



Sostenibilidad, variabilidad y cambio climático

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA

Óscar Eduardo Aguilar Avendaño

Felipe Andrés Romero Perdomo

Diego Alejandro Rojas Ramírez

Karla Juliana Rodríguez Robayo

Actualización 2025

1. Antecedentes

El enfoque de sostenibilidad integra dimensiones sociales, económicas y ambientales; este capítulo prioriza la dimensión ambiental para analizar variabilidad y cambio climático y sus consecuencias socioeconómicas, y para orientar el papel de la ciencia, la tecnología y la innovación en la reconversión del sector agropecuario. También se examinan tendencias de investigación que combinan consensos globales y procesos locales, reconociendo la complejidad, la interdependencia con los ecosistemas y la vulnerabilidad socioambiental.

En las décadas de 1970–1980 creció la preocupación por los límites ambientales del modelo derivado de la “Revolución Verde” (monocultivos, uso intensivo de agroquímicos, riego y semillas mejoradas), lo que impulsó el concepto de desarrollo sostenible y la idea de una agricultura capaz de mantener productividad conservando recursos naturales (Gowdy & Vaveye, 2019; Organización para la Alimentación y la Agricultura [FAO], 2018). Simultáneamente, el conocimiento sobre gases de efecto invernadero y la variabilidad climática (Tyndall, 1861; Keeling y Whorf, 1982) y fenómenos como ENSO evidenciaron la interacción entre fluctuaciones naturales y emisiones antropogénicas, lo que motivó la creación del IPCC (1988) y la Cumbre de la Tierra (1992).

En Colombia, desde los años ochenta se han documentado impactos ambientales, en salud y sociales asociados al modelo de la Revolución Verde (Vivas & Acevedo, 2023). Las movilizaciones campesinas y el Paro Nacional Agrario de los noventa pusieron en evidencia la concentración de la tierra, el acceso restringido a servicios y crédito y la precariedad rural (Rincón García, 2006; Arias y Preciado, 2016; Garnett, 2024), problemas reflejados en diagnósticos como la Misión Rural y considerados en el Acuerdo de Paz de 2016 (Sanabria-Gómez & Caro-Moreno, 2021).

A nivel institucional, la Ley 99 de 1993 creó el Ministerio de Ambiente y el Sistema Nacional Ambiental (SINA) para gestionar recursos naturales (Rodríguez Becerra, 2009). La Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC),

adoptada en 1992 y a la cual Colombia se adhirió en 1995, constituye el marco global que orienta las políticas nacionales para enfrentar las causas y efectos del cambio climático. Bajo esta convención se estructuran los compromisos de mitigación, adaptación y financiamiento climático que condicionan la planificación sectorial del país. Para la producción agropecuaria, pesquera y forestal, la CMNUCC es especialmente relevante, dado que estos sistemas dependen de la estabilidad climática y, al mismo tiempo, aportan de manera significativa a las emisiones de gases de efecto invernadero, particularmente por cambios en el uso del suelo, deforestación y emisiones entéricas.

Por su parte, La Convención de las Naciones Unidas de Lucha contra la Desertificación (UNCCD), ratificada por Colombia en 1999, establece compromisos para prevenir y revertir la degradación de tierras, un problema que afecta directamente la productividad agropecuaria, forestal y pesquera del país. La erosión, la pérdida de cobertura vegetal y el deterioro de suelos inciden en la disponibilidad de agua, la estabilidad de los ecosistemas y la sostenibilidad de las actividades rurales. En Colombia, la UNCCD ha orientado estrategias de manejo sostenible del suelo, restauración de áreas degradadas y promoción de sistemas agroforestales y silvopastoriles, fundamentales para fortalecer la resiliencia productiva y reducir la vulnerabilidad climática del territorio.

La adhesión a la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático (1995) y al Protocolo de Kioto (2001) consolidaron compromisos internacionales (Ramírez-Villegas et al., 2012). Bajo el Acuerdo de París, Colombia presentó NDCs que evolucionaron de una meta de reducción del 20% a una actualización del 51% para 2030; gran parte del esfuerzo debería provenir del sector de Agricultura, Silvicultura y Otros Usos de la Tierra (AFOLU por sus siglas en inglés), estimado en ~56% de las emisiones para 2025 (Correa-Laguna et al., 2021).

Según el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del Sector Agropecuario (PIGCCS), la producción enfrenta riesgos altos en 497 municipios y muy altos en cinco; se proyecta una reducción promedio de rendimientos del 7,4 % a nivel nacional, afectando

especialmente maíz tecnificado, papa y arroz de riego, con impactos marcados en Boyacá, Nariño, Cundinamarca, Tolima y Casanare (FAO-MinAgricultura, 2020).

El sector pecuario podría sufrir pérdidas anuales cercanas al 1,6 % en la producción de carne y leche respecto al periodo 1970–2010, con mayor vulnerabilidad en La Guajira, Magdalena, Quindío, Cauca y Nariño. La producción pesquera es igualmente sensible: cambios de temperatura y alteraciones en cadenas tróficas y procesos productivos afectan distribución, crecimiento y reproducción de especies, comprometiendo la sostenibilidad del recurso.

Las áreas costeras agropecuarias están en riesgo por modificación de la línea costera, inundaciones y aumento de salinidad; se proyectan pérdidas de 7.916 ha hacia 2100 y 87.216 ha adicionales por inundaciones en municipios del Atlántico, Córdoba, Antioquia, Chocó, Valle del Cauca, Magdalena, Nariño y Cauca. El ascenso del nivel del mar implicaría pérdidas equivalentes al 1,2 % del PIB agropecuario hacia 2100, con el 57,6 % de dichas pérdidas concentradas en la región Pacífica.

Los efectos del cambio climático son especialmente graves para economías campesinas y de subsistencia: más del 50 % del área de minifundios en la mayoría de los departamentos sufriría impactos altos o muy altos (salvo Caquetá, Guaviare, Meta, Valle del Cauca y Vichada). Además, la evidencia señala que los modelos han privilegiado cultivos tecnificados cuando el 67 % de la producción alimentaria nacional proviene de pequeños policultivos en laderas andinas (Núñez-Rodríguez et al., 2018). Factores como etnia, educación, acceso a crédito, tamaño de la finca y tenencia de la tierra condicionan la capacidad de adaptación (Garavito Calderón, 2021), y existe crítica a las políticas que priorizan soluciones técnicas sin abordar causas estructurales de vulnerabilidad (Feola, 2013).

En este escenario resulta pertinente incorporar la definición de sostenibilidad empleada por AGROSAVIA, entendida como un equilibrio dinámico entre las dimensiones económica, ambiental y social. Esta perspectiva permite orientar de manera más clara el

papel de la ciencia, la tecnología y la innovación en la reconversión y transición del sector agropecuario, al reconocer que la sostenibilidad exige integrar conocimiento técnico, gestión ambiental y bienestar social. Con ello se fortalecen las bases para diseñar soluciones que respondan simultáneamente a la vulnerabilidad climática, las brechas socioeconómicas y la necesidad de transformar los sistemas productivos hacia modelos más resilientes y compatibles con los límites ecológicos del país (Zuluaga-Mogollón y Rodríguez-Robayo, 2025).

5

2. Marco conceptual

La **sostenibilidad en la agricultura** se entiende como la capacidad de mantener la producción sin comprometer la base de recursos naturales, integrando biodiversidad, servicios ecosistémicos y equidad entre generaciones (Jha & Sharma, 2024). Según el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del Sector Agropecuario (PIGCCS), implica adoptar un enfoque agroambiental que responda a tres grandes desafíos: viabilidad económica para garantizar la producción de alimentos de manera rentable y competitiva; conservación ambiental para proteger el medio ambiente y los recursos naturales, como el agua, el suelo y la biodiversidad; y compromiso social para combatir la pobreza rural y garantizar la seguridad alimentaria, mejorando el bienestar social de las comunidades rurales (Dossa & Miassi, 2024). La sostenibilidad en la agricultura reconoce la vulnerabilidad de los pequeños productores rurales frente a crisis y variaciones del entorno para que la transición hacia modelos agrícolas responsables sea también socialmente inclusiva (Fernández et al., 2020; Kumar et al., 2024).

El clima actúa como un factor transversal que influye en la agricultura y en la forma en que se desarrollan sus procesos. La **variabilidad climática** se manifiesta en cambios directos sobre los ciclos productivos, reflejados en fenómenos extremos como El Niño y La Niña, más allá de eventos meteorológicos puntuales. Esta variabilidad puede originarse en dinámicas internas naturales del propio sistema climático (variabilidad interna) o en alteraciones externas de origen humano (variabilidad externa). Por otro lado, el **cambio climático** implica transformaciones de largo plazo en el comportamiento del clima,

expresadas en variaciones de la temperatura, las lluvias y la frecuencia de eventos extremos (Stuecker, 2023; Gobierno de Colombia, 2018). Dicho cambio puede identificarse mediante análisis estadísticos que evidencian modificaciones persistentes en valores medios y patrones, extendidas por décadas o siglos. Sus causas incluyen tanto procesos naturales, como ciclos solares o erupciones volcánicas, como factores antropogénicos, entre ellos el aumento de gases de efecto invernadero y los cambios en el uso del suelo. La interacción entre la variabilidad y el cambio climático plantea un desafío complejo, ya que mientras la primera exige respuestas inmediatas, el segundo impone ajustes estructurales a más largo plazo, lo que demanda estrategias de adaptación que combinen ambos horizontes temporales (Mall et al., 2017).

En este contexto, la adaptación y la mitigación se convierten en ejes complementarios. La **adaptación** se entiende como el conjunto de ajustes y transformaciones en los sistemas agropecuarios que buscan reducir la vulnerabilidad frente a los impactos climáticos actuales y futuros, lo cual puede expresarse en el ajuste de calendarios de siembra, la introducción de variedades resistentes, la optimización del uso del agua o la implementación de seguros climáticos. Por su parte, la **mitigación** hace referencia a las acciones orientadas a disminuir o evitar las emisiones de gases de efecto invernadero, mediante prácticas como la agricultura de conservación, el manejo de estiércol, los sistemas silvopastoriles o la incorporación de bioinsumos que mejoran la eficiencia y reducen la huella ambiental (Grigorieva et al., 2023). Ambas estrategias confluyen en la **agricultura climáticamente inteligente**, que articula estas dimensiones al buscar de manera simultánea mayor productividad, resiliencia y reducción de emisiones, apoyándose en la conservación de la agrobiodiversidad como recurso fundamental para enfrentar la creciente incertidumbre climática (Khan et al., 2024).

La **agricultura campesina de pequeña escala**, predominante en Colombia, es especialmente relevante porque sostiene buena parte de la producción alimentaria mediante sistemas diversificados en laderas y zonas rurales. Estas familias dependen directamente de la fertilidad del suelo, las lluvias y la biodiversidad local, y enfrentan con mayor intensidad la degradación ambiental y la inestabilidad climática (Ramírez-Villegas

et al., 2012; Santacoloma Varón et al., 2024). La resiliencia de estos sistemas se fortalece con la diversificación de cultivos, la integración de árboles y la conservación de semillas criollas, mientras que los saberes tradicionales, expresados en calendarios agrícolas, señales ambientales o uso de variedades locales, complementan el conocimiento científico en el diseño de estrategias adaptativas (Quintero et al., 2023; Altieri et al., 2012).

El **sector agrícola empresarial** enfrenta desafíos distintos, pero igualmente significativos, relacionados con la competitividad y las exigencias de los mercados internacionales que demandan trazabilidad, bajas huellas de carbono y ausencia de deforestación. Para responder, la **intensificación sostenible** y el uso de bioinsumos ofrecen alternativas que permiten aumentar la productividad sin expandir la frontera agrícola, mientras que los sistemas de monitoreo y alerta temprana fortalecen la gestión del riesgo y la estabilidad de la producción (Elliott & Firbank, 2013; Tapasco Alzate et al., 2021; Cortés-Cataño et al., 2024).

En conjunto, avanzar hacia la sostenibilidad implica una **reconversión del sistema agroalimentario** en todas sus etapas, desde la producción hasta la transformación, el transporte y la distribución, de modo que se reduzcan emisiones, se eviten pérdidas y se asegure la participación de todos los actores. Esta visión de cambio estructural conecta las distintas dimensiones de la sostenibilidad y apunta a construir sistemas agrícolas más justos, resilientes y compatibles con los límites del planeta (Hebinck et al., 2021).

3. Marco político y normativo

En Colombia, el marco normativo que respalda las acciones de sostenibilidad agropecuaria y cambio climático ha evolucionado progresivamente, integrando dimensiones ambientales, sociales y productivas. La **Ley 99 de 1993** creó el Ministerio de Ambiente y el Sistema Nacional Ambiental (SINA), estableciendo la base institucional para la gestión ambiental. Posteriormente, la **Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico de 2010** definió principios para el uso sostenible y equitativo del agua en todos los sectores productivos, incluido el agropecuario. La **Ley 1523 de 2012** sobre gestión del riesgo de desastres consolidó el enfoque preventivo y de adaptación territorial

frente a amenazas naturales, mientras que la **Ley 1931 de 2018** introdujo el marco legal para la acción climática, estableciendo lineamientos para la gestión de la variabilidad y el cambio climático como un eje estructural de política pública.

En paralelo, el **Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático (PNACC) de 2012** delineó estrategias sectoriales y territoriales para enfrentar riesgos climáticos, con énfasis en la agricultura, y la **Política Nacional de Cambio Climático de 2017** incorporó compromisos intersectoriales para reducir emisiones y aumentar la resiliencia. Estos instrumentos se articulan con la Estrategia Climática de Largo Plazo E2050, hoja de ruta hacia la carbono-neutralidad a 2050, vinculada a las Contribuciones Nacionalmente Determinadas (NDC) asumidas en el marco del Acuerdo de París. Asimismo, la **Política Nacional de Biodiversidad de 2012** consolidó la conservación de ecosistemas y recursos genéticos como soporte para la seguridad alimentaria y la adaptación al cambio climático.

La **Ley 1930 de 2018**, conocida como Ley de Páramos, declaró estos ecosistemas como estratégicos y reguló su protección y uso sostenible, limitando las actividades agropecuarias a prácticas de bajo impacto y promoviendo procesos graduales de sustitución y reconversión. En esta línea, las **Resoluciones 1294 de 2021 y 249 de 2022** establecieron lineamientos técnicos para la reconversión productiva y sustitución de actividades agropecuarias en páramos delimitados, incluyendo procesos participativos con comunidades rurales y étnicas.

A partir de 2017, se consolidó un marco para la **zonificación ambiental** con base en la función ecológica del territorio, articulado a los Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET). El hito fue el **Plan de Zonificación Ambiental aprobado en 2021**, que orienta la protección de Áreas de Especial Interés Ambiental (AEIA), estabiliza la frontera agrícola y propone alternativas productivas sostenibles. Si bien ha generado cartografía a escala 1:100.000 en 16 subregiones y 170 municipios, aún enfrenta retos de integración con los Planes de Ordenamiento Territorial (POT) y la gobernanza regional.

La **Política de Ganadería Sostenible 2022–2050**, adoptada mediante la **Resolución 126 de 2022**, busca transformar un sector altamente intensivo en emisiones hacia sistemas sostenibles, con énfasis en el manejo de pasturas, silvopastoreo, eficiencia en el uso de agua y reducción de huella de carbono, integrando innovación tecnológica y competitividad en mercados internacionales. Estas medidas se articulan con el **Plan Nacional de Negocios Verdes**, la **Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC)** y el **CONPES 3934 de 2018 (Política de Crecimiento Verde)**, que promueven la bioeconomía, los negocios sostenibles y la innovación tecnológica agropecuaria bajo un horizonte de transición 2018–2030 (Departamento Nacional de Planeación, 2018).

La **Ley 2294 de 2023**, que expidió el Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026, constituye el marco de articulación más reciente, integrando sostenibilidad y acción climática como ejes de transformación productiva. Sus apuestas en transición energética, bioinsumos, seguridad alimentaria y restauración de ecosistemas buscan reducir un 45 % de las emisiones a 2030 y fortalecer la adaptación territorial mediante sistemas integrados como la agricultura–ganadería–bosque y la promoción de la digitalización en la gestión productiva.

La **Política Pública de Agroecología**, adoptada por la **Resolución 331 de 2024**, promueve sistemas alimentarios territoriales sostenibles, resilientes y equitativos, a través de la gestión del conocimiento agroecológico, la transición productiva, la conservación de la agrobiodiversidad y el fortalecimiento de cadenas de distribución y consumo con base agroecológica (Ministerio de Agricultura, 2024). Más recientemente, la **Resolución 295 de 2025** reguló el uso y promoción de **bioinsumos y fertilizantes orgánicos**, reconociendo su papel en la reducción de emisiones y en la sustitución de insumos químicos en el sector agrícola.

En conjunto, este entramado normativo muestra cómo Colombia ha pasado de enfoques ambientales generales a instrumentos sectoriales específicos, vinculando la

productividad agropecuaria con la resiliencia climática, la innovación tecnológica y la sostenibilidad a largo plazo. La convergencia entre la Política Nacional de Cambio Climático, el PNACC, la Estrategia E2050, la Política de Ganadería Sostenible, la Estrategia de Economía Circular, los CONPES climáticos y el PND vigente refleja un esfuerzo sostenido por alinear las metas de desarrollo con la protección del capital natural y la seguridad alimentaria.

4. Institucionalidad

Instituciones coordinadoras y rectoras del sistema

El marco institucional que sostiene las políticas de sostenibilidad y cambio climático en Colombia descansa en dos grandes sistemas nacionales: el Sistema Nacional Ambiental (SINA) y el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA). Ambos interactúan de manera creciente para responder a los desafíos que plantea la sostenibilidad del sector agropecuario (Ovalle et al., 2023).

En primer lugar, el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente) ejerce la rectoría de la política ambiental, siendo responsable de orientar y regular el ordenamiento ambiental del territorio y definir las normas y lineamientos que regulan el manejo sostenible de los recursos naturales. Su liderazgo se materializa en la coordinación del SINA, que articula un conjunto amplio de entidades estatales, privadas y comunitarias que producen información, regulan, investigan y ejecutan programas relacionados con el ambiente.

El SINA incluye, en el nivel central, entidades como la Agencia Nacional de Licencias Ambientales (ANLA), Parques Nacionales Naturales (PNN) y los institutos de investigación científica: IDEAM, IAvH, Invemar, Sinchi e IIAP. A nivel regional y local, participan las 26 Corporaciones Autónomas Regionales (CAR), las 7 Corporaciones de Desarrollo Sostenible (CDS) y las autoridades ambientales urbanas de las principales ciudades. Este sistema se complementa con instancias de control (Contraloría,

Procuraduría, Fiscalía, Defensoría) y con la participación de actores sociales como gremios, ONG, organizaciones comunitarias y pueblos étnicos.

En paralelo, el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MinAgricultura) lidera el SNIA, cuya misión es articular las capacidades de investigación, extensión y formación para generar y transferir conocimiento agropecuario. A través de este sistema, se promueve la innovación tecnológica y la gestión del conocimiento para responder a retos como la variabilidad y el cambio climático. El SNIA tiene bajo su órbita entidades sectoriales claves: AGROSAVIA en investigación y desarrollo tecnológico; el ICA en sanidad agropecuaria y bioseguridad; la AUNAP en acuicultura y pesca; la UPRA en ordenamiento productivo y zonificación de aptitud; y la ADR, responsable de la extensión agropecuaria y de llevar al territorio prácticas sostenibles.

El vínculo entre estos dos sistemas (SINA y SNIA) ha sido impulsado en los últimos años por normativas como la Ley 1931 de 2018, que estableció directrices para la gestión del cambio climático y dio marco legal al Sistema Nacional de Cambio Climático (SISCLIMA). La coordinación nacional de este sistema está a cargo de la Comisión Intersectorial de Cambio Climático (CICC), integrada por 15 ministerios y el Departamento Nacional de Planeación, y que asegura la articulación entre políticas de mitigación y adaptación.

Espacios de coordinación nacional y regional

La CICC es el órgano central encargado de aprobar y hacer seguimiento a la Política Nacional de Cambio Climático, incluyendo el Plan Nacional de Adaptación, la Estrategia de Desarrollo Bajo en Carbono y la Estrategia de Reducción de Emisiones por Deforestación. Como instancia asesora, el Consejo Nacional de Cambio Climático, creado por la Ley 1931 de 2018, incluye participación del sector privado, la academia, las ONG y el Congreso, promoviendo el diálogo multisectorial.

En el nivel territorial, la coordinación se da a través de los Nodos Regionales de Cambio Climático (NRCC), encargados de promover y apoyar la implementación de políticas y

planes de mitigación y adaptación en cada región. Estos nodos, aunque no tienen representación directa del sector agropecuario, integran a las autoridades ambientales regionales, la academia, los gremios y organizaciones sociales.

12

Una instancia clave de articulación agropecuaria son las Mesas Técnicas Agroclimáticas (MTA), impulsadas desde 2014 y lideradas por el MinAgricultura en alianza con la FAO desde 2017. Estas mesas reúnen a científicos, técnicos, gremios y agricultores para interpretar pronósticos climáticos, producir boletines agroclimáticos y generar recomendaciones de manejo productivo frente a eventos de variabilidad climática. En 2022 se reportaba la existencia de MTA en 27 departamentos, que además promueven procesos de “alfabetización agroclimática” entre los productores (Peña-Quiñones et al., 2023).

Planificación sectorial y articulación interinstitucional

El Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del Sector Agropecuario (PIGCCS), adoptado en 2021, constituye el principal instrumento sectorial de planeación climática. Bajo la responsabilidad del MinAgricultura, este plan integra a AGROSAVIA, ICA, AUNAP, UPRA y ADR, junto con entidades financieras como Finagro y el Banco Agrario, para articular la investigación en adaptación, la gestión de riesgos, la sanidad agropecuaria, el ordenamiento productivo y la extensión rural.

En este contexto, AGROSAVIA ha liderado plataformas tecnológicas como SE-MAPA (Sistema Experto de Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática) y sistemas específicos como el SIAP para el cultivo de papa y AGRORAC (Riesgo Agroclimático en el Sector Agropecuario Colombiano) como un sistema experto que, a partir de las proyecciones climáticas generadas por el IDEAM, identifica los riesgos y las amenazas a los cuales puedan estar expuestos los diferentes sistemas productivos del país, que permiten integrar información climática y agronómica en la toma de decisiones locales. La UPRA ha avanzado en la zonificación de aptitud agropecuaria, aportando insumos para analizar la vulnerabilidad productiva frente a escenarios de cambio climático. Por su

parte, la ADR ha operado como puente de implementación en el territorio, articulando prácticas sostenibles con extensión agropecuaria.

Participación social y territorial

La institucionalidad climática colombiana también incorpora espacios de participación para comunidades rurales, pueblos indígenas, afrodescendientes y organizaciones campesinas, reconociendo que sus saberes tradicionales son esenciales en la construcción de estrategias de adaptación. Las MTA son un ejemplo de cómo se han integrado estos actores, al igual que los programas de formación territorial en resiliencia climática.

5. Análisis de demandas

El análisis que se presenta a continuación se basa en las demandas clasificadas explícitamente dentro del área temática de ‘manejo ambiental y sostenibilidad’, las cuales suman 586 entre 2017 y 2024. Este recuento permite trazar una línea de evolución clara y cuantificable. No obstante, es importante señalar que la sostenibilidad es una dimensión transversal, por lo cual es posible que en otras áreas temáticas de la Agenda Nacional de I+D+i Agropecuaria existan demandas vinculadas al cambio climático, la variabilidad y la gestión ambiental que aún no han sido incorporadas en este balance.

La trayectoria de estas demandas muestra un tránsito progresivo desde preocupaciones generales hacia agendas más sofisticadas y específicas. Entre 2017 y 2019 (84 demandas) la prioridad estuvo en reducir los impactos ambientales básicos de la agricultura y la ganadería, con un énfasis en la disminución del uso de agroquímicos, el manejo eficiente del agua y los suelos, la disposición de envases y empaques de plaguicidas, así como la prevención de quemas y contaminación. También se exploraron de manera incipiente estrategias de adaptación frente al cambio climático, aún planteadas en términos generales como la vulnerabilidad de los sistemas productivos o el monitoreo climático. Esta primera etapa refleja una visión de base, en la que la formación y la transferencia de conocimientos ya se consideraban un componente clave.

En 2018 y 2019, las demandas evidenciaron un proceso de diversificación temática. El énfasis en certificaciones internacionales como *Roundtable on Sustainable Palm Oil* (RSPO), *International Sustainability and Carbon Certification* (ISCC) y *Rainforest Alliance* para la palma de aceite, mostró cómo la sostenibilidad empezó a estar condicionada por exigencias externas de los mercados. También surgieron estudios de zonas de alto valor de conservación, monitoreo de cambios de uso del suelo y valoración de servicios ecosistémicos, particularmente en bosques naturales y plantaciones forestales comerciales. En 2019, la gestión de residuos tomó un carácter más detallado, incluyendo el aprovechamiento de subproductos pecuarios como los del cuy, mientras que la adaptación climática se expandió a cultivos emergentes como los arándanos, con énfasis en caracterizaciones agroecológicas y climáticas.

El año 2020, con 22 demandas, consolidó este tránsito hacia una agenda más regulada y normada. Predominó el cumplimiento de normatividad ambiental y la exigencia de certificaciones ambientales y sociales, particularmente en cadenas como la palma de aceite, con sistemas de trazabilidad basados en modalidades como “Balance de masas”, “Segregación” e “Identidad preservada”. Este año representa un puente entre la etapa inicial de preocupaciones generales y la sofisticación que se manifestaría en los años posteriores.

El punto de inflexión se dio en 2021, cuando se concentraron 407 demandas, equivalentes al 69 % del total. Esta explosión refleja un salto en escala y profundidad de la agenda de sostenibilidad agropecuaria. Las demandas se centraron en la adaptación y mitigación frente al cambio climático con un alto nivel de detalle. Se destacaron proyectos orientados al desarrollo de modelos predictivos y sistemas de alerta temprana, la cuantificación de huellas de carbono e hídricas, la implementación de sistemas agroforestales (SAF) y silvopastoriles (SSP), así como estrategias de captura de carbono y conservación de biodiversidad. La economía circular cobró gran relevancia, con propuestas para transformar residuos en bioproductos, bioinsumos o energías alternativas, mientras que

la agricultura climáticamente inteligente (ACI) y la digitalización se integraron como herramientas clave para la toma de decisiones.

Entre 2022 y 2024 se registraron 53 demandas adicionales (47 en 2022, 22 en 2023 y 4 en 2024). Aunque el número se redujo drásticamente frente al pico de 2021, las tendencias de fondo se consolidaron: la valoración económica de servicios ecosistémicos, el manejo integral de residuos en frutales y caña panelera, y la incorporación de la bioeconomía como enfoque para generar valor agregado a subproductos y desechos. Estas demandas demuestran que, más allá de la coyuntura de 2021, se ha mantenido una trayectoria consistente que conecta las exigencias globales con las particularidades de la producción agropecuaria colombiana.

La amplitud territorial y productiva complementa esta evolución temática. Todas las regiones del país participaron con demandas, confirmando la transversalidad del tema ambiental en el agro. La Región Andina concentró la mayor proporción, con cadenas como café, papa, fríjol, cacao, cítricos, aguacate, mora y flores. Le siguió la Región Caribe, con palma de aceite, ganadería bovina, maracuyá, yuca, ñame y aves de corral. En la Orinoquía se destacaron palma, cacao, apicultura, cannabis y frutales amazónicos, mientras que en el Pacífico y la Amazonía predominaron productos forestales no maderables, acuicultura, plátano, guadua y especies menores. Esta diversidad regional y productiva confirma que la sostenibilidad y el cambio climático han pasado de ser temas marginales para constituir en ejes centrales en la agenda de investigación y desarrollo agropecuario.

6. Tendencias en el mundo y en Colombia

La investigación agropecuaria ha girado hacia la sostenibilidad y adaptación climática, buscando aumentar la productividad bajo presión climática y regulatoria. Informes de la FAO (2021) e IPCC (2022) coinciden en que los sistemas agroalimentarios deben transformarse para garantizar seguridad alimentaria, reducir emisiones y conservar

ecosistemas, orientando nuevas iniciativas tecnológicas y políticas a nivel global y nacional.

El sector enfrenta transformaciones profundas derivadas de la crisis climática, situándose como clave para mitigación, adaptación y sostenibilidad. Compromisos internacionales como los ODS y el Acuerdo de París han centrado las agendas públicas, mientras las NDC obligan a reducir emisiones y fortalecer resiliencia. La agricultura genera más del 23% de emisiones globales de GEI, explicando la presión para transformar los sistemas agroalimentarios (FAO, 2021). Estrategias como el Pacto Verde Europeo buscan reducir emisiones en 55% para 2030 mediante economía circular, con pilares como "De la granja a la mesa" para reducir impactos ambientales en toda la cadena agroalimentaria (Comisión Europea, 2019; 2020).

Garantizar seguridad alimentaria frente al cambio climático exige combinar innovaciones de alta tecnología con prácticas tradicionales optimizadas, como alternancia en rizos, modificación de dietas ganaderas y sistemas de alerta temprana (Zahedi, 2025). Latinoamérica y Colombia enfrentan la paradoja de alta vulnerabilidad climática versus potencial estratégico en servicios ecosistémicos (OECD, 2023), condicionando decisiones desde planificación de cultivos hasta acceso a mercados con exigencias de trazabilidad.

Las tecnologías emergentes adquieren carácter transformador. La inteligencia artificial analiza grandes volúmenes de datos climáticos y productivos para anticipar fenómenos extremos (Nagamalla, 2025), ejemplificada en Colombia por el chatbot Melisa que predice rendimientos (Alliance Bioversity International & CIAT, 2024). Los gemelos digitales crean réplicas virtuales de sistemas agrícolas integrando datos en tiempo real para simular escenarios de manejo (Purcell et al., 2023), mientras CRISPR-Cas permite mejoras fisiológicas precisas como la edición del gen EPFL10 en arroz para uso eficiente de agua sin afectar productividad (Karavolias et al., 2023; The MIT Technology Review, 2024).

Estas innovaciones requieren financiación sustancial. La FAO estima necesaria una inversión global de 1,3 billones de dólares anuales para transformar sistemas agroalimentarios (Zahedi, 2025). Paralelamente, Colombia evidencia transformaciones productivas concretas: la ganadería con sistemas silvopastoriles se consolida como práctica de mitigación reconocida internacionalmente (Banco Mundial, 2021), mientras crece la incorporación de prácticas agroecológicas en modelos de exportación (Zuluaga-Mogollón y Rodríguez-Robayo, 2025). El uso de bioinsumos se multiplicó por cinco entre 2010-2020, alcanzando 2.600 toneladas en 2022 (Red Agrícola, 2024). Proyectos como Colombia Agroalimentaria Sostenible materializan esta transición integrando agricultura digital, mejora genética y modelos inclusivos en 22 departamentos (Alliance Bioversity International & CIAT, 2025).

De manera recurrente, diversos actores del sector han señalado la necesidad de redefinir y concentrar las líneas de investigación en temas estratégicos de mitigación y adaptación, particularmente en captura de carbono, biodiversidad funcional y suelos saludables. Estas prioridades, junto con la propuesta de estructurar una red nacional de investigación agroclimática, permiten fortalecer la capacidad del país para generar conocimiento robusto, articulado y orientado a enfrentar los riesgos climáticos actuales y futuros en el sector agropecuario.

En consonancia con experiencias internacionales que han consolidado redes de investigación agroclimática para acelerar la innovación y la transferencia tecnológica, Colombia cuenta con un potencial significativo para establecer una red nacional que articule capacidades científicas y técnicas entre AGROSAVIA, universidades, el SENA, centros internacionales, el sector privado y organizaciones territoriales. Este tipo de red permitiría orientar investigación colaborativa en temas prioritarios de mitigación—como captura y almacenamiento de carbono en sistemas agrícolas, economía circular y reducción de emisiones—y en áreas de adaptación, tales como biodiversidad funcional, salud del suelo, restauración de agroecosistemas y manejo productivo frente a extremos

climáticos. La estructuración de dicha red fortalecería la inteligencia colectiva del SNIA y facilitaría el escalamiento de innovaciones en contextos productivos diversos.

7. Análisis DOFA

7.1. Debilidades

- **Alta vulnerabilidad del sector agropecuario ante la variabilidad y el cambio climático**, debido a su fuerte dependencia de las condiciones meteorológicas para mantener la productividad y la sostenibilidad.
- **Fragmentación y debilidades en la implementación de políticas**: a pesar de la existencia de políticas sólidas, su implementación a nivel local y regional es fragmentada e inconsistente, con una limitada capacidad de respuesta y acciones a menudo ineficaces por parte de los gobiernos locales. Esto genera una brecha significativa entre la formulación y la ejecución
- **Limitaciones financieras y acceso restringido a recursos**: existe una brecha de financiamiento sustancial para la adaptación en el sector agropecuario, con una inversión anual requerida muy superior a la efectiva (un déficit de aproximadamente COP 850 mil millones anuales) (PIGCCS Agropecuario, 2021: 57). Los costos económicos y la falta de acceso a financiamiento y capacitación son barreras primarias para la adopción de tecnología, especialmente para pequeños agricultores.
- **Escasez de datos y brechas de conocimiento específico**: la investigación es limitada en evaluación de sostenibilidad, agricultura de precisión y en el desarrollo de tecnologías digitales para pequeños productores. La literatura a menudo carece de datos longitudinales (es decir, información que se recopila sobre las mismas unidades de estudio) y de especificidad regional, lo que restringe la generalización de los hallazgos. Además, se han identificado vacíos en el análisis de impactos socioeconómicos y la equidad de género.
- **Baja adopción tecnológica y resistencia sociocultural**: las tasas de adopción de tecnologías climáticamente inteligentes y prácticas sostenibles o regenerativas siguen siendo moderadas o bajas, limitadas por los altos costos de inversión, la falta de capacitación y acompañamiento técnico, y la resistencia sociocultural al cambio de

prácticas tradicionales. Persisten además brechas significativas en el acceso, uso y divulgación de la información climática disponible, lo que dificulta la toma de decisiones informada y la innovación en los territorios rurales.

- **Débil capacitación y limitada evidencia de beneficios integrales:** La insuficiente formación técnica y la escasa demostración de los beneficios económicos, sociales y ambientales de las prácticas sostenibles reducen su adopción a nivel de finca, región y país.
- **Escasez de incentivos para la transición hacia prácticas sostenibles:** La falta de estímulos económicos, fiscales o de mercado limita la adopción de tecnologías y modelos de manejo agropecuario y forestal sostenibles, retrasando los cambios necesarios en los sistemas productivos.
- **Marginalización del conocimiento étnico y campesino en marcos formales:** A pesar de la demostrada complementariedad de los saberes ancestrales con los enfoques científicos, el conocimiento indígena y campesino a menudo está marginado o insuficientemente integrado en los marcos tecnológicos o de políticas formales.
- **Vulnerabilidad estructural y deficiencias en infraestructura:** la vulnerabilidad climática afecta al 100% de los municipios del país. Las deficiencias en infraestructura (transporte, conectividad rural) y la baja cobertura de seguros agropecuarios y asistencia técnica son factores que incrementan la sensibilidad y exposición a los eventos climáticos extremos y limitan la competitividad del sector.
- **Baja capacidad en gestión de riesgo y sistemas de alerta temprana:** Persiste una limitada formación en análisis de riesgo climático y uso de herramientas de alerta temprana, lo que restringe la capacidad de anticipación y respuesta frente a la variabilidad y el cambio climático.

7.2. Oportunidades

- **Acceso a financiamiento y cooperación internacional para el desarrollo de iniciativas que permitan mejorar la resiliencia de los sistemas productivos:** existen organismos como el BID, la CAF (Banco de Desarrollo de América Latina y el Caribe), FAO, PNUD y el Fondo Verde del Clima que apoyan proyectos de agricultura

sostenible y resiliencia climática en la región, la modernización de las actividades agropecuarias y el desarrollo de la agricultura climáticamente inteligente. La NAMA Bovina busca movilizar financiación pública y privada, y se prevé un crecimiento de los mercados de carbono agrícola.

- **Innovación tecnológica y enfoques emergentes:** la digitalización agrícola y los servicios agroclimáticos (TIC, pronósticos, sistemas de alerta temprana) son áreas con un gran potencial de desarrollo y aplicación. El mejoramiento genético para la tolerancia climática y el desarrollo de bioinsumos y agricultura regenerativa ofrecen vías para aumentar la productividad y la resiliencia del sector.
- **Ampliación del conocimiento aplicado en prácticas sostenibles:** La creciente base de investigación en prácticas sostenibles, de bajo costo y fácil adopción, ofrece soluciones con beneficios económicos, sociales y ambientales en el corto plazo, especialmente en sistemas campesinos y agroecológicos.
- **Potencial de transición energética en el sector agropecuario:** la agricultura puede ser un aliado clave en la transición energética, al permitir la producción de energías renovables (biomasa, biogás, solar, eólica) y mejorar la eficiencia energética. Propuestas como el "Sello de Transición Energética Campesina (TEC)" ofrecen incentivos y reconocimiento a los productores rurales que adopten fuentes no convencionales de energía renovable. Las comunidades energéticas rurales permiten la producción y venta colectiva de energía renovable.
- **Riqueza biológica y diversidad agroecológica como base de sostenibilidad y resiliencia:** La extraordinaria biodiversidad y variedad de agroecosistemas de Colombia ofrecen una ventaja estratégica para diversificar los sistemas productivos, desarrollar bioeconomías locales, promover la adaptación basada en ecosistemas y fortalecer la resiliencia del sector frente al cambio climático.
- **Escalamiento de prácticas sostenibles con co-beneficios:** la promoción de sistemas agroforestales y silvopastoriles ofrece un "doble dividendo" al capturar carbono, mejorar la calidad del suelo y aumentar la productividad y la resiliencia. Estas prácticas pueden contribuir a la formalización de la producción agropecuaria y a la reducción de la pobreza rural.

- **Escalamiento de prácticas sostenibles acordadas localmente:** centradas en el manejo de los recursos suelo, agua y biodiversidad, que implementen entre otros bioinsumos y biopreparados, que permiten reducir el uso de insumos de síntesis química,
- **Fortalecimiento de capacidades y transferencia de conocimiento:** las redes de conocimiento y plataformas de intercambio de experiencias en adaptación son oportunidades para fortalecer las capacidades de productores, gremios e instituciones. La extensión agropecuaria es identificada como un mecanismo principal para transferir conocimiento y tecnología, cerrando la brecha entre la investigación y la práctica.
- **Expansión agrícola sostenible y diversificación:** Colombia posee un gran potencial para expandir su área agrícola sin afectar los bosques naturales. La diversificación de cultivos autóctonos resistentes a plagas cruciales y el fortalecimiento de cadenas de valor locales pueden mejorar la seguridad alimentaria y nutricional del país.
- **Articulación de políticas y estrategias de planificación** orientadas a la integración de los principios de la bioeconomía dentro de los sistemas agroalimentarios, con el objetivo de fomentar el desarrollo de emprendimientos y la creación de negocios verdes, promoviendo la adaptación y el uso de tecnologías de producción sostenibles.
- **Implementación de planes de transición productiva** que integren prácticas sostenibles agroecológicas que busquen la producción resiliente de alimentos en línea con la agricultura climáticamente inteligente.
- **Reconocimiento e integración del conocimiento local y comunitario:** el PIGCCS-Agropecuario reconoce la importancia del saber tradicional y la observación de bioindicadores para comprender los efectos del clima. Varios estudios demuestran una fuerte integración del conocimiento indígena y campesino con enfoques científicos, especialmente en agroecología y custodia de semillas, lo que potencia la resiliencia en el sector.
- **Fortaleza del marco regulatorio y de control técnico:** la existencia de instituciones con capacidad normativa y de vigilancia, como el ICA, representa una oportunidad para consolidar mecanismos de control ambiental, sanitario y productivo que

garanticen el cumplimiento de prácticas sostenibles. El fortalecimiento de sus funciones de inspección, certificación y trazabilidad puede impulsar la adopción de tecnologías limpias, reducir impactos ambientales y promover la sostenibilidad en los sistemas agropecuarios

7.2. Fortalezas

- **Marco institucional y político sólido para el cambio climático:** Colombia cuenta con un Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del Sector Agropecuario (PIGCCS), formulado en 2020-2021, que alinea las acciones de adaptación y mitigación del sector con las metas climáticas nacionales (NDC). Este plan está respaldado por la Ley 1931 de 2018 (Ley de Cambio Climático) que establece directrices para la gestión del cambio climático y promueve una economía competitiva y baja en carbono.
- **Fuerte compromiso gubernamental con la sostenibilidad y la gestión climática:** Existe un alto nivel de interés y articulación entre el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MinAgricultura) y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente) para implementar programas orientados al manejo sostenible del suelo, el agua y la biodiversidad, así como al fortalecimiento del conocimiento sobre los fenómenos climáticos y socioecológicos que afectan al sector agropecuario.
- **Mecanismos de coordinación y asesoramiento agroclimático establecidos:** las Mesas Técnicas Agroclimáticas (MTA) articulan entidades clave para la toma de decisiones. Además, proporcionan información local crucial a los productores, mejorando la capacidad de respuesta y la gestión del riesgo. Con el liderazgo de la UPRA se está diseñando e implementando un Sistema de Información para la Gestión de Riesgos Agropecuarios (SIGRA).
- **Compromiso climático ambicioso y metas sectoriales definidas:** el país se comprometió a reducir en 51% las emisiones de GEI para 2030 (segunda NDC), con una contribución esperada del sector agropecuario de 35.8 MtonCO₂eq. Se han fijado metas como la adaptación de 967.997 hectáreas a sistemas climáticamente inteligentes y la transformación de 10 millones de hectáreas ganaderas hacia sistemas sostenibles.

- **Desarrollo e implementación de tecnologías y prácticas sostenibles:** se han impulsado sistemas silvopastoriles (SSP) y otras prácticas de ganadería sostenible de bajas emisiones, como la NAMA Bovina desde 2019. También se destaca el mejoramiento genético de cultivos (cacao) y modelos de Agricultura Climáticamente Inteligente (CSA por sus siglas en inglés) para optimizar fechas de siembra y variedades resilientes.
- **Proyectos integrales de gran escala:** el Proyecto Colombia Agroalimentaria Sostenible (CAS), iniciado en 2024, busca reducir la vulnerabilidad climática en 22 departamentos y 500.000 productores. Este proyecto integra agricultura digital, mejoramiento genético y modelos de negocio inclusivos, con un fuerte componente de género, buscando transformar los sistemas agroalimentarios del país.

7.3. Amenazas

- **Intensificación y frecuencia de eventos climáticos extremos:** el aumento de la frecuencia e intensidad de fenómenos como El Niño y La Niña provoca sequías prolongadas, lluvias extremas e inundaciones, lo que se traduce en pérdidas significativas en rendimientos agrícolas y pecuarios. Los estudios advierten que la ventana de oportunidad para adaptar la agricultura se está cerrando rápidamente.
- **Degradación ambiental y pérdida de ecosistemas:** el cambio de uso del suelo para introducir sistemas agropecuarios o la sobre exploración son factores que inciden en la transformación y la degradación de agroecosistemas, siendo una causa directa de deforestación en regiones como el Caribe, Andes y Orinoquía. La creciente escasez hídrica y la degradación de recursos son amenazas persistentes.
- **Impactos en la productividad y seguridad alimentaria:** Daños y pérdidas a la producción agrícola, pecuaria, acuícola y forestal, generadas por eventos climáticos extremos. Se proyecta una reducción promedio del 7.4% en los rendimientos agrícolas a nivel nacional para cultivos clave, y pérdidas anuales del 1.6% en la producción de carne y leche. El aumento de temperaturas nocturnas puede reducir la fertilidad del arroz hasta en un 40% (PIGCSS Agropecuario, 2021). Estas disminuciones en la productividad y el desplazamiento de zonas óptimas de producción agropecuaria en

las zonas andinas amenazan directamente la seguridad alimentaria y los medios de vida rurales.

- **Amenazas fitosanitarias y a la agrobiodiversidad:** el cambio climático altera la dinámica de plagas y enfermedades, favoreciendo la aparición de nuevas en zonas no comunes (ej. roya en café). La simplificación y homogeneización de los sistemas productivos (agricultura comercial) amenazan la agrobiodiversidad, aumentando la vulnerabilidad de los cultivos.
- **Conflictos socio-energéticos y ambientales potenciales:** la expansión de cultivos para biocombustibles o bioenergía podría comprometer la vocación alimentaria si no se maneja adecuadamente. La ubicación de infraestructuras de energía renovable (parques solares, cultivos energéticos) en suelos agrícolas de alta calidad o ecosistemas valiosos representa un riesgo de conflicto de uso del suelo y seguridad alimentaria.
- **Resistencia a la innovación y limitaciones del capital humano:** la resistencia cultural (a procesos de reconversión productiva, por ejemplo), la limitada capacidad técnica, los condicionantes de mercado y los tiempos de espera de retorno sobre la inversión en el campo dificultan la adopción masiva de nuevas tecnologías y prácticas. Además, la "brecha del medio" (abismo que separa lo que los científicos saben y lo que los agricultores hacen) y los desafíos en la escalabilidad de la innovación siguen siendo barreras importantes para una adaptación efectiva.
- **Resistencia institucional al cambio hacia enfoques sostenibles y participativos:** En diversas instituciones de investigación, universidades y entidades técnicas persisten inercias que dificultan la adopción de metodologías participativas y transdisciplinarias orientadas a la sostenibilidad y al entendimiento integral de la variabilidad y el cambio climático.
- **Barreras comerciales derivadas de prácticas no sostenibles:** el uso de tecnologías y procesos agropecuarios poco amigables con el ambiente puede generar barreras no arancelarias al comercio internacional, restringiendo el acceso a mercados que exigen altos estándares ambientales y sanitarios.

- Limitado acceso a tecnologías y bioinsumos de calidad:** Persisten barreras para garantizar la disponibilidad y validación de tecnologías y productos sostenibles (como bioinsumos) que cumplan su promesa de valor económica, social, ambiental y cultural, junto con mecanismos efectivos para su apropiación por parte de los productores.

8. Avances en la implementación

La estrategia del PECTIA formulada en 2016, incluyó un apartado denominado *sostenibilidad ambiental, variabilidad y cambio climático*, que definió cuatro líneas de acción: Acuerdos interinstitucionales e intersectoriales entre actores del SNIA para la formulación de política pública, diseño e implementación de Sistemas de Alertas Agroclimáticas Tempranas (SAAT) y abordar agendas de I+D+i para una mejor comprensión de las causas del cambio climático y sus efectos en sistemas productivos específicos, así como para el cambio técnico necesario para la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático.

Estrategia 1. Poner en marcha proyectos que permitan mejorar el seguimiento y la comprensión de la variabilidad y el cambio climático y producir soluciones tecnológicas para la adaptación y la mitigación de sus efectos (Prioridad 1)

Líneas de acción	Meta	Indicador	¿Evidencia de avances?
A1.1 Establecer la instancia interinstitucional e intersectorial entre los actores del sistema nacional de innovación agropecuaria y el sistema nacional ambiental, para una adecuada toma de decisiones y formulación de políticas en el territorio con relación a la sostenibilidad, variabilidad y cambio climático.	Instancias territoriales organizadas para la toma de decisiones en sostenibilidad, variabilidad y cambio climático.	No. de instancias conformadas, planes de trabajo definidos, acciones conjuntas formalizadas	Sí

En los últimos años, se han dado avances relevantes en la construcción de espacios de coordinación interinstitucional, especialmente a través de la participación de entidades como el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MinAgricultura), el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente), IDEAM, AGROSAVIA, entre otras.

Mesa Técnica Agroclimática Nacional (MTAN): Formalizada en 2022 mediante resolución conjunta de los Ministerios de Agricultura y de Ambiente, constituye un espacio interinstitucional que reúne a entidades del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA) y del Sistema Nacional Ambiental (SINA). Su propósito es coordinar políticas y acciones en torno a la variabilidad y el cambio climático en el territorio.¹

Comisión Intersectorial de Cambio Climático (CICC): Creada a través del Decreto 298 de 2016, integra a 15 ministerios, incluyendo al MinAgricultura y MinAmbiente. Funciona dentro del marco del Sistema Nacional de Cambio Climático (SISCLIMA), concebido como el conjunto de políticas, normas, procesos, entidades, recursos e instrumentos destinados a gestionar tanto la mitigación de gases de efecto invernadero como la adaptación al cambio climático. Su labor busca fortalecer la acción climática de manera articulada en todos los niveles del país.

Mesas Técnicas Agroclimáticas Regionales: En articulación con la mesa nacional, hacia 2024 operaban mesas agroclimáticas en 27 departamentos (Cauca, Caldas, Córdoba, Cesar, La Guajira, Magdalena, Nariño, Risaralda, Santander, Sucre, Tolima entre otros). Estas instancias producen boletines agroclimáticos locales que ofrecen información práctica a los productores, reflejando una creciente colaboración técnica y política orientada a la sostenibilidad de los agroecosistemas. Hasta octubre de 2024, se habían desarrollado y distribuido más de 300 boletines agroclimáticos, facilitando la planificación de actividades agropecuarias con base en predicciones climáticas ajustadas a las realidades locales. Estos boletines, producto del análisis conjunto entre expertos en climatología y agrometeorología y los productores, profesionales, técnicos, extensionistas, investigadores y académicos del agro, han sido clave para evitar pérdidas significativas de la producción por eventos climáticos extremos.

¹ proyecto normativo disponible en:

<https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Proyectos%20Normativos/MESAS%20TECNICAS%20AGROCLIMATICAS.pdf#:~:text=RESOLUCI%C3%93N%20N%C3%9AMERO%20DE%202022%20,y%20legales%20en%20especial%20la>

Compromisos internacionales: En el marco de su Contribución Determinada a Nivel Nacional (NDC) de 2020, Colombia fijó como meta que, para 2030, las mesas agroclimáticas cubran los 27 departamentos del país —es decir, las cinco regiones naturales— y que un millón de productores cuenten con información agroclimática oportuna para la toma de decisiones productivas.

Nodos Regionales de Cambio Climático: Con el Decreto 298 de 2016 se definió su organización como instancias regionales responsables de promover y acompañar la implementación de políticas y acciones frente al cambio climático. Posteriormente, la Ley 1931 de 2018 reafirmó estos nodos como mecanismos de coordinación del SISCLIMA en las regiones, lo que ha permitido un mayor anclaje territorial de la política climática.

El Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del Sector Agropecuario (PIGCCS), adoptado por el MinAgricultura en 2021 en cumplimiento de la Ley 1931 de 2018, constituye el principal instrumento para integrar la mitigación de GEI, la adaptación y la reducción de vulnerabilidad en el sector. Con cinco líneas estratégicas —información agroclimática, prácticas sostenibles, resiliencia, desarrollo rural bajo en carbono y articulación institucional— busca orientar medidas territoriales y sectoriales que fortalezcan la productividad, la seguridad alimentaria y la sostenibilidad dentro del marco del SISCLIMA y la Política Nacional de Cambio Climático.

Líneas de acción	Meta	Indicador	¿Evidencia de avances?
A1.2. Diseño e implementación del Sistema de Alertas Agroclimáticas Tempranas (SAAT) de acuerdo con la heterogeneidad territorial en el marco de la variabilidad y cambio climático de los agroecosistemas.	Sistema de alertas agroclimáticas tempranas funcionando en los territorios	Tipo de información e indicadores generados por territorio para la toma de decisiones relacionadas con eventos de cambio climático	Sí

Se han presentado avances en sistema de alertas agroclimáticas tempranas funcionando en los territorios que fortalecen la toma de decisiones relacionadas con eventos de cambio climático. A continuación, se describen 6.

Sistema Experto – Modelos de Adaptación y Prevención Agroclimática (SE-MAPA):

Implementado por AGROSAVIA desde 2017, es una plataforma de agricultura climáticamente inteligente que fortalece la toma de decisiones locales, integra conocimiento científico y gestión territorial, y facilita la adaptación de los sistemas agropecuarios frente al cambio climático.

Sistema de Información para la Gestión de Riesgos Agropecuarios (SIGRA):

Lanzado en 2022 por el MinAgricultura, en alianza con Finagro y la UPRA, con apoyo del Reino Unido y la CAF, este sistema provee información agroclimática, sanitaria, de mercado y financiera para apoyar la toma de decisiones del sector. A través de una plataforma tecnológica integra mapas y análisis de riesgos (sequías, inundaciones, vientos intensos, heladas) para cultivos y sistemas productivos priorizados (arroz seco, maíz, papa, leche y carne bovina en pastoreo), con especial énfasis en productores pequeños, mujeres y poblaciones vulnerables.

Sistema de Información Agroclimática para Papa (SIAP):

herramienta tecnológica orientada a la gestión del riesgo agroclimático en el cultivo de papa. Permite interpretar información climática y meteorológica para zonas productoras de Cundinamarca, facilitando el monitoreo y la generación de alertas por estrés hídrico. Su desarrollo se realizó bajo un enfoque de codiseño con productores, y ofrece tres grupos de productos: (i) caracterización climática; (ii) modelos de balance hídrico y absorción de carbono; y (iii) variables bioclimáticas, como grados día acumulados e índice de satisfacción de necesidades hídricas, que apoyan la toma de decisiones en la cadena productiva de papa.

Climate Predictability Tool (CPT): software desarrollado por la Universidad de Columbia que permite construir modelos de pronóstico climático estacional, validar su

desempeño y generar predicciones actualizadas. Es la herramienta principal empleada para la implementación del sistema Aclimate Colombia.

Plataforma Aclimate Colombia: iniciativa liderada por la Alianza Bioversity International y el CIAT, en articulación con el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. Integra modelos climáticos, datos históricos y pronósticos estacionales para ofrecer información agroclimática precisa y localizada. Ha sido validada en diversas regiones del país con la participación de productores, asociaciones y técnicos, lo que ha favorecido su apropiación y uso en la toma de decisiones para la adaptación al cambio climático y el fortalecimiento de los agroecosistemas frente a la variabilidad climática

Sistema de Información Ambiental Territorial de la Amazonia Colombiana (SIATAC)

es una plataforma interinstitucional liderada por el Instituto SINCHI que consolida y difunde información ambiental multitemporal para la Amazonia colombiana. A través de módulos como SIMAAC (indicadores ambientales regionales), SIMCOBA (monitoreo de coberturas terrestres), MoSCAL (seguimiento a acuerdos locales de conservación), puntos de calor, cicatrices de quema y áreas priorizadas para restauración hídrica, facilita el análisis, acceso y uso de datos ambientales críticos para la toma de decisiones territoriales en los procesos de desarrollo sostenible.

Líneas de acción	Meta	Indicador	¿Evidencia de avances?
A1.3. Poner en marcha proyectos de I+D+i para una mejor comprensión de las causas del cambio climático y sus efectos en sistemas productivos específicos	Conocer las causas y los efectos del cambio climático de la mayor parte de las actividades productivas de la agricultura colombiana	Indicadores cualitativos o cuantitativos del efecto del cambio climático en usos del suelo, pisos térmicos, dinámica de plagas y enfermedades, dinámica de la biodiversidad, vinculados a sistemas productivos específicos	Sí

Colombia ha avanzado en la puesta en marcha de proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) orientados a la comprensión de las causas del cambio climático y sus efectos sobre los sistemas productivos agropecuarios. Estos esfuerzos han sido impulsados por entidades públicas, privadas, académicas y de cooperación internacional, en el marco del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA), y se han

concentrado en generar evidencia científica, tecnologías adaptativas y estrategias de mitigación y adaptación con enfoque territorial.

En 2022, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación lanzó la Convocatoria No. 929, destinada a apoyar proyectos de I+D+i en dos líneas estratégicas: (1) medición de captura y secuestro de carbono en ecosistemas naturales estratégicos, y (2) procesos de generación de hidrógeno de bajas emisiones. La iniciativa conformó un banco de proyectos elegibles liderados por alianzas entre grupos de investigación (con categorías A1, A o B) y organizaciones de la sociedad civil o del sector productivo, especialmente en zonas con bajos indicadores de innovación territorial. Se dispusieron recursos por valor de COP 3 477 600 000, distribuidos equitativamente entre ambas líneas (COP 1 738 800 000 cada una)

Desde 2018 y hasta diciembre de 2024, la plataforma SIEMBRA registra más de 30 proyectos asociados a temáticas de cambio climático, variabilidad climática, sostenibilidad agroambiental, adaptación y mitigación. Entre ellos se destacan iniciativas como “Fertilización integrada para incrementar la resiliencia del cultivo de arveja a condiciones climáticas adversas”, “Desarrollo de un sistema de información agroclimática para el cultivo de papa criolla”, “Resiliencia al cambio climático con el uso de bioproductos”, “Bean Breeding for Adaptation to a Changing Climate and Post-Conflict Colombia (BBACO)”, y “Producción sostenible de leche en la Altillanura colombiana bajo un enfoque climático inteligente”, entre otras. Estas experiencias se han desarrollado en territorios como la región Andina, la Altillanura, la Mojana, el Caribe seco, Cundinamarca y Boyacá, entre otros.

La iniciativa SASI – Inteligencia para Sistemas Agroalimentarios Sostenibles e Inclusivos, liderada por la FAO, la Unión Europea y Agrinatura (con participación de CIRAD y AGROSAVIA), busca transformar los sistemas agroalimentarios hacia modelos más sostenibles mediante evaluaciones participativas territoriales. Surge tras la Evaluación de Sistemas Alimentarios de 2021 y la Cumbre de Sistemas Alimentarios de la ONU, y desde

2024 se implementa en Colombia en cuatro regiones estratégicas (Altiplano Cundiboyacense, Nariño Centro, Montes de María y Palmira-Sur). Su enfoque combina inteligencia colectiva, interfaz ciencia-política (SASI-SPI) y el diseño de marcos de inversión territorial impulsados por la FAO, con el fin de promover la sostenibilidad, resiliencia e inclusión en los sistemas alimentarios.

Los resultados de estos proyectos han contribuido al desarrollo de tecnologías adaptativas, la generación de información agroclimática para la toma de decisiones, la validación de prácticas productivas sostenibles y el fortalecimiento de capacidades locales. Además, han permitido visibilizar el impacto diferenciado del cambio climático en cultivos, sistemas productivos y regiones específicas del país.

A pesar de los avances, persisten retos en la articulación efectiva de la agenda climática con las políticas sectoriales, la financiación estable de las iniciativas de I+D+i y la integración de los resultados en la toma de decisiones de los productores y las entidades territoriales. No obstante, se consolida una base técnica y científica que posiciona al SNIA como un actor clave en la respuesta nacional al cambio climático desde el sector agropecuario.

Líneas de acción	Meta	Indicador	¿Evidencia de avances?
A1.4. Poner en marcha proyectos de I+D+i para el cambio técnico necesario para la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático (incluye tecnologías para la disminución de gases de efecto invernadero y contaminantes, así como los procesos de transformación en la obtención de biocombustibles y bioenergías)	Disminuir los efectos de la variabilidad y cambio climático en la productividad de la agricultura colombiana	Indicadores cualitativos y cuantitativos de tecnologías generadas para la adaptación y mitigación de la variabilidad y el cambio climático y sus efectos sobre los sistemas productivos	Sí

Colombia ha avanzado en la puesta en marcha de proyectos de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i) orientados al cambio técnico necesario para la adaptación y mitigación de los efectos del cambio climático en el sector agropecuario. Estos esfuerzos, impulsados por actores públicos, privados, académicos y de cooperación internacional, han incluido el desarrollo de tecnologías para la reducción de gases de efecto invernadero (GEI), el

manejo sostenible de recursos naturales, el fortalecimiento de capacidades frente al riesgo agroclimático y el impulso a procesos de transformación para la obtención de bioenergías y biocombustibles, en el marco del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA).

Entre las experiencias destacadas se encuentra el proyecto LivestockPlus, desarrollado en 2018 por el CIAT, ICRAF, CATIE y entidades de los gobiernos de Colombia y Costa Rica. Esta iniciativa promovió prácticas ganaderas de bajas emisiones en más de 1,1 millones de hectáreas (0,6 Mha en Colombia), con resultados relevantes para su escalamiento en más de 350 millones de hectáreas de zonas de pastoreo en América Latina.

La Acción de Mitigación Nacionalmente Apropriada (NAMA) de la ganadería bovina, constituye una política transformadora orientada a reducir entre 15,2% y 33,9% las emisiones del sector para 2030, mediante la reconversión de sistemas tradicionales hacia modelos sostenibles. Su implementación se focaliza en 31 conglomerados productivos, responsables del 51,8% de las emisiones bovinas y del 47,6% del hato nacional, con el fin de contener el incremento proyectado de emisiones de 28,9 millones de tCO₂eq en 2020 a 33,6 millones en 2030. La estrategia central son los sistemas silvopastoriles, que combinan pasturas con especies arbóreas nativas, logrando ganancias de peso animal entre 600 y 900 gramos diarios frente a los 400 gramos de la ganadería convencional. Estos sistemas además incrementan la oferta forrajera hasta en 63%, reducen el ciclo de engorde a 26 meses, capturan entre 5 y 8 toneladas de CO₂eq por hectárea al año y mejoran la calidad nutricional de los forrajes y el bienestar animal, consolidándose como un modelo integral de mitigación y productividad sostenible.

Por su parte, el Programa Integral para la Reconversión de la Ganadería (PIRPAG) complementa estos esfuerzos con una inversión de USD 2.5 millones para implementar sistemas silvopastoriles en regiones priorizadas de La Guajira, Sucre, Santander y Arauca. Se destacan otros proyectos como “Innovación para la resiliencia y mitigación del cambio climático en los agropaisajes ganaderos de Colombia”,

“Fortalecimiento de la herramienta para gestión del riesgo agroclimático – Ficha Técnica Agroclimática (FTA)”, “Evaluación de servicios ecosistémicos en agroecosistemas paneleros de Cundinamarca” y el “Análisis de soluciones tecnológicas digitales (DTs) para promover la agricultura climáticamente inteligente en la región de la Orinoquía”. Estas iniciativas, junto con la participación en el programa global del CGIAR Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS), reflejan una agenda robusta en innovación climática adaptada a diversos contextos productivos y ecológicos del país.

El proyecto “Colombia Agroalimentaria Sostenible (CAS)”, aprobado en 2023 por el Fondo Verde del Clima y cofinanciado por la CAF (Banco de Desarrollo de América Latina), es liderado por el Ministerio de Agricultura en conjunto con la Alianza Bioversity International CIAT, AGROSAVIA y gremios y centros de investigación como CIMMYT y CIPAV. Esta iniciativa de cinco años, que se implementará desde 2025, busca transformar los sistemas agroalimentarios en Colombia mediante la integración de tecnologías innovadoras, prácticas agrícolas resilientes, equidad de género y modelos inclusivos, con el fin de reducir la vulnerabilidad climática de productores en 219 municipios y promover cadenas de valor sostenibles y adaptadas al cambio climático.

En 2024 y el primer trimestre de 2025, el proyecto Colombia Agroalimentaria Sostenible (CAS) alcanzó avances significativos en infraestructura, prácticas sostenibles y fortalecimiento de capacidades. Se instalaron 37 estaciones agroclimáticas en 16 departamentos para mejorar el monitoreo en tiempo real y la validación de pronósticos. Se implementaron más de 200 parcelas productivas y 16.129 unidades demostrativas para validar tecnologías adaptadas, con especial énfasis en el uso eficiente del agua y la reducción de emisiones. En este marco, 63 parcelas cuentan con monitoreo continuo de humedad del suelo, mientras que 21 parcelas miden emisiones de carbono, metano y óxido nitroso, comparando sistemas convencionales y sostenibles. Un componente central ha sido la formación de capacidades, con la capacitación de 12.605 personas (76,5% agricultores y 18,3% técnicos y profesionales) en producción sostenible, manejo del agua y resiliencia climática, a través de eventos en 27 departamentos que promueven el diálogo

entre expertos y comunidades rurales. Estos resultados reflejan el carácter integral del proyecto, que combina infraestructura tecnológica, investigación aplicada y transferencia de conocimiento para impulsar la sostenibilidad y resiliencia del agro colombiano.

En el sector pesquero y acuícola, la Autoridad Nacional de Acuicultura y Pesca (AUNAP) ha venido impulsando una transformación orientada a la sostenibilidad. En 2025, sus acciones incluyeron la repoblación de ciénagas con especies emblemáticas de los ecosistemas acuáticos nacionales, el fomento de proyectos de recirculación acuapónica en comunidades afrodescendientes, que integran la piscicultura (cría de peces) con la hidroponía (cultivo de plantas), y la protección de los periodos de reproducción natural de diversas especies. Estas iniciativas no solo contribuyen a la conservación de la biodiversidad acuática, sino que también fortalecen la sostenibilidad de la actividad pesquera en el país (AUNAP, 2025a, 2025b; 2025c)

Finalmente, los Núcleos de Desarrollo Forestal han establecidos áreas estratégicas del territorio colombiano identificadas en zonas con alta presión de deforestación; su objetivo es convertir estos focos en espacios de conservación productiva mediante planes comunitarios sostenibles, funcionan con esquemas de manejo forestal a largo plazo, acuerdos comunitarios, capacitaciones técnicas y actividades productivas compatibles con la conservación. Estos núcleos reflejan un enfoque integral de sostenibilidad y adaptación al cambio climático, al promover el aprovechamiento forestal sostenible que genera ingresos locales a la par que conserva la biodiversidad y los sumideros de carbono, fortaleciendo la resiliencia territorial frente a los efectos del cambio climático y la pérdida de ecosistemas (SIAT-AC, 2025).

9. Estrategias y líneas de acción de la actualización 2025

Estrategia 1. Impulsar proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación que fortalezcan el seguimiento y la comprensión de la variabilidad y el cambio climático en el sector agropecuario, generando soluciones de adaptación y mitigación que integren tecnologías digitales, innovación social y participación comunitaria, priorizando la investigación aplicada en captura de carbono en suelos y sistemas agroforestales, la evaluación de biodiversidad funcional como soporte de servicios ecosistémicos críticos y el fortalecimiento de la salud del suelo mediante prácticas regenerativas.

Línea de acción	Meta	Indicador	Responsables	Temporalidad
A1.1. Fortalecer y consolidar instancias interinstitucionales e intersectoriales entre los actores del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA) y el Sistema Nacional Ambiental (SINA) en los departamentos, con mecanismos permanentes de coordinación y toma de decisiones, orientados a la planificación territorial, la formulación de políticas públicas y la implementación de acciones conjuntas frente a la sostenibilidad, la variabilidad y el cambio climático.	Al menos 5 departamentos con instancias SNIA-SINA funcionando y articuladas a políticas nacionales.	<ul style="list-style-type: none"> Número de departamentos con instancias interinstitucionales SNIA-SINA formalmente creadas y activas 	MinAgricultura, MinAmbiente, IDEAM, AGROSAVIA, Entidades territoriales, gremios agropecuarios	2026-2027
A1.2. Fortalecer, escalar e integrar los sistemas de alertas agroclimáticas existentes, articulándolos con plataformas nacionales de información y servicios climáticos, para ampliar su cobertura territorial, mejorar la interoperabilidad y asegurar su uso efectivo por productores, extensionistas y tomadores de decisiones.	Integrar y poner en funcionamiento una red nacional de sistemas de alertas agroclimáticas interoperables, con evidencias de uso efectivo en al menos 10 cadenas productivas y territorios priorizados.	<ul style="list-style-type: none"> Número de cadenas productivas y territorios priorizados que reportan uso validado de sistemas de alertas agroclimáticas interoperables en decisiones técnicas, productivas o de política pública 	MinAgricultura, IDEAM, MinCiencias, AGROSAVIA, UPRA, Alianza Bioversity-CIAT, FAO, Gobernaciones y EPSEA	2026-2029

Línea de acción	Meta	Indicador	Responsables	Temporalidad
A1.3. Crear y consolidar la Red Nacional de Investigación Agroclimática (RNIA), articulando a AGROSAVIA, universidades, SENA, gremios, centros internacionales y actores del sector privado, con el fin de coordinar agendas científicas, promover proyectos colaborativos y fortalecer la generación y uso de conocimiento aplicado para la mitigación y adaptación agroclimática.	Constituir la Red Nacional de Investigación Agroclimática con al menos 30 instituciones vinculadas y con una agenda operativa de investigación en mitigación y adaptación priorizada y ejecutada en territorios vulnerables.	<ul style="list-style-type: none"> Número de instituciones activas en la RNIA que desarrollan proyectos colaborativos con productos científicos o técnicos utilizados en decisiones productivas o de política pública. 	MinAgricultura, MinCiencias, AGROSAVIA, SENA, Universidades, Gremios sectoriales, Centros de investigación, sector privado, CGIAR.	2026–2029
A1.4. Impulsar proyectos de investigación, desarrollo tecnológico e innovación que permitan comprender de manera integral las causas y los efectos del cambio climático en los sistemas productivos agropecuarios, generando información científica y aplicada sobre suelos, agua, biodiversidad, plagas, enfermedades y dinámicas de uso del suelo, con acceso abierto y utilidad para la toma de decisiones territoriales y sectoriales.	Consolidar al menos 40 proyectos de I+D+i con resultados aplicables en sistemas productivos priorizados, articulados al Sistema Nacional de Información Agroclimática y con acceso público a sus datos y publicaciones.	<ul style="list-style-type: none"> Número de proyectos de I+D+i con resultados aplicables y datos disponibles en plataformas de acceso abierto que son utilizados por al menos un territorio o cadena productiva. 	MinAgricultura, MinCiencias, Gremios agropecuarios, Universidades, Centros de investigación, CGIAR, AGROSAVIA	2026-2029

Línea de acción	Meta	Indicador	Responsables	Temporalidad
<p>A1.5. Validar, adaptar y escalar tecnologías y prácticas de mitigación y adaptación al cambio climático desarrolladas por centros de investigación e iniciativas previas, asegurando su aplicación territorial en distintos sistemas productivos mediante alianzas público-privadas y procesos participativos</p>	<p>Validar y escalar tecnologías y prácticas sostenibles en al menos 15 sistemas productivos y 20 000 hectáreas distribuidas en territorios priorizados por condiciones de vulnerabilidad climática.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Número de hectáreas en sistemas productivos priorizados que reportan adopción efectiva de tecnologías o prácticas sostenibles validadas. 	<p>MinAgricultura, AGROSAVIA, MinCiencias, gremios agropecuarios, SENA, universidades, FAO, CIAT-Bioversity, entidades territoriales</p>	<p>2026-2029</p>
<p>A1.6. Integrar, analizar y promover el uso del conocimiento generado por estudios e investigaciones previas sobre variabilidad climática agropecuaria, mediante plataformas interoperables y herramientas de inteligencia de datos, para orientar políticas, alertas tempranas y decisiones de manejo productivo.</p>	<p>Plataforma nacional interoperable que consolide y analice información de al menos 100 estudios o proyectos previos sobre cambio climático agropecuario.</p>	<ul style="list-style-type: none"> Número de estudios integrados y utilizados en la plataforma para generación de productos analíticos, modelos predictivos o recomendaciones técnicas aplicadas. 	<p>MinAgricultura, IDEAM, MINCIENCIAS, AGROSAVIA, UPRA, Universidades, Alianza Bioersity-CIAT</p>	<p>2026-2029</p>

Estrategia 2. Fomentar la transición hacia sistemas productivos sostenibles y resilientes, mediante la promoción de investigación y desarrollo tecnológico, la gestión eficiente del agua y el suelo, la restauración de ecosistemas productivos

Línea de acción	Meta	Indicador	Responsables	Temporalidad
A2.1. Actualizar, complementar y ampliar las mediciones de huella de carbono, huella hídrica y valoración de servicios ecosistémicos en las cadenas productivas agropecuarias, priorizando aquellas con menor información o mayor vulnerabilidad climática, y promoviendo el uso de estos resultados en políticas sectoriales, certificaciones y procesos de mejora tecnológica.	Realizar o actualizar mediciones integrales de huellas ambientales y servicios ecosistémicos en al menos 10 cadenas productivas, incluyendo tanto grandes cadenas consolidadas como sistemas productivos de economía campesina.	<ul style="list-style-type: none"> Número de cadenas productivas que cuentan con estudios nuevos o actualizados de huella ambiental cuyos resultados se integran a planes, políticas, certificaciones o instrumentos de mejora. 	MinAgricultura, MinAmbiente, MinCiencias, AGROSAVIA, gremios agropecuarios, universidades, centros de investigación, ProColombia.	2026-2029
A2.2. Desarrollar y escalar biofábricas comunitarias y de pequeña escala para la producción local de bioinsumos, fortaleciendo la autonomía productiva, la reducción de insumos químicos y la resiliencia climática, con énfasis en sistemas de agricultura campesina, familiar, étnica y comunitaria (ACFEC). <i>*Esta línea de acción presenta puntos de convergencia con el capítulo Agroecología, y se recomienda que sea incluida en este último</i>	Implementar o escalar al menos 40 biofábricas funcionales en regiones priorizadas de alta vulnerabilidad agroclimática, operadas por asociaciones de productores, de las cuales al menos 20 estén plenamente operativas con producción certificada de bioinsumos para su uso en las cadenas diferenciadas.	<ul style="list-style-type: none"> Número de biofábricas operativas con producción certificada de bioinsumos que reportan reducción en el uso de agroquímicos en los sistemas productivos vinculados. 	ADR, AGROSAVIA, FAIA, instituciones de investigación, gobiernos departamentales y organizaciones de productores	2026-2029

Línea de acción	Meta	Indicador	Responsables	Temporalidad
A2.3. Desarrollar un sistema nacional de análisis y uso de datos de sostenibilidad agropecuaria, que permita transformar resultados de investigación en herramientas prácticas para productores, extensionistas y tomadores de decisión, integrando inteligencia artificial y analítica avanzada.	Sistema nacional de análisis de sostenibilidad con módulos funcionales de consulta, visualización y toma de decisiones implementado en al menos 5 cadenas productivas.	<ul style="list-style-type: none"> Número de cadenas productivas o territorios que reportan uso del sistema para la toma de decisiones técnicas o de política pública. 	MinAgricultura, MinCiencias, AGROSAVIA, SENA, gremios agropecuarios, Universidades, DANE	2026–2029
A2.4. Diseñar e implementar rutas de reconversión productiva por cadena, ecosistema y territorio, integrando investigación aplicada, ensayos multisitio y validación en finca, con sistemas MRV (monitoreo, reporte y verificación) de carbono, agua y biodiversidad, articuladas con la información territorial y los instrumentos de política vigentes	<ul style="list-style-type: none"> Validar y escalar 6 rutas de reconversión CTI validadas con protocolos MRV y costeo costo-beneficio por territorio/cadena. 20 000 ha con prácticas de reconversión validadas y en adopción temprana, y 10 000 productores acompañados con extensión basada en evidencia. 	<ul style="list-style-type: none"> Número de rutas de reconversión productiva validadas y publicadas que cuentan con protocolos MRV operativos y análisis costo-beneficio documentados por territorio o cadena productiva. Número de hectáreas bajo prácticas de reconversión verificadas mediante MRV y número de productores acompañados, que reportan adopción temprana y una reducción promedio del 10–20 % de emisiones de GEI por unidad de producto. 	MinAgricultura, MinAmbiente, UPRA, AGROSAVIA, IDEAM, SENA, FINAGRO, ADR, gobernaciones y gremios productivos.	2026–2029

10. Agradecimientos

Los autores de este capítulo expresan su reconocimiento a Fabián Enrique Martínez Camelo, José Fernando Salazar Aguilar y Luis Fernando Gómez Gil de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA, a Martha Liliana Marquez Torres, Blanca Cecilia Medina Petro y Constantino Hernández Garay del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, y a Javier Betancur Vivas de la FAO, por sus aportes en el proceso de co-construcción. Adicionalmente, a María Nancy Moreno Valderra, Angélica Ramírez, Ana María Jiménez, Nicolle Tatiana Castillo Galindo, por su participación en la elaboración de la versión anterior del documento. Sus contribuciones en la recopilación de información, el análisis y la redacción inicial constituyeron un insumo valioso que sirvió de base para la presente actualización. Dicho trabajo previo permitió dar continuidad al proceso, integrar nuevas perspectivas y enriquecer la reflexión sobre los retos y oportunidades del sector.

11. Referencias

- Alliance Bioersivity International & CIAT. (2024). *La inteligencia artificial como podría transformar la agricultura: el caso del chatbot Melisa*. Recuperado de <https://alliancebioersivityciat.org/es/stories/inteligencia-artificial-como-podria-transformar-agricultura>
- Alliance Bioersivity International & CIAT. (2025). *Resultados que Transforman: Avances 2024 de Colombia Agroalimentaria Sostenible*. Recuperado de <https://alliancebioersivityciat.org/es/stories/resultados-avances-2024-colombia-agroalimentaria-sostenible>
- Altieri, M., Funes, F., Henao, A., Nicholls, C., León, T., Vázquez, L., & Zuluaga, G. (2012). Hacia una metodología para la identificación, diagnóstico y sistematización de sistemas agrícolas resilientes a eventos climáticos extremos. *Documento preliminar de trabajo. Red Iberoamericana de Agroecología Para el Desarrollo de Sistemas Agrícolas Resilientes al Cambio Climático*. 21p.

- Arias, M., & Preciado, M. (2016). Paro Nacional Agrario: paradojas de la acción política para el cambio social. *Íconos*, 54, 111-130.
- Arteaga, N. L. E., & Burbano, N. J. E. (2018). *Efectos del cambio climático: Una mirada al Campo*. 35(2), 79-91. <https://doi.org/10.22267/RCIA.183502.93>
- AUNAP. (2025a). La AUNAP repuebla las ciénagas de Machado y Olaya con 500.000 alevinos de Bocachico. Recuperado de: <https://aunap.gov.co/la-aunap-repuebla-las-cienagas-de-machado-y-olaya-con-500-000-alevinos-de-bocachico/>
- AUNAP. (2025b). Revolución ACUAPÓNICA: AUNAP impulsa proyecto piloto sostenible para las comunidades afrocolombianas en Repelón (Atlántico). Recuperado de: <https://aunap.gov.co/aunap-le-cumple-a-las-comunidades-pesqueras-del-pais-con-la-entrega-de-283-embarcaciones-2/>
- AUNAP. (2025c). AUNAP anuncia inicio de la veda de peces de uso ornamental y de consumo en la Orinoquía. Recuperado de: <https://aunap.gov.co/aunap-anuncia-inicio-de-la-veda-de-peces-de-uso-ornamental-y-de-consumo-en-la-orinoquia/>
- Banco Mundial. (2021). Acción de mitigación nacionalmente apropiada NAMA de la ganadería bovina sostenible en Colombia. Disponible en: <https://cgspace.cgiar.org/bitstreams/8a1f5d26-b667-4c7e-b502-69e53da9ffa3/download>
- Bellon, M. R., van Etten, J., Jackson, M. T., Ford-Lloyd, B., & Parry, M. (2014). *Climate change and on-farm conservation of crop landraces in centres of diversity* (pp. 137-150). CABI. <https://doi.org/10.1079/9781780641973.0137>
- CEPAL Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2020). La emergencia del cambio climático en América Latina y el Caribe ¿Seguimos esperando la catástrofe o pasamos a la acción?, Naciones Unidas, Santiago. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45677/1/S1900711_es.pdf
- CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security. 2022. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security Annual Report 2021. Cali (Colombia) <https://cgspace.cgiar.org/items/d99bde8e-a034-48f6-9bca-0fb3b8bd05fc>

- Chhetri, N. (2012). Adapting Agriculture to Climate Variability and Change: Capacity Building Through Technological Innovation. <https://doi.org/10.5772/29757>
- Comisión Europea. 2019. Comunicación de la comisión al parlamento europeo, al consejo europeo, al consejo, al comité económico y social europeo y al comité de las regiones: El Pacto Verde Europeo. Recuperado de: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A52019DC0640>
- Comisión Europea. 2020. Estrategia “de la granja a la mesa” para un sistema alimentario justo, saludable y respetuoso con el medio ambiente. Recuperado de: https://food.ec.europa.eu/horizontal-topics/farm-fork-strategy_en?prefLang=es
- Correa-Laguna, J. D., Pelgrims, M., Espinosa Valderrama, M., & Morales, R. (2021). Colombia’s GHG Emissions Reduction Scenario: Complete Representation of the Energy and Non-Energy Sectors in LEAP. *Energies*, 14(21), 7078. <https://doi.org/10.3390/en14217078>
- Cortés-Cataño CF, Foronda-Tobón Y, Paez-Ricardo JA, Parra-Herrera JE, Cañon-Ayala MJ (2024) The effect of environmental variations on the production of the principal agricultural products in Colombia. *PLoS ONE* 19(7): e0304035. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0304035>
- Dossa, K. F., & Miassi, Y. E. (2024). Advancing Sustainable Agriculture: A Critical Review of Innovative Strategies to Decrease Chemical Dependency for Environmental Health. *Journal of Environmental Science and Pollution Research*, 10(2), 492–497. <https://doi.org/10.30799/jespr.243.24100201>
- Elliott, J., & Firbank, L. G. (2013). Sustainable Intensification: A Case for Innovation in Science and Policy: *Outlook on Agriculture*, 42(2), 77–80. <https://doi.org/10.5367/OA.2013.0124>
- FAO. (2021). *The State of Food and Agriculture 2021*. Roma.
- FAO. (2021). PLAN INTEGRAL DE GESTIÓN DEL CAMBIO CLIMÁTICO DEL SECTOR AGROPECUARIO PIGCCS-Agropecuario. Bogotá. 328 p.
- Feola, G. (2013). What (science for) adaptation to climate change in Colombian agriculture? A commentary on "A way forward on adaptation to climate change in Colombian agriculture: perspectives towards 2050" by J. Ramirez-Villegas, M.

- Salazar, A. Jarvis, C. E. Navarro-Valcines. *Climatic Change*, 119(3-4), 569-580. <https://doi.org/10.1007/S10584-013-0731-6>
- Fernández, P., Martínez, M. de, Castro-Pardo, V. M., Barroso, A., & João, C. (2020). Assessing Sustainable Rural Development Based on Ecosystem Services Vulnerability. *Land*, 9(7), 222. <https://doi.org/10.3390/LAND9070222>
- Galán, F. A., & Canal, F. J. (2002). *Gasto, inversión y financiamiento para el desarrollo sostenible en Colombia*. CEPAL. http://repositorio.cepal.org/bitstream/11362/5756/1/S0210727_es.pdf
- Garavito-Calderon, N. (2021). Factores claves para la adaptación al cambio climático de los caficultores colombianos. *Gestión y Ambiente*, 24(1), 53-66. <https://doi.org/10.15446/GA.V24N1.90509>
- Garnett, J. R. (2024). Making the Green Revolution: Agriculture & Conflict in Colombia Timothy W. Lorek. *Journal of Social History*, Volume 58, Issue 2, Winter 2024, Pages 367–369, <https://doi.org/10.1093/jsh/shad088>
- Gobierno de Colombia. (2018). Ley 1931 de 2018. Recuperado de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87765>
- Gowdy, J. M., & Baveye, P. C. (2019). An Evolutionary Perspective on Industrial and Sustainable Agriculture. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811050-8.00027-3>
- Grigorieva, E., Livenets, A. S., & Stelmakh, E. (2023). Adaptation of Agriculture to Climate Change: A Scoping Review. *Climate*. <https://doi.org/10.3390/cli11100202>
- Hebinck, A., Klerkx, L., Elzen, B., Kok, K., König, B., Schiller, K., Tschersich, J., Mierlo, B., & Wirth, T. (2021). Beyond food for thought – Directing sustainability transitions research to address fundamental change in agri-food systems. *Environmental Innovation and Societal Transitions*. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2021.10.003>
- IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Cambridge University Press.
- Jha, R., & Sharma, A. (2024). Adoption of Agricultural Resources for Sustainable Environment. *Practice, Progress, and Proficiency in Sustainability*, 29–42. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-6298-3.ch002>

- Karavolias, N. G., Patel-Tupper, D., Seong, K., Tjahjadi, M., Gueorguieva, G. A., Tanaka, J., ... & Staskawicz, B. J. (2023). Paralog editing tunes rice stomatal density to maintain photosynthesis and improve drought tolerance. *Plant Physiology*, *192*(2), 1168-1182.
- Keeling, C. D., & Whorf, T. P. (1982). Atmospheric CO₂ records from Mauna Loa, Hawaii. Trends: A Compendium of Data on Global Change. Carbon Dioxide Information Analysis Center, Oak Ridge National Laboratory, U.S. Department of Energy. <https://doi.org/10.3334/CDIAC/atg.035>
- Khan, N., Kamaruddin, M. A., Sheikh, U. U., Bakht, M. P., & Mohd, M. N. H. (2024). Climate-Smart Agriculture: A Path to Sustainable Food Production. *Journal of Natural Science Review*, *2*(Special.Issue), 130-147. <https://doi.org/10.62810/jnsr.v2ispecial.issue.121>
- Kumar, P., Sharma, L., & Sharma, N. (2024). *Sustainable Development Balancing Economic Viability, Environmental Protection, and Social Equity* (pp. 212-234). Routledge. <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-2197-3.ch012>
- Lau, C. H., Jarvis, A., & Ramírez Villegas, J. A. (2011). Agricultura colombiana: Adaptación al cambio climático.
- León-Sicard, T., de Prager, M. S., Rojas, L. J., Ortiz, J. C., Alviar, J. A. B., Osorio, Á. A., & Leiton, A. A. (2015). Hacia una historia de la agroecología en Colombia. *Agroecología*, *10*(2), 39-53.
- Lipper, L., Mann, W., Meybeck, A., & Sessa, R. (2010). Climate-smart" agriculture: policies, practices and financing for foodsecurity, adaptation and mitigation. Rome: FAO.
- López-Pedrerros, A. R. (2024). Making the Green Revolution: Agriculture and Conflict in Colombia.
- Mall, R. K., Gupta, A. K., & Sonkar, G. (2017). *Effect of Climate Change on Agricultural Crops* (pp. 23-46). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-63661-4.00002-5>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. 2024. Resolución 331 de 2024. Política pública de Agroecología.

- Nagamalla, B. (2025). The convergence of big data and SRE in modern agriculture: Transforming farming through technology. *International Journal of Science and Research Archive*, 14(1), 973–980. <https://doi.org/10.30574/ijrsra.2025.14.1.0151>
- Núñez Rodríguez, J. J., Carvajal Rodríguez, J. C., Carrero Carreño, D. M., & Mendoza Ferreira, O. (2018). Indicadores del impacto del cambio climático en la agricultura familiar andina colombiana. *Revista Iberoamericana de Bioeconomía y Cambio Climático*, 4(7), 143-168. <https://doi.org/10.5377/RIBCC.V4I7.6309>
- OECD (2023), *Towards Climate Resilience and Neutrality in Latin America and the Caribbean: Key Policy Priorities*, OECD Publishing, Paris, <https://doi.org/10.1787/278e52e8-en>.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) y Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia (MinAgricultura). 2020. Plan integral de gestión del cambio climático del sector agropecuario PIGCCS-Agropecuario. Bogotá.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2018). Guía de buenas prácticas para la gestión y uso sostenible de los suelos en áreas rurales. In Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. www.fao.org/3/i8864es/I8864ES.pdf
- Ovalle Másmela, J., Romero-Perdomo, F., Ramírez-Beltrán, A. M., Moreno-Valderrama M. N., Jiménez-Guzmán A. M., Castillo-Galindo N. T., Santana-Medina J. J., Molano-Bernal L. C., Zambrano Muñoz A. P., Garavito-Arcos H. C., Yepes-Vargas L. A., Zambrano Muñoz A. P., Perdomo-Villamil Y. L., Salazar Alonso F. A., Rincón Novoa R., García González D. M., & Uribe Galvis, C. (2023). Focos de ciencia, tecnología e innovación para el sector agropecuario colombiano. Observatorio de Ciencia, Tecnología e Innovación del sector agropecuario colombiano (OCTIAGRO). Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/39018>
- Peña, A.; Castaño, A.; Gómez, L.; Correa, D.; Bernal, J.; Riaño, N.; Góez, G. (2023). Ficha técnica agroclimática: herramienta de apoyo para la gestión del riesgo agroclimático en cultivos ecuatoriales. Mosquera, (Colombia): AGROSAVIA.

- Purcell, W., Neubauer, T., & Mallinger, K. (2023). Digital Twins in agriculture: challenges and opportunities for environmental sustainability. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 61, 101252.
- Quintero, C., Arce, A., & Andrieu, N. (2023). Evidence of agroecology's contribution to mitigation, adaptation, and resilience under climate variability and change in Latin America. *Agroecology and Sustainable Food Systems*, 48, 228–252. <https://doi.org/10.1080/21683565.2023.2273835>
- Ramírez-Villegas, J., Salazar, M. H., Jarvis, A., & Navarro-Racines, C. E. (2012). A way forward on adaptation to climate change in Colombian agriculture: perspectives towards 2050. *Climatic Change*, 115(3-4), 611-628. <https://doi.org/10.1007/S10584-012-0500-Y>
- Red Agrícola. (2 de mayo de 2024). Bioinsumos despegan de la mano de universidades y centros de investigación. <https://redagricola.com/bioinsumos-despegan-de-la-mano-de-universidades-y-centros-de-investigacion/>
- Rincón García, J. J. (2006). Movilización social y desarrollo rural en Colombia: del sistema agrícola a la nueva ruralidad (1990-2002). *Revista Colombiana de Sociología*, 27, 35-62.
- Rodríguez Becerra, M. (2009). Greening the Colombian State. *Revista De Estudios Sociales*, 32, 18–33. <http://www.scielo.org.co/pdf/res/n32/n32a02.pdf>
- Sanabria-Gómez, S. A., & Caro-Moreno, J. C. (2021). Economía política de la política agraria en Colombia: de la Ley 200 de 1936 al Acuerdo de Paz de 2016. *Entramado*, 17(1), 30-49. <https://doi.org/10.18041/1900-3803/ENTRAMADO.1.7089>
- Sandal, N. (2024). Global warming: a comprehensive analysis of causes, impacts, and solutions. *International Journal of Global Research Innovations & Technology (IJGRIT)*, 02(04), 70–78. <https://doi.org/10.62823/ijgrit/2.4.7010>
- Santacoloma Varón, L. E., Braga, J. A., & Aguirre Forero, S. E. (2024). Modelos agroecológicos como alternativas de sostenibilidad ambiental en región central del Valle del Cauca, Colombia. *Equidad y Desarrollo*, 44, e1658. <https://doi.org/10.19052/eq.vol1.iss44.5166>

- SIAT-AC. (2025). Núcleos de Desarrollo Forestal y de la Biodiversidad. <https://siatac.co/nucleos-de-desarrollo-forestal/>
- Stuecker, M. F. (2023). The climate variability trio: stochastic fluctuations, El Niño, and the seasonal cycle. *Geoscience Letters*, 10, 1–19. <https://doi.org/10.1186/s40562-023-00305-7>
- Tapasco Alzate, J., Bedoya, M. E., Valencia Garcia, J. B., Díaz, N., & Cespedes, J. (2021). *Sustainable Supply Chains in a changing climate: Analysis and recommendations*. <https://doi.org/10.7910/DVN/G9ADYV>,
- The MIT Technology Review. (2024, 2 noviembre). *How a breakthrough gene-editing tool will help the world cope with climate change*. MIT Technology Review
- Tyndall, J. (1861). On the absorption and radiation of heat by gases and vapours, and on the physical connexion of radiation, absorption, and conduction. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 151, 1–36. <https://doi.org/10.1098/rstl.1861.0001>
- Vivas García, J. A., & Acevedo Osorio, Á. (2023). Movilizaciones campesinas, política pública y transiciones hacia la agroecología en Colombia, 1990-2018. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, 26(1). <https://doi.org/10.56369/tsaes.4291>
- Zahedi, K. (2025, marzo 27). *El cambio climático y los conflictos son razones que provocan la inseguridad alimentaria, declara el director de la FAO*. COP30 Brasil. <https://cop30.br/es/noticias-de-la-cop30/el-cambio-climatico-y-los-conflictos-son-razones-que-provocan-la-inseguridad-alimentaria-declara-el-director-de-la-fao>
- Zuluaga-Mogollón, M. V., & Rodríguez-Robayo, K. J. (Eds). (2025). Guía para evaluar la sostenibilidad en enfoques agrícolas alternativos: Experiencias con Somos Agricultura Tropical (SAT) de Asohofrucol. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria-AGROSAVIA. <https://doi.org/10.21930/agrosavia.nbook.7407921>