura 15a y 15b), siendo importante el aumento esperado para este último año. Además se espera la misma tendencia para el aumento de la temperatura máxima media en estos dos años. Muchos cultivos son muy sensibles a temperaturas máximas en épocas fisiológicas críticas como la floración. Por ejemplo, la esterilidad en el cultivo de arroz es frecuente cuando hay alzas de temperaturas durante floración, causando pérdidas de productividad significativas.

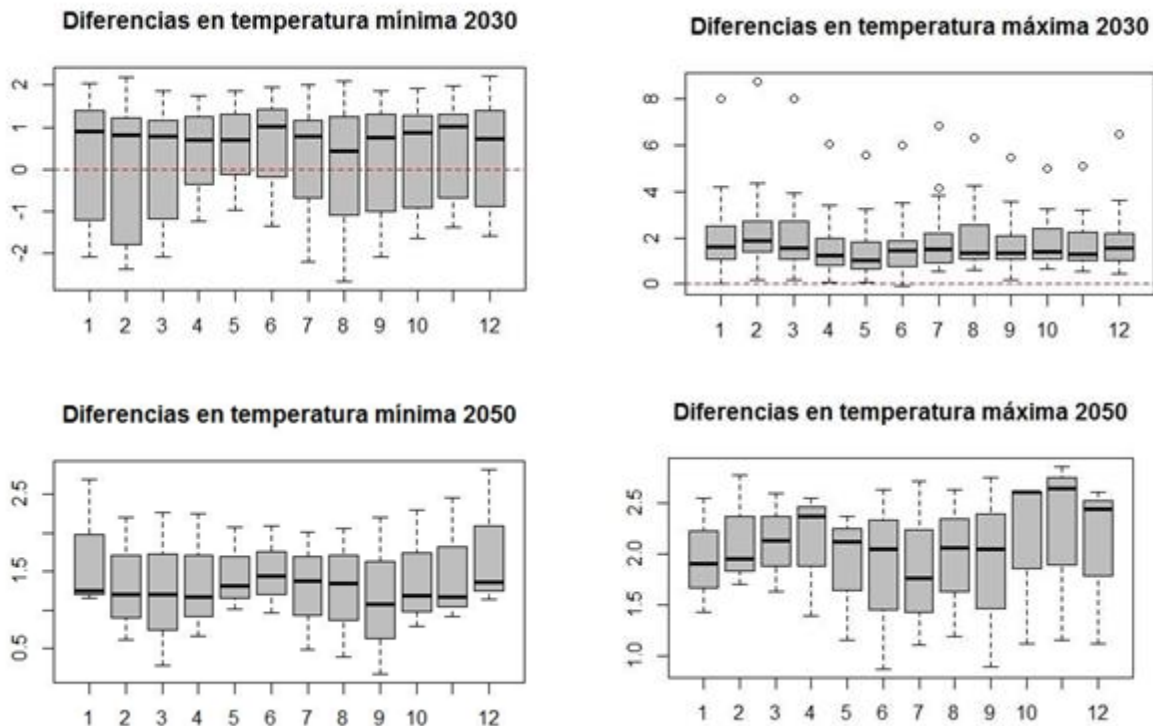


Figura 15. 15a y 15b Diferencias en temperatura mínima y máxima para 2030 y 2050

Teniendo en cuenta los cambios previstos en el clima, a continuación se presenta un análisis de los impactos del cambio climático sobre la aptitud climática de los cultivos priorizados en este estudio. El análisis se realizó con un umbral de aptitud climática de  $\geq 70\%$ , lo que permite comparar y arrojar conclusiones para aquellas áreas donde la aptitud climática de los cultivos es alta ( $\geq 70\%$ ).

La Tabla 8 muestra los cambios proyectados (para el 2030 y 2050) de la aptitud climática ( $\geq 70\%$ ), para los 6 cultivos estudiados en los 5 municipios, frente a las áreas que actualmente presentan alta aptitud ( $\geq 70\%$ ). Los resultados indican que se espera un cambio negativo de la aptitud climática a escala de departamento para la mayoría de los cultivos. Sin embargo, se encontraron excepciones, para el caso de la caña de azúcar en el departamento del Quindío, pues se espera un aumento del 7.96% en la aptitud climática para el 2030 y para el 2050 un incremento del 7.69%. Adicionalmente, la caña de azúcar también muestra un incremento positivo de la aptitud climática en el departamento del Valle del Cauca, tanto para el 2030 (6.13%) como para el 2050 (2.74%). Esto es consistente con muchos otros estudios a nivel global demostrando la resiliencia del cultivo de caña de azúcar, cuya fisiología siempre permite aprovechar el calor y la presencia de suficiente agua. Para el departamento de Risaralda se encontró un ligero aumento de la aptitud climática del cultivo de caña de azúcar para el año 2030 (2.15%), sin embargo se proyecta una disminución para el año 2050 (-1.98%). Por otro lado, se espera que el Valle de Cauca al año 2030, presente un incremento en la aptitud del cultivo de cacao (2.71%) y aún más incrementos para el 2050 (5.89%). Sin embargo, los principales incrementos de aptitud climática a escala departamental siguen siendo la excepción, tal como se puede observar en la tabla a continuación.

		Cultivos											
		Frijol (Cambio Aptitud Climática %)		Platano (Cambio Aptitud Climática %)		Papa (Cambio Aptitud Climática %)		Cana de Azucar (Cambio Aptitud Climática %)		Café (Cambio Aptitud Climática %)		Cacao (Cambio Aptitud Climática %)	
		Año 2030	Año 2050	Año 2030	Año 2050	Año 2030	Año 2050	Año 2030	Año 2050	Año 2030	Año 2050	Año 2030	Año 2050
D e p a r t a m e n t o	Caldas	-12.3	-22.9	-3.0	-4.4	-7.4	-10.2	-----	-----	-16.7	-24.7	-2.6	-5.8
	Cauca	-7.6	-16.5	-1.8	-3.2	-5.9	-0.5	-2.0	-8.2	5.0	3.0	-0.4	-2.1
	Quindío	-19.7	-33.6	0.2	0.1	-6.5	-5.5	8.0	7.69	-14.9	-23.4	1.0	-3.3
	Risaralda	-25.6	-43.7	-3.2	-4.8	-9.5	-13.0	2.2	-1.98	-13.9	-21.3	-2.0	-6.7
	Valle del Cauca	-17.2	-30.3	-5.9	-10.7	-6.7	-4.3	6.1	2.74	-9.6	-16.9	2.7	5.9

Tabla 8. Cambio futuro (2030 y 2050) en el nivel medio de aptitud climática (%) frente a las condiciones actuales para las áreas de los cinco departamentos que conforman la Cuenca Alta del Río Cauca.

Adicionalmente, se encontró que las áreas geográficas más idóneas o aptas para cada cultivo cambiarán en el futuro. De acuerdo con esto, se analizaron los cambios en las áreas de cada cultivo a escala municipal. Los resultados indican que a futuro algunos municipios experimentarán un aumento en el área apta para los diferentes cultivos, mientras que otros municipios experimentarán una disminución. Esta información es importante ya que puede dar una idea de las áreas emergentes, donde por ejemplo cultivos como el plátano pueden llegar a ser adecuados para las condiciones climáticas proyectadas a futuro.

Los siguientes mapas (Figuras 16 y 17), muestran los cambios geográficos en cuanto a aptitud climática para los 6 cultivos de estudio con relación a los 99 municipios. En el Anexo 5 se presenta el cambio de aptitud climática (actual, 2030, 2050) para fríjol, papa, caña de azúcar y plátano.

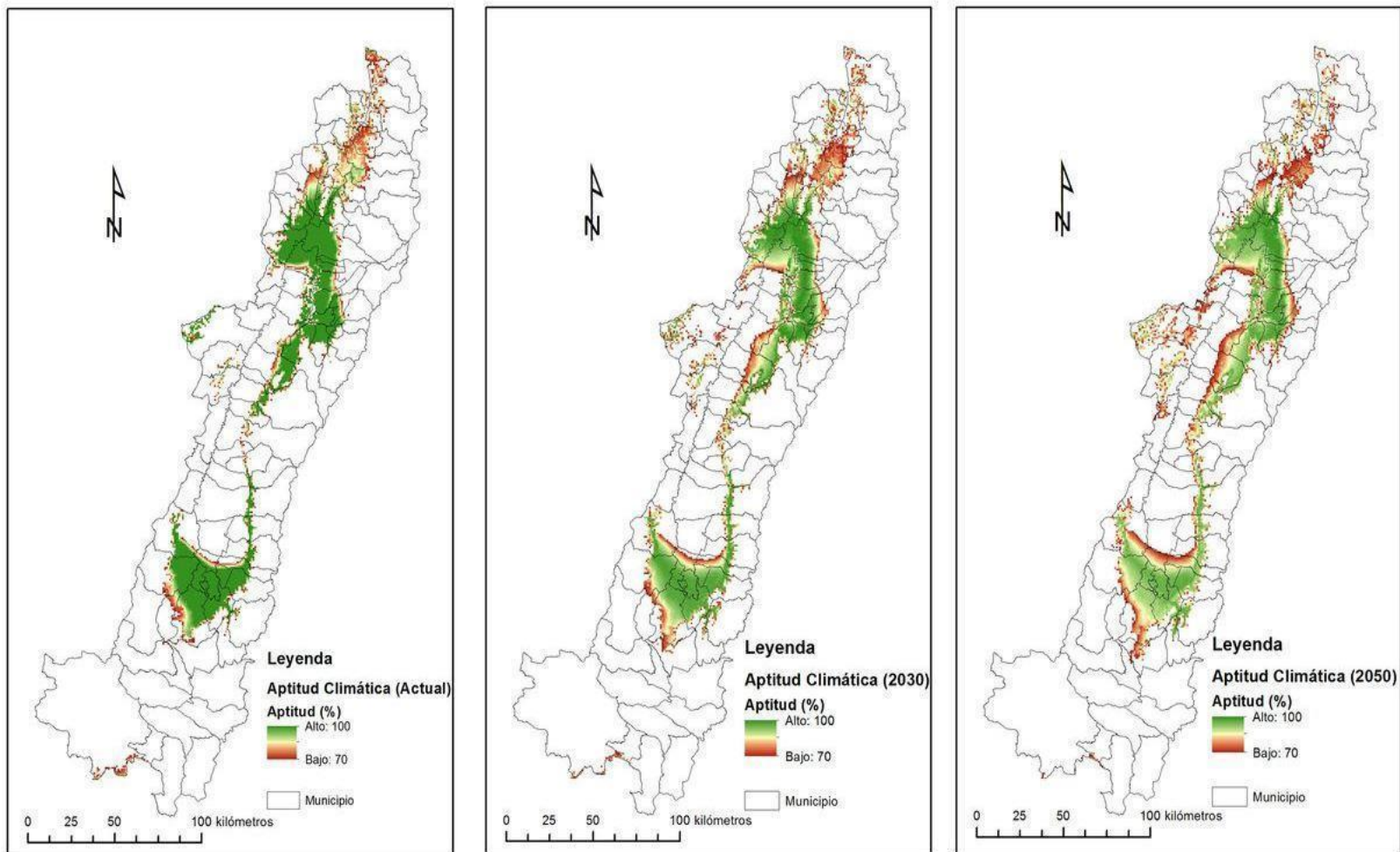


Figura 16. Cacao: Aptitud climática (actual, 2030, 2050) para la Cuenca Alta del Río Cauca



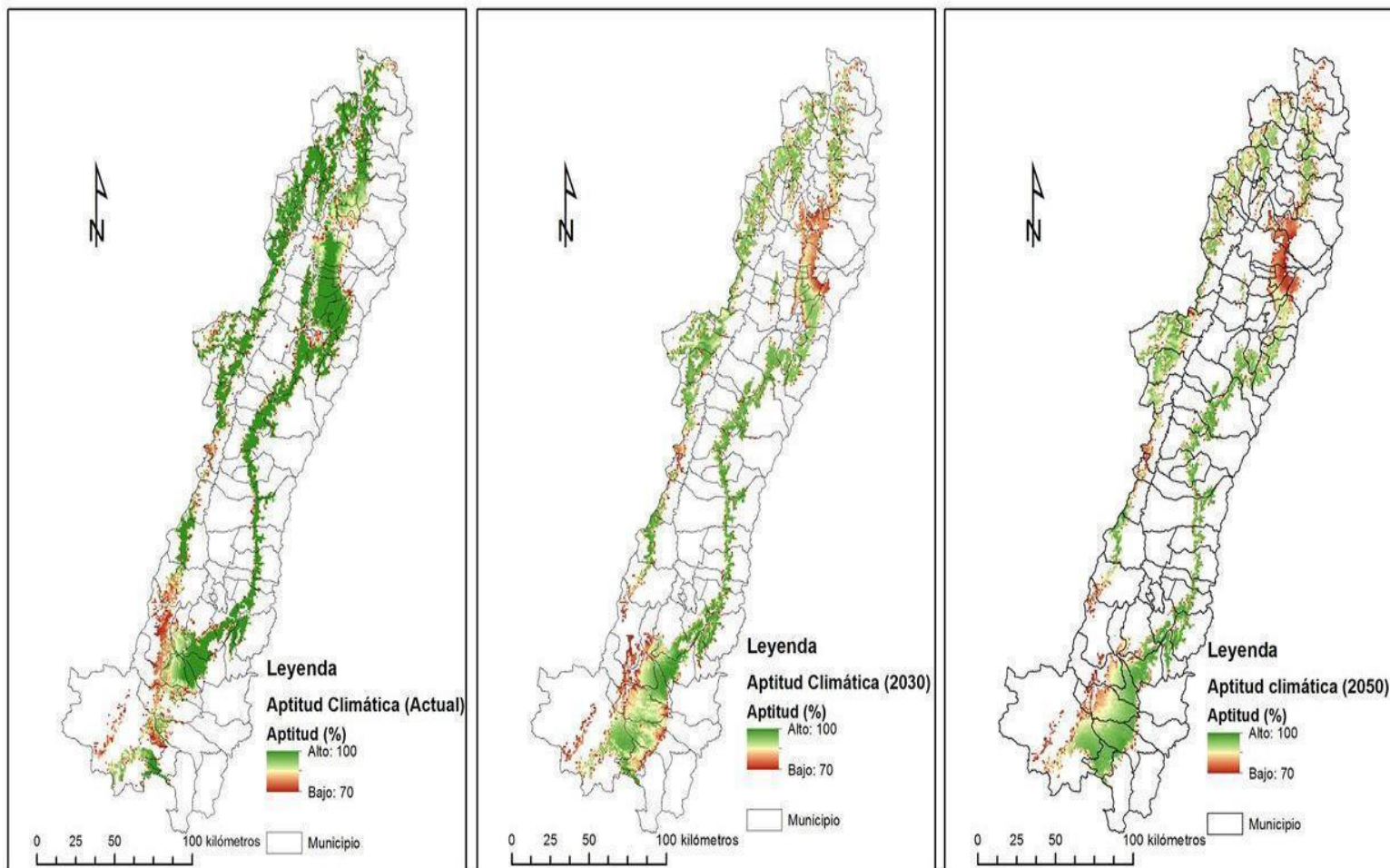


Figura 17. Café arábica: Aptitud climática (actual, 2030, 2050) para la Cuenca Alta del Río Cauca

El Anexo 3 muestra el porcentaje de cambio global de la superficie de cada cultivo (en función del área de un municipio determinado), cumpliendo así con el umbral de aptitud climática ( $\geq 70\%$ ). Para identificar los municipios con mayor ganancia y pérdida en aptitud climática se han llevado a cabo los siguientes pasos. Para cada cultivo, se ha determinado el 5% de los municipios que se espera aumenten más su área apta para cultivo, y el 5% de los municipios que se espera pierdan más su área apta para cultivo, como se muestra en la Anexo 4. Por ejemplo, para el 2030 se espera que el municipio de Toro (Valle del Cauca) presenta un incremento del 20% en áreas con aptitud climática aptas para la siembra de cacao, mientras que se espera que el municipio de Filadelfia (Caldas) presente la mayor pérdida de área apta para el cultivo de cacao (-15.47%). Para el 2050, se espera que los municipios con mayor ganancia en áreas aptas para el cultivo de cacao, (top 5%) sean Puerto Tejada (+30.86%), Toro (+29.17%), Obando (+21.88%) y Miranda (+21.85%). Mientras que los municipios con la mayor pérdida en aptitud (top 5%) para el cultivo de cacao son Filadelfia (-35.47), Viter (-26.66), Neira (19.01), Palestina (-14.63).

Teniendo en cuenta los cambios esperados en la aptitud climática de los cultivos priorizados para la Cuenca Alta del río Cauca, se evaluó la vulnerabilidad usando la metodología AVA para los años 2030 y 2050. La Figura 18 muestra el cambio esperado en la vulnerabilidad para estos años.

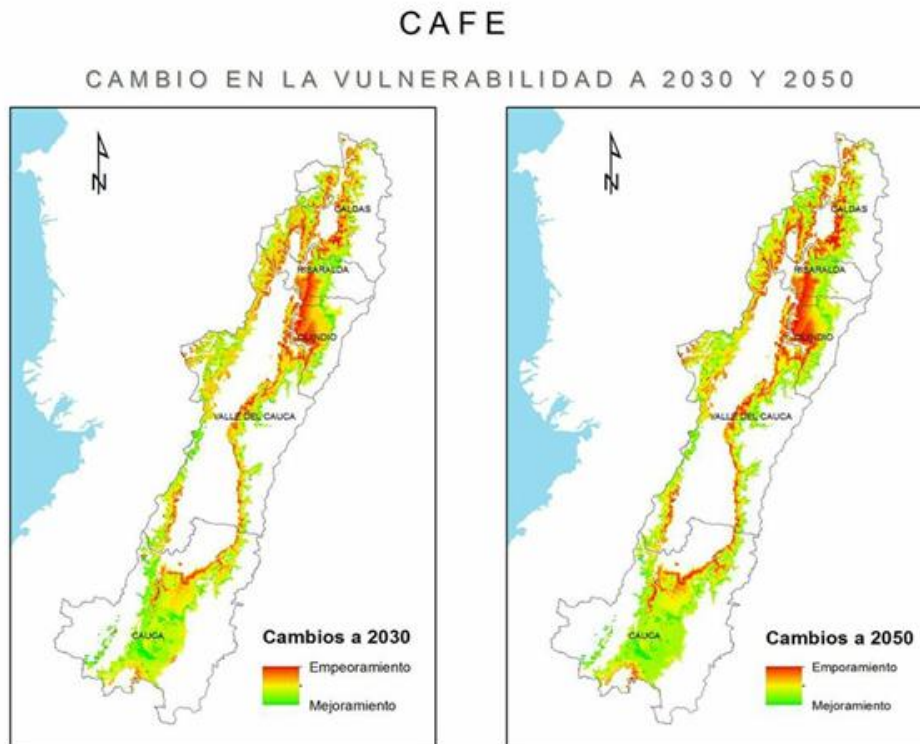
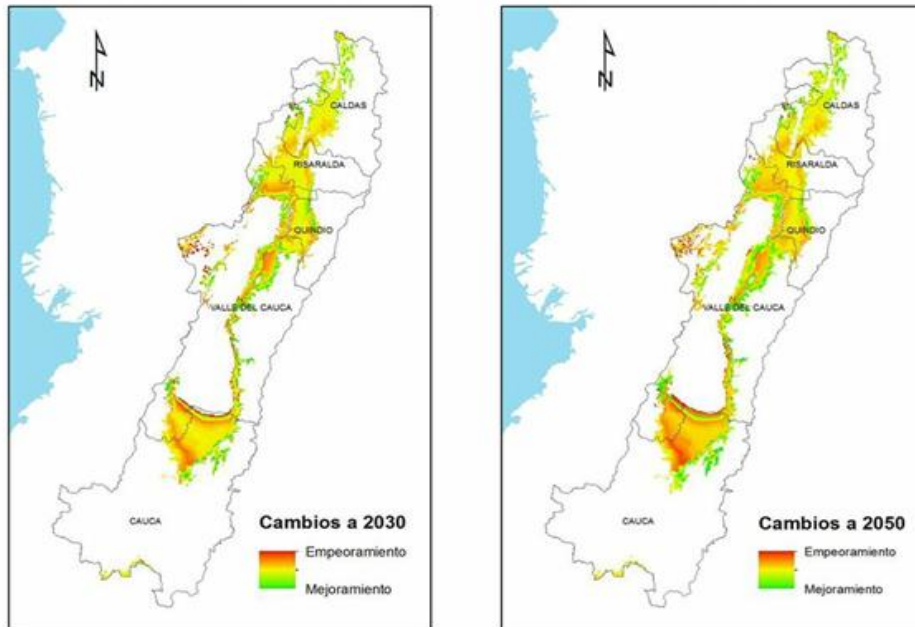


Figura 18. Cambio esperado en la vulnerabilidad para 2030 y 2050 en la Cuenca Alta del río Cauca para los los sistemas productivos de café, cacao y caña de azúcar.



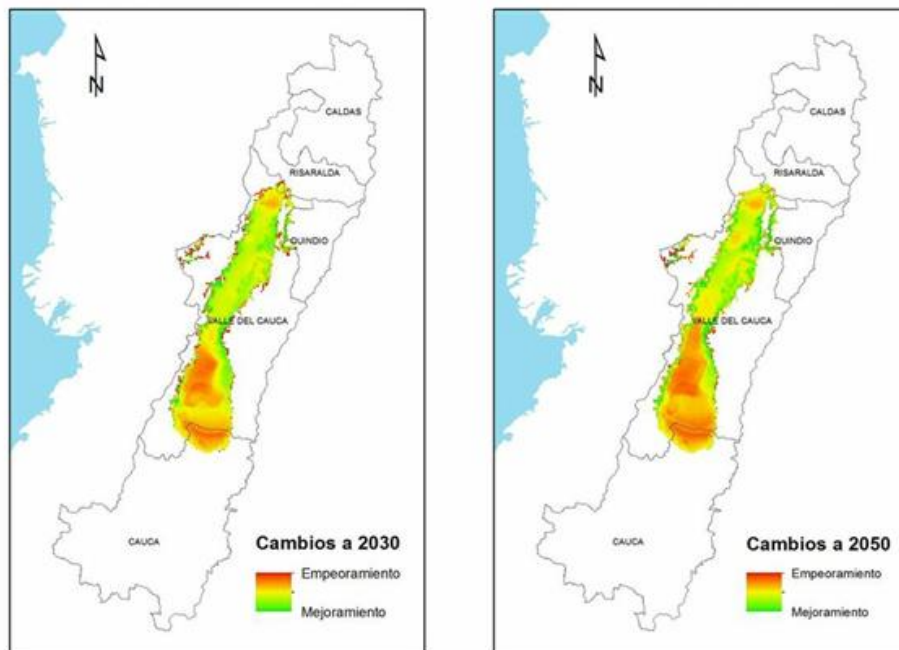
## CACAO

### CAMBIO EN LA VULNERABILIDAD A 2030 Y 2050



## CAÑA DE AZUCAR

### CAMBIO EN LA VULNERABILIDAD A 2030 Y 2050



**Figura 18.** Cambio esperado en la vulnerabilidad para 2030 y 2050 en la Cuenca Alta del río Cauca para los los sistemas productivos de café, cacao y caña de azúcar (Continuación).

El cambio climático a 2030 y 2050 tiene los mayores impactos en la vulnerabilidad para los sistemas productivos de café, afectando fuertemente las zonas de altura baja en el piedemonte, incluso afectando muchas áreas de Quindío y Risaralda. En contraste, las áreas para las cuales hay resultados positivos en cuanto a vulnerabilidad, son las zonas altas donde los incrementos de temperatura traen nuevas oportunidades para los cultivos. En el caso del cultivo de caña de azúcar, el sur del Valle geográfico será impactado negativamente de forma leve, mientras que a futuro la vulnerabilidad es menor en el norte del valle. Por lo general el cultivo de cacao es poco afectado.

Es importante tener en cuenta que en este análisis sólo se consideró el cambio de la aptitud climática para las proyecciones a futuro, mientras se asumió que las demás variables se mantuvieron iguales. Sin embargo, estas condiciones climáticas a futuro pueden tener distintos efectos en los cultivos, dependiendo de cómo se encuentren los factores de vulnerabilidad en ese momento. Por ejemplo, las tendencias indican que aumentos en varios indicadores de desarrollo influyen en una mayor capacidad de adaptación, y en efecto el sector agrícola atraviesa por constantes e importantes dinámicas, por esto es poco probable que a futuro se mantengan las condiciones en términos de igual superficie cultivada y composición de los cultivos. No obstante, el propósito de este análisis es sólo identificar los lugares dónde pueden presentarse impactos relacionados con el clima esperado, y con base en esto, apoyar en el proceso de priorización de las estrategias de adaptación de los cultivos. Por lo tanto, estos mapas no son una predicción de la vulnerabilidad para el 2030 y 2050, sino más bien un medio para entender las áreas donde se puede esperar un mayor cambio. Estos indican hotspots o “zonas de alto riesgo,” para enfocar los esfuerzos de adaptación, especialmente en aquellas que sean más críticas.

### **4.3. Impacto del comportamiento de las áreas con y sin aptitud climática en las áreas de conservación de la Cuenca Alta del Río Cauca.**

Dado que la Cuenca Alta del Río Cauca incluye zonas estratégicas para la conservación de los recursos hídricos y la biodiversidad, y debido al hecho que en el futuro habrán áreas que serán más aptas (del punto de vista climático) para ciertos cultivos (ver Sección 4.2 del presente informe), el proyecto buscó evaluar el impacto que estas zonas con ganancias en aptitud podrán tener en las áreas de conservación, bajo tres escenarios (presente, 2030 y 2050).

Con este fin, se utilizaron dos fuentes para el mapeo de las áreas de conservación: las oficiales y no oficiales. Cabe indicar que estas fuentes difieren tanto en la cantidad como extensión de las áreas protegidas. Mientras que los datos oficiales fueron reportados por Parques Nacionales Naturales de Colombia (versión 2 del año 2012.), incluyendo un total de 8 áreas protegidas dentro del área de estudio, los datos no oficiales son proporcionados por World Database of Protected Areas (versión del año 2009) reflejan un total de 15 áreas de

conservación dentro del área de estudio. Es importante mencionar que estos datos no oficiales cuentan con reconocimiento y categoría internacional por “The International Union for Conservation of Nature (IUCN).

La metodología de este proceso incluye la reclasificación del raster de aptitud climática y el cálculo de áreas y mapas. Los archivos raster originales de aptitud climática fueron reclasificados manteniendo los valores 0 y 1, pero cambiando el valor No Data por 2. La razón de este nuevo valor se debió a que algunas áreas protegidas no se ubican completamente dentro del área de estudio (p.e Parque Los Farallones) y por tanto no se puede determinar realmente qué impacto tiene la aptitud climática por cultivo sobre el área total (área dentro y fuera de la zona de estudio) por área protegida. A partir de los rasters reclasificados por cultivo se extrajeron los valores 0 (sin aptitud), 1 (con aptitud) y 2 (área no analizada) por cada fuente de áreas de conservación por escenario. Los cálculos se hicieron usando la herramienta Tabulated Area de ArcGIS v.10.1. Los valores de áreas se dejaron en términos de hectáreas.

Los resultados muestran una tendencia de incremento de área con aptitud climática especialmente para los cultivos de papa, café y plátano sobre áreas de conservación. Los cultivos de frijol y cacao tienen una menor expansión de área con aptitud. Por su parte el cultivo de caña presentó la menor área de incremento con aptitud siendo nulo en la fuente de datos oficiales de áreas protegidas de Colombia. A continuación se presentan los resultados por cultivo, especificando en cuales áreas de conservación se presentó el mayor incremento de aptitud climática. La Tabla 9 resume las tendencias de aptitud climática por cultivo y en el anexo 7 se puede consultar los resultados detallados.

Tabla 9. Resultados del análisis de aptitud climática de seis cultivos sobre las áreas de conservación (AC) en la zona de estudio.

Cultivo	Promedio % área con aptitud Presente-2030-2050		Cantidad de AC con aumento % área con aptitud		Cantidad de AC con aumento % área sin aptitud	
	PNN 2012	WDPA 2009	PNN 2012	WDPA 2009	PNN 2012	WDPA 2009
<b>Cacao</b>	0	31	1	2	0	2
<b>Café</b>	4	17	3	2	0	0
<b>Cana</b>	0	9	0	4	0	0
<b>Frijol</b>	6	13	1	2	0	2
<b>Papa</b>	28	2	6	3	0	0
<b>Plátano</b>	10	0.4	2	3	0	0

La **papa** es el cultivo que mayor área con aptitud climática tiene en promedio (presente-2030 y presente-2050) para el total de superficie de las áreas de conservación estudiadas, según la fuente oficial y no oficial, 28% y 31%, respectivamente. Ocho áreas de conservación, seis oficiales y dos no oficiales, son las que presentaron aumentos en términos de % área con aptitud climática. El **parque natural nacional (PNN) del Nevado del Huila** (3% del área total dentro de la zona de estudio) así como el **PNN Las Hermosas** (19% del área total dentro de la zona de estudio) son las áreas de conservación oficiales con mayor incremento promedio (presente-2030 / presente-2050) de 20% y 13%, respectivamente. De las áreas no oficiales, la

**reserva forestal (RF) de Cuencas Hidrográficas Río Blanco y Quebrada Olivares** (100% del área total dentro de la zona de estudio), categoría VI según IUCN, tiene el mayor incremento siendo 15% más que el escenario presente respecto a los escenarios a futuro.

El **plátano** tiene una aptitud climática promedio (presente, 2030 y 2050) sobre 10% y 17% del total de la superficie de las áreas de conservación según la fuente oficial y no oficial, respectivamente. Cuatro áreas de conservación, dos oficiales y dos no oficiales, son las que presentaron aumentos en términos de % área con aptitud climática. El **PNN Los Farallones** (13% del área total dentro de la zona de estudio) así como el **Santuario de Fauna y Flora Otún Quimbaya** (100% del área total dentro de la zona de estudio) son las áreas de conservación oficiales con mayor incremento promedio (presente-2030 / presente-2050) de 14% y 12%, respectivamente. Como caso interesante, cabe resaltar la tendencia de aumento promedio del porcentaje (18% más que el presente) de área no aptas para este cultivo en la **Reserva Forestal Cerro de Dapa - Carisucio** (60% del área total dentro de la zona de estudio), área no oficial, con categoría VI o donde es permisible un manejo sostenible. Caso similar, experimenta la **Reserva Forestal de Cuenca Alta del Río Cali** (60% del área total dentro de la zona de estudio), categoría VI según IUCN, teniendo 3% más de áreas no aptas en comparación de los escenarios futuros con el presente.

El **café** tiene una aptitud climática promedio (presente, 2030 y 2050) sobre 4% y 9% del total de la superficie de las áreas de conservación según la fuente oficial y no oficial, respectivamente. Siete áreas de conservación, tres oficiales y cuatro no oficiales, son las que presentaron aumentos en términos de % área con aptitud climática. El **PNN Los Farallones** (13% del área total dentro de la zona de estudio) así como el **Santuario de Fauna y Flora Otún Quimbaya** (100% del área total dentro de la zona de estudio) son las áreas de conservación oficiales de mayor incremento promedio (presente-2030 / presente-2050) de 11% y 3%, respectivamente. De las áreas no oficiales, la **RF de Cuenca Alta de las Quebradas La Nona, El Zurrumbo y El Maní** (100% del área total dentro de la zona de estudio) y la **RF de El Cerro de Dapa - Carisucio**, ambas categoría VI, tienen el mayor incremento con un 54% y 23% más que el escenario presente, respectivamente.

El **frijol** tiene una aptitud climática promedio (presente, 2030 y 2050) sobre 6% y 13% del total de la superficie de las áreas de conservación según la fuente oficial y no oficial, respectivamente. Tres áreas de conservación, una oficial y dos no oficiales, son las que presentaron aumentos en términos de % área con aptitud climática. El **PNN Los Farallones** (13% del área total dentro de la zona de estudio) tuvo un incremento promedio (presente-2030 / presente-2050) de 5% áreas climáticamente aptas para este cultivo. De las áreas no oficiales, la **Reserva Forestal de la Cuenca del Río Guabas Municipio de Guacarí y Ginebra** (100% del área total dentro de la zona de estudio) y la **Reserva Forestal de Cuencas Hidrográficas Río Blanco y Quebrada Olivares**, ambas categoría VI, tienen el mayor incremento con 12% y 4%, respectivamente en los escenarios a futuro. Como caso interesante, cabe resaltar la tendencia de aumento de las área no aptas para este cultivo en la **RF Cerro de Dapa -**

**Carisucio** (60% del área total dentro de la zona de estudio) y la **RF Cuenca Alta del Río Cali** con 18% y 3% de incremento promedio (presente-2030 / presente-2050).

El **cacao** tiene una aptitud climática promedio (presente, 2030 y 2050) sobre 1% y 2% del total de la superficie de las áreas de conservación según la fuente oficial y no oficial, respectivamente. Cuatro áreas de conservación, una oficial y tres no oficiales, son las que presentaron aumentos en términos de % área con aptitud climática. El **PNN Los Farallones** (13% del área total dentro de la zona de estudio) tuvo un incremento promedio (presente-2030 / presente-2050) de 4% áreas climáticamente aptas para este cultivo. De las áreas no oficiales, la **RF de Río Meléndez, Cañaveralejo, Lilí y Pance** (100% del área total dentro de la zona de estudio) y la **RF de Cuenca Alta del Río Cali**, ambas categoría VI, tienen el mayor incremento con 54% y 29%, respectivamente en los escenarios a futuro.

La caña tiene una aptitud climática promedio (presente, 2030 y 2050) sobre 0% y 0.4% del total de la superficie de las áreas de conservación según la fuente oficial y no oficial, respectivamente. Solamente tres áreas de conservación no oficiales son las que presentan aumento en términos de % área con aptitud climática. La **Reserva Forestal Quebrada Guadualito y el Negrito Adición a RF YOTOCO** (96% del área total dentro de la zona de estudio) y la **Reserva Forestal Río Meléndez, Cañaveralejo, Lilí y Pance** (100% del área total dentro de la zona de estudio), ambas categoría VI, tienen el mayor incremento con 19% y 8%, respectivamente en los escenarios a futuro.



## 5. Conclusiones

La planeación de las respuestas de adaptación a los cambios climáticos futuros está directamente relacionada con la identificación acertada de los problemas que se deben atender. El proyecto AVA se construye como punto de partida para el diseño de medidas de adaptación que permite preparar al sector agropecuario para enfrentar las condiciones climáticas presentes y futuras, a través de una metodología integral y estratégica para el análisis de vulnerabilidad. La metodología incluye la recopilación de datos mediante métodos cualitativos y cuantitativos y ofrece una mirada amplia hacia la vulnerabilidad, teniendo en cuenta sus cuatro dimensiones primordiales: biofísica, político-institucional, económico-productiva y socio-cultural.

El empleo de la metodología permitió identificar los cultivos con mayor y menor vulnerabilidad, los departamentos con mayor y menor vulnerabilidad en la Cuenca Alta del Río Cauca y los municipios con mayor aptitud climática en el futuro (2030, 2050) por cada cultivo analizado. El análisis general muestra que los departamentos de Valle del Cauca, Caldas y Cauca presentan los mayores índices de vulnerabilidad de los sistemas productivos (ponderados por área cultivada), mientras que los índices de vulnerabilidad en Quindío y en Risaralda son menores.

Desagregados por cultivos, los resultados indican que en Caldas los sistemas productivos con mayor nivel de vulnerabilidad son el café y el plátano, en el Cauca café y caña y en el Valle del Cauca la caña de azúcar y el café. Mientras que en los departamentos de Quindío y Risaralda los niveles más altos se registran para los cultivos de café y plátano. Por lo general, los sistemas productivos de café y caña de azúcar son altamente vulnerables en toda la región, mientras que los sistemas productivos de cacao, el frijol y la papa son menos vulnerables.

Más aún, los esfuerzos de identificar los municipios con mayor ganancia y pérdida en aptitud climática muestran que para el 2030 se espera que el municipio de Toro (Valle del Cauca) presente un incremento del 20% en áreas aptas para la siembra de cacao, mientras que se espera que el municipio de Filadelfia (Caldas) presente la mayor pérdida de área apta para el cultivo de cacao (-15.47%). Para el 2050, se espera que los municipios con mayor ganancia en áreas aptas para el cultivo de cacao, sean Puerto Tejada (+30.86%), Toro (+29.17%), Obando (+21.88%) y Miranda (+21.85%). Mientras que los municipios con la mayor pérdida en aptitud para el cultivo de cacao son Filadelfia (-35.47), Viter (-26.66), Neira (19.01), Palestina (-14.63).

De acuerdo al análisis de aptitud climática de los cultivos en zonas de conservación, oficiales y no oficiales, la papa resulta ser el cultivo con mayor incremento en % de áreas con aptitud sobre las áreas de conservación. Seguido de la papa y en términos de porcentaje de aumento de área con aptitud se encuentran en orden el plátano, frijol, café, cacao y la caña, siendo este último el que presenta muy pocas áreas con aptitud sobre las áreas de conservación. Este valor de incremento resulta más alarmante si se tienen en cuenta el número de áreas de



conservación oficiales en las cuales la papa presenta aptitud (6 de 8 áreas oficiales) para los escenarios a futuro en comparación con los restantes cultivos.

No obstante, debe considerarse que las áreas de conservación con mayor incremento de área con aptitud también tienen un porcentaje alto de área por fuera de la zona de estudio, y que por tanto las interpretaciones del impacto deben realizarse teniendo en cuenta este criterio. A modo de ejemplo, el PNN Los Farallones es uno de los mayor presencia a futuro tiene de algunos cultivos, no obstante solamente 13% del área total de este parque se encuentra dentro del área de estudio del proyecto AVA. Se recomienda para futuros estudios tener en cuenta también el área total de las áreas de conservación que intersectan la cuenca o área de estudio como criterio para la delimitación de la superficie final que va ser modelada.

Finalmente, los resultados indican que el cambio climático a 2030 y 2050 tiene los mayores impactos en la vulnerabilidad para los sistemas productivos de café, afectando fuertemente a las zonas de altura bajas en piedemonte, y muchas áreas de Quindío y Risaralda. Las áreas menos afectadas están en las zonas altas donde los incrementos de temperatura traen nuevas oportunidades para los cultivos. Respecto a la caña de azúcar, el sur del valle geográfico será impactado negativamente, mientras que la vulnerabilidad es menor hacia el futuro en el Norte del Valle. Por lo general el cacao es poco afectado.

El análisis de vulnerabilidad constituye un insumo muy valioso para la formulación de políticas públicas y diseñar estrategias adecuadas para disminuir la vulnerabilidad ante el cambio climático. Actores a nivel nacional y regional pueden usar la información generada como insumos para definir medidas de adaptación para cada cultivo estudiado y sus territorios tanto en el presente, como para el futuro. A nivel nacional (Ministerios y otras entidades gubernamentales), los resultados sirven para identificar los principales sectores y regiones que requieren más atención, para así poder priorizar las intervenciones, entre otras medidas. De igual modo, la metodología puede servir como modelo para otros análisis de vulnerabilidad en otras regiones del país, es decir, puede ser escalable a nivel nacional, sub-regional, etc.

Al nivel regional, Gobernaciones, Alcaldías, Corporaciones Autónomas Regionales pueden usar los resultados para enfocar programas de apoyo hacia las comunidades y municipios más vulnerables, y enfocar los instrumentos de adaptación hacia la resolución de los problemas que más influyen en la vulnerabilidad. Los resultados también constituyen insumos importantes para la formulación de futuros planes de desarrollo y planes de ordenamiento territorial.

Al nivel gremial, las entidades públicas y privadas enfocadas que trabajan con un cultivo en específico pueden usar los resultados para identificar los municipios y cultivos con mayor vulnerabilidad, definir el tipo de cultivo a desarrollar y la zona en la cual cultivarlos, así como tomar las medidas necesarias en el corto, mediano y largo plazo para reducir los riesgos climáticos en el sector agropecuario.

## 6. Referencias

Adger, W. 2006. Vulnerability. *Global Environmental Change*, 16(3), 268-281.

Adger, W., Arnell, N., y Tompkins, E. 2005. Successful adaptation across scales. *Global Environmental Change*, 15(2), 77-86.

Adger, W. N., y Vincent, K. 2005. Uncertainty in adaptive capacity. [doi: DOI: 10.1016/j.crte.2004.11.004]. *Comptes Rendus Geosciences*, 337(4), 399-410.

Alessa, L., Kliskey, A., Busey, R., Hinzman, L., y White, D. 2008. Freshwater vulnerabilities and resilience on the Seward Peninsula: Integrating multiple dimensions of landscape change. [doi: DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2008.01.004]. *Global Environmental Change*, 18(2), 256-270.

Alwang, J., Siegel, P. B., y Jorgensen, S. L. 2001. *Vulnerability: a view from different disciplines*: Social Protection Discussion Paper Series.

Brooks, N. 2003. Vulnerability, risk and adaptation: A conceptual framework. *Tyndall Centre for Climate Change Research Working Paper*, 38, 1-16.

Burger, J. 1997. Methods for and Approaches to Evaluating Susceptibility of Ecological Systems to Hazardous Chemicals 105, 843-848.

CCAFS (Programa de Investigación de CGIAR sobre Cambio Climático, Agricultura y Seguridad Alimentaria). 2009. Climate change, agriculture and food security: A strategy for change. Alliance of the CGIAR Centers and the Earth System Science Partnership (ESSP). [http://www.cgiar.org/www-archive/www.cgiar.org/pdf/CCAFS\\_Strategy\\_december2009.pdf](http://www.cgiar.org/www-archive/www.cgiar.org/pdf/CCAFS_Strategy_december2009.pdf)

Clark, W. C., Jager, J., Corell, R., Kasperson, R., McCarthy, J. J., Cash, D., et al. 2000. *Assessing vulnerability to global environmental risks. Report of the Workshop on Vulnerability to Global Environmental Change: Challenges for Research, Assessment and Decision Making*, Warrenton, VA.

Cutter, S. L. 1996. Vulnerability to environmental hazards. *Progress in Human Geography*, 20, 529-539.

Chambers, R. 1989. Vulnerability, coping and policy. *Institute of Developmental Studies Bulletin*, 20, 1-7.

DNP. 2011. Plan nacional de desarrollo 2010-2014. Prosperidad para todos. Retrieved from Disponible en: <http://www.dnp.gov.co/PortalWeb/PND/PND20102014.aspx>



- Downing, T. E., Butterfield, R., Cohen, S., Huq, S., Moss, R., Rahman, A., et al. 2001. *Climate Change Vulnerability: Linking Impacts and Adaptation*, Report to the Governing Council of the United Nations Environmental Programme, UNEP, and Environmental Change Institute, Oxford.
- Eakin, H., y Luers, A. L. 2006. Assessing the vulnerability of social-environmental systems. *Annu. Rev. Environ. Resour.*, 31, 365-394.
- Eriksen, S., y Kelly, P. M. 2006. Developing credible vulnerability indicators for climate adaptation policy assessment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. 12 (4), 495–524.
- Fellmann, T. 2012. The assessment of climate change related vulnerability in the agricultural sector: Reviewing conceptual frameworks. Building resilience for adaptation to climate change in the agriculture sector. FAO/OECD Workshop, 23-24 April 2012, FAO, Rome. <http://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/faooecd/fellmann.pdf>
- Fussel, H. M. 2007. Vulnerability: A generally applicable conceptual framework for climate change research. *Global Environmental Change*, 17(2), 155-167.
- Füssel, H. M., y Klein, R. J. T. 2006. Climate change vulnerability assessments: an evolution of conceptual thinking. *Climatic Change*, 75(3), 301-329.
- Gallopín, G. C. 2006. Linkages between vulnerability, resilience, and adaptive capacity. [doi: DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2006.02.004]. *Global Environmental Change*, 16(3), 293-303.
- González, J. I., Angulo, M. V., y López, C. 2009. Pobreza y Cambio Climático. *PNUD, Programa Conjunto de Integración de ecosistemas y adaptación al cambio climático, Manuscrito*.
- Hagedorn, R., Doblas-Reyes, F. J. & Palmer, T. N. 2005 The rationale behind the success of multimodel ensembles in seasonal forecasting—I. Basic concept. *Tellus A* 57, 219–233.
- Hijmans, R.J., S.E. Cameron, J.L. Parra, P.G. Jones, and A. Jarvis. 2005a. Very high resolution interpolated climate surfaces for global land areas. *International Journal of Climatology* 25:1965.
- Hinkel, J. 2011. “Indicators of vulnerability and adaptive capacity”: Towards a clarification of the science–policy interface. *Global Environmental Change*, 21, 198-208.
- IATF-DR. 2006. On better terms. Working Group on Climate Change and Disaster Risk Reduction of the Inter-Agency Task Force on Disaster Reduction, United Nations.



IPCC. 2001. *Climate Change 2001. Impacts, adaptation and vulnerability*. U.K.: Cambridge University Press.

IPCC. 2007. Cambio climático 2007: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático: Ginebra: Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. [http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4\\_syr\\_sp.pdf](http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4_syr_sp.pdf).

Jones, R. N. 2001. An environmental risk assessment/management framework for climate change impact assessments. *Natural Hazards*, 23(2), 197-230.

Kates, R. W. 1985. The interaction of climate and society. *Climate Impact Assessment. Studies of the Interaction of Climate and Society*. Wiley, Chichester, 3.

Kelly, P. M., y Adger, W. N. 2000. Theory and practice in assessing vulnerability to climate change and Facilitating adaptation. *Climatic Change*, 47(4), 325-352.

Le Treut, H., Somerville, R., Cubasch, U., Ding, Y., Mauritzen, C., Mokssit, A., et al. 2007. Historical overview of climate change.

Liverman, D. M. 1990. Vulnerability to global environmental change. *Environmental Risks and Hazards*, 326-342.

Luers, A. L. 2005. The surface of vulnerability: An analytical framework for examining environmental change. [doi: DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2005.04.003]. *Global Environmental Change Part A*, 15(3), 214-223.

Luers, A. L., Lobell, D. B., Sklar, L. S., Addams, C. L., y Matson, P. A. 2003. A method for quantifying vulnerability, applied to the agricultural system of the Yaqui Valley, Mexico. [doi: DOI: 10.1016/S0959-3780(03)00054-2]. *Global Environmental Change*, 13(4), 255-267.

MADR (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural). 2011. Dramático balance del impacto de la ola invernal en el sector agropecuario revela MinAgricultura [noticia en línea]. [www.minagricultura.gov.co/inicio/noticias.aspx?idNoticia=959](http://www.minagricultura.gov.co/inicio/noticias.aspx?idNoticia=959)

McCarthy, J., Canziani, O., Leary, N., Dokken, D., y White, K. 2001. *Impactos, Adaptación y Vulnerabilidad. Contribución del Grupo de Trabajo II al Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. En: Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambridge University Press, P. II-5.*



Mitchell, J., Devine, N., y Jagger, K. 1989. A contextual model of natural hazards. . *Geographical Review* 79, 79, 391-409.

Nakicenovic et al., 2000. *Special Report on Emissions Scenarios. A Special Report of Working Group III of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press: Cambridge. 599 pp.

Nair, R. and Bharat, A. 2011. Methodological Frameworks for Assessing Vulnerability to Climate Change. *India Journal* 8 (1), pp 1 – 15

Nelson, D. R., Adger, W. N., y Brown, K. 2007. Adaptation to environmental change: contributions of a resilience framework. *Annual review of Environment and Resources*, 32(1), 395.

Nelson, R., Kokic, P., Crimp, S., Martin, P., Meinke, H., Howden, S. M., et al. 2010. The vulnerability of Australian rural communities to climate variability and change: Part II-- Integrating impacts with adaptive capacity. [doi: DOI: 10.1016/j.envsci.2009.09.007]. *Environmental Science & Policy*, 13(1), 18-27.

O'Brien, K., Eriksen, S., Nygaard, L. P., y Schjolden, A. 2007. Why different interpretations of vulnerability matter in climate change discourses. *Climate Policy*, 7(1), 73-88.

ONU-EIRD. 2004. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres. Vivir con el Riesgo. *Informe mundial sobre iniciativas para la reducción de desastres. Parte, 5*, 383-369.

Parry, M. L. 2007. *Climate Change 2007: impacts, adaptation and vulnerability: contribution of Working Group II to the fourth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*: Cambridge Univ Pr.

Pelling, M., y High, C. 2005. Understanding adaptation: What can social capital offer assessments of adaptive capacity? *Global Environmental Change*, 15(4), 308-319.

PNUD. 2011. Informe nacional de desarrollo humano. Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo

Polsky, C., Schröter, D., Patt, A., Gaffin, S., Martello, M. L., Neff, R., et al. 2003. Assessing vulnerabilities to the effects of global change: An eight-step approach. *Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard University, John F. Kennedy School of Government*.

Powell, P, D. (1998) Assessing Potential Seasonal Predictability with an Ensemble of Multidecadal GCM Simulations. *Journal of Climate*, 11, 109-120



Ramírez-Villegas J; Salazar M; Jarvis A; Navarro-Racines CE. 2012. A way forward on adaptation to climate change in Colombian agriculture: Perspectives towards 2050. *Climatic Change* pp 1–18.

Ramirez, J.; Jarvis, A. 2008. High Resolution Statistically Downscaled Future Climate Surfaces. International Center for Tropical Agriculture (CIAT); CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). Cali, Colombia.

Robertson, W, A., Lall, U., Zebiak, E, S., Goddard, L. (2004) Improved combination of Multiple Atmospheric GCM Ensembles for Seasonal Prediction. *American Meteorology Society*, 132 (12) 2732- 2744

SGCAN. 2008. El cambio climático no tiene fronteras: Impacto del cambio climático en la Comunidad Andina. Lima, Perú. [www.comunidadandina.org/public/libro\\_84.htm](http://www.comunidadandina.org/public/libro_84.htm)

Smit, B., y Pilifosova, O. 2002. *Adaptive Capacity and Vulnerability Reduction*. . Bonn, Germany.

Smit, B., y Skinner, M. W. 2002. Adaptation options in agriculture to climate change: a typology. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 7(1), 85-114.

Smit, B. and J. Wandel. 2006. Adaptation, adaptive capacity and vulnerability, *Global Environmental Change*, Vol. 16, pp. 228-292.

Stephen, L., y Downing, T. E. 2001. Getting the scale rights: A comparison of analytical methods for vulnerability assessment and household-level targeting'. 25(2), 113–135. *Disasters*, 25(2), 113-135.

Tebaldi, C., Knutti, Reto (2007) The use of multi-model ensembles in probabilistic climate predictions. *Philosophical Transactions of The Royal Society*, 365, 2053-2075

Thywissen, K. 2006. Components of risk. *A Comparative Glossary. Studies of the University: Research, Counsel, Education (SOURCE). Publication Series of the United Nations University-Institute for Environment and Human Security (UNU-EHS) No, 2.*

Timmerman, P. 1981. Vulnerability, resilience, and the collapse of society. *Environmental Monograph*, 1.

Tortell, P. 1992. Coastal zone sensitivity mapping and its role in marine environmental management. *Marine Pollution Bulletin*, 25(1), 88-93.





ANÁLISIS INTERINSTITUCIONAL Y MULTISECTORIAL DE  
VULNERABILIDAD Y ADAPTACIÓN AL CAMBIO CLIMÁTICO  
PARA EL SECTOR AGRÍCOLA  
DE LA CUENCA ALTA DEL RÍO CAUCA  
IMPACTANDO POLÍTICAS DE ADAPTACIÓN



Turner, B. L., Kasperson, R. E., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., et al. 2003. A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(14), 8074-8079.

Turner, B. L., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., Eckley, N., et al. 2003a. Illustrating the coupled human environment system for vulnerability analysis: Three case studies. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(14), 8080-8085

Turner, B. L., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., Eckley, N., et al. 2003b. Illustrating the coupled human-environment system for vulnerability analysis: Three case studies. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 100(14), 8080-8085 %R 8010.1073/pnas.1231334100.

UNFCCC (United Nations Framework on Climate Change). 2007. Climate change: Impacts, vulnerabilities and adaptation in developing countries. <http://unfccc.int/resource/docs/publications/impacts.pdf>

Vincent, K. 2007. Uncertainty in adaptive capacity and the importance of scale. [doi: DOI: 10.1016/j.gloenvcha.2006.11.009]. *Global Environmental Change*, 17(1), 12-24.

Williams, L. R. R., y Kapustka, L. A. 2000. Ecosystem vulnerability: A complex interface with technical components. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 19(4), 1055-1058.

Wolf, S., Hinkel, J., Ionescu, C., Hofman, M., Bisaro, S., Linke, D., et al. 2010. Vulnerability: a meta-analysis of definitions and methodologies. A clarification by formalisation. *Global Environmental Change*, under review.

## Anexos

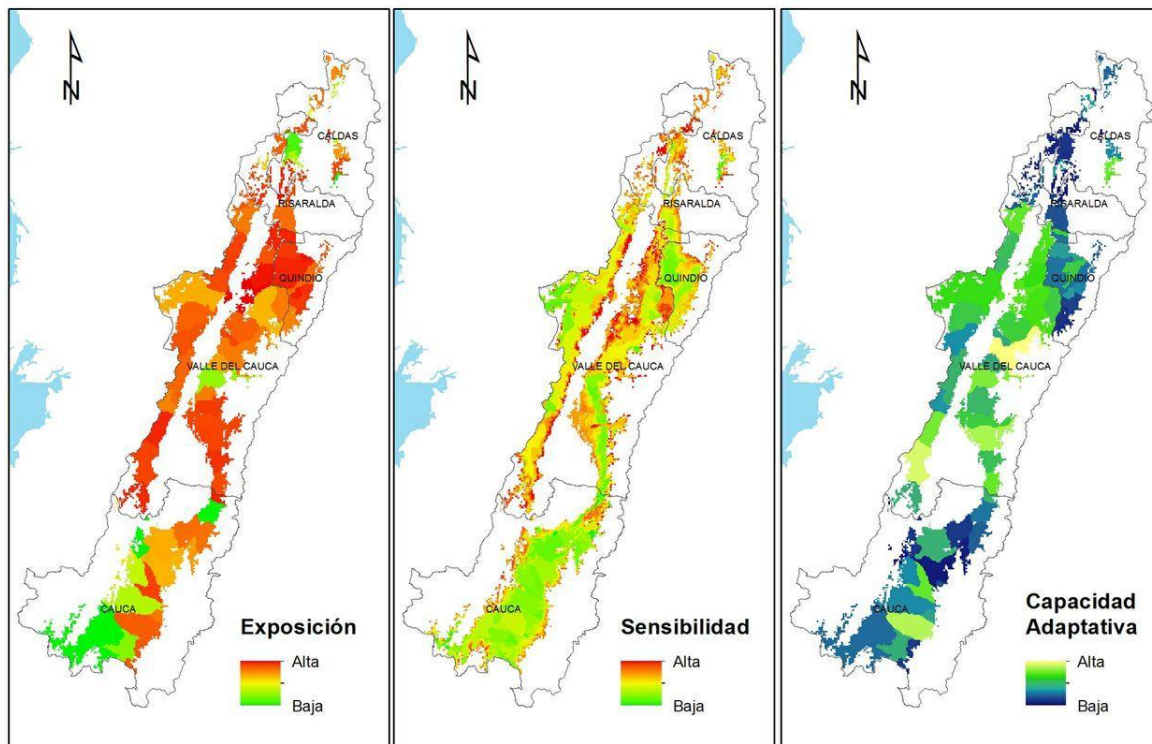
### Anexo 1. Listado de Modelos de Circulación General (GCMs) usados en el estudio

N o.	GCMs
1	bccr_bcm2_0
2	cccma_cgcm3_1_t47
3	cnrm_cm3
4	csiro_mk3_0
5	csiro_mk3_5
6	gfdl_cm2_0
7	gfdl_cm2_1
8	giss_model_er
9	ingv_echam4
10	inm_cm3_0
11	ipsl_cm4
12	miroc3_2_medres
13	miub_echo_g
14	mpi_echam5
15	mri_cgcm2_3_2a
16	ncar_ccsm3_0
17	ncar_pcm1
18	ukmo_hadcm3
19	ukmo_hadgem1

**Anexo 2:** Exposición, Sensibilidad y Capacidad Adaptativa de los cultivos de frijol, plátano y papa en la Cuenca Alta del Río Cauca

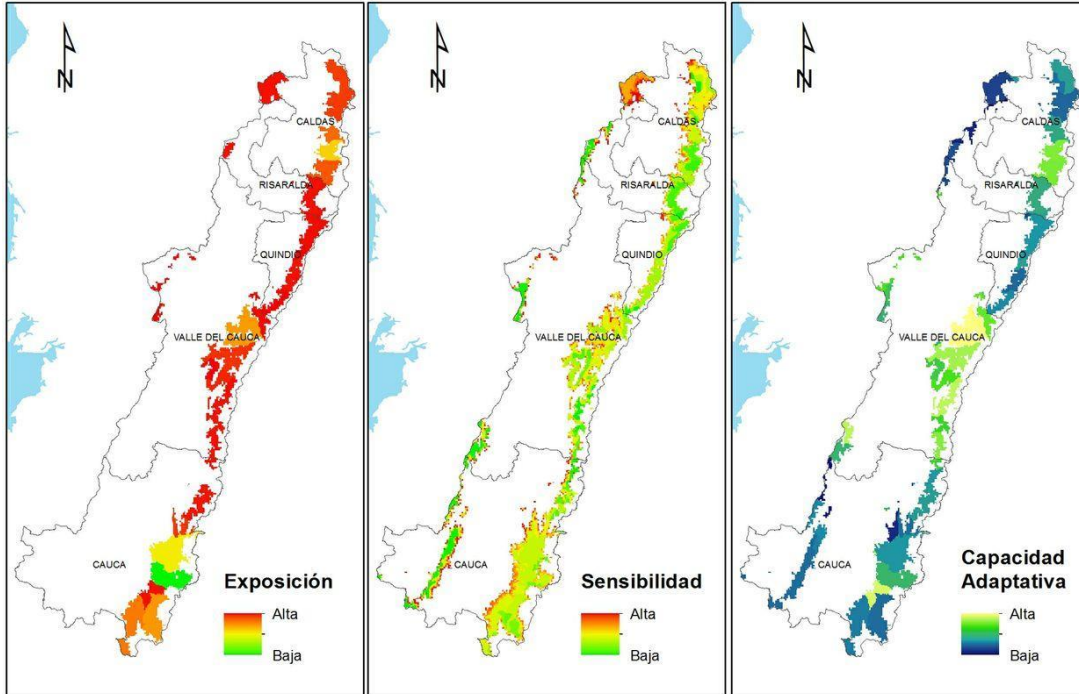
## FRIJOL

### EXPOSICIÓN, SENSIBILIDAD Y CAPACIDAD ADAPTATIVA



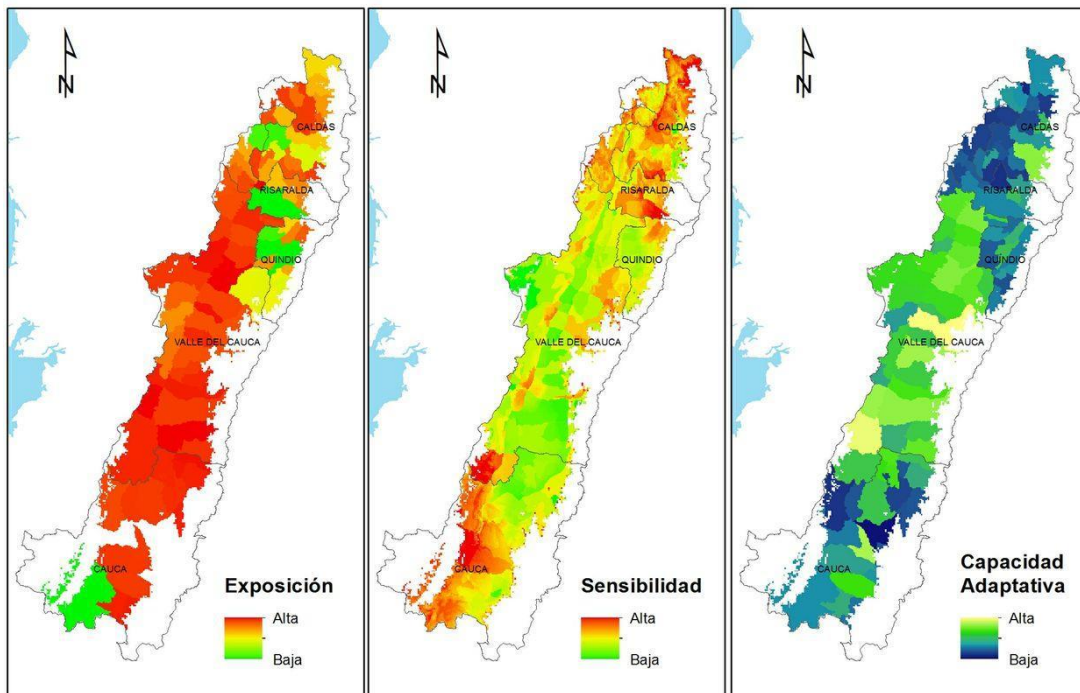
## PAPA

### EXPOSICIÓN, SENSIBILIDAD Y CAPACIDAD ADAPTATIVA



## PLATANO

### EXPOSICIÓN, SENSIBILIDAD Y CAPACIDAD ADAPTATIVA



**Anexo 3:** Porcentaje de cambio de áreas (considerando el área total del municipio) por cultivo y municipio (sólo teniendo en cuenta aptitud climática superior al 70%)\*.

	Porcentaje de áreas municipales con aptitud presente y cambio de aptitud (futuro-presente) para 2030 y 2050 (>70%)*																	
	Cacao			Café			Caña de azúcar			Frijol			Papa			Plátano		
	Presente	2030	2050	Presente	2030	2050	Presente	2030	2050	Presente	2030	2050	Presente	2030	2050	Presente	2030	2050
<b>CALDAS</b>	<b>26.9</b>	<b>-2.0</b>	<b>-7.3</b>	<b>32.4</b>	<b>-8.9</b>	<b>-11.8</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>12.4</b>	<b>-6.3</b>	<b>-8.3</b>	<b>28.2</b>	<b>-5.1</b>	<b>-6.8</b>	<b>66.0</b>	<b>1.4</b>	<b>-0.5</b>
AGUADAS	19.2	-5.0	-10.5	22.9	-11.0	-16.9	0.0	0.0	0.0	11.7	-8.5	-11.7	40.1	-5.7	-10.7	59.1	-9.0	-17.7
ANSERMA	59.9	2.0	-8.4	55.2	-9.4	-19.1	0.0	0.0	0.0	52.5	-32.1	-46.2	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	-12.7
ARANZAZU	0.9	1.8	0.9	18.4	14.3	29.0	0.0	0.0	0.0	4.6	0.0	-4.1	39.2	-10.6	-13.8	59.9	5.1	12.0
BELALCÁZAR	72.4	-1.2	-5.5	48.5	-20.9	-35.0	0.0	0.0	0.0	29.4	-29.4	-29.4	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
CHINCHINÁ	33.3	-5.3	-8.2	80.1	-44.4	-64.9	0.0	0.0	0.0	12.3	-12.3	-12.3	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	-0.6
FILADELFIA	62.6	-15.5	-35.5	55.1	-18.9	-29.1	0.0	0.0	0.0	4.9	-2.3	-4.2	0.4	-0.4	-0.4	99.6	-2.6	-17.0
LA MERCED	26.3	-0.8	-4.5	45.1	-7.5	-10.5	0.0	0.0	0.0	2.3	-2.3	-2.3	2.3	-2.3	-2.3	99.2	-8.3	-25.6
MANIZALES	17.4	-3.6	-6.6	32.0	-10.4	-9.7	0.0	0.0	0.0	13.6	6.8	7.0	29.5	-5.5	-5.6	61.8	6.0	8.3
MARMATO	24.5	1.9	0.0	43.4	-1.9	-3.8	0.0	0.0	0.0	24.5	-20.8	-24.5	0.0	0.0	0.0	100.0	-15.1	-26.4
NEIRA	29.9	-5.0	-19.0	19.4	2.0	4.0	0.0	0.0	0.0	14.1	2.4	-0.6	26.7	-3.8	-1.2	63.0	4.2	-1.6
PÁCORA	17.5	0.6	-2.6	35.0	-8.0	-14.6	0.0	0.0	0.0	6.9	-6.3	-6.9	28.9	-8.9	-12.0	72.8	-0.6	-2.6
PALESTINA	48.2	-6.7	-14.6	67.7	-54.9	-64.6	0.0	0.0	0.0	1.2	-1.2	-1.2	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	-3.7
RIOSUCIO	8.5	1.9	2.5	20.6	0.0	1.5	0.0	0.0	0.0	2.5	-2.5	-2.5	60.4	-17.3	-29.2	43.8	7.3	12.9
RISARALDA	72.5	2.8	-7.0	64.8	-28.2	-44.4	0.0	0.0	0.0	50.7	-44.4	-49.3	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	-2.8
SALAMINA	4.2	0.8	1.4	16.6	2.8	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	58.6	-4.4	-5.2	36.8	3.8	7.4
SAN JOSÉ	66.7	3.0	-12.1	68.7	-28.3	-45.5	0.0	0.0	0.0	45.5	-44.4	-45.5	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
SUPÍA	33.1	5.4	7.2	58.4	-17.5	-27.7	0.0	0.0	0.0	12.0	-12.0	-12.0	12.0	-4.2	-6.0	88.6	-3.0	-9.6
VILLAMARÍA	0.0	0.0	0.0	4.8	3.6	8.6	0.0	0.0	0.0	3.3	1.7	-0.9	43.0	-5.3	-5.2	18.6	7.4	13.9
VITERBO	91.5	-10.3	-26.7	33.9	-22.4	-29.7	0.0	0.0	0.0	10.3	-10.3	-10.3	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0

CAUCA	12.6	1.1	1.7	22.7	4.8	3.7	4.5	-0.2	-1.1	36.4	-4.4	-7.4	22.9	-3.5	-1.9	54.4	0.2	-0.7
BUENOS AIRES	21.5	-9.3	-13.5	51.4	-25.7	-37.6	0.0	0.0	0.0	44.4	-31.2	-35.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	-17.7
CAJIBÍO	0.0	0.0	0.0	35.8	38.9	34.9	0.0	0.0	0.0	70.7	-11.7	-26.5	8.5	-2.2	-2.9	86.0	-1.8	-5.3
CALDONO	2.9	6.4	12.9	47.0	14.2	17.5	0.0	0.0	0.0	76.2	6.8	1.2	21.8	-7.0	-10.7	79.7	5.5	9.4
CALOTO	70.1	9.4	13.2	43.9	-7.0	-13.5	1.8	-0.5	-1.8	73.5	-21.8	-31.7	0.5	-0.5	-0.5	99.7	0.3	0.3
CORINTO	40.8	6.5	11.0	24.7	3.5	1.9	18.9	-1.2	-9.3	44.1	-3.0	-5.1	18.2	-3.0	-2.1	68.3	3.7	5.6
EL TAMBO	1.9	-0.9	-1.7	17.4	3.4	1.1	0.0	0.0	0.0	31.1	-8.7	-14.1	12.0	-4.2	-6.5	36.4	-4.7	-10.4
GUACHENÉ	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	42.1	-8.6	-30.3	3.3	-3.3	-3.3	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
JAMBALÓ	3.1	7.8	10.3	20.1	11.0	13.5	0.0	0.0	0.0	37.6	11.6	16.3	41.4	-6.0	0.0	43.3	9.1	13.5
MIRANDA	35.6	11.5	21.9	13.0	0.4	-1.5	51.1	0.4	0.0	26.3	-4.1	-5.2	15.6	-1.5	-0.7	73.3	2.6	5.2
MORALES	0.6	-0.6	-0.6	52.9	-12.6	-23.4	0.0	0.0	0.0	35.4	-9.7	-17.2	21.0	-6.6	-10.9	59.4	-3.3	-3.1
PADILLA	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	96.1	-4.9	-27.2	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
PIENDAMÓ	0.0	0.0	1.9	64.1	21.5	23.8	0.0	0.0	0.0	92.1	3.0	0.0	5.3	-3.4	-5.3	95.1	3.0	4.9
POPAYÁN	0.0	0.0	0.0	17.1	41.0	49.1	0.0	0.0	0.0	69.0	5.5	5.7	27.5	-7.7	-12.7	72.3	7.4	12.6
PUERTO TEJADA	59.3	11.7	30.9	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	-0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
PURACÉ (Coconuco)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.6	0.6	56.6	3.5	24.2	0.2	1.4	3.3
SANTANDER DE QUILICHAO	66.5	1.5	-3.4	41.2	-9.6	-16.2	0.0	0.0	0.0	67.2	-24.7	-37.7	0.9	-0.7	-0.9	99.3	0.6	-1.0
SILVIA	0.0	0.0	0.0	0.1	0.6	3.3	0.0	0.0	0.0	4.4	4.8	11.7	64.9	-1.1	9.8	6.3	6.1	15.9
SOTARÁ (Paispamba)	0.0	0.2	0.3	1.7	4.6	12.1	0.0	0.0	0.0	20.4	6.3	7.3	57.7	-10.4	0.0	22.1	7.6	14.1
SUÁREZ	1.8	-1.3	-1.8	40.5	-27.9	-33.4	0.0	0.0	0.0	5.9	-5.9	-5.9	10.1	-4.1	-7.5	78.4	-14.3	-33.1
TIMBÍO	1.0	2.1	1.7	28.3	53.8	58.7	0.0	0.0	0.0	99.3	-3.1	-7.0	0.3	-0.3	-0.3	99.7	0.3	-0.7
TORIBÍO	4.9	6.1	8.7	19.1	6.6	6.9	0.0	0.0	0.0	30.9	5.8	9.0	37.0	-2.3	3.1	33.9	4.3	9.0
TOTORÓ	0.0	0.0	0.0	0.0	7.8	12.2	0.0	0.0	0.0	14.1	8.3	14.7	58.8	-5.3	3.7	17.8	9.8	17.6
VILLA RICA	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	36.9	-4.6	-18.5	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0



QUINDIO	25.8	5.0	5.5	44.4	-10.2	-12.5	3.3	0.8	1.1	51.2	-17.1	-39.5	27.0	-4.0	-4.3	65.7	4.8	8.6
ARMENIA	58.8	12.3	13.4	98.9	-39.0	-65.2	0.0	0.0	0.0	94.7	-15.0	-79.1	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
BUENAVISTA	55.4	12.5	12.5	92.9	-39.3	-51.8	0.0	0.0	0.0	100.0	-44.6	-78.6	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
CALARCÁ	22.4	7.5	7.8	52.6	-3.9	-10.1	0.0	0.0	0.0	64.9	-25.0	-42.9	25.0	-6.2	-8.4	73.4	6.2	9.7
CIRCASIA	1.4	3.4	4.8	49.3	21.2	36.3	0.0	0.0	0.0	25.3	-17.8	-25.3	2.7	-2.7	-2.7	97.3	2.7	2.7
CÓRDOBA	7.0	3.1	2.3	32.0	3.1	2.3	0.0	0.0	0.0	45.3	-10.2	-23.4	42.2	0.8	3.9	45.3	4.7	7.8
FILANDIA	0.0	3.4	3.4	43.5	19.7	30.6	0.0	0.0	0.0	2.0	-2.0	-2.0	9.5	-8.8	-9.5	90.5	7.5	8.8
GÉNOVA	4.5	2.6	2.6	23.4	8.7	11.8	0.0	0.0	0.0	43.2	0.3	-15.3	39.2	-4.2	-3.2	44.5	6.3	11.8
LA TEBAIDA	95.6	3.0	3.0	72.6	-71.9	-72.6	16.3	8.1	8.9	100.0	-68.9	-100.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
MONTENEGRO	78.8	9.4	12.3	79.7	-59.9	-77.4	19.3	2.8	3.3	98.1	-25.9	-98.1	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
PIJAO	6.6	2.1	1.8	24.5	3.6	8.4	0.0	0.0	0.0	42.1	-11.9	-21.5	46.0	-4.2	-3.0	42.7	6.6	11.6
QUIMBAYA	69.7	13.8	16.5	86.2	-45.7	-70.2	13.3	2.7	5.9	84.0	-39.4	-84.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
SALENTO	0.0	0.0	0.0	1.8	7.9	15.3	0.0	0.0	0.0	6.5	-4.9	-6.5	60.0	-9.2	-12.4	22.9	9.7	19.8
<b>RISARALDA</b>	<b>29.5</b>	<b>-0.3</b>	<b>-2.6</b>	<b>41.1</b>	<b>-6.3</b>	<b>-10.9</b>	<b>1.4</b>	<b>0.5</b>	<b>-0.3</b>	<b>18.0</b>	<b>-16.3</b>	<b>-17.8</b>	<b>16.3</b>	<b>-3.9</b>	<b>-5.3</b>	<b>75.1</b>	<b>2.5</b>	<b>4.5</b>
APÍA	5.4	-2.0	-5.4	42.1	7.9	11.9	0.0	0.0	0.0	11.4	-9.9	-11.4	28.2	-12.4	-17.3	71.8	9.4	15.8
BALBOA	82.5	0.0	-4.7	52.0	-29.8	-43.9	0.0	0.0	0.0	32.7	-32.7	-32.7	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
BELÉN DE UMBRÍA	30.9	3.3	-3.7	72.0	-4.1	-16.9	0.0	0.0	0.0	32.1	-21.8	-31.3	10.3	-3.7	-5.3	90.5	2.5	3.7
DOSQUEBRADAS	1.0	0.0	-1.0	47.5	20.8	17.8	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	99.0	1.0	1.0
GUÁTICA	6.3	2.8	4.2	34.3	16.1	34.3	0.0	0.0	0.0	14.7	-2.1	-11.9	18.2	-15.4	-17.5	88.1	7.0	9.8
LA CELIA	13.8	-1.4	-4.8	75.9	-6.9	-20.7	0.0	0.0	0.0	20.0	-20.0	-20.0	11.0	-2.1	-2.8	86.9	-0.7	-1.4
LA VIRGINIA	100.0	0.0	0.0	9.8	-9.8	-9.8	0.0	0.0	0.0	33.3	-33.3	-33.3	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
MARSELLA	50.2	-3.3	-7.0	53.5	-14.6	-28.6	0.0	0.0	0.0	20.2	-20.2	-20.2	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
PEREIRA	50.2	0.7	-1.3	44.1	-22.3	-30.3	5.5	1.9	-1.3	28.4	-28.4	-28.4	6.1	-1.0	-1.5	80.2	1.2	2.3
QUINCHÍA	32.7	-5.3	-7.2	49.0	-1.0	0.0	0.0	0.0	0.0	22.6	-18.8	-22.6	8.2	-5.8	-8.2	93.8	2.4	-6.7
SANTA ROSA DE CABAL	0.1	0.0	-0.1	13.8	5.4	5.6	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	38.3	-4.6	-7.1	37.5	3.9	11.1
SANTUARIO	27.3	-1.5	-4.8	42.1	-5.2	-10.0	0.0	0.0	0.0	16.2	-15.9	-16.2	25.8	-6.3	-7.0	72.0	1.8	3.0

VALLE DEL CAUCA	18.8	5.8	10.8	26.4	-3.9	-5.8	39.5	4.0	4.8	50.9	-18.1	-23.7	13.8	-2.0	-1.8	80.5	2.1	-7.5
ALCALÁ	73.1	4.3	4.3	87.1	-47.3	-64.5	7.5	2.2	4.3	68.8	-54.8	-68.8	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
ANDALUCÍA	17.1	7.0	12.7	13.9	-7.6	-9.5	87.3	1.9	3.2	51.3	-40.5	-45.6	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
ANSERMANUEVO	69.7	11.2	17.4	48.3	-12.7	-20.9	9.0	7.0	4.7	56.7	-21.4	-36.8	2.2	-2.2	-2.2	96.5	-0.2	-0.2
BOLÍVAR	12.8	7.5	21.8	49.9	-1.2	-3.3	11.2	11.6	16.0	80.6	-10.1	-17.1	6.8	-3.5	-4.2	90.5	1.4	-0.1
BUGA	2.9	4.2	6.9	12.5	0.4	0.6	25.5	2.0	2.7	27.9	-3.0	-3.7	34.3	-2.0	0.3	45.9	3.6	-11.6
BUGALAGRANDE	40.5	12.7	18.0	26.8	-9.7	-17.0	68.7	4.7	5.6	70.0	-47.2	-55.4	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
CAICEDONIA	57.1	6.9	12.4	67.0	-22.3	-28.3	4.7	3.0	2.6	98.7	-44.6	-82.4	1.3	-1.3	-1.3	98.7	1.3	1.3
CALI	27.3	7.8	16.9	28.7	-1.8	-5.1	43.5	3.4	2.0	51.1	-14.2	-27.3	12.2	-2.7	-2.8	87.1	2.6	-4.5
CANDELARIA	0.0	0.0	1.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	-26.7
CARTAGO	90.4	8.2	9.6	16.3	-11.1	-13.7	72.3	6.1	0.9	32.4	-22.7	-31.8	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
EL AGUILA	13.9	4.6	9.2	50.8	1.3	-2.5	0.0	0.0	0.0	27.3	-19.3	-24.4	24.4	-8.8	-14.3	70.6	-1.3	-1.3
EL CERRITO	5.4	2.8	4.8	11.2	1.2	1.2	49.7	1.2	1.3	51.7	-30.9	-29.9	24.9	-3.0	-2.7	68.4	3.0	-31.9
FLORIDA	14.0	5.7	10.6	16.5	-0.8	-3.8	33.6	0.8	0.6	27.7	-2.5	-4.9	20.1	-2.5	0.9	58.1	2.8	5.3
GINEBRA	5.8	5.8	11.4	20.9	0.6	0.3	30.1	1.7	2.2	58.8	-23.4	-22.8	30.4	-4.7	-3.9	61.3	3.6	-7.2
GUACARÍ	4.3	8.6	12.9	22.3	-4.3	-8.6	68.2	4.7	6.4	59.7	-30.0	-34.8	5.2	-1.7	-2.6	94.8	1.7	-48.1
JAMUNDÍ	47.4	-2.5	-6.6	25.6	-14.9	-14.7	7.6	-0.6	-3.9	22.8	-18.1	-20.9	14.6	-1.8	-3.1	82.0	0.3	-2.4
LA UNIÓN	0.0	4.7	18.0	37.2	-8.7	-15.7	59.9	9.3	12.8	59.3	-17.4	-25.0	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
LA VICTORIA	23.3	6.9	10.1	24.8	-20.7	-23.6	77.5	6.1	8.4	69.5	-53.6	-66.6	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
OBANDO	15.8	10.4	21.9	23.6	-9.4	-15.5	77.1	1.3	2.4	46.1	-26.9	-37.4	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
PALMIRA	5.4	2.7	4.3	9.2	0.8	1.3	55.3	0.6	0.8	30.2	-13.3	-12.6	14.9	-1.0	0.7	71.1	3.2	-38.9
PRADERA	13.0	5.8	8.5	14.1	-1.5	0.4	41.9	0.9	0.9	36.8	-13.5	-15.2	19.7	-0.6	1.3	66.0	2.1	-1.7
RIOFRÍO	8.9	6.9	14.5	38.6	-3.8	-8.4	36.5	9.6	11.7	71.8	-14.2	-25.9	12.7	-2.8	-4.1	87.6	2.8	4.6
ROLDANILLO	0.0	2.3	16.5	40.5	2.9	3.2	39.5	7.8	10.0	75.1	-15.9	-23.0	2.3	-2.3	-2.3	99.0	1.0	-1.9
SAN PEDRO	20.5	10.1	14.7	38.5	-10.4	-14.7	49.3	4.7	6.5	60.1	-12.2	-24.1	5.4	-1.8	-2.5	94.6	2.2	-5.0
SEVILLA	36.2	6.0	10.6	30.6	-5.1	-4.5	16.0	5.2	6.7	63.1	-19.0	-26.7	22.1	-4.0	-2.0	67.2	5.3	7.8
TORO	18.3	20.0	29.2	44.6	-10.0	-18.3	50.0	8.3	12.9	72.1	-26.7	-37.5	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
TRUJILLO	6.8	11.3	20.6	46.8	8.4	7.9	14.0	5.9	8.4	81.9	-5.4	-11.3	15.8	-3.4	-5.0	84.8	2.9	4.3
TULUÁ	9.1	6.3	10.3	22.3	1.5	2.5	23.2	1.4	1.7	40.2	-0.4	-1.5	36.1	-4.5	-5.0	57.8	6.0	9.0
ULLOA	73.2	2.8	1.4	87.3	-50.7	-63.4	7.0	4.2	5.6	66.2	-66.2	-66.2	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	0.0
VIJES	0.0	0.0	0.0	27.8	12.3	15.4	17.9	5.6	9.9	91.4	-7.4	-10.5	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	-14.8
YOTOCO	0.0	2.4	9.8	39.4	-4.5	-9.8	46.1	14.1	18.4	77.3	-20.0	-30.3	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	-25.3
YUMBO	0.0	1.0	4.4	28.3	0.7	-2.0	43.8	12.8	19.5	79.8	-19.2	-30.3	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	-33.3
ZARZAL	17.4	10.3	16.4	4.0	-4.0	-4.0	96.0	1.9	2.5	50.2	-49.2	-50.2	0.0	0.0	0.0	100.0	0.0	-0.6

**Anexo 4.** Porcentaje de áreas municipales con aptitud presente y cambio de aptitud (futuro-presente) para 2030 y 2050 (>70%) para cada cultivo.

	2030			2050		
	Municipios de mayor aptitud de adecuacion	Area adecuada presente (%)	Cambio en el area adecuada (%)	Municipios de mayor aptitud de adecuacion	Area adecuada presente (%)	Cambio en el area adecuada (%)
	<b>Café</b>	TIMBÍO	28.3	53.86	TIMBÍO	28.3
POPAYÁN		17.1	41.03	POPAYÁN	17.1	49.06
CAJIBÍO		35.8	38.89	CIRCASIA	49.3	36.30
PIENDAMÓ		64.1	21.51	CAJIBÍO	35.8	34.86
Municipios de menor aptitud de adecuacion		Area adecuada presente (%)	Cambio en el area adecuada (%)	Municipios de menor aptitud de adecuacion	Area adecuada presente (%)	Cambio en el area adecuada (%)
LA TEBAIDA		72.6	-71.85	MONTENEGRO	79.7	-77.36
MONTENEGRO		79.7	-59.91	LA TEBAIDA	72.6	-72.59
PALESTINA		67.7	-54.88	QUIMBAYA	86.2	-70.21
ULLOA		87.3	-50.70	CHINCHINÁ	80.1	-64.91
ALCALÁ		87.1	-47.31			

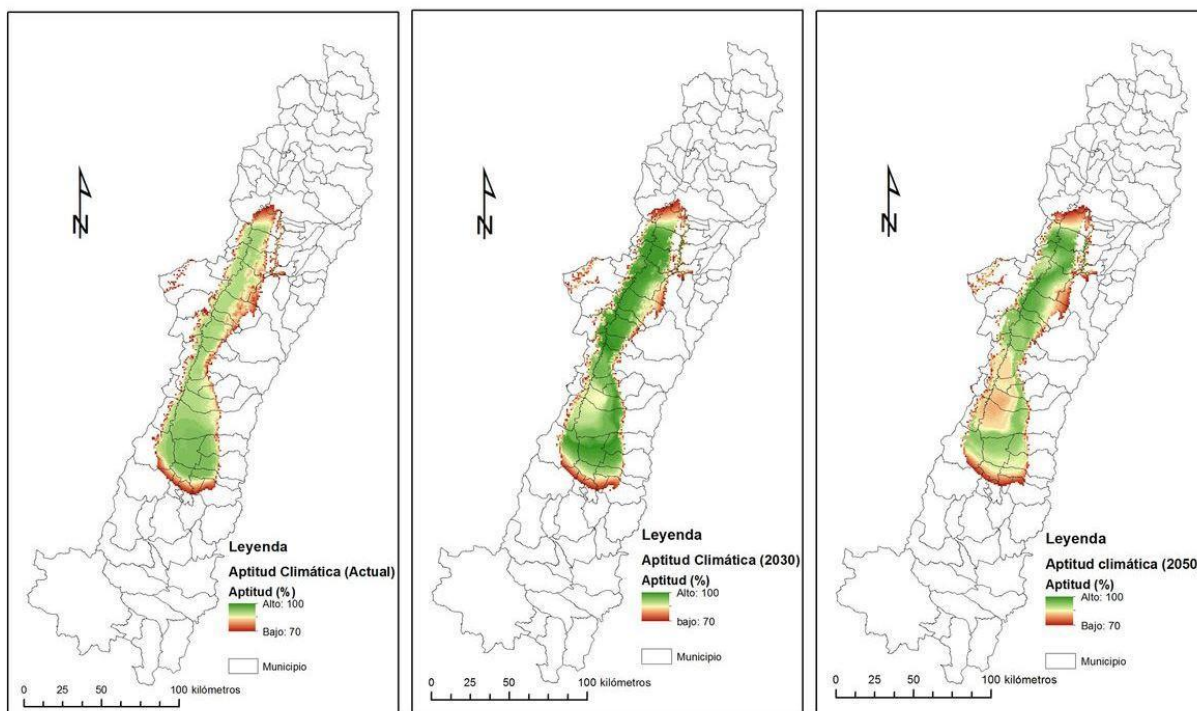
	2030			2050		
	Municipios de mayor aptitud de adecuacion	Area adecuada presente (%)	Cambio en el area adecuada (%)	Municipios de mayor aptitud de adecuacion	Area adecuada presente (%)	Cambio en el area adecuada (%)
	<b>Cana Azucar</b>	YOTOCO	46.1	14.08	TIMBÍO	28.3
YUMBO		43.8	12.79	POPAYÁN	17.1	49.06
BOLÍVAR		11.2	11.62	CIRCASIA	49.3	36.30
RIOFRÍO		36.5	9.64	CAJIBÍO	35.8	34.86
Municipios de menor aptitud de adecuacion		Area adecuada presente (%)	Cambio en el area adecuada (%)	Municipios de menor aptitud de adecuacion	Area adecuada presente (%)	Cambio en el area adecuada (%)
YOTOCO		46.1	14.08	GUACHENÉ	42.1	-30.26
YUMBO		43.8	12.79	PADILLA	96.1	-27.19
BOLÍVAR		11.2	11.62	VILLA RICA	36.9	-18.46
RIOFRÍO		36.5	9.645	CORINTO	18.9	-9.32

	2030			2050		
	Municipios de mayor aptitud de adecuación	Area adecuada presente (%)	Cambio en el area adecuada (%)	Municipios de mayor aptitud de adecuación (%)	Area adecuada presente (%)	Cambio en el area adecuada (%)
	<b>Frijol</b>	JAMBALÓ	37.6	11.6	JAMBALÓ	37.6
TOTORÓ		14.1	8.30	TOTORÓ	14.1	14.75
MANIZALES		13.6	6.81	SILVIA	4.4	11.74
CALDONO		76.2	6.78	SOTARÁ (Paispamba)	20.4	9.05
SOTARÁ (Paispamba)		20.4	6.34	TORIBÍO	30.9	7.26
Municipios de menor aptitud de adecuación		Area adecuada presente (%)	Cambio en el area adecuada (%)	Municipios de menor aptitud de adecuación	Area adecuada presente (%)	Cambio en el area adecuada (%)
LA TEBAIDA		100.0	-68.89	LA TEBAIDA	100.0	-100
ULLOA		66.2	-66.2	MONTENEGR-O	98.1	-98.11
ALCALÁ		68.8	-54.84	QUIMBAYA	84.0	-84.04
LA VICTORIA		69.5	-53.60	CAICEDONIA	98.7	-82.40
ZARZAL	50.2	-49.16				

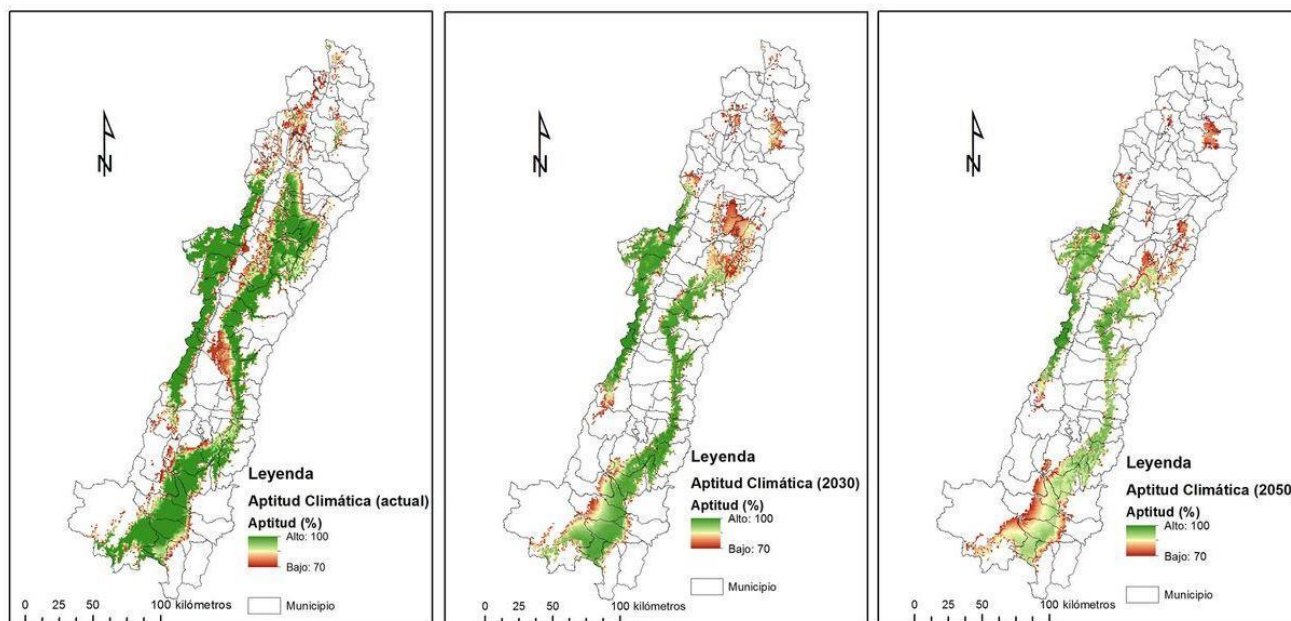
	2030			2050		
	Municipios de mayor aptitud de adecuación	Area adecuada presente (%)	Cambio en el area adecuada (%)	Municipios de mayor aptitud de adecuación	Area adecuada presente (%)	Cambio en el area adecuada (%)
	<b>Papa</b>	PURACÉ (Coconuco)	56.6	3.49	PURACÉ (Coconuco)	56.6
CÓRDOBA		42.2	0.78	SILVIA	64.9	9.85
				TOTORÓ	58.8	3.73
				CÓRDOBA	42.2	3.91
Municipios de menor aptitud de adecuación		Area adecuada presente (%)	Cambio en el area adecuada (%)	Municipios de menor aptitud de adecuación	Area adecuada presente (%)	Cambio en el area adecuada (%)
RIOSUCIO		60.4	-17.29	RIOSUCIO	60.4	-29.17
GUÁTICA		18.2	-15.38	APÍA	28.2	-17.33
APÍA		28.2	-12.38	GUÁTICA	18.2	-17.48
ARANZAZU		39.2	-10.6	EL AGUILA	24.4	-14.29

	2030			2030		
	Municipios de mayor aptitud de adecuación	Area adecuada presente (%)	Cambio en el area adecuada (%)	Municipios de mayor aptitud de adecuación	Area adecuada presente (%)	Cambio en el area adecuada (%)
<b>Platano</b>	TOTORÓ	17.8	9.83	SALENTO	22.9	19.77
	SALENTO	22.9	9.66	TOTORÓ	17.8	17.63
	APÍA	71.8	9.41	SILVIA	6.3	15.91
	JAMBALÓ	43.3	9.09	APÍA	71.8	15.84
	Municipios de menor aptitud de adecuación	Area adecuada presente (%)	Cambio en el area adecuada (%)	Municipios de menor aptitud de adecuación	Area adecuada presente (%)	Cambio en el area adecuada (%)
	MARMATO	100.0	-15.09	GUACARÍ	94.8	-48.07
	SUÁREZ	78.4	-14.32	PALMIRA	71.1	-38.94
	AGUADAS	59.1	-9.01	YUMBO	100.0	-33.33
	LA MERCED	99.2	-8.27	SUÁREZ	78.4	-33.11
	EL TAMBO	36.4	-4.72			

**Anexo 5: Aptitud climática de frijol, papa, caña de azúcar y plátano (actual, 2030 y 2050)**

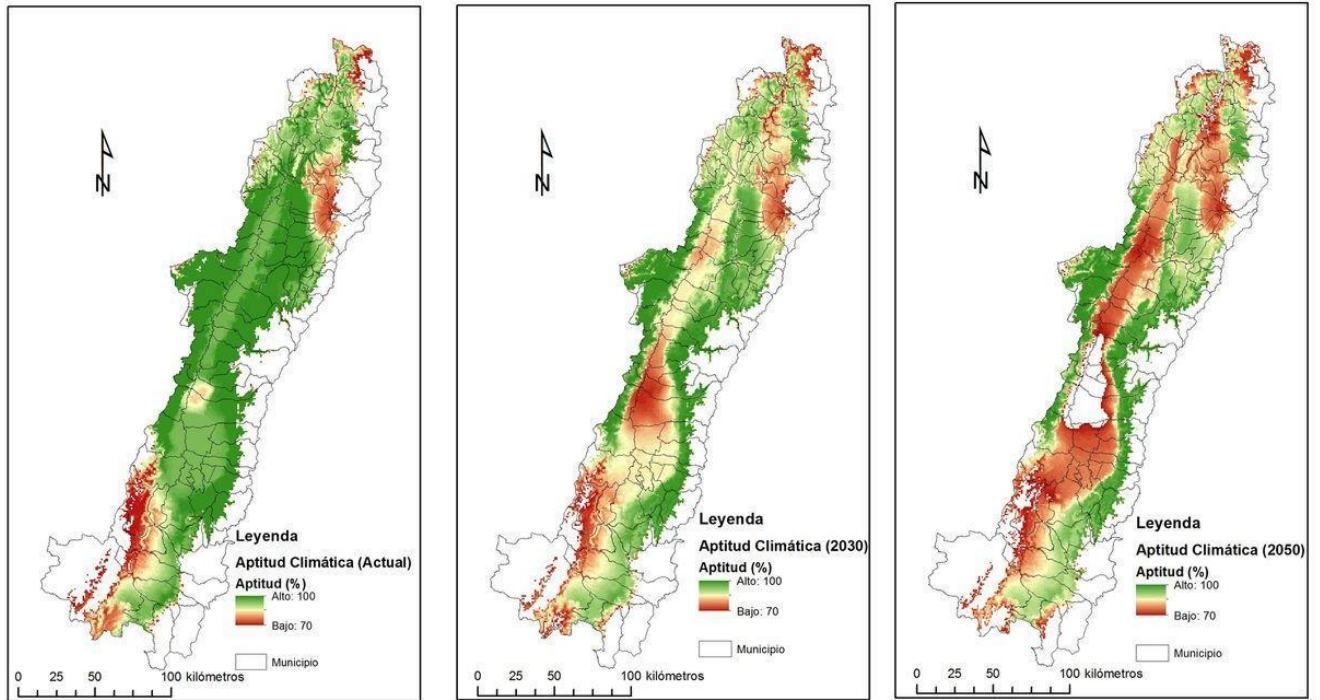


a. Caña de azúcar: aptitud climática (actual, 2030, 2050) para la Cuenca Alta del Río Cauca

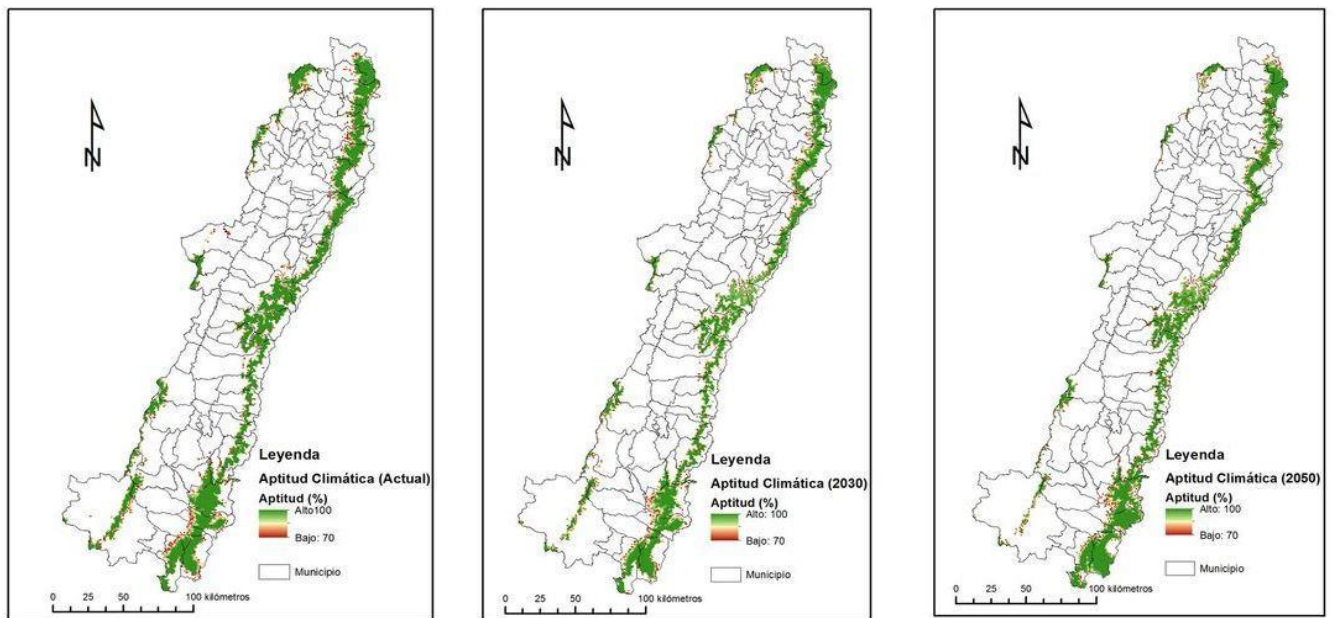


b. Frijol: aptitud climática (actual, 2030, 2050) para la Cuenca Alta del Río Cauca



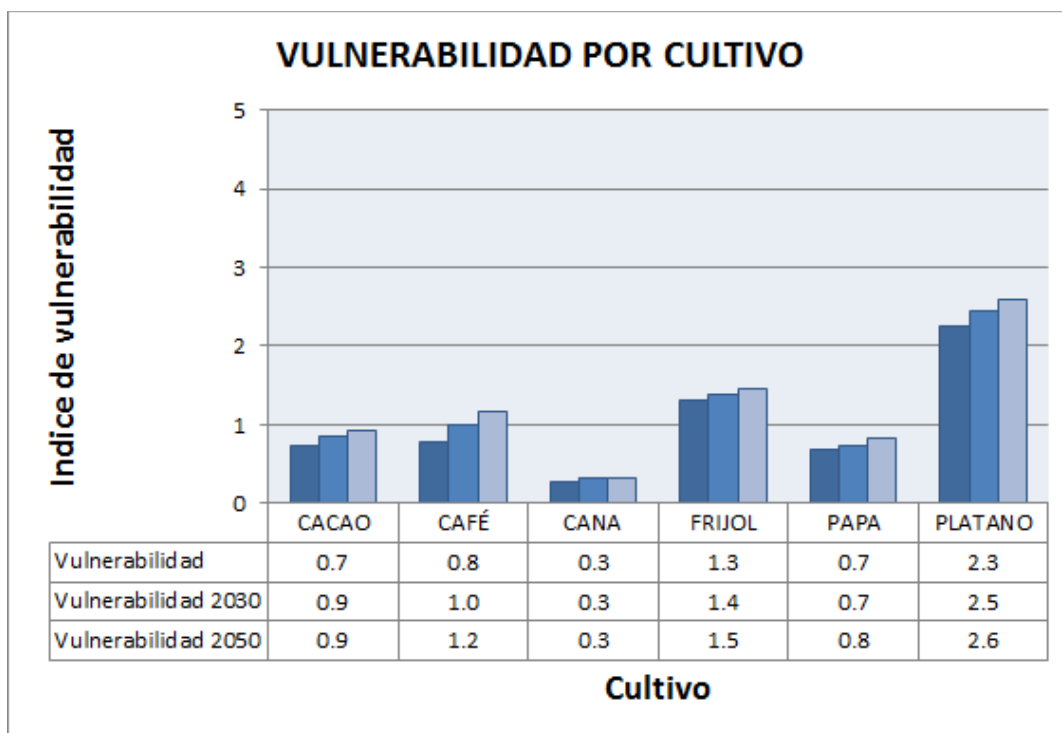
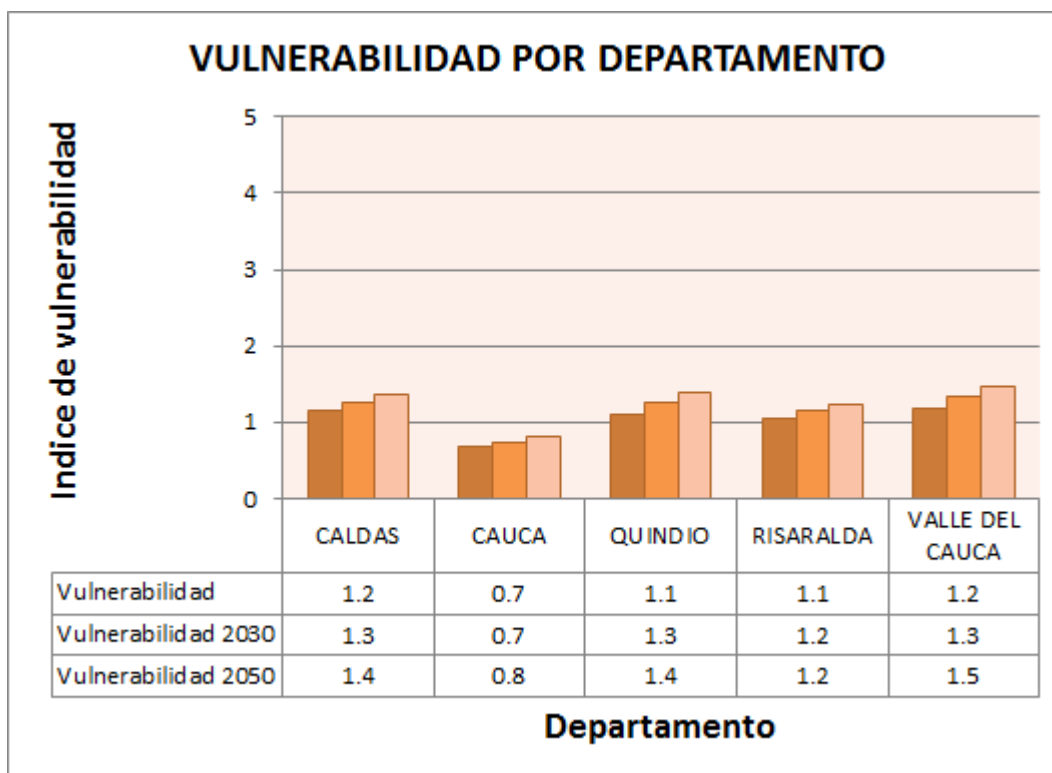


C. Plátano: aptitud climática (actual, 2030, 2050) para la Cuenca Alta del Río Cauca



d. Papa: aptitud climática (actual, 2030, 2050) para la Cuenca Alta del Río Cauca

**Anexo 6:** Vulnerabilidad actual y futura (2030, 2050) en la Cuenca Alta del Río Cauca



**Anexo 7:** Impacto del comportamiento de las áreas con y sin aptitud climática de los cultivos de plátano, papa, frijol, caña, café y cacao bajo tres escenarios (presente, 2030 y 2050) sobre las áreas de conservación oficiales de la zona de estudio. Fuente oficial: Parques Nacionales (2012)

Frijol												
Nombre	Clase	Areas		Presente		2030		2050		Incremento - %Con Aptitud		
		Area Total AP	% AP dentro Z. Estudio	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	Pre / 2030	Pre / 2050	Promedio Pre / 2030 / 2050
Los farallones de cali	Parque Nacional Natural	197,880	13	71	29	67	33	65	35	4	6	5
Tatama	Parque Nacional Natural	43,407	16	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Otún quimbaya	Santuario de Fauna y Flora	458	100	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Los nevados	Parque Nacional Natural	62,215	52	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Puracé	Parque Nacional Natural	89,860	6	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Munchique	Parque Nacional Natural	47,180	100	98	2	98	2	98	2	0	0	0
Nevado del huila	Parque Nacional Natural	166,624	3	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Las hermosas	Parque Nacional Natural	125,103	19	100	0	100	0	100	0	0	0	0
<b>Total</b>	-	732,726	20	94	6	93	7	93	7	1	1	1

Papa												
Nombre	Clase	Areas		Presente		2030		2050		Incremento - %Con Aptitud		
		Area Total AP	% AP dentro Zona Estudio	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	Pre / 2030	Pre / 2050	Promedio Pre / 2030 / 2050
Los farallones de cali	Parque Nacional Natural	197,880	13	37	63	36	64	32	68	2	5	3
Tatama	Parque Nacional Natural	43,407	16	14	86	14	86	9	91	0	5	2
Otún quimbaya	Santuario de Fauna y Flora	458	100	76	24	76	24	76	24	0	0	0
Los nevados	Parque Nacional Natural	62,215	52	82	18	79	21	76	24	4	7	5
Puracé	Parque Nacional Natural	89,860	6	77	23	77	23	63	37	0	14	7
Munchique	Parque Nacional Natural	47,180	100	90	10	90	10	90	10	0	0	0
Nevado del huila	Parque Nacional Natural	166,624	3	97	3	92	8	63	37	5	34	20
Las hermosas	Parque Nacional Natural	125,103	19	91	9	87	13	69	31	4	22	13
<b>Total</b>	-	732,726	20	75	25	73	27	67	33	2	8	5

### Café

Nombre	Clase	Areas		Presente		2030		2050		Incremento - %Con Aptitud		
		Area Total AP	% AP dentro Z. Estudio	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	Pre / 2030	Pre / 2050	Promedio Pre / 2030 / 2050
Los farallones de cali	Natural National Park	197,880	13	91	9	84	16	76	24	7	14	11
Tatama	Natural National Park	43,407	16	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Otún quimbaya	Fauna And Flora Sanctuary	458	100	100	0	100	0	94	6	0	6	3
Los nevados	Natural National Park	62,215	52	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Puracé	Natural National Park	89,860	6	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Munchique	Natural National Park	47,180	100	96	4	95	5	96	4	2	1	1
Nevado del huila	Natural National Park	166,624	3	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Las hermosas	Natural National Park	125,103	19	100	0	100	0	100	0	0	0	0
<b>Total</b>	-	<b>732,726</b>	<b>20</b>	<b>97</b>	<b>3</b>	<b>95</b>	<b>5</b>	<b>94</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>

### Caña

Nombre	Clase	Areas		Presente		2030		2050		Incremento - %Con Aptitud		
		Area Total AP	% AP dentro Z. Estudio	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	Pre / 2030	Pre / 2050	Promedio Pre / 2030 / 2050
Los farallones de cali	Parque Nacional Natural	197,880	13	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Tatama	Parque Nacional Natural	43,407	16	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Otún quimbaya	Santuario de Fauna y Flora	458	100	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Los nevados	Parque Nacional Natural	62,215	52	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Puracé	Parque Nacional Natural	89,860	6	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Munchique	Parque Nacional Natural	47,180	100	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Nevado del huila	Parque Nacional Natural	166,624	3	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Las hermosas	Parque Nacional Natural	125,103	19	100	0	100	0	100	0	0	0	0
<b>Total</b>	-	<b>732,726</b>	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Cacao												
Nombre	Clase	Areas		Presente		2030		2050		Incremento - %Con Aptitud		
		Area Total AP	% AP dentro Z. Estudio	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	Pre / 2030	Pre / 2050	Promedio Pre / 2030 / 2050
Los farallones de cali	Natural National Park	197,880	13	100	0	95	5	97	3	5	3	4
Tatama	Natural National Park	43,407	16	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Otún quimbaya	Fauna And Flora Sanctuary	458	100	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Los nevados	Natural National Park	62,215	52	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Puracé	Natural National Park	89,860	6	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Munchique	Natural National Park	47,180	100	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Nevado del huila	Natural National Park	166,624	3	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Las hermosas	Natural National Park	125,103	19	100	0	100	0	100	0	0	0	0
<b>Total</b>	-	<b>732,726</b>	<b>20</b>	<b>100</b>	<b>0</b>	<b>99</b>	<b>1</b>	<b>99</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>

Platano												
Nombre	Clase	Areas		Presente		2030		2050		Incremento - %Con Aptitud		
		Area Total AP	% AP dentro Zona Estudio	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	Pre / 2030	Pre / 2050	Promedio Pre / 2030 / 2050
Los farallones de cali	Parque Nacional Natural	197,880	13	67	33	57	43	49	51	10	18	14
Tatama	Parque Nacional Natural	43,407	16	98	2	99	1	99	1	0	0	0
Otún quimbaya	Santuario de Fauna y Flora	458	100	24	76	24	76	0	100	0	24	12
Los nevados	Parque Nacional Natural	62,215	52	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Puracé	Parque Nacional Natural	89,860	6	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Munchique	Parque Nacional Natural	47,180	100	92	8	92	8	92	8	0	0	0
Nevado del huila	Parque Nacional Natural	166,624	3	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Las hermosas	Parque Nacional Natural	125,103	19	100	0	100	0	100	0	0	0	0
<b>Total</b>	-	<b>732,726</b>	<b>20</b>	<b>91</b>	<b>9</b>	<b>90</b>	<b>10</b>	<b>88</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>2</b>

**Anexo 8.** Impacto del comportamiento de las áreas con y sin aptitud climática de los cultivos de plátano, papa, frijol, caña, café y cacao bajo tres escenarios (presente, 2030 y 2050) sobre las áreas de conservación no oficiales de la zona de estudio.  
Fuente oficial: World Database of Protected Areas Annual Release (2009)

Platano												
Nombre	Clase	Areas		Presente		2030		2050		Incremento - %Con Aptitud		
		Area Total AP	% AP dentro Zona Estudio	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	Pre / 2030	Pre / 2050	Promedio Pre / 2030 / 2050
Nevado Del Huila	Parque Nacional Natural	166.597	3	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Los Farallones De Cali	Parque Nacional Natural	206.610	13	67	33	56	44	56	51	11	18	14
Las Hermosas	Parque Nacional Natural	125.103	19	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Puracé	Parque Nacional Natural	89.860	6	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Munchique	Parque Nacional Natural	47.180	100	92	8	92	8	92	8	0	0	0
Los Nevados	Parque Nacional Natural	62.215	52	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Tatamá	Parque Nacional Natural	42.572	16	98	2	98	2	98	2	0	0	0
Cuencas Hidrográficas Río Blanco y Quebrada Olivares	Reserva Nacional Forestal Protegida	4.958	100	98	2	92	8	92	15	7	14	10
Cuenca Alta de las Quebradas La Nona, El Zurrumbo y El Mani	Reserva Nacional Forestal Protegida	647	100	0	100	0	100	0	100	0	0	0
Otún Quimbaya	Santuraio de Fauna y Flora	458	100	24	76	24	76	24	100	0	24	12
Cuenca Alta del Río Cali	Reserva Nacional Forestal Protegida	3.206	94	0	100	3	97	3	97	-3	-3	-3
Cuenca del Río Guabas Municipio de Guacarí y Ginebra	Reserva Nacional Forestal Protegida	16.274	100	58	42	53	47	53	55	5	13	9
El Cerro de Dapa - Carisucio	Reserva Nacional Forestal Protegida	1.482	60	0	100	18	82	18	82	-18	-18	-18
Quebrada Guadualito y el Negrito Adicion a RF YOTOCO	Reserva Nacional Forestal Protegida	1.239	96	0	100	0	100	0	100	0	0	0
Río Meléndez, Cañaveralejo, Lilí y Pance	Reserva Nacional Forestal Protegida	647	100	0	100	0	100	0	100	0	0	0
<b>Total</b>	-	<b>769.047</b>	<b>23</b>	<b>85</b>	<b>15</b>	<b>83</b>	<b>17</b>	<b>81</b>	<b>19</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>3</b>



Frijol												
Nombre	Clase	Areas		Presente		2030		2050		Incremento - %Con Aptitud		
		Area Total AP	% AP dentro Z. Estudio	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	Pre / 2030	Pre / 2050	Promedio Pre / 2030 / 2050
Nevado Del Huila	Parque Nacional Natural	166.597	3	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Los Farallones De Cali	Parque Nacional Natural	206.610	13	71	29	67	33	67	35	4	6	5
Las Hermosas	Parque Nacional Natural	125.103	19	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Puracé	Parque Nacional Natural	89.860	6	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Munchique	Parque Nacional Natural	47.180	100	98	2	98	2	98	2	0	0	0
Los Nevados	Parque Nacional Natural	62.215	52	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Tatamá	Parque Nacional Natural	42.572	16	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Cuencas Hidrográficas Río Blanco y Quebrada Olivares	Reserva Nacional Forestal Protegida	4.958	100	100	0	97	3	97	5	3	5	4
Cuenca Alta de las Quebradas La Nona, El Zurrumbo y El Maní	Reserva Nacional Forestal Protegida	647	100	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Otún Quimbaya	Santuraio de Fauna y Flora	458	100	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Cuenca Alta del Río Cali	Reserva Nacional Forestal Protegida	3.206	94	0	100	3	97	3	97	-3	-3	-3
Cuenca del Río Guabas Municipio de Guacarí y Ginebra	Reserva Nacional Forestal Protegida	16.274	100	62	38	53	47	53	54	9	16	12
El Cerro de Dapa - Carisucio	Reserva Nacional Forestal Protegida	1.482	60	0	100	18	82	18	82	-18	-18	-18
Quebrada Guadualito y el Negrito Adicion a RF YOTOCO	Reserva Nacional Forestal Protegida	1.239	96	0	100	0	100	0	100	0	0	0
Río Meléndez, Cañaveralejo, Lili y Pance	Reserva Nacional Forestal Protegida	647	100	0	100	0	100	0	100	0	0	0
<b>Total</b>	-	769.047	23	88	12	87	13	86	14	1	2	2

Caña												
Nombre	Clase	Areas		Presente		2030		2050		Incremento - %Con Aptitud		
		Area Total AP	% AP dentro Z. Estudio	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	Pre / 2030	Pre / 2050	Promedio Pre / 2030 / 2050
Nevado Del Huila	Parque Nacional Natural	166.597	3	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Los Farallones De Cali	Parque Nacional Natural	206.610	13	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Las Hermosas	Parque Nacional Natural	125.103	19	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Puracé	Parque Nacional Natural	89.860	6	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Munchique	Parque Nacional Natural	47.180	100	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Los Nevados	Parque Nacional Natural	62.215	52	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Tatamá	Parque Nacional Natural	42.572	16	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Cuencas Hidrográficas Río Blanco y Quebrada Olivares	Reserva Nacional Forestal Protegida	4.958	100	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Cuenca Alta de las Quebradas La Nona, El Zurrumbo y El Maní	Reserva Nacional Forestal Protegida	647	100	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Otún Quimbaya	Santuraio de Fauna y Flora	458	100	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Cuenca Alta del Río Cali	Reserva Nacional Forestal Protegida	3.206	94	88	12	84	16	84	16	4	4	4
Cuenca del Río Guabas Municipio de Guacarí y Ginebra	Reserva Nacional Forestal Protegida	16.274	100	100	0	100	0	100	0	0	0	0
El Cerro de Dapa - Carisucio	Reserva Nacional Forestal Protegida	1.482	60	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Quebrada Guadualito y el Negrito Adicion a RF YOTOCO	Reserva Nacional Forestal Protegida	1.239	96	91	9	73	27	73	30	18	20	19
Río Meléndez, Cañaveralejo, Lili y Pance	Reserva Nacional Forestal Protegida	647	100	100	0	92	8	92	8	8	8	8
<b>Total</b>	-	769.047	23	100	0	99	1	99	1	0	0	0

Café												
Nombre	Clase	Areas		Presente		2030		2050		Incremento - %Con Aptitud		
		Area Total AP	% AP dentro Z. Estudio	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	Pre / 2030	Pre / 2050	Promedio Pre / 2030 / 2050
Nevado Del Huila	Parque Nacional Natural	166.597	3	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Los Farallones De Cali	Parque Nacional Natural	206.610	13	91	9	83	17	83	24	7	14	11
Las Hermosas	Parque Nacional Natural	125.103	19	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Puracé	Parque Nacional Natural	89.860	6	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Munchique	Parque Nacional Natural	47.180	100	96	4	95	5	95	4	2	1	1
Los Nevados	Parque Nacional Natural	62.215	52	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Tatamá	Parque Nacional Natural	42.572	16	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Cuencas Hidrográficas Río Blanco y Quebrada Olivares	Reserva Nacional Forestal Protegida	4.958	100	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Cuenca Alta de las Quebradas La Nona, El Zurrumbo y El Mani	Reserva Nacional Forestal Protegida	647	100	75	25	25	75	25	83	50	58	54
Otún Quimbaya	Santuario de Fauna y Flora	458	100	100	0	100	0	100	6	0	6	3
Cuenca Alta del Río Cali	Reserva Nacional Forestal Protegida	3.206	94	20	80	9	91	9	93	11	13	12
Cuenca del Río Guabas Municipio de Guacarí y Ginebra	Reserva Nacional Forestal Protegida	16.274	100	80	20	72	28	72	34	8	14	11
El Cerro de Dapa - Carisucio	Reserva Nacional Forestal Protegida	1.482	60	45	55	28	72	28	82	18	28	23
Quebrada Guadualito y el Negrito Adicion a RF YOTOCO	Reserva Nacional Forestal Protegida	1.239	96	30	70	30	70	30	70	0	0	0
Río Meléndez, Cañaveralejo, Lilí y Pance	Reserva Nacional Forestal Protegida	647	100	0	100	0	100	0	100	0	0	0
<b>Total</b>	-	769.047	23	93	7	90	10	89	11	3	4	4

Cacao												
Nombre	Clase	Areas		Presente		2030		2050		Incremento - %Con Aptitud		
		Area Total AP	% AP dentro Z. Estudio	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	Pre / 2030	Pre / 2050	Promedio Pre / 2030 / 2050
Nevado Del Huila	Parque Nacional Natural	166.597	3	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Los Farallones De Cali	Parque Nacional Natural	206.610	13	100	0	97	3	97	6	3	5	4
Las Hermosas	Parque Nacional Natural	125.103	19	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Puracé	Parque Nacional Natural	89.860	6	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Munchique	Parque Nacional Natural	47.180	100	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Los Nevados	Parque Nacional Natural	62.215	52	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Tatamá	Parque Nacional Natural	42.572	16	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Cuencas Hidrográficas Río Blanco y Quebrada Olivares	Reserva Nacional Forestal Protegida	4.958	100	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Cuenca Alta de las Quebradas La Nona, El Zurrumbo y El Mani	Reserva Nacional Forestal Protegida	647	100	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Otún Quimbaya	Santuario de Fauna y Flora	458	100	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Cuenca Alta del Río Cali	Reserva Nacional Forestal Protegida	3.206	94	67	33	47	53	47	71	20	38	29
Cuenca del Río Guabas Municipio de Guacarí y Ginebra	Reserva Nacional Forestal Protegida	16.274	100	98	2	92	8	92	14	6	12	9
El Cerro de Dapa - Carisucio	Reserva Nacional Forestal Protegida	1.482	60	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Quebrada Guadualito y el Negrito Adicion a RF YOTOCO	Reserva Nacional Forestal Protegida	1.239	96	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Río Meléndez, Cañaveralejo, Lilí y Pance	Reserva Nacional Forestal Protegida	647	100	58	42	8	92	8	100	50	58	54
<b>Total</b>	-	769.047	23	99	1	98	2	96	4	2	3	2

Papa												
Nombre	Clase	Areas		Presente		2030		2050		Incremento - %Con Aptitud		
		Area Total AP	% AP dentro Z. Estudio	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	% Sin Aptitud	% Con Aptitud	Pre / 2030	Pre / 2050	Promedio Pre / 2030 / 2050
Nevado Del Huila	Parque Nacional Natural	166.597	3	98	2	92	8	63	37	5	34	20
Los Farallones De Cali	Parque Nacional Natural	206.610	13	38	62	36	64	36	67	2	5	3
Las Hermosas	Parque Nacional Natural	125.103	19	91	9	87	13	87	31	4	22	13
Puracé	Parque Nacional Natural	89.860	6	77	23	77	23	77	37	0	14	7
Munchique	Parque Nacional Natural	47.180	100	90	10	90	10	90	10	0	0	0
Los Nevados	Parque Nacional Natural	62.215	52	82	18	79	21	79	24	4	7	5
Tatamá	Parque Nacional Natural	42.572	16	13	87	13	87	13	92	0	5	2
Cuencas Hidrográficas Río Blanco y Quebrada Olivares	Reserva Nacional Forestal Protegida	4.958	100	29	71	20	80	20	93	9	22	15
Cuenca Alta de las Quebradas La Nona, El Zurrumbo y El Mani	Reserva Nacional Forestal Protegida	647	100	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Otún Quimbaya	Santuraio de Fauna y Flora	458	100	76	24	76	24	76	24	0	0	0
Cuenca Alta del Río Cali	Reserva Nacional Forestal Protegida	3.206	94	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Cuenca del Río Guabas Municipio de Guacarí y Ginebra	Reserva Nacional Forestal Protegida	16.274	100	47	53	46	54	46	58	1	4	3
El Cerro de Dapa - Carisucio	Reserva Nacional Forestal Protegida	1.482	60	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Quebrada Guadualito y el Negrito Adicion a RF YOTOCO	Reserva Nacional Forestal Protegida	1.239	96	100	0	100	0	100	0	0	0	0
Río Meléndez, Cañaverelejo, Lili y Pance	Reserva Nacional Forestal Protegida	647	100	100	0	100	0	100	0	0	0	0
<b>Total</b>	-	769.047	23	72	28	70	30	65	35	2	8	5