



Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación Agropecuaria 2017 - 2027



Actualización 2025

Entidades responsables de coordinar la actualización del PECTIA¹

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MinAgricultura

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación – MinCiencias

Departamento Nacional de Planeación - DNP

Equipo base – Observatorio de Ciencia, Tecnología e Innovación del sector agropecuario colombiano (OCTIAGRO)²

Claudia Patricia Uribe Galvis

María Nancy Moreno Valderrama

Ana María Jiménez Guzmán

Edna Juliana Niño Vargas

Luz Andrea Yepes Vargas

Angélica María Ramírez Beltrán

Sara María Campos Infante

Juan Camilo Ovalle Másmela

Lilia Constanza Molano Bernal

Felipe Andrés Romero Perdomo

Dais Johanna Vergara Peña

Óscar Eduardo Aguilar Avendaño

Sebastián Alejandro Ortiz Flórez

Jairo Javier Santana Medina

Heydi Carolina Garavito Arcos

Álvaro Andrés Martínez Rodríguez

Yehismi Lorena Perdomo Villamil

Edison Hernán Suárez Ortiz

Diana Maritza García González

¹ Artículo 11 de la Ley 1876 de 2017

² OCTIAGRO es un equipo que hace parte de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)

Equipos de co-construcción de los capítulos***Equipo Capítulo de Contexto*****Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA**

- Jairo Javier Santana Medina
- Yeimy Paola Galindo Roza
- Carlos Alberto Contreras Pedraza

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación – MinCiencias

Fernando Germán González González

Departamento Nacional de Planeación - DNP

Diego Fernando Romero Valbuena

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura - IICA

- Yailín Gutiérrez
- Pilar Agudelo
- Valentina Cocomá

Equipo Capítulo de Gobernanza**Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA**

- Sara María Campos Infante
- Edna Juliana Niño Vargas
- Jairo Javier Santana Medina
- Angélica María Ramírez Beltrán

Equipo Capítulo de Planeación, seguimiento y evaluación**Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria- AGROSAVIA**

- Sara María Campos Infante
- Edna Juliana Niño Vargas
- Angélica María Ramírez Beltrán
- Sandra Paola González Cerón

Equipo Capítulo de Inversión y financiamiento**Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA**

- Sebastián Alejandro Ortiz Florez
- Edna Juliana Niño Vargas
- Angélica María Ramírez Beltrán
- Santiago Andrés Roa Ortiz

- Sandra Paola Gonzalez Cerón

Departamento Nacional de Planeación – DNP

Diego Fernando Romero Valbuena

Ministerio de Ciencia Tecnología e Innovación – MinCiencias

Johann Sebastián Niño Moreno

Equipo Capítulo de Formación de capacidades: recursos humanos e infraestructura**Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA**

- Dais Johanna Vergara Peña
- María Verónica Gómez Vélez
- Carlos Alberto Contreras Pedraza

Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA

- Holman Alirio Torres Beltrán
- Duván Cenen Ocampo Henao

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MinAgricultura

Johnny Gómez

Equipo Capítulo de Enfoque diferencial e interseccional**Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria**

- Lilia Constanza Molano Bernal
- Ivania Cerón Souza
- Luis Felipe Rincón Manrique
- Zahara Lucía Lasso Paredes
- Milena Esther Arias Robles

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural- Dirección de Mujer Rural

- Meylin Andrea Barragán Arango
- Karina Alexandra Gómez Garrido

Equipo Capítulo de Derecho Humano a la Alimentación**Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA**

- María Nancy Moreno Valderrama
- Fabián Enrique Martínez Camelo
- Cindy Marcela Guzmán Muñoz
- Carmen Alicia Parrado Moreno
- Olga Yanet Pérez Cardona

- Diana Mayerly Mateus Cagua

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MinAgricultura

Ángela Paola González

Equipo de Capítulo de Agrobiodiversidad

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA

- Ana María Jiménez Guzmán
- Carolina González Almario
- Ana María Loaiza Echeverri
- Edison Julián Ramírez Toro
- Jenny Alejandra Rondón Manrique

Universidad Nacional de Colombia

Mauricio Parra Quijano

Instituto Colombiano Agropecuario – ICA

Viviana Marcela Mendez Mancera

Equipo Capítulo de Apropiación social del conocimiento y extensión agropecuaria

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA

- Luz Andrea Yepes Vargas
- Ferney Andrés Díaz Bernal
- Álvaro Mauricio Cadena Pastrana
- Juan Francisco Romero Ávila
- Adriana Lucía Ballesteros Bahamón
- Maricel Piniero
- Lilia Constanza Molano Bernal
- Álvaro Andrés Martínez Rodríguez

Agencia de Desarrollo Rural – ADR

Adriana Marcela Galindo Soracá

Servicio Nacional de Aprendizaje – SENA

- Holman Alirio Torres Beltran
- Duvan Cenen Ocampo Henao

Equipo Capítulo de Sistemas Territoriales de Innovación

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA

- Luz Andrea Yepes Vargas

- Álvaro Mauricio Cadena Pastrana
- Óscar Alfredo Forero Larragaña
- Eliana Martínez Pachón
- María Fernanda Garrido Rubiano
- Andrés Felipe Ardila Fernández
- Sandra del Carmen Insuasty Córdoba
- Aquiles Antonio Arrieta Barcasnegras
- Luz Andrea Tautiva Merchán

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO

Ana María García Hoyos

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MinAgricultura

Hugo Ricardo Yunda

Equipo de Capítulo de Propiedad Intelectual**Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA**

- Ana María Jiménez Guzmán
- Diana Marcela Bonilla Rojas
- Laura Isabel Daza Andrade
- Diego Hernando Flórez Martínez

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MADR

Héctor David Franco

Instituto Colombiano Agropecuario - ICA

Alfonso Alberto Rosero

Jeimy Velásquez

Equipo Capítulo de Agenda de I+D+i**Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA**

- María Nancy Moreno Valderrama
- Laura Milena Egea Hernández

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MinAgricultura

Hugo Ricardo Yunda Romero

Equipo Capítulo de Agroecología**Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA**

- Juan Camilo Ovalle Másmela
- Édison Hernán Suárez Ortiz

- Eliana Martínez

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MinAgricultura

Alejandro Galeano

Movimiento Agroecológico Colombiano – MACO

Alejandro Henao

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO

Ana María García Hoyos

Equipo Capítulo de Agroindustria 4.0

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA

- Juan Camilo Ovalle Másmela
- Johanna Andrea Serna Jiménez

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural – MinAgricultura

Johnny Gómez

Equipo Capítulo de Agrologística

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA

- Angélica María Ramírez Beltrán
- María Nancy Moreno Valderrama
- Nicolle Tatiana Castillo Galindo

Departamento Nacional de Planeación – DNP

Diego Fernando Romero

Instituto Colombiano Agropecuario - ICA

Mónica Ramírez Forero

Equipo Capítulo Bioeconomía

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA

- Felipe Andrés Romero Perdomo
- Víctor Camilo Pulido Blanco
- Tatiana Alejandra Rodríguez Quiroz

Equipo de Capítulo de Sanidad e inocuidad

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria – AGROSAVIA

- Heydi Carolina Garavito Arcos
- Gabriel Andrés Tafur Gómez
- Mónica Betancourt Vásquez

- Carolina Ángel García
- Adriana Marcela Santos

Instituto Colombiano Agropecuario – ICA

- Andrea Amalia Ramos Portilla
- Nancy Naranjo Amaya

Universidad Católica de Manizales – UCM

Monica Julieth Henao López

Jardín botánico José Celestino Mutis de Bogotá – JBB

Juan David Córdoba Parada

Equipo Capítulo de 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

Contenido

1.	Introducción	11
2.	Ruta de actualización	12
3.	Diagnóstico de la CTI agropecuaria	13
3.1.	Temáticas clave para la CTIA	15
3.2.	Marco político y normativo	20
3.2.1.	<i>Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA)</i>	21
3.3.	Institucionalidad	24
3.4.	Estructura general del PECTIA	27
3.5.	Análisis DOFA	28
4.	Avances en la implementación del PECTIA	39
4.1.	Factores habilitantes	40
4.2.	Factores específicos	54
5.	Actualización del PECTIA 2025	72
5.1.	Alcance	73
5.2.	Principios y pilares	73
5.3.	Misión	74
5.4.	Visión	74
5.5.	Escenario apuesta	75
5.6.	Objetivos estratégicos	77
5.7.	Mapa estratégico	77
5.8.	Factores habilitantes	79
5.9.	Agenda de I+D+i	99
5.10.	Factores específicos	101
6.	Estrategias y líneas de acción de la actualización 2025	113
6.1.	Estrategias y líneas de acción de los factores habilitantes	114
6.2.	Estrategias y líneas de acción de la Agenda I+D+i	121
6.3.	Estrategias y líneas de acción de los factores específicos	122
6.4.	Acciones para la implementación del Pectia	124
7.	Anexos	125
7.1.	Anexo 1 – Metodología de para la gestión de la agenda dinámica nacional de investigación, desarrollo tecnológico e innovación del sector agropecuario – Agenda I+D+i.	125
7.2.	Anexo 2 – Contexto sectorial agropecuario	125

7.3.	Anexo 3 - Gobernanza y marco regulatorio	125
7.4.	Anexo 4 - Planeación, seguimiento y evaluación	125
7.5.	Anexo 5 - Inversión y financiamiento	125
7.6.	Anexo 6 - Formación de capacidades	126
7.7.	Anexo 7 - Enfoque diferencial e interseccional	126
7.8.	Anexo 8 - Derecho humano a la alimentación	126
7.9.	Anexo 9 - Agrobiodiversidad	126
7.10.	Anexo 10 - Apropiación social del conocimiento y extensión agropecuaria	126
7.11.	Anexo 11 - Sistemas territoriales de innovación	126
7.12.	Anexo 12 - Propiedad intelectual	126
7.13.	Anexo 13 - Agenda de I+D+i	126
7.14.	Anexo 14 - Agroecología	126
7.15.	Anexo 15 - Agroindustria 4.0.	126
7.16.	Anexo 16 - Agrologística	127
7.17.	Anexo 17 - Bioeconomía	127
7.18.	Anexo 18 - Sanidad e inocuidad	127
7.19.	Anexo 19 - Sostenibilidad, variabilidad y cambio climático	127
7.20.	Anexo 20 - Diagnóstico de la implementación del Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación Agropecuaria (PECTIA 2017 - 2027)	127
7.21.	Anexo 21 - Estrategias y líneas de acción del Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación Agropecuaria (PECTIA) - 2025	127
8.	Referencias	127

1. Introducción

El Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación Agropecuaria (PECTIA) es el marco orientador del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA), que define las prioridades, estrategias y acciones para fortalecer las capacidades científicas, tecnológicas e innovadoras del sector agropecuario colombiano. Este plan busca articular los esfuerzos de los actores públicos, privados, académicos, productivos y comunitarios, promoviendo la generación y uso del conocimiento para la transformación sostenible del campo colombiano.

La actualización 2025 del PECTIA da continuidad al trabajo iniciado en 2017 y actualizado parcialmente en 2021, integrando los aprendizajes, avances y desafíos derivados de su implementación en el periodo 2017–2024. Este proceso responde a la necesidad de adaptar la política sectorial de ciencia, tecnología e innovación a los nuevos contextos nacionales e internacionales, así como a las prioridades definidas en el Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026 “Colombia, potencia mundial de la vida”, en particular frente a los retos de sostenibilidad ambiental, adaptación al cambio climático y transformación de los sistemas agroalimentarios.

Esta versión se fundamenta en una visión renovada del desarrollo agropecuario sostenible, resiliente e inclusivo, que reconoce la diversidad biológica, cultural, territorial y productiva del país como base de la Ciencia, Tecnología e Innovación Agropecuaria (CTIA). En este marco, el PECTIA promueve la evolución de los sistemas productivos y de innovación hacia esquemas más sostenibles y resilientes, fortaleciendo la eficiencia en el uso de los recursos naturales, la diversificación productiva, la gestión integral del conocimiento y la articulación entre distintos tipos de saberes, en coherencia con las dinámicas y capacidades de los territorios.

El documento presenta los resultados del proceso de actualización, sustentado en ejercicios participativos, análisis prospectivos y diagnósticos territoriales, que permitieron identificar los factores habilitantes y específicos que orientan la acción del SNIA y la ampliación futura de la vigencia del PECTIA. Estos insumos consolidan al plan como un instrumento flexible, capaz de acompañar procesos de innovación, reconversión productiva y mejora continua de la sostenibilidad del sector agropecuario.

Con esta actualización, el PECTIA se consolida como la hoja de ruta nacional para el fortalecimiento de la CTIA, reafirmando su compromiso con el desarrollo del campo colombiano,

la transición agroecológica, la producción sostenible, el reconocimiento de la diversidad cultural y el Derecho Humano a la Alimentación.

2. Ruta de actualización

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MinAgricultura) es el responsable de la elaboración y actualización del PECTIA, en coordinación con el Departamento Nacional de Planeación (DNP), el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias) y la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA) (Congreso de la República de Colombia, 2017). En este sentido, mediante la Resolución 407 de 2018 expedida por MinAgricultura, se reglamentó la actualización del PECTIA, definiendo su estructura base, su ajuste cada cuatro años y señalando las vías para la identificación de necesidades, así como las instancias del orden regional y nacional involucradas en este proceso, con el fin de garantizar un flujo de comunicación en doble vía entre los actores locales y el Consejo Superior, principal organismo asesor de MinAgricultura para todos los aspectos relacionados con el SNIA (Figura 1).

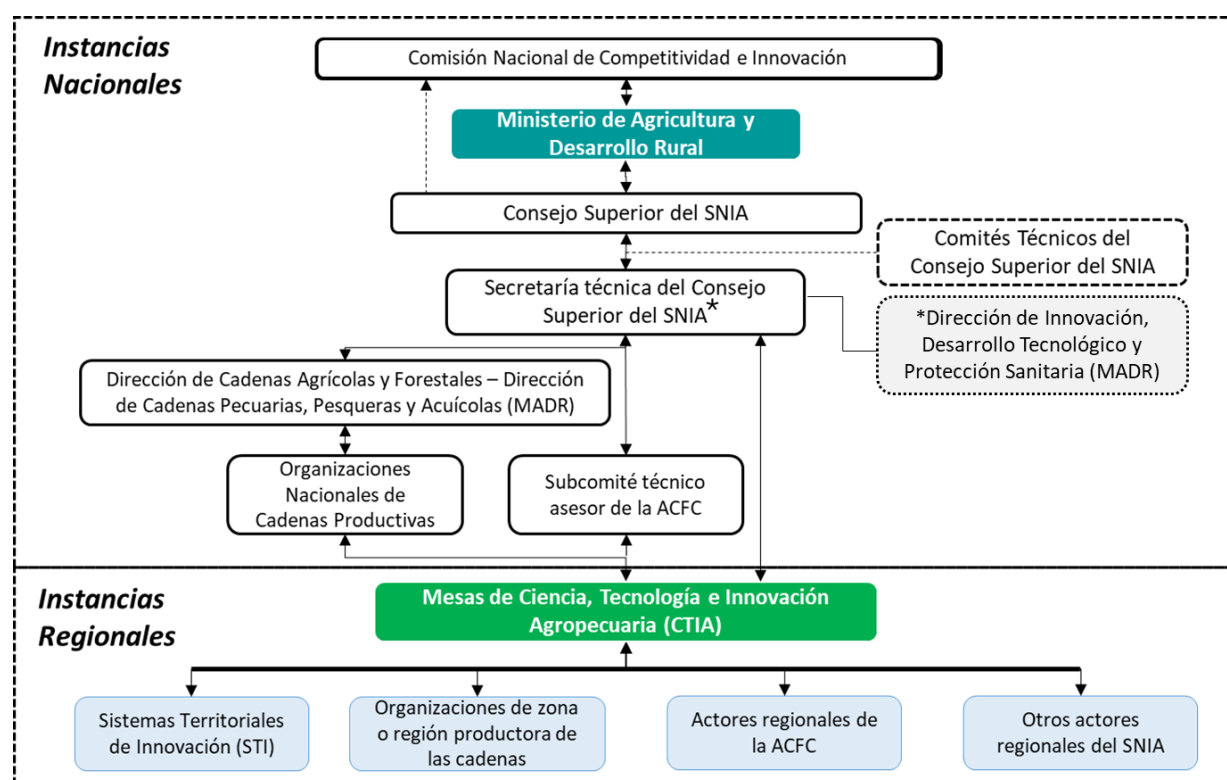


Figura 1. Instancias de actualización del PECTIA

Fuente: (MinAgricultura, 2018)

Como parte del proceso de fortalecimiento del PECTIA, durante 2023 y 2024 el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural presentó los avances del plan en sesiones del Consejo Superior del SNIA, espacio en el cual se socializó el documento y se recibieron observaciones técnicas por parte de los actores que integran los tres subsistemas. En estas sesiones, el Consejo Superior planteó recomendaciones orientadas a incorporar prioridades sectoriales emergentes, incluyendo temas relacionados con agroecología, bioeconomía, gestión sanitaria y fitosanitaria, semillas nativas, transición energética y seguridad alimentaria, entre otros.

En la sesión realizada en noviembre de 2024, el Consejo Superior acordó la necesidad de adelantar una nueva actualización del PECTIA, considerando los cambios normativos y de política pública recientes, así como las demandas estratégicas identificadas para el fortalecimiento de la ciencia, tecnología e innovación agropecuaria. En cumplimiento de este mandato, se definió la ruta de actualización a implementar en 2025 (Figura 2).

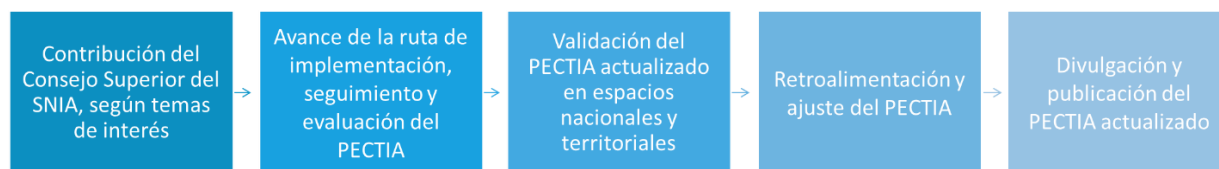


Figura 2. Ruta de actualización PECTIA 2025

Fuente: elaboración propia, disponible en <http://hdl.handle.net/20.500.12324/40572>

3. Diagnóstico de la CTI agropecuaria³

La agricultura ocupa aproximadamente el 38 % de la superficie terrestre del planeta (Figura 3), de la cual aproximadamente un tercio corresponde a tierras de cultivo y el resto a pastizales destinados a la ganadería. Históricamente, la expansión agrícola mediante la conversión de ecosistemas naturales ha sido una de las principales fuentes de emisiones directas de Gases de Efecto Invernadero (GEI) del sector. Aunque las estimaciones más recientes no incluyen de forma precisa el impacto de estos cambios en las emisiones, el análisis del uso de la tierra en términos de productividad, disponibilidad de recursos y proyecciones de rendimiento es fundamental para

³ Para profundizar en la información de contexto puede consultar el Anexo 2.

anticipar la evolución de los mercados agropecuarios en las próximas décadas (OCDE, 2024; FAO, 2025a).

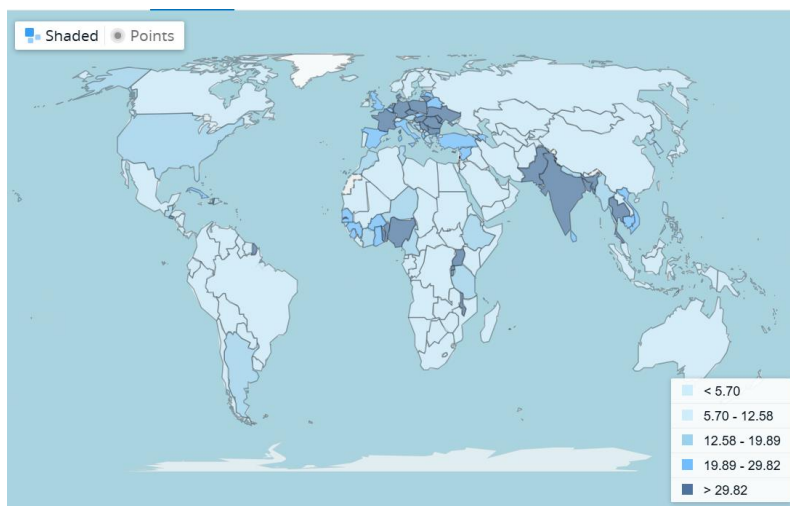


Figura 3. Tierras cultivables (% del área de tierra)

Fuente: Adoptado de Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, archivos electrónicos y sitio web, 2025.

(<https://datos.bancomundial.org/indicador/AG.LND.ARBL.ZS?end=2022&start=1961&type=shaded&view=map>)

Las proyecciones para los próximos diez años indican que la superficie total utilizada para la agricultura no experimentará un crecimiento neto significativo. Esto se debe a que cualquier aumento en la tierra cultivable se compensará con reducciones equivalentes en áreas de pastura. Se prevé que la expansión de tierras de cultivo aporte alrededor del 15 % del crecimiento proyectado en la producción, siendo el resto aplicable a mejoras tecnológicas, innovación productiva y optimización del manejo de los recursos.

En las últimas dos décadas, el valor de la producción agropecuaria mundial ha crecido un 89 % en términos reales, alcanzando los 3,8 billones de USD en 2022. Sin embargo, su peso relativo en la economía global se ha mantenido estable y el empleo agrícola se ha reducido del 40 % en 2000 al 26 % en 2022, reflejando procesos de mecanización, intensificación productiva y transición laboral hacia otros sectores (FAO, 2025b).

La seguridad alimentaria de acuerdo con el estudio prospectivo agropecuario de la OECD/FAO (2024), indica que la producción global de alimentos ha seguido en ascenso, el hambre continúa siendo un problema estructural. En 2024, se estimó que entre 713 y 757 millones de personas

sufrían subalimentación (promedio: 733 millones), lo que supone 152 millones más que en 2019. La mayoría de estas personas residen en Asia y África. Paralelamente, las tasas de obesidad aumentan, especialmente en países de ingresos altos, donde más del 25 % de la población adulta en los continentes de América, Europa y Oceanía, evidenciando un doble desafío; asegurar la disponibilidad de alimentos y garantizar su calidad nutricional.

Por otro lado, la producción de cultivos primarios alcanzó en 2024 los 9.600 millones de toneladas, un 56 % más que en el año 2000, con la caña de azúcar, el maíz, el trigo y el arroz concentrando cerca de la mitad del total. La producción de carne creció un 55 % en el mismo período, con un cambio relevante en la preferencia de consumo: el pollo superó al cerdo como la carne más producida, alcanzando junto con las demás especies los 361 millones de toneladas anuales (OCDE, 2024; FAO, 2025a)

Para Colombia, durante los últimos años se consolidó como uno de los principales motores de la recuperación económica. El conjunto de actividades agrarias, ganaderas, pesqueras, de caza y silvicultura creció un notable 8,1 % respecto a 2023, contribuyendo con cerca de 0,8 puntos porcentuales al PIB nacional, lo que equivale aproximadamente al 47 % del crecimiento económico total del país. Este desempeño estuvo impulsado en gran parte por el sector cafetero con un incremento del 22,5 % en la producción y por una ganadería que también mostró crecimiento positivo (alrededor del 5,6 %), (MinAgricultura, 2025).

Este panorama evidencia un entorno agropecuario global caracterizado por un alto dinamismo productivo y comercial, pero enfrentado a desafíos estructurales en sostenibilidad ambiental, equidad social y nutrición. De ahí la importancia de impulsar políticas y estrategias integrales que fomenten sistemas alimentarios resilientes, inclusivos y bajos en emisiones, en línea con los compromisos internacionales y de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible.

3.1. Temáticas clave para la CTIA

El escenario actual de la CTIA está determinado por un conjunto de tendencias de alcance mundial, regional y nacional que están transformando de manera estructural la forma en que el país concibe la innovación, gestiona sus sistemas agroalimentarios y orienta sus políticas públicas sectoriales. En el contexto nacional, dichas tendencias se articulan con los esfuerzos por fortalecer el SNIA, reducir brechas territoriales, productivas y tecnológicas, y promover modelos de desarrollo rural más inclusivos, resilientes y competitivos. En este marco, se reconoce de manera

creciente el papel estratégico de las comunidades étnicas, campesinas y rurales no solo como beneficiarias, sino como actoras centrales en la generación, adaptación y apropiación social del conocimiento, así como en la gestión sostenible de los territorios.

Estas dinámicas se articulan con los lineamientos estratégicos planteados por la Misión Internacional de Sabios, en particular aquellos asociados a mitigación y cambio climático, biotecnología, bioeconomía, sostenibilidad ambiental; industrias 4.0 aplicadas al sector productivo; energía sostenible; y las ciencias sociales orientadas al desarrollo humano con equidad. Dichos focos resaltan la necesidad de fortalecer la CTIA como eje de transformación productiva, social y ambiental, mediante enfoques territoriales, inter y transdisciplinarios, el cierre de brechas de capacidades científicas, tecnológicas y de innovación, y la articulación entre conocimiento científico, saberes locales y procesos de innovación social.

En este marco, la actualización del PECTIA responde a la necesidad de ajustar la estrategia sectorial a los nuevos contextos normativos, sociales, tecnológicos, productivos y ambientales del país. Este proceso busca orientar la acción pública y la inversión en CTIA hacia modelos productivos más sostenibles, resilientes y competitivos, con un énfasis en la eficiencia en el uso de los recursos naturales, la adaptación al cambio climático y la innovación en los territorios. Asimismo, el PECTIA actualizado se concibe como un instrumento de planificación articulador de actores, políticas e iniciativas, coherente con las prioridades nacionales de desarrollo rural integral, seguridad y soberanía alimentaria, contribuyendo de manera efectiva al bienestar de las comunidades rurales y al desarrollo sostenible del país.

3.1.1. Agroecología

La agroecología como ciencia, práctica y movimiento social, integra principios ecológicos con conocimientos ancestrales y saberes locales para gestionar sistemas agroalimentarios diversos, resilientes y sostenibles. En el PECTIA, constituye el eje que impulsa la transformación productiva, social y ecológica del sector agropecuario colombiano hacia modelos sustentables, territorialmente pertinentes, fortaleciendo a la agricultura campesina familiar y étnica comunitaria (ACFEC), conservando la agrobiodiversidad, reduciendo la dependencia de insumos externos, promoviendo cadenas de valor basadas en bioeconomía y economía circular, y articulando la innovación científica con los saberes locales, para enfrentar la crisis climática, garantizar la soberanía alimentaria y avanzar hacia un desarrollo rural justo y sostenible.

Desde esta perspectiva, el PECTIA reconoce la agroecología como un eje articulador para el accionar del SNIA, que promueve la co-innovación con comunidades rurales, el reconocimiento de los saberes ancestrales y locales, y el fortalecimiento de capacidades territoriales para la gestión sostenible de los sistemas agroalimentarios.

3.1.2. Sostenibilidad, variabilidad y cambio climático

Si bien se asume la sostenibilidad como el equilibrio dinámico entre las dimensiones económica, ambiental y social (Zuluaga-Mogollón y Rodríguez-Robayo, 2025), en este contexto se prioriza la dimensión ambiental para analizar la variabilidad y el cambio climático, como factores transversales que afectan directamente los ciclos productivos, la seguridad alimentaria y la vulnerabilidad socioeconómica del país. La variabilidad climática, marcada por fenómenos como El Niño y La Niña, altera la productividad agropecuaria y pesquera en múltiples regiones del país, mientras que el cambio climático implica transformaciones de largo plazo en temperaturas, lluvias, e incremento en la frecuencia de eventos extremos, con impactos severos sobre pequeños productores y sistemas campesinos. Asimismo, este escenario asume que, el sector agropecuario es clave dentro de los compromisos climáticos nacionales, dado que representa una proporción sustantiva de las emisiones y, a la vez, concentra territorios altamente susceptibles a la inestabilidad climática.

3.1.3. Enfoque diferencial e interseccional

La CTIA se orienta hacia la equidad territorial y social a partir de un enfoque diferencial que reconoce la diversidad étnica, de género, de ciclo vital, de condición de discapacidad y campesina. Este principio busca que las políticas, programas y proyectos respondan a las realidades y capacidades de los territorios rurales, fortaleciendo la participación y la inclusión. La incorporación de una mirada interseccional permite comprender y atender las múltiples formas de desigualdad que convergen en el campo colombiano, promoviendo una CTIA más justa y representativa.

Las tendencias en CTI agropecuaria van de la “inclusión” hacia modelos interseccionales, promoviendo la co-innovación con comunidades, fortalecimiento de su gobernanza y mediciones de impacto más allá del conteo de beneficiarios (FAO, 2024). Teniendo en cuenta lo anterior, este factor del PECTIA incorpora líneas de acción para integrar estos enfoques en los proyectos de

CTIA y propone indicadores diferenciales que den cuenta de la participación e impacto de las acciones en y con los grupos diferenciales.

3.1.4. Agrobiodiversidad

Existen muchos conceptos de agrobiodiversidad, para efectos de este plan, se considera que es la “parte de la biodiversidad que compone los agroecosistemas, representada por las especies agrícolas, pecuarias y de microorganismos y las distintas interacciones que se dan entre ellos, el medio abiótico y las comunidades humanas, siendo éstas últimas quienes tradicionalmente la utilizan según sus intereses y fines, entre ellos la alimentación. La agrobiodiversidad tiene una connotación más amplia que el término recurso genético para la alimentación y la agricultura, pues no sólo considera a las semillas o germoplasma como un recurso con un valor, sino que también es parte intrínseca de la cultura y tradición de un pueblo o comunidad, de su derecho a la identidad campesina o étnica y de la posibilidad que tiene cada ciudadano de elegir cómo alimentarse” (Forero et al, 2024).

3.1.5. Derecho Humano a la Alimentación

El Derecho Humano a la Alimentación se fundamenta en instrumentos internacionales como la Declaración Universal de los Derechos Humanos y el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales y se concibe como un enfoque integral que articula la seguridad, la soberanía y la autonomía alimentaria. FIAN Colombia señala que el Derecho Humano a la Alimentación y Nutrición Adecuada (DHANA) solo se alcanza cuando se garantizan plenamente sus escalas de realización social: la seguridad, la soberanía y la autonomía alimentaria (FIAN, 2025).

En Colombia, este derecho ha sido fortalecido por la jurisprudencia constitucional y, de manera explícita, por el Acto Legislativo 01 de 2025 que establece que “El Estado garantizará el Derecho Humano a la Alimentación adecuada, de manera progresiva, con un enfoque intercultural y territorial, y a estar protegido contra el hambre y las distintas formas de malnutrición. Así mismo, promoverá condiciones de seguridad, soberanía y autonomías alimentarias en el territorio nacional y generará acciones para minimizar la pérdida de alimentos” (Congreso de Colombia, 2025a).

3.1.6. *Agroindustria 4.0 e inteligencia artificial*

La cuarta revolución industrial redefine los sistemas agro-productivos mediante la integración de tecnologías digitales, inteligencia artificial, robótica, sensores remotos, analítica de datos e internet de las cosas, que mejoran la eficiencia y sostenibilidad de la producción. Estas herramientas permiten decisiones basadas en datos, optimizan el uso de recursos y fortalecen la trazabilidad y la inocuidad, transformando la agricultura tradicional en un sistema inteligente y resiliente.

3.1.7. *Agrologística*

La agrologística se define como el sistema de gestión que planifica, implementa y controla el flujo eficiente y sostenible de productos, servicios e información, a lo largo de la cadena de suministro agropecuario, desde la producción hasta el consumo final, con el propósito de garantizar la disponibilidad del producto adecuado, en el lugar, momento, cantidad y calidad requeridos, al menor costo posible (Van der Vorst y Snels, 2014; SAGARPA, 2014, citados por UPRA 2023a). Busca atender las condiciones cambiantes de los mercados internos, mejorar los ingresos de los productores y las condiciones de los pobladores rurales y, contribuir a la política de cero desperdicios (UPRA, 2023b). Emerge como un componente crítico y transversal para mejorar la competitividad del sector, al articular los procesos desde la producción, reducir las brechas logísticas identificadas en la Agenda I+D+i, articular la oferta con la demanda de mercados dinámicos y contribuir a la sostenibilidad y la reducción de pérdidas, en línea con los marcos de política nacional existentes. Su visión territorial permite adaptar soluciones a las condiciones locales, integrando infraestructura, servicios, capital humano y tecnologías de información.

3.1.8. *Bioeconomía*

La bioeconomía se entiende como *“la producción, utilización y conservación de recursos biológicos, incluyendo los conocimientos, la ciencia, la tecnología y la innovación relacionados, para proporcionar información, productos, procesos y servicios en todos los sectores económicos, con el propósito de avanzar hacia una economía sostenible”* (Gobierno de Colombia, 2019). Por consiguiente, la bioeconomía se posiciona como motor de transformación productiva, articulando conocimiento científico y recursos naturales.

3.1.9. Sanidad e inocuidad

Las normas y medidas sanitarias (para protección de la salud humana y animal), fitosanitarias (sanidad de plantas) y de inocuidad (cumplimiento de requisitos específicos) son parte fundamental del enfoque de “Una sola salud (One Health)”. En el ámbito nacional en Colombia existe un “Sistema de Sanidad, Fitosanidad y de Inocuidad”, que cuenta con el respaldo del gobierno nacional y en el cual participan distintos organismos, que de manera articulada formulan políticas y lineamientos, también son responsables de la implementación y, además contribuyen al fortalecimiento de los procesos inspección, vigilancia y control sanitario del país. Esto favorece al fortalecimiento de las acciones orientadas a la protección de la salud y el bienestar de las personas, los animales y las plantas (One Health), reduciendo de manera significativa los riesgos asociados a enfermedades, resistencia microbiana y plagas de alto impacto sanitario y económico.

3.1.10. Propiedad intelectual

La Propiedad Intelectual (PI) constituye una disciplina jurídica orientada a la protección de bienes inmateriales de carácter intelectual y de contenido creativo, así como de sus actividades derivadas de su explotación y aprovechamiento. Abarca el conjunto de normas jurídicas destinadas a salvaguardar creaciones, con valor económico, social o cultural. En el sector agropecuario, el mejoramiento vegetal ha sido a lo largo de la historia una herramienta que ha permitido mejorar las condiciones de vida del hombre a través de la obtención de nuevas variedades vegetales, por su parte la principal función de la PI en esta rama ha sido incentivar la innovación y garantizar que quienes generan conocimiento obtengan reconocimiento y beneficios por sus aportes (SIC, 2017).

3.2. Marco político y normativo

Es importante resaltar que existen numerosos marcos normativos, de política pública y de planificación que guardan una estrecha relación con el PECTIA y orientan su formulación, actualización e implementación. En los Anexos del presente documento se presenta el detalle de las normas y lineamientos vinculados a cada uno de los factores habilitantes y específicos, evidenciando su articulación con el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA) y con otros instrumentos sectoriales y nacionales. A continuación, se describen los principales marcos orientadores del SNIA y del PECTIA, los cuales cumplen un rol de política “sombrilla” para lo planteado en esta actualización y permiten asegurar la coherencia normativa, la

complementariedad institucional y la alineación con los objetivos de desarrollo del sector agropecuario.

3.2.1. Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA)

En Colombia, el desarrollo de la CTI se enmarca en el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI), establecido por la Ley 1286 de 2009, que lo define como el conjunto de políticas, normas, estrategias, programas, instituciones y actores que interactúan para impulsar la I+D+i en el país. Con la expedición de la Ley 2162 de 2021, se fortaleció el SNCTI a través de la creación de MinCiencias como entidad rectora, y se reafirmó la necesidad de articular a los sectores público, privado, académico y social bajo el modelo de cuádruple hélice. En el marco del SNCTI, la Ley 1876 de 2017 crea el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA) como un subsistema sectorial especializado, con el objetivo de articular y coordinar la generación, adopción y uso del conocimiento, tecnologías e innovaciones en el sector agropecuario, en todos los niveles del territorio nacional. Este sistema está conformado por tres subsistemas interdependientes:

- El Subsistema Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario: definido como el conjunto de políticas, instrumentos y actores, así como las relaciones que estos promueven, con el objetivo de orientar, planificar, implementar y evaluar las acciones de investigación, desarrollo tecnológico, transferencia de tecnología, e innovación que se ejecutan en el ámbito agropecuario.
- El Subsistema Nacional de Extensión Agropecuaria: definido como el conjunto de políticas, instrumentos y actores, así como las relaciones que estos promueven, para orientar, planificar, implementar, hacer seguimiento y evaluar la prestación del servicio de extensión agropecuaria que tiene lugar en el ámbito rural nacional.
- El Subsistema Nacional de Formación y Capacitación para la Innovación Agropecuaria: definido como el conjunto de políticas, instrumentos y actores, así como las relaciones que estos promueven, para coordinar la planificación, implementación, financiación y evaluación de las acciones de formación y capacitación que impacten directamente el proceso de I+D+i en el sector agropecuario.

La Ley 1876 establece que el SNIA debe operar con base en principios de participación, complementariedad y enfoque territorial, promoviendo la articulación funcional entre los actores

del sector agropecuario, así como su alineación con los sistemas nacionales de competitividad e innovación y de CTI. Este marco busca promover la transferencia y adopción de tecnologías y prácticas innovadoras que mejoren los sistemas de producción y comercialización, con un enfoque territorial y diferencial, e impulsar la articulación entre actores públicos, privados, académicos y comunitarios, optimizando recursos y capacidades para el desarrollo sectorial.

Asimismo, el SNIA se orienta al desarrollo y cualificación del talento humano, fortaleciendo competencias técnicas, científicas y de gestión necesarias para la innovación agropecuaria, y fomenta la apropiación social del conocimiento, incentivando la participación de productores, comunidades y organizaciones rurales en los procesos de innovación. De igual manera, contribuye a la seguridad alimentaria, al desarrollo rural integral y a la mitigación y adaptación al cambio climático, integrando la sostenibilidad como eje transversal de sus acciones.

3.2.2. Resolución 407 de 2018

Posterior a la creación del SNIA, se expide la Resolución 407 de 2018 en la cual se reglamentan las materias técnicas del SNIA y en el Capítulo III establece los elementos para la actualización del PECTIA indicando el ámbito de aplicación, su estructura, la forma en la que serán vinculadas las necesidades a nivel regional a través de la Mesas de Ciencia, Tecnología e Innovación Agropecuaria (Mesas de CTIA) y las instancias nacionales de actualización que serán detalladas posteriormente. El PECTIA y sus actualizaciones deben ser publicados en la plataforma Siembra, aplicativo electrónico del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural destinado a la recopilación, gestión, divulgación y seguimiento de la información de los proyectos, resultados, avances y oferta tecnológica sectorial originada en el SNIA (administrado por AGROSAVIA).

3.2.3. Plan Nacional de Desarrollo 2022 – 2026 “Colombia potencia mundial de la vida”

Durante el 2022 se establecieron las bases del Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2022 – 2026 (Figura 4) el cual contiene acciones enfocadas a aprovechar la diversidad del país y posicionarlo como potencia mundial de la vida y desembocar en una paz total. “Este Plan combina las voces manifiestas en los diálogos regionales con los compromisos previos del Estado y con los acuerdos y determinaciones internacionales. Está compuesto por cinco transformaciones: (a) ordenamiento del territorio alrededor del agua, (b) seguridad humana y justicia social, (c) Derecho Humano a la Alimentación, (d) internacionalización, economía productiva para la vida y acción climática, y (e) convergencia regional” (DNP, 2023).



Figura 4. Metas de los cinco pilares del PND 2022-2026

Fuente: Adoptado de <https://www.dnp.gov.co/plan-nacional-desarrollo/pnd-2022-2026>

3.2.4. Reforma Rural Integral

La implementación de la Reforma Rural Integral (RRI) del Acuerdo de Paz firmado en el 2016, requirió un andamiaje normativo y de política pública que permitiera llevar a la práctica las estrategias acordadas. El proceso de reglamentación posterior buscó dotar al Estado de instrumentos legales e institucionales para transformar la estructura agraria tradicional, avanzar en la redistribución de tierras y propiciar un modelo productivo más eficiente, inclusivo y sostenible, vinculado a los objetivos de desarrollo nacional y a la construcción de paz en el territorio. Si bien la firma del Acuerdo marcó un hito político, las necesidades de ajuste institucional ya habían sido señaladas por ejercicios previos como la Misión para la Transformación del Campo.

En ese contexto, en 2015 se creó la Agencia Nacional de Tierras (ANT) mediante el Decreto 2363, con el mandato de convertirse en la autoridad máxima en materia de tierras. Entre sus funciones se encuentran garantizar el acceso a la tierra como factor productivo, otorgar seguridad jurídica sobre la propiedad rural, administrar los predios de la Nación y asegurar el cumplimiento de la función social de la propiedad (Gobierno de Colombia, 2015).

De manera paralela, se fue consolidando la política de ordenamiento social de la propiedad, respaldada en la Ley 1753 de 2015, que en su artículo 104 ordenó la implementación de un catastro multipropósito. Este debía superar el enfoque fiscal tradicional y reconocer las dimensiones económicas, sociales y ambientales de la tierra, convirtiéndose en un prerrequisito para el ordenamiento territorial. El diseño de esta política se desarrolló a través de diferentes documentos CONPES: el 3859 de 2016, orientado a la estructuración inicial; el 3951 de 2018, que gestionó recursos de crédito externo; el 3958 de 2019, que reemplazó al anterior y definió un plan

de actualización catastral a siete años; y el 4044 de 2021, que declaró de importancia estratégica los proyectos de modernización tecnológica del catastro a cargo del Instituto Geográfico Agustín Codazzi (IGAC) y el Departamento Nacional de Planeación (DNP), asegurando sostenibilidad financiera y operativa del modelo (FAO, 2025b).

En complemento, el Decreto 902 de 2017 introdujo medidas específicas para la implementación de la RRI, destacando la creación del Fondo de Tierras, concebido para garantizar el acceso a la tierra a campesinos. Asimismo, el Decreto 893 de 2017 estableció los Planes de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET), como instrumentos fundamentales de planeación participativa y reconciliación. Estos planes, diseñados para las zonas más afectadas por el conflicto, la pobreza y la débil institucionalidad, buscan generar condiciones de bienestar para la población rural y sentar las bases de una paz estable y duradera (Decreto 893, 2017).

El Plan Decenal de la Reforma Agraria (2026–2036), como principal instrumento de planeación de la Reforma Rural Integral, se posiciona como el marco estratégico que define prioridades y orienta la intervención territorial, identificando aquellos espacios donde la Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) tienen mayor potencial para generar transformaciones estructurales y sostenibles. Este Plan adopta un enfoque territorial que prioriza las regiones más afectadas por el conflicto armado y la pobreza rural, en especial los 170 municipios PDET. En estos territorios, reconocidos como estratégicos en el marco del Acuerdo de Paz, se requiere la implementación de acciones integrales de desarrollo rural, fortalecimiento institucional y participación comunitaria, respaldadas por conocimiento científico, procesos de innovación y soluciones tecnológicas pertinentes y adaptadas a sus contextos.

En conjunto, este diseño normativo e institucional da origen a la RRI, que pretende garantizar derechos sobre la tierra y promover su uso productivo, sino también articular transformaciones sociales, económicas y políticas de largo aliento, en sintonía con los compromisos de paz y desarrollo territorial.

3.3. Institucionalidad

Como se mencionó previamente, el artículo 11 de la Ley 1876 de 2017 asigna al MinAgricultura, DNP, MinCiencias y AGROSAVIA un rol fundamental en la elaboración y actualización del PECTIA. En consecuencia, estas entidades componen el esquema básico de la institucionalidad relacionada con el PECTIA, cuyo rol se describe a continuación. Cabe mencionar que las demás instancias y

entidades relacionadas con la gobernanza del SNIA y los factores habilitantes y específicos del plan, serán abordadas en el capítulo correspondiente a lo largo del documento (Congreso de Colombia, 2017; MinAgricultura, 2018)

- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MinAgricultura)

Como cabeza del sector agropecuario colombiano, es la entidad encargada de la formulación de políticas para el desarrollo del este, así como de orientar y dirigir la formulación de los planes, programas y proyectos. Como se mencionó previamente, es el responsable de la actualización del PECTIA y como parte de esta labor realizó la actualización de la Agenda Dinámica Nacional de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación Agropecuaria (Agenda I+D+i) en las Mesas de CTIA que posteriormente derivó en el ejercicio de actualización de los factores habilitantes y específicos del PECTIA. El área encargada de estos procesos es la Dirección de Innovación, Desarrollo Tecnológico y Protección Sanitaria quien a su vez también participó en la definición inicial de los factores estratégicos incorporados en el plan.

Adicionalmente, es una de las entidades coordinadoras, asignada mediante la Ley 1876 de 2017, del Subsistema Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario, y la coordinadora del Subsistema Nacional de Extensión Agropecuaria del SNIA.

- Departamento Nacional de Planeación (DNP)

Es la entidad encargada de “coordinar y apoyar la planeación de corto, mediano y largo plazo de los sectores, que orienten la definición de políticas públicas y la priorización de los recursos de inversión...” así como de “coordinar y acompañar la formulación, preparación y seguimiento de políticas, planes, programas y proyectos con énfasis en convergencia regional, ordenamiento territorial y articulación entre niveles de gobierno y fuentes de recursos en los territorios”.

A través de la Dirección de Desarrollo Rural Sostenible (DDRS), la Dirección de Innovación y Desarrollo Empresarial, y la Subdirección de Ciencia, Tecnología e Innovación promueve y evalúa las políticas encaminadas al desarrollo rural y agropecuario. Estas cumplen un rol técnico y articulador en el proceso de actualización del PECTIA, en la medida en que este constituye un instrumento sectorial del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) orientado a la investigación, desarrollo e innovación en el sector agropecuario.

- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias)

Mediante la ley 2162 de 2021 se crea MinCiencias y se ordena la fusión de Colciencias a dicho ministerio; tiene como función principal “formular la política pública de ciencia, tecnología e innovación del país, identificando los intereses de la nación” y “velar por la consolidación y fortalecimiento del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI)”.

A través de la Dirección de Ciencias y su Programa Nacional en Ciencias Agropecuarias, hace parte esencial en la actualización del PECTIA mediante la definición inicial de los factores habilitantes y específicos que debían ser incorporados.

Adicionalmente, es una de las entidades coordinadoras, asignada mediante la Ley 1876 de 2017, del Subsistema Nacional de Investigación y Desarrollo Tecnológico Agropecuario del SNIA.

- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA)

Llamada Corpoica hasta el 2018, la corporación es la encargada de trabajar en la generación del conocimiento científico y el desarrollo tecnológico agropecuario a través de la investigación científica, la adaptación de tecnologías, la transferencia y la asesoría con el fin de mejorar la competitividad de la producción, la equidad en la distribución de los beneficios de la tecnología, la sostenibilidad en el uso de los recursos naturales, el fortalecimiento de la capacidad científica y tecnológica de Colombia y, contribuir a elevar la calidad de vida de la población.

Juega un rol muy importante en el SNIA y en la actualización del PECTIA mediante el acompañamiento continuo al MinAgricultura en la elaboración de la metodología de actualización del PECTIA y la Agenda I+D+i que lo integra, su implementación en el marco de las Mesas de CTIA y el levantamiento de información diagnóstica de los distintos capítulos de la presente actualización, labor realizada a través del Observatorio de Ciencia, Tecnología e Innovación del sector agropecuario colombiano (OCTIAGRO). Adicionalmente la Ley 1876 le otorga el rol de coordinación del soporte al Subsistema Nacional de Extensión Agropecuaria (Art. 23).

- Ministerio de Educación Nacional (MinEducación)

En el ámbito del sector agropecuario, es la entidad coordinadora, asignada mediante la Ley 1876 de 2017, del Subsistema Nacional de Formación y Capacitación para la Innovación Agropecuaria, en el cual se articulan las “políticas, instrumentos y actores, así como las relaciones que estos

promueven, para coordinar la planificación, implementación, financiación y evaluación de las acciones de formación y capacitación que impacten directamente el proceso de I+D+i en el sector agropecuario”. En cabeza de este subsistema vela por la “la calidad y pertinencia de los programas de formación y capacitación dirigidos a generar competencias para la investigación, el desarrollo tecnológico, la extensión agropecuaria y la innovación, a través de la expedición de lineamientos y políticas orientadas a dichos objetivos, entre otras acciones”.

3.4. Estructura general del PECTIA

El PECTIA, 2017-2027, es el resultado de un proceso de construcción social coordinado por MinAgricultura, MinCiencias y AGROSAVIA, llevado a cabo entre 2015 y 2016, con la participación de 5.731 actores de 992 organizaciones del país, entre los que estuvieron productores, investigadores, académicos y representantes gubernamentales y de la sociedad civil.

Esta primera actualización del plan mantiene la estructura del PECTIA 2016 con algunos ajustes relacionados con:

- Factores habilitantes de la ciencia, la tecnología y la innovación considerados en la Resolución 407 de 2018. Estos factores constituyen los elementos fundamentales que inciden en el logro de los objetivos estratégicos y permiten una implementación eficaz de las estrategias y líneas de acción consideradas en su formulación., los cuales se fortalecen mediante la incorporación de temáticas transversales estratégicas, tales como el enfoque diferencial e interseccional, el Derecho Humano a la Alimentación, la agrobiodiversidad, la apropiación social del conocimiento y la extensión agropecuaria, los sistemas territoriales de innovación y la propiedad intelectual.
- Agenda I+D+i: a partir de las necesidades de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, se identifican tendencias estratégicas que se consolidan como los factores específicos indicados por la Resolución 407 de 2018 donde se da respuesta a las necesidades de los tres subsistemas que conforman el SNIA.
- Factores específicos: representan los ámbitos temáticos y productivos en los que se concentran los esfuerzos estratégicos del PECTIA para impulsar la transformación del sector. Estos factores contemplan temas como agroecología, agroindustria 4.0, agrologística, bioeconomía, sanidad e Inocuidad, así como sostenibilidad, variabilidad y cambio climático.

3.5. Análisis DOFA

Como parte de la ruta metodológica definida para la evaluación de medio término del PECTIA, se realizó un ejercicio de análisis DOFA orientado a identificar las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas asociadas a los factores habilitantes y específicos que estructuran el plan, así como a la Agenda I+D+i que lo complementa. Este análisis se desarrolló a partir de la revisión de información secundaria y la recopilación de insumos primarios mediante espacios de diálogo, consulta y validación con actores del SNIA. A continuación, se presentan los principales resultados del DOFA para los factores habilitantes, los factores específicos y la Agenda I+D+i.

3.5.1. *Análisis de las debilidades del SNIA en el marco del PECTIA*

El Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA) constituye el principal instrumento para articular los esfuerzos en ciencia, tecnología e innovación (CTI) del sector agropecuario. Sin embargo, su implementación en el marco del PECTIA evidencia debilidades estructurales y funcionales que limitan su consolidación como un sistema articulado, sostenible e inclusivo.

La gobernanza del sistema se encuentra fragmentada debido a la débil coordinación entre las entidades nacionales, regionales y los subsistemas que lo integran, lo que genera duplicidad de esfuerzos y pérdida de sinergias. La falta de claridad en las funciones y mecanismos de coordinación con el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) y el Sistema Nacional de Competitividad e Innovación (SNCI) ha impedido consolidar una política coherente de innovación agropecuaria. A ello se suma la alta rotación de personal, la baja apropiación de los instrumentos de planificación y la escasa difusión de las instancias de gobernanza, factores que dificultan la continuidad institucional y la implementación del PECTIA.

En materia de financiamiento, aunque el sector agropecuario cuenta con diversos instrumentos como fondos parafiscales, Fondo CTel del Sistema General de Regalías (SGR), líneas de crédito verdes y capital de riesgo, persisten debilidades en su estructura y operatividad que limitan el acceso efectivo y equitativo de estos recursos a actividades destinadas a CTI. La Ley 1876 de 2017 no define claramente los instrumentos ni las fuentes de financiamiento, lo que genera vacíos operativos y alta dependencia de los subsidios públicos. La ausencia de metodologías unificadas para medir el retorno social de la inversión (SROI) y la falta de integración entre fondos, bancos y entidades gubernamentales reducen la eficiencia del gasto público. Estas limitaciones afectan

especialmente a las regiones rurales, donde barreras administrativas y técnicas restringen el acceso equitativo a los recursos de CTI y limitan la participación plena de los actores locales en la investigación, el desarrollo tecnológico y la extensión agropecuaria, profundizando las desigualdades territoriales.

El desarrollo de capacidades humanas e infraestructura científica constituye otra debilidad crítica del SNIA. La limitada articulación interinstitucional y la falta de incentivos para la formación técnica y tecnológica han generado una brecha significativa entre la oferta educativa y las demandas del sector agropecuario. La escasa profesionalización del talento rural, la baja formación docente y la débil conexión entre la academia, los centros de investigación y los productores restringen la generación y transferencia de conocimiento pertinente. La concentración de capacidades de I+D+i en pocas regiones perpetúa la desigualdad territorial y excluye a comunidades étnicas, mujeres y jóvenes rurales de los procesos de innovación, reduciendo el potencial transformador del sistema.

En términos de planeación, seguimiento y evaluación, el SNIA no cuenta con un sistema integral que permita medir los avances y resultados de las políticas implementadas. El sistema de monitoreo previsto en el PECTIA no fue puesto en marcha, lo que impide la trazabilidad de los proyectos y la evaluación de impacto. La ausencia de indicadores pertinentes y de una línea base nacional, sumada a la falta de coordinación entre las entidades territoriales y nacionales, afecta la rendición de cuentas y la toma de decisiones informadas. Esta debilidad se traduce en una gestión fragmentada, con una orientación más reactiva que estratégica, que limita la sostenibilidad de las acciones de I+D+i a largo plazo.

La gestión de la propiedad intelectual evidencia una brecha entre los marcos normativos y las realidades locales. Los procedimientos complejos y los altos costos de registro desincentivan la protección de innovaciones rurales, mientras que la falta de alfabetización en propiedad intelectual y el desconocimiento de los instrumentos de protección impiden un acceso equitativo. Asimismo, la baja capacidad institucional para regular y proteger los conocimientos tradicionales aumenta el riesgo de apropiación indebida de los recursos bioculturales, hoy en día no es clara la competencia de las instituciones frente a este tema. Estas condiciones reflejan la urgencia de fortalecer la cultura de propiedad intelectual y de establecer mecanismos que reconozcan la diversidad cultural y territorial del país.

En cuanto a la agrobiodiversidad, el SNIA enfrenta deficiencias en la conservación y aprovechamiento sostenible de los recursos genéticos. La falta de articulación entre actores públicos, privados y comunitarios impide la gestión integral de la biodiversidad, mientras que la escasa financiación de los programas de conservación in situ y ex situ limita la capacidad de respuesta ante amenazas ambientales. La invisibilización de los saberes tradicionales y el débil reconocimiento del papel de las comunidades guardianas de la biodiversidad reducen la efectividad de las estrategias de sostenibilidad. Además, la ausencia de incentivos económicos y de marcos normativos específicos obstaculiza la valorización de la agrobiodiversidad como eje de la innovación rural.

El cumplimiento del Derecho Humano a la Alimentación presenta debilidades vinculadas a la falta de coordinación institucional y a la insuficiencia de información actualizada. La falta de implementación del Observatorio del Derecho a la Alimentación y Nutrición (ODAN) ha limitado la capacidad de monitorear la seguridad alimentaria y evaluar la eficacia de los programas públicos. La falta de infraestructura, vías terciarias y mecanismos de comercialización restringe el acceso a alimentos y afecta la soberanía alimentaria. Asimismo, la ausencia de participación ciudadana en la formulación de políticas públicas y la débil asociatividad de los pequeños productores obstaculizan la garantía de un enfoque integral de seguridad y nutrición alimentaria sostenible.

La extensión agropecuaria y los sistemas territoriales de innovación enfrentan debilidades en su institucionalización y articulación. La falta de reglamentación del Fondo Nacional de Extensión Agropecuaria, la baja profesionalización de los extensionistas y la ausencia de incentivos para la innovación limitan la cobertura y calidad del servicio. Los procesos de extensión continúan siendo unidireccionales, con escasa participación de los productores y limitada incorporación de saberes locales. Además, la débil conexión entre la investigación, la extensión y la educación limita la consolidación de nodos territoriales de innovación.

Por otra parte, el SNIA presenta debilidades que afectan la gestión y articulación de su Agenda I+D+i, debido a la limitada coordinación entre entidades y la baja consolidación de las Mesas de CTIA. Esta fragmentación institucional se traduce en una implementación desarticulada de políticas y programas, con duplicidad de esfuerzos, dispersión de recursos y pérdida de sinergias entre actores nacionales y territoriales. Además, la escasa formalización de las cadenas productivas regionales y la débil estructuración de proyectos colaborativos dificultan la gestión

de recursos y el seguimiento a compromisos, limitando la efectividad de la agenda. Estas condiciones obstaculizan la construcción de una estrategia de investigación verdaderamente focalizada, articulada y con impacto sostenible.

Asimismo, la gestión de la información constituye una de las principales debilidades del sistema. La falta de interoperabilidad y la baja operatividad de plataformas como *Siembra* restringen la circulación de datos estratégicos para la toma de decisiones, impidiendo una planificación basada en evidencia. Esta limitación se agrava por la escasa infraestructura científica, la falta de talento humano especializado y la limitada inversión en equipamiento tecnológico, factores que reducen la capacidad de respuesta a las demandas del sector agropecuario. Además, la priorización poco focalizada de necesidades de investigación, junto con la definición amplia de las cadenas productivas, conduce a una dispersión de recursos que limita la consolidación de resultados tangibles y la pertinencia de las investigaciones en el territorio.

Por otra parte, se observan deficiencias transversales en la gestión del conocimiento, la adopción tecnológica y la capacidad institucional. En sanidad e inocuidad, persisten vacíos en buenas prácticas agrícolas, trazabilidad y bioseguridad; mientras que, en sostenibilidad ambiental y cambio climático, la débil capacidad de adaptación institucional y la baja adopción de tecnologías climáticamente inteligentes perpetúan la vulnerabilidad productiva. En bioeconomía y agroecología, las brechas en articulación intersectorial, formación técnica y transferencia tecnológica limitan el desarrollo de nuevos productos sostenibles y la conservación de los ecosistemas. Por su parte, la agroindustria 4.0 y la agrologística enfrentan desafíos como la baja conectividad rural y la carencia de infraestructura, a lo que se suman escasos procesos de formación y capacitación para la adopción de tecnologías digitales al servicio de los productores; esta situación restringe la competitividad y la integración territorial del sistema agropecuario.

La debilidad en las capacidades humanas e institucionales y la falta de continuidad en la planeación estratégica limitan la sostenibilidad del SNIA. La rotación de personal técnico, la ausencia de mecanismos de evaluación, el predominio de decisiones políticas sobre criterios técnicos y la desarticulación intersectorial reducen la gobernanza del sistema. A ello se suma la insuficiencia de formación técnica en extensión agropecuaria y en investigación aplicada, lo que impide una transferencia efectiva de conocimiento hacia los productores rurales. Estas debilidades, combinadas con la falta de incentivos, infraestructura y transparencia en la gestión, evidencian la necesidad urgente de fortalecer la articulación institucional, consolidar el capital

humano y garantizar una planificación basada en evidencia que asegure la sostenibilidad, equidad y competitividad del sistema de innovación agropecuaria colombiano.

3.5.2. Análisis de las oportunidades del SNIA en el marco del PECTIA

El SNIA presenta un conjunto de oportunidades estratégicas que, de aprovecharse integralmente, pueden consolidarlo como un pilar del desarrollo rural sostenible, competitivo e inclusivo del país. En los factores habilitantes, la Ley 1876 de 2017 constituye una base normativa sólida que orienta la gobernanza, define actores y establece responsabilidades claras para la coordinación interinstitucional Congreso de Colombia (2017). Este marco ofrece la posibilidad de fortalecer la descentralización mediante la operativización del Fondo Nacional de Extensión Agropecuaria y el funcionamiento de las Mesas de Ciencia, Tecnología e Innovación Agropecuaria (CTIA), instancias que favorecen el diálogo territorial y la planificación participativa. Adicionalmente, el desarrollo de plataformas digitales como Siembra, BAC, Linkata y Campo Innova se erige como una oportunidad para mejorar la transparencia, la trazabilidad de la información y la toma de decisiones basadas en evidencia científica.

En materia de inversión y financiamiento, la existencia de la Agenda de I+D+i como instrumento de orientación de recursos públicos y privados constituye una oportunidad para focalizar las inversiones según las demandas territoriales y sectoriales. Las líneas de crédito verdes y sostenibles, junto con los fondos de capital de riesgo y las líneas de apoyo para emprendimientos rurales, fortalecen la inclusión financiera y el acceso a innovación tecnológica. La articulación entre fondos parafiscales, banca pública y actores del sector privado puede optimizar la asignación de recursos y promover prácticas productivas sostenibles como la agroforestería, los sistemas silvopastoriles y la bioeconomía circular. De igual forma, el compromiso del Estado con la modernización del campo colombiano y la cooperación internacional activa representan una oportunidad para aumentar la inversión en innovación con enfoque social, ambiental y territorial.

Las oportunidades en capacidades institucionales y humanas se centran en el reconocimiento del PECTIA y de la Agenda I+D+i como instrumentos de política que fortalecen la coordinación intersectorial y la alineación entre niveles nacional, regional y local. La consolidación del ecosistema nacional de innovación agropecuaria, que integra universidades, centros de investigación, productores y entidades gubernamentales, fomenta la cooperación y la generación de conocimiento aplicado. La Ley 2142 de 2021, al permitir que los centros de investigación

ofrezcan formación posgradual, amplía las oportunidades para la especialización técnica y científica del talento humano en zonas rurales. Adicionalmente, la incorporación de tecnologías digitales y el uso de modalidades educativas offline en territorios con baja conectividad facilitan la expansión de la extensión agropecuaria y la apropiación social del conocimiento, fortaleciendo la innovación desde los territorios.

En términos de planeación, seguimiento y evaluación, el fortalecimiento de los instrumentos de información, como el Boletín de Indicadores de CTI Agropecuaria y la Encuesta de CTI Agropecuaria, permite avanzar hacia una toma de decisiones basadas en evidencia. El uso de tecnologías de Big Data y repositorios interoperables de datos agrícolas, climáticos y tecnológicos abre nuevas posibilidades para la gestión integral del conocimiento, la medición del impacto de las políticas y la transparencia institucional. Asimismo, la adopción de metodologías unificadas para la evaluación del desempeño del SNIA, como la Articulación para la Competitividad (ARCO), favorece la coherencia entre la planificación nacional y territorial, hacia el fortalecimiento de la rendición de cuentas y el aprendizaje institucional. Estas herramientas configuran un entorno propicio para la modernización de la gestión pública agropecuaria y la sostenibilidad del sistema.

La propiedad intelectual se presenta como un campo de oportunidad clave para el fortalecimiento de la innovación agropecuaria. El entorno nacional ofrece condiciones favorables para la investigación aplicada y la valorización de activos intangibles mediante alianzas público-privadas, esquemas de denominación de origen, certificaciones y trazabilidad. La digitalización de trámites y la creación de fondos para proyectos de propiedad intelectual facilitan la protección del conocimiento tradicional y el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad.

En el ámbito de la agrobiodiversidad, Colombia cuenta con ventajas comparativas excepcionales por su riqueza genética y reconocimiento ambiental internacional, reafirmado en la COP16 del Convenio sobre la Diversidad Biológica llevada a cabo en 2024. La aplicación de biotecnologías, bioinformática y secuenciación genética en el mejoramiento de cultivos nativos genera oportunidades para la conservación y el aprovechamiento sostenible de los recursos genéticos con fines de innovación.

El Derecho Humano a la Alimentación constituye otra oportunidad estratégica. La articulación de observatorios, universidades y entidades públicas dedicadas al monitoreo de la seguridad alimentaria posibilita el desarrollo de políticas de soberanía y resiliencia alimentaria. La

promoción de circuitos cortos de comercialización, mercados campesinos y compras públicas de alimentos con enfoque territorial y diferencial contribuye a fortalecer la seguridad alimentaria y la economía rural. En cuanto a equidad de género y enfoque diferencial, los fondos multilaterales y las políticas internacionales brindan oportunidades para impulsar la inclusión de mujeres, jóvenes y comunidades étnicas en los procesos de innovación y emprendimiento rural. La adopción de tecnologías de la información y comunicación, junto con la valorización de la economía del cuidado y el conocimiento ancestral, permite avanzar hacia un modelo de innovación más equitativo e intercultural.

La apropiación social del conocimiento (ASC) y la extensión agropecuaria constituyen pilares estratégicos para la democratización de la innovación. Continuar avanzando en la consolidación de las Mesas de CTIA facilita la participación comunitaria y territorial en la gestión del conocimiento. En este contexto, metodologías como la ciencia abierta, el extensionismo digital y el modelo campesino a campesino promueven el aprendizaje colaborativo y la co-creación de soluciones locales. Así mismo, se propone seguir avanzando hacia el fortalecimiento de plataformas como Siembra y Linkata mediante el impulso a la interoperabilidad de información, la asociatividad y la articulación público-privada, ampliando la cobertura y efectividad de los servicios de extensión. Además, la descentralización y profesionalización del extensionismo rural ofrecen oportunidades para dinamizar la transferencia tecnológica y consolidar comunidades de práctica en torno a la innovación territorial.

Los Sistemas Territoriales de Innovación (STI) representan una oportunidad central para la transformación productiva y social del campo colombiano. Su reconocimiento legal en la Ley 1876 de 2017 y su inclusión en el Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026 (Congreso de la República de Colombia, 2023a) fortalecen su papel como instrumentos de gestión territorial, articulando la innovación con la reforma rural integral y los objetivos de la paz total. Los STI permiten coordinar políticas de innovación, ordenamiento productivo y gestión del conocimiento, promoviendo la participación ciudadana y la convergencia regional. Su incorporación en los instrumentos de planificación y ordenamiento territorial garantizará coherencia entre las políticas nacionales de CTI, la bioeconomía y la sostenibilidad ambiental, consolidando la acción climática desde los territorios.

En el marco de la Agenda de I+D+i, las oportunidades del SNIA se orientan a avanzar en la consolidación de una política de CTI agropecuaria coherente, territorializada y participativa. El

fortalecimiento de las Mesas de CTIA, junto con la coordinación interinstitucional entre Minagricultura, los CODECTI y las CRCI, permitirá alinear las estrategias de investigación con las necesidades reales de los territorios y cadenas productivas. En los factores específicos, la sanidad e inocuidad ofrecen un campo de oportunidad para posicionar a Colombia en mercados internacionales mediante diplomacia sanitaria, certificación y trazabilidad digital. En sostenibilidad ambiental y cambio climático, la cooperación internacional, los financiamientos verdes y la agricultura climáticamente inteligente abren nuevas vías de inversión y resiliencia productiva.

La bioeconomía, por su parte, ofrece oportunidades para generar valor agregado a partir de la biodiversidad nacional mediante bioproductos, bioinsumos y biocombustibles, articulando ciencia y mercado. En agroecología, las políticas de agricultura orgánica y comercio justo fortalecen la diversificación productiva y la soberanía alimentaria, mientras que la agroindustria 4.0 impulsa la digitalización, la automatización y la trazabilidad en las cadenas agroproductivas.

Finalmente, la agrologística representa una oportunidad crucial para reducir brechas territoriales, mejorar la competitividad y garantizar una inserción equitativa de los territorios rurales en los mercados nacionales e internacionales. En su conjunto, estas oportunidades pueden llevar a la consolidación del SNIA como un sistema capaz de integrar ciencia, tecnología, innovación y conocimiento local, orientado a la sostenibilidad, la equidad y la transformación estructural del campo colombiano.

3.5.3. Análisis de las fortalezas del SNIA en el marco del PECTIA

El SNIA presenta un conjunto de fortalezas estructurales, institucionales y funcionales que van en la vía de consolidarlo como un modelo de gobernanza articulado y orientado a resultados. En primer lugar, su base normativa sólida, sustentada en la Ley 1876 de 2017 y fortalecida por el Decreto 2212 de 2023, ha permitido avanzar al establecer una estructura organizativa clara con responsabilidades definidas entre actores nacionales, regionales y territoriales.

Esta arquitectura se propone facilitar la integración del SNIA con otros sistemas estratégicos, como el Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCTI) y el Sistema Nacional de Competitividad e Innovación (SNCI), generando sinergias en la planificación, seguimiento y evaluación de políticas agropecuarias. A nivel financiero, el sector agropecuario posee una

diversidad de instrumentos disponibles como fondos parafiscales, Fondo CTI-SGR, líneas de crédito verdes y capital de riesgo, que constituyen una base estratégica para ampliar el acceso a recursos de CTI. Esta disponibilidad de mecanismos ofrece múltiples rutas de financiamiento y posibilidades de apalancamiento, las cuales pueden contribuir a la sostenibilidad económica del sistema, promoviendo la adopción tecnológica, la inclusión productiva y la innovación (MinCiencias, 2025; DNP, 2023).

En materia de capacidades y gestión del conocimiento, el SNIA ha logrado avances a través del fortalecimiento de su infraestructura científica, la expansión de la oferta formativa en CTI agropecuaria y avances en la consolidación de plataformas tecnológicas como Siembra y el Observatorio OCTIAGRO, que facilitan la trazabilidad de proyectos, la transparencia y la toma de decisiones basadas en evidencia. Estas herramientas, junto con instrumentos como el PECTIA y la Agenda I+D+i, constituyen la base técnica y metodológica para orientar la política pública agropecuaria con un enfoque territorial y diferencial.

Si bien persisten debilidades en la articulación institucional, los procesos de coordinación entre MinAgricultura, MinCiencias, AGROSAVIA y los gobiernos departamentales empiezan a configurarse como un activo estratégico para avanzar en la alineación de las agendas de investigación, desarrollo e innovación. Estos primeros avances colaborativos abren la posibilidad de fortalecer la descentralización del conocimiento, impulsar la modernización de la extensión agropecuaria y mejorar los procesos de planeación estratégica y evaluación del sistema, contribuyendo gradualmente a cerrar las brechas que aún limitan la gobernanza sectorial.

De igual forma, el SNIA evidencia fortalezas específicas en su capacidad para integrar la propiedad intelectual, la agrobiodiversidad, la equidad de género y la apropiación social del conocimiento dentro de su gestión institucional. El reconocimiento de las Oficinas de Transferencia de Resultados de Investigación (OTRI) y los Centros de Apoyo a la Tecnología e Innovación (CATI) ha impulsado la protección de los resultados científicos, mientras que los avances en denominaciones de origen y la ciencia abierta acciones orientadas a la consolidación de una economía del conocimiento inclusiva.

Asimismo, la riqueza genética y cultural del país, respaldada por bancos de germoplasma, redes comunitarias y alianzas internacionales, refuerza la soberanía alimentaria y la seguridad nutricional. En paralelo, la creación de marcos normativos como la Ley 2462 de 2025 y la

incorporación de enfoques diferenciales en la extensión rural han promovido la participación activa de mujeres, jóvenes y comunidades étnicas, fortaleciendo la equidad territorial y social (SENA, 2025a; MinAgricultura, 2024b).

El país ha mostrado su liderazgo en sanidad agropecuaria mediante programas de vigilancia epidemiológica y certificaciones internacionales; en sostenibilidad, con la implementación de los Planes Integrales de Gestión del Cambio Climático Sectoriales (PIGCCS) y proyectos climáticamente inteligentes; y en bioeconomía, con el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y el impulso de bioproductos de alto valor.

Asimismo, la expansión de la Agroindustria 4.0 y los avances en agrologística sostenible contribuyen a fortalecer la competitividad global del sector y promoverla transición hacia un modelo de producción más digital, resiliente y bajo en carbono. Estas fortalezas permiten que se avance en consolidar al SNIA como un pilar estratégico del desarrollo rural sostenible y de la transformación productiva del país en coherencia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (FAO, 2023a).

3.5.4. Análisis de las amenazas del SNIA en el marco del PECTIA

El SNIA enfrenta un conjunto de amenazas que comprometen su sostenibilidad y capacidad de transformación del sector agropecuario colombiano. En primer lugar, la inestabilidad política y los cambios en las prioridades de gobierno, tanto a nivel nacional como regional, se presentan como uno de los principales riesgos para la gobernanza del sistema. Estas variaciones pueden traducirse en la discontinuidad de políticas, pérdida de articulación entre actores y debilidad en la implementación de los instrumentos estratégicos de ciencia, tecnología e innovación (CTI), como el PECTIA y la Agenda I+D+i. La falta de compromiso institucional y la escasa coordinación intersectorial obstaculizan la consolidación de una gobernanza efectiva y descentralizada, debilitando los procesos de planeación, seguimiento y evaluación basados en evidencia.

Desde la perspectiva financiera, la dependencia de recursos públicos, en especial del Sistema General de Regalías (SGR), y la volatilidad macroeconómica representan amenazas directas a la sostenibilidad de las inversiones en CTI. La competencia por fondos, la limitada capacidad técnica en territorios rurales y la desalineación con las agendas internacionales de cooperación reducen las oportunidades de apalancamiento financiero.

Estas limitaciones, sumadas a la falta de infraestructura científica y tecnológica suficiente, impiden la generación y retención de capacidades humanas especializadas, afectando la continuidad de los procesos de innovación y la consolidación de redes de conocimiento territorializadas. A su vez, la pérdida de capital humano y la rotación institucional generan discontinuidades en los programas de largo plazo, lo cual erosiona la memoria técnica y dificulta la ejecución de estrategias sostenibles.

Por otra parte, el SNIA enfrenta amenazas significativas en materia de propiedad intelectual y agrobiodiversidad. Las brechas en el acceso de pequeños productores y comunidades rurales a los mecanismos de protección de la propiedad intelectual generan desigualdades frente a grandes empresas y actores internacionales. Además, la ausencia de controles efectivos frente a la biopiratería y el uso inadecuado de tecnologías basadas en inteligencia artificial incrementan los riesgos sobre los recursos genéticos y el conocimiento ancestral. La pérdida de ecosistemas agrícolas, la deforestación, la minería ilegal y la expansión de modelos agroindustriales intensivos continúan erosionando la agrobiodiversidad y reduciendo la resiliencia ecológica y cultural del país. Estos fenómenos, exacerbados por el cambio climático y el envejecimiento rural, amenazan la transmisión intergeneracional de conocimientos y la seguridad alimentaria en los territorios.

El Derecho Humano a la Alimentación y la equidad de género también se ven afectados por amenazas de carácter estructural. La falta de voluntad política, los recortes presupuestales y la limitada infraestructura vial rural restringen la implementación de políticas alimentarias inclusivas y sostenibles. A ello se suman los efectos del cambio climático, la migración y la inseguridad rural, que afectan la producción y distribución de alimentos. En el ámbito de género y enfoque diferencial, la persistencia de la violencia, la desigualdad económica y la falta de reconocimiento de los saberes ancestrales obstaculizan el empoderamiento de mujeres, jóvenes y comunidades étnicas rurales. Estas amenazas debilitan la cohesión social y limitan la capacidad del SNIA para consolidar una innovación agropecuaria verdaderamente inclusiva y con justicia territorial.

La apropiación social del conocimiento y la extensión agropecuaria enfrentan riesgos derivados de la baja inversión, la fragmentación de políticas y la falta de conectividad en zonas rurales. La escasa formación especializada en extensión y la discontinuidad de los programas de cooperación internacional reducen la calidad del servicio y la efectividad de la transferencia tecnológica. Además, las condiciones de orden público y ambientales adversas limitan la cobertura territorial,

restringiendo el acceso de los productores a información y asistencia técnica oportuna. Esta situación debilita los procesos de innovación colectiva y la gestión del conocimiento local, pilares fundamentales para la sostenibilidad del sistema agropecuario.

Por su parte, los Sistemas Territoriales de Innovación (STI) enfrentan amenazas asociadas a la inequidad regional, la falta de infraestructura y los conflictos sociopolíticos. La persistencia del conflicto armado, la débil articulación interinstitucional y la dependencia de recursos públicos dificultan la consolidación de ecosistemas de innovación sostenibles. Estas condiciones impiden la participación efectiva del sector privado y la continuidad de procesos de largo plazo, debilitando la gobernanza territorial y la cohesión institucional.

En sanidad e inocuidad, los cambios frecuentes en los estándares internacionales, la informalidad productiva y las malas prácticas en el manejo de insumos comprometen la competitividad y la seguridad alimentaria. En sostenibilidad ambiental y cambio climático, los eventos extremos, la degradación ambiental y la resistencia cultural a la adopción tecnológica ponen en riesgo la resiliencia del sector.

La bioeconomía, por su parte, enfrenta presiones derivadas de la pérdida de biodiversidad y del manejo inadecuado de los recursos naturales, mientras que la agroecología se ve amenazada por la deforestación, la minería ilegal y la reducción en la inversión en investigación. En la agroindustria 4.0 y la agrologística, los altos costos tecnológicos, las brechas digitales y la vulnerabilidad cibernética limitan la transformación digital y la integración productiva. Estas amenazas, interconectadas, exigen una acción coordinada de política pública que priorice la estabilidad institucional, la inversión sostenible y la adaptación climática, para garantizar la continuidad y efectividad del SNIA como motor de innovación rural.

4. Avances en la implementación del PECTIA

Como parte fundamental en la actualización del PECTIA, se revisan los avances en la implementación de las estrategias y las líneas de acción propuestas en la versión 2016. Para acceder al contenido detallado de las estrategias y sus líneas de acción consulte el Anexo 20.

4.1. Factores habilitantes

Como se mencionó en el apartado 3.4 “Estructura general del PECTIA”, estos factores fortalecen el PECTIA mediante la implementación de temáticas transversales, incluyendo: i) la gobernanza y el marco regulatorio, a través de los cuales se establecen normas claras y eficientes para la gestión de la CTI; ii) la inversión y el financiamiento, que aseguran los recursos necesarios para impulsar proyectos e investigaciones; iii) la planeación, el seguimiento y la evaluación, que garantizan la adecuada formulación de estrategias y el monitoreo de sus resultados; y iv) el fortalecimiento de capacidades en recursos humanos e infraestructura, necesario para contar con personal calificado y herramientas adecuadas que soporten la innovación en el sector.

4.1.1. Gobernanza

Los reportes de avances de este factor tienen como base lo planteado por Ramírez et al. (2022a). En este factor se identifican avances respecto a la definición de la gobernanza del SNIA como la creación, reglamentación y puesta en marcha de las instancias de coordinación y articulación de orden nacional y territorial.

El Consejo Superior del SNIA eligió sus representantes y sesiona de acuerdo con lo reglamentado. A su vez, este Consejo creó los comités técnicos de cada subsistema los cuales sesionaron cuatro (4) veces durante el 2019, proponiendo acciones para el sistema en sus diferentes componentes, dinámica que se afectó desde 2020 a partir de la emergencia sanitaria ocasionada por el COVID-19.

Se definió la coordinación del SNIA y sus subsistemas y se asignó al MinAgricultura como responsable de la construcción y actualización del PECTIA (Art. 11) en coordinación con el MinCiencias, DNP y AGROSAVIA.

Se identificaron fuentes para la concurrencia de la financiación de las acciones, programas y proyectos que se generen en el marco del Subsistema Nacional de Extensión Agropecuaria (Art. 14) y se reglamentó el proceso para la actualización del PECTIA (Capítulo III, MinAgricultura, 2018), no obstante se encuentran vacíos respecto al monto de los recursos que serán administrados por el Fondo de Extensión Agropecuaria, al financiamiento de los demás subsistemas y a la articulación de sus actores e instancias.

De igual modo, se definieron los lineamientos para la elaboración de los Planes Departamentales de Extensión Agropecuaria (PDEA), en donde se debe contemplar, entre otros instrumentos de planificación, al PECTIA. Para el periodo 2020-2023 se construyeron 30 PDEA aprobados mediante ordenanza departamental y en el período 2024 – 2027 la ADR reporta 32 PDEA elaborados con su respectiva ordenanza: San Andrés y Providencia, Antioquia, Arauca, Boyacá, Bolívar, Chocó, Casanare, Cauca, Caquetá, Cundinamarca, Cesar, La Guajira, Magdalena, Meta, Nariño, Norte de Santander, Santander, Sucre, Tolima, Quindío, Valle del Cauca y Vichada.

- **Estrategia 1:** Definir el SNCTA⁴ (hoy SNIA) como parte del SNCCTI y crear los mecanismos, instrumentos de Planeación, seguimiento y evaluación

La estrategia ha avanzado con la transformación del SNCTA en el SNIA, mediante la Ley 1876 de 2017, que redefinió su estructura, funciones e instancias, y lo integró como subsistema del Sistema Nacional de Competitividad, Ciencia, Tecnología e Innovación (SNCCTI). Esta norma estableció una nueva gobernanza intersectorial con enfoque multinivel y multiactor.

Posteriormente, la Ley 1955 de 2019 creó el Sistema Nacional de Competitividad e Innovación (SNCI), asignando a su Comisión Nacional la articulación con el SNIA y otros sistemas relacionados. En el nivel territorial, la Ley 1876 dispuso la creación de las Mesas de Ciencia, Tecnología e Innovación Agropecuaria (Mesas de CTIA) por parte de las Comisiones Regionales de Competitividad, como instancias clave para la coordinación y planeación territorial de la CTI agropecuaria.

En materia de ciencia y tecnología, los Decretos 1666 de 2021 y 0979 de 2024 fortalecieron la gobernanza del SNCTI y la de los Consejos Departamentales de CTI (CODECTI), mejorando la articulación territorial. Además, el Decreto 1406 de 2023 creó el Sistema Nacional de Reforma Agraria y Desarrollo Rural (SINRADR), cuyo Subsistema 5 articula las acciones de MinCiencias y el SNIA, integrando la investigación, la asistencia técnica y la transferencia tecnológica, bajo el Plan Nacional de Asistencia Integral Técnica, Tecnológica y de Impulso a la Investigación⁵ (Resolución 132 de 2022).

⁴ El SNCTA Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología Agroindustrial creado mediante la Ley 607 de 2000 fue derogado y en su lugar se creó el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA) mediante la Ley 1876 de 2017.

⁵ Plan derivado del Acuerdo Final para la Terminación del Conflicto y la Construcción de una Paz Estable y Duradera

La Resolución 407 de 2018 reglamentó aspectos técnicos del SNIA y el funcionamiento de su Consejo Superior, mientras que la Ley 2162 de 2021 sustituyó el CACTI por el CONACTI. Asimismo, el Decreto 1319 de 2020 reglamentó el Fondo Nacional de Extensión Agropecuaria (FNEA), fortaleciendo los mecanismos de financiación; sin embargo, a la fecha, dicho fondo no ha alcanzado una operación plena ni sostenida conforme a lo previsto en su marco normativo.

En el ámbito territorial, la concepción y conformación de instancias de Ciencia, Tecnología e Innovación Agropecuaria (CTIA) ha venido avanzando de manera progresiva, evidenciada en la definición de planes de acción, objetivos, alcances y reglamentos internos. No obstante, si bien estas instancias inciden en el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA) y en el sector agropecuario en general, aún no se logra una visión homogénea y compartida que permita impulsar de manera articulada los mecanismos de implementación y priorización de variables estratégicas, tales como la identificación de demandas, la priorización de cadenas o sistemas productivos y el cierre de brechas territoriales.

A pesar de lo anterior, se reconocen experiencias exitosas, como las Mesas de CTIA, que han promovido el fortalecimiento de los Sistemas Territoriales de Innovación, identificación de demandas, capacidades y ofertas; y la articulación con líneas estratégicas definidas en instrumentos de planificación como el PECTIA, la Agenda I+D+i y los Planes Departamentales de Extensión Agropecuaria (PDEA), entre otros.

Por su parte, la armonización y articulación de los distintos instrumentos de planificación continúa representando un reto significativo, debido a la persistencia de brechas institucionales, técnicas y operativas. Estas brechas evidencian que el proceso de articulación aún se encuentra en consolidación y requiere avanzar hacia una visión compartida entre los actores del SNIA, alineada con las dinámicas y necesidades específicas de los territorios.

La Ley 1876 delegó al Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural la elaboración y actualización del PECTIA, en coordinación con el DNP, MinCiencias y AGROSAVIA, orientando la inversión pública en CTI. Desde 2016, las convocatorias de MinCiencias se han alineado con las líneas estratégicas del PECTIA (Convocatorias 791 de 2017, 869 de 2019 y del SGR 2020-2024).

El PECTIA ha sido reconocido y asumido como un marco de referencia por MinAgricultura, AGROSAVIA, la ADR y la UPRA, así como por los PDEA; no obstante, aún persisten desafíos relevantes en materia de articulación institucional y focalización territorial. De igual forma, las

Comisiones Regionales de Competitividad e Innovación han contribuido a una mayor integración del PECTIA con otros instrumentos de planificación, sentando bases importantes para una gobernanza más coordinada de la CTI agropecuaria. Sin embargo, si bien se evidencian avances significativos, la experiencia muestra que la consolidación plena de esta articulación y su traducción efectiva en los territorios sigue siendo una tarea pendiente y requiere esfuerzos sostenidos para cerrar las brechas existentes.

4.1.2. Planeación, seguimiento y evaluación

Los reportes de avances de este factor tienen como base lo planteado por Ramírez et al. (2022b). La estrategia de planeación, seguimiento y evaluación del Pectia 2017-2027 busca mejorar la capacidad de planificación, seguimiento y evaluación del SNIA (en el momento de formulación Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología Agroindustrial – SNCTA), a través de un proceso basado en resultados e indicadores a nivel nacional y territorial. Para lograrlo, se definieron seis líneas de acción, identificando avances en varias de ellas.

En resumen, se ha logrado avanzar en la adopción del PECTIA y la Agenda de I+D+I como marco orientador, tras la aprobación de la Ley 1876, realizándose algunas convocatorias de financiamiento que incluyen la articulación con el PECTIA, aprobando proyectos para el sector agropecuario, aunque falta fortalecer la incorporación de este plan en los procesos de planificación de los PDEA. Por otra parte, se han diseñado indicadores y procesos de provisión de información mediante la aplicación de la Encuesta Nacional de CTI Agropecuaria, que permite medir indicadores como inversión pública, financiación de CTI sectorial, capacidades de recursos humanos e infraestructura, así como la incorporación en la Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA) de un módulo de CTI para generar indicadores a nivel departamental y nacional sobre actividades de innovación en las Unidades Productivas Agropecuarias (UPA).

Se cuenta con algunos esfuerzos para generar capacidades a nivel local y nacional como los comités técnicos de los subsistemas del SNIA y la formación para la autogestión de información; se ha promovido el uso de tecnologías de la información y la comunicación, y se avanza en el fortalecimiento de la plataforma Siembra como punto focal del sistema de seguimiento y evaluación. Además, se ha trabajado en fortalecer la participación y diálogo con los actores, así como en establecer mecanismos de coordinación y articulación entre las entidades involucradas.

No obstante, se requiere aumentar los esfuerzos de interoperabilidad y de acuerdos entre cofinanciadores para la implementación y el seguimiento a las acciones de fortalecimiento de la CTI agropecuaria.

- **Estrategia 2.** Mejorar la capacidad de planeación, seguimiento y evaluación del Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología Agroindustrial - SNCTA, a partir de un proceso basado en resultados e indicadores del orden nacional y territorial

El principal avance corresponde al trabajo de AGROSAVIA a través del Observatorio de Ciencia, Tecnología e Innovación Agropecuaria (OCTIAGRO), que ha fortalecido la generación de indicadores sectoriales mediante la Encuesta Nacional de CTI Agropecuaria, con diez operativos realizados entre 2014 y 2024. Esta herramienta permitió establecer la línea base de indicadores (2016) y dar continuidad al seguimiento anual de variables como inversión pública, financiación, capacidades humanas e infraestructura, acompañadas de manuales y guías de diligenciamiento. Desde 2016, se publica el Boletín anual de Indicadores de CTI Agropecuaria, y algunos de ellos se integraron en la Plataforma Siembra con sus respectivas fichas técnicas.

En 2019, el Consejo Superior del SNIA conformó comités técnicos por subsistema, destacando el de I+D Agropecuario, que priorizó la actualización del PECTIA como base para redefinir los procesos de seguimiento y evaluación. En 2021, AGROSAVIA realizó cinco talleres de fortalecimiento de capacidades en gestión de información, con 142 participantes de 93 instituciones.

La Plataforma Siembra se ha venido consolidando como un espacio de consulta y gestión de información sobre demandas, proyectos, oferta tecnológica, capacidades y talento humano, además de visibilizar el trabajo de las Mesas de CTIA mediante micrositos departamentales. A 2021 contaba con 3.306 proyectos, 509 ofertas tecnológicas y 116 organizaciones de extensión, e incluyó lineamientos técnicos para la gestión y publicación de información.

El operativo 2024 de la Encuesta logró la participación de 144 entidades, frente a 56 en 2018, lo que demuestra su consolidación como instrumento nacional de seguimiento de la CTI agropecuaria.

En 2023, MinAgricultura respaldó la formulación de una propuesta estratégica de sistema de seguimiento y evaluación del SNIA, desarrollada por AGROSAVIA con la participación y aportes

de actores clave del sector. Esta iniciativa estructuró un esquema integral para el seguimiento y la evaluación tanto del SNIA como de su ruta de implementación, partiendo del principio de que un sistema robusto de evaluación contribuirá a optimizar los procesos de innovación y a acelerar el logro del cambio técnico sectorial.

La propuesta estableció que el sistema de monitoreo, seguimiento y evaluación del SNIA permitirá analizar de manera sistemática la gestión, los productos, los resultados y los impactos de las acciones de formación, capacitación, investigación, desarrollo tecnológico, extensión e innovación orientadas al cambio técnico del sector. Asimismo, contempló la evaluación de los efectos de la política de Ciencia, Tecnología e Innovación Agropecuaria, implementada mediante planes, programas y proyectos en el marco del SNIA, con alcance nacional y regional, y con una perspectiva de corto, mediano y largo plazo.

4.1.3. Inversión y financiamiento

Los reportes de avances de este factor tienen como base lo planteado por Ramírez et al. (2022c). El PECTIA 2017-2027 vigente, propuso una estrategia en el factor habilitante inversión y financiamiento, relacionada con lograr acuerdos de carácter político y administrativo para financiar el PECTIA, a partir de un proceso basado en resultados e indicadores del orden nacional y territorial.

Para lograrlo se definieron seis (6) líneas de acción en una única estrategia, encontrando lo siguiente: 1) desde la creación del SGR, se ha observado que el promedio de asignación de recursos para proyectos agropecuarios ha sido de 34,4 %. Sin embargo, es importante destacar que la desviación estándar correspondiente a este periodo es de 13,1 %. Esta cifra revela que las asignaciones han presentado una dispersión significativa, estando aproximadamente un 50 % por encima y por debajo del promedio. Estos datos ponen de manifiesto la falta de consistencia en la participación de los proyectos agropecuarios año tras año, evidenciando la variabilidad en las asignaciones de recursos; 2) Los avances registrados en la implementación de la metodología ArCo del Departamento Nacional de Planeación (DNP) con corte a septiembre de 2025 permitieron identificar 420 instrumentos especializados en competitividad e innovación en los distintos sectores del desarrollo nacional. De estos, 45 instrumentos corresponden al sector agropecuario, que ocupa el tercer renglón en participación, superado por los sectores Comercio y Justicia; 3) En 2021, el 47 % correspondió a recursos públicos del orden nacional, el 42 % a

recursos privados y el 11 % a recursos internacionales; 4) No se cuenta con avance en el ajuste al incentivo a la capitalización rural (ICR) identificado en su momento como un instrumento para mejorar los niveles de inversión privada de innovación; 5) Finagro ha desarrollado diferentes líneas de financiación contando en 2022 con 40 de los 241 destinos de crédito asociados con inversiones en CTI.

- **Estrategia 3.** Lograr acuerdos de carácter político y administrativo para financiar adecuadamente el PECTIA, con el objetivo de mantener el valor de la inversión pública en ACTI en niveles cercanos a 2 % del PIBA.

El seguimiento a esta estrategia evidencia que, a diciembre de 2023, la inversión pública en ACTI agropecuaria alcanzó el 0,51 % del PIBA, muy por debajo de la meta del 2 % establecida en el PECTIA y del valor máximo histórico de 1,72 % en 2015, mostrando una tendencia sostenida a la baja en la asignación de recursos. La inversión se concentró principalmente en AGROSAVIA (35,27 %), Fondos Parafiscales (20,19 %) y ADR (17,25 %), con una alta dependencia del Sistema General de Regalías (SGR), cuya participación cayó del 31,66 % en 2022 al 5,55 % en 2023.

En 2023, la inversión total ejecutada en ACTI agropecuaria fue de COP 818.519 millones, equivalentes al 0,81 % del PIBA, con una participación del 69,49 % de recursos públicos, 16,45 % privados y 14,06 % internacionales, evidenciando el predominio del financiamiento público y el bajo cumplimiento de la meta de participación privada (50 %). No obstante, la inversión privada aumentó 25,63 % frente a 2022, lo que refleja un mayor dinamismo del sector, aunque aún insuficiente.

En materia de cooperación internacional, los recursos representaron el 14,06 % del total, con un incremento del 7,18 % respecto a 2022, equivalente al 0,13 % del PIBA, lo que muestra avances parciales en la diversificación de fuentes, aunque se mantiene la necesidad de fortalecer la sostenibilidad de estos flujos.

En relación a los instrumentos de financiamiento, la base de la Metodología ArCo del DNP, registró con corte a septiembre de 2025, 420 instrumentos, de los cuales 45 (10.8 %) corresponden al sector agropecuario, representando el 19,98 % del total de recursos identificados. Este mapeo servirá de base para la validación y coordinación institucional, con el fin de mejorar la articulación, reorganización y creación de rutas de atención para los actores del SNIA.

En cuanto a los mecanismos financieros sectoriales, el Incentivo a la Capitalización Rural (ICR) continúa siendo un instrumento orientado principalmente a la modernización tecnológica, sin un enfoque claro en innovación. Aunque se destinaron COP 153 mil millones en 2024 para pequeños productores, no se especificaron montos dirigidos a I+D+i, lo que evidencia la necesidad de redefinir sus criterios de elegibilidad y establecer mecanismos de seguimiento y evaluación para potenciar su impacto en innovación tecnológica.

Por su parte, Finagro incorporó desde 2022 un destino específico de crédito para “Investigación” dentro de su Línea de Inversión, orientado a financiar infraestructura, equipos y estudios de factibilidad para proyectos de innovación. Sin embargo, este instrumento aún no constituye una línea exclusiva para empresas de base tecnológica ni cuenta con una cuantificación separada de los montos colocados en innovación, por lo que el avance se considera parcial.

4.1.4. Formación de capacidades: recursos humanos e infraestructura

Los reportes de avances de este factor tienen como base lo planteado por González & Martínez (2023). En materia de talento humano, se destacan como avances: i) algunas acciones de articulación del MinAgricultura, MinCiencias, SENA y MinEducación en la financiación de programas de formación profesional y de posgrado vinculados al sector agropecuario como en áreas conexas, ii) la participación del SGR y del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación (FCTel) en la financiación de formación de alto nivel en las regiones, iii) las estrategias para ampliar el acceso a educación superior de la población rural, entre ellas el fondo “Jóvenes rurales – Acceso a la Educación Superior” (MinAgricultura, MinEducación, SENA, Universidad de La Salle (Unisalle)), iv) la estrategia CampeSENA del SENA y el Programa de Formación y Desarrollo del Joven Rural Nacional (MinAgricultura), v) las opciones de condonación de deuda educativa ligadas a vinculación laboral y desarrollo de productos de CTI en articulación con academia, investigación y sector privado, y vi) la consolidación y actualización en la vigencia 2024 del MNC para el sector agropecuario como instrumento de fortalecimiento de las competencias del talento humano del sector frente a los retos económicos, sociales y de conocimiento innovador que tiene este sector en el país.

En cuanto a infraestructura, la Encuesta Nacional de CTI Agropecuaria evidencia capacidades en laboratorios, bibliotecas, colecciones genéticas, plataformas y software especializado para la toma de decisiones y gestión de conocimiento que requiere el sector. Para 2024 se reportan más de 370

laboratorios, 110 áreas de experimentación y cerca de 300 activos de software y bases de datos, lo que refleja un aumento frente a 2021.

Asimismo, se resaltan las convocatorias de MinCiencias orientadas al mejoramiento de la calidad educativa y el fortalecimiento de la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación. Entre 2021 y 2024 estas han destinado más de 50 mil millones de pesos al talento humano e infraestructura en CTI agropecuaria, contribuyendo así al cierre de brechas en orden regional, en materia de productividad, competitividad y la sostenibilidad del sector.

- **Estrategia 4.** Aumentar la capacidad del país y la masa crítica en materia de talento humano para la CTI sectorial, teniendo en cuenta las necesidades de conocimiento derivadas de los retos productivos, de sostenibilidad e innovación a los que se ve enfrentado el sector productivo, como de la agenda nacional de I+D+i, el avance de la ciencia y de la innovación a nivel internacional, las necesidades de formación para el trabajo interdisciplinario y las perspectivas de género

Entre 2018 y 2023, el MinEducación reportó, a través del SNIES, la graduación de 1.381 profesionales en programas de posgrado estratégicos para el sector agropecuario, de los cuales 203 corresponden a doctorados y 1.178 a maestrías. Estas formaciones se concentraron en áreas priorizadas por la Agenda Dinámica Nacional de I+D+i, como agroecología, salud y producción animal, desarrollo rural, agroforestería, sanidad vegetal, agroindustria, fisiología vegetal, medicina veterinaria y sistemas sostenibles de producción. Aunque se registraron picos en 2020 (47 doctores y 214 magísteres), desde ese año se evidencia una disminución sostenida de graduados, lo que plantea la necesidad de fortalecer estrategias de financiamiento, acompañamiento institucional y articulación intersectorial.

El Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias) y MinEducación impulsaron diversos programas para ampliar el acceso a la formación avanzada. Entre ellos destacan Formación para las Regiones, orientado a generar capacidades de CTI con enfoque territorial, y Pasaporte a la Ciencia, que desde 2019 exige la alineación de las tesis con los focos país y que, para 2021, contaba con 226 beneficiarios. En el mismo sentido, el programa CampeSENA ha ampliado la oferta de formación para el trabajo en niveles complementario, técnico y tecnológico, mediante modalidades presenciales, virtuales y radiales, en temas agrícolas, pecuarios y agroindustriales.

MinEducación ha promovido estrategias que articulan educación y desarrollo territorial, como las Alianzas Rurales de Educación y Desarrollo (ARED) y los Centros Regionales de Educación Superior (CERES), que buscan reducir brechas de acceso y permanencia en zonas rurales. Asimismo, el proyecto Pertinencia para la Innovación y la Competitividad ha fortalecido las capacidades investigativas de las IES, mientras que MinCiencias ha otorgado 608 apoyos entre 2017 y 2022 (303 maestrías, 241 doctorados y 64 estancias posdoctorales) en ciencias agrícolas.

En materia de formación virtual, se promueve la implementación de programas de corta duración, orientados a fortalecer capacidades específicas en actividades agropecuarias, con ventajas de flexibilidad, bajo costo y acceso remoto.

La Ley 2142 de 2021 reconoce el papel de los centros e institutos públicos de I+D como instancias que fortalecen la calidad técnica de las intervenciones estatales, y la Ley 1876 de 2017 creó el Consejo Superior del SNIA y el Comité del SSFyC para la Innovación Agropecuaria, orientados a garantizar la articulación de los programas de formación y capacitación del sector. En este marco, se realizaron reuniones entre universidades, MinAgricultura, MinEducación, RENATA y AGROSAVIA para avanzar en la articulación de las IES con el SNIA, generar insumos para lineamientos de formación y socializar herramientas digitales de extensión.

En el ámbito de las cualificaciones, desde 2018 el Ministerio de Educación Nacional y AGROSAVIA, en articulación con el Ministerio del Trabajo y los Observatorios Regionales del Mercado de Trabajo (ORMET), desarrollaron un trabajo conjunto orientado a la generación de insumos técnicos estratégicos para el diseño, actualización y fortalecimiento de las cualificaciones del sector agropecuario colombiano. Este ejercicio se adelantó de manera coordinada con el equipo del Marco Nacional de Cualificaciones (MNC) del Ministerio de Educación Nacional y contó con el acompañamiento de asesoría internacional, lo que permitió incorporar buenas prácticas y estándares de referencia a nivel global. Como parte de este proceso, AGROSAVIA lideró la recopilación, sistematización y análisis de grandes volúmenes de información asociados al contexto productivo de los distintos subsectores, la oferta académica existente, el comportamiento del mercado laboral, las tendencias tecnológicas y las demandas del sector empresarial. Este enfoque integral posibilitó identificar de manera rigurosa las brechas de cantidad, calidad y pertinencia que persisten entre la oferta formativa y la demanda laboral, así como los retos derivados de las transformaciones tecnológicas, productivas y organizacionales que el sector deberá atender en el corto, mediano y largo plazo.

Como resultado, se definieron 28 cualificaciones para los subsectores agrícola, pecuario, forestal, acuícola y pesquero, incorporando competencias clave relacionadas con la asistencia técnica, la extensión agropecuaria y la investigación. Estas cualificaciones constituyen un insumo estratégico para la toma de decisiones en materia de política educativa y de empleo, fortalecen la articulación entre el sistema educativo y el sector productivo, y contribuyen al desarrollo de talento humano pertinente para impulsar la innovación, la competitividad y la sostenibilidad del sector agropecuario colombiano (Lesmes, A.R. et al. 2019).

Finalmente, se destacan las iniciativas para fortalecer la formación de jóvenes rurales, como los programas “Jóvenes Rurales” liderado por MinAgricultura en articulación con el SENA, AGROSAVIA, “Proyecto Utopía” desarrollado por la Unisalle con apoyo de entidades del Gobierno nacional y cooperación internacional y “Universidad del Campo” implementada por gobernaciones y alcaldías en alianza con instituciones de educación superior públicas y privadas, con acompañamiento MinEducación, que promueven el acceso a la educación superior, el emprendimiento y el retorno de talento a los territorios. Estas acciones contribuyen al fortalecimiento del recurso humano en CTI agropecuaria y a la consolidación de una masa crítica capaz de responder a los desafíos productivos, ambientales y sociales del país.

- **Estrategia 5.** Ajustar, crear y articular incentivos orientados al fortalecimiento de las capacidades en capital humano e infraestructura del sistema nacional de innovación agropecuaria.

MinCiencias ha promovido la formación de alto nivel mediante distintas modalidades de crédito condonable, entre las que se destacan el programa MinCiencias–Fulbright para doctorados en Estados Unidos, el crédito-beca Colfuturo, que condona hasta el 80 % del valor financiado si el beneficiario retorna al país y se vincula como docente o investigador, y el programa Formación para las Regiones, financiado con recursos del Sistema General de Regalías (SGR). Entre 2017 y 2022 se otorgaron 15.477 créditos condonables, de los cuales 608 correspondieron a ciencias agrícolas (50 % maestrías, 40 % doctorados y 10 % posdoctorados).

De manera complementaria, MinEducación y MinCiencias, junto con MinCIT e ICETEX, implementaron incentivos para fortalecer la educación superior y la I+D+i con enfoque territorial y productivo. Entre ellos sobresalen los programas Pasaporte a la Ciencia, que a junio de 2021 había beneficiado a 226 personas (96 en maestría y 130 en doctorado en universidades dentro

del Ranking de Shanghái), y Ecosistema Científico, orientado a financiar proyectos en energía sostenible, salud, alimentos, bioeconomía y sociedad. Si bien estos instrumentos han contribuido al fortalecimiento de capacidades, se requiere avanzar en su alineación con las necesidades del sector agropecuario, ampliar los criterios de condonación asociados a docencia, investigación y extensión, e integrar su aplicación con la Agenda Nacional de I+D+i Agropecuaria.

El Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación (FCTeI) del SGR también ha sido un mecanismo relevante de incentivo. Desde su creación en 2012 hasta 2016, financió 29 proyectos en 24 departamentos, cifra que ascendió a 38 en 2018. En 2021 se aprobaron 11 proyectos orientados al fortalecimiento de las instituciones de educación superior y a la transformación productiva del sector agropecuario, en temas como el aprovechamiento del aguacate y el biocontrol en banano.

En materia de incentivos a la formación y actualización técnica, el SENA expidió el Acuerdo 003 de 2023, que dio origen a la Estrategia CampeSENA y al Programa de Formación Especializada para la Economía Campesina (FEEC), reglamentados por la Resolución 249 y la Circular 31 de 2025, con el fin de garantizar atención diferencial e incluyente a la población campesina. Paralelamente, MinAgricultura fortaleció la Red Nacional de Jóvenes Rurales, enfocada en el desarrollo humano y laboral de esta población.

Asimismo, el programa de actualización de extensionistas, promotores campesinos y asistentes técnicos, liderado por MinAgricultura, AGROSAVIA, la ADR, el SENA y universidades, ha fortalecido la interfaz de innovación agropecuaria mediante cursos cortos, diplomados y escuelas de campo sobre manejo fitosanitario, ganadería sostenible, agroecología, innovación digital y gestión del agua y suelos. Entre 2023 y 2025 se realizaron más de 130 eventos, beneficiando a más de 12.000 personas, incluyendo productores, extensionistas y promotores rurales, con apoyo de las plataformas Siembra, BAC y Linkata (administradas por AGROSAVIA).

Durante 2024, la estrategia Jóvenes Rurales de AGROSAVIA y MinAgricultura alcanzó 50 instituciones educativas rurales en 19 departamentos, beneficiando directamente a 9.600 personas, entre ellas jóvenes indígenas (10,9 %) y afrodescendientes (17,6 %), y priorizando 132 proyectos pedagógicos productivos en 48 municipios con enfoque territorial.

Por su parte, MinEducación mantiene el proyecto “Apoyo para fomentar el acceso con calidad a la educación superior a través de incentivos a la demanda”, administrado por ICETEX, con un presupuesto de \$2,51 billones en 2024. A esto se suman los fondos Generación E, que financia el

acceso y permanencia de estudiantes en condición de vulnerabilidad, y el Fondo de Víctimas del Conflicto, que otorga créditos de pregrado en cumplimiento de la Ley 1448 de 2011.

Según la Encuesta Nacional de CTI Agropecuaria, el número de investigadores del sector en Equivalencia de Jornada Completa (EJC) ascendió a 2.801 en 2022, lo que representa un crecimiento del 8 % frente a 2021 y un aumento del 17 % respecto a 2019. La tasa de investigadores EJC por cada 100.000 habitantes rurales alcanzó 22,66 en 2022, reflejando una tendencia positiva en el fortalecimiento del capital humano para la innovación agropecuaria.

Estos avances evidencian que los distintos programas e instrumentos financieros (becas, créditos condonables, incentivos territoriales y estrategias de formación continua) han contribuido a fortalecer la masa crítica de talento en CTI agropecuaria. No obstante, se requiere consolidar su articulación y pertinencia frente a las prioridades nacionales y regionales del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria

- **Estrategia 6.** Fortalecer, ampliar, articular y mantener la capacidad en infraestructura del sistema nacional de innovación agropecuaria, para llevar a cabo I+D+i de calidad a nivel local, regional y nacional

Durante el periodo de seguimiento, se evidenció un fortalecimiento progresivo de la infraestructura nacional orientada a la investigación, desarrollo e innovación agropecuaria. Según la Encuesta Nacional de CTI Agropecuaria, en 2022 se registraron 417 laboratorios activos en el país, lo que representa un incremento del 23 % respecto a 2021. De estos, el 64,5 % corresponde a fines mixtos, el 21 % a investigación, el 12,5 % a usos académicos y el 2 % a fines comerciales. En paralelo, las áreas de experimentación pasaron de 28 en 2019 a 121 en 2022, con predominio de modalidades ex situ (62 %). Asimismo, se reportaron 330 softwares y bases de datos especializadas, evidenciando una diversificación de capacidades técnicas (AGROSAVIA, 2022).

El Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, a través de AGROSAVIA, ha impulsado la consolidación del modelo de Red de Laboratorios, que integra infraestructura moderna con más de 11.000 m², personal especializado y sistemas de gestión de calidad basados en normas ISO 9001, NTC-ISO/IEC 17025, BLP y NTC-ISO/IEC 17043. Esta red cuenta con siete unidades especializadas en entomología, genética molecular, producción vegetal, microbiología pecuaria y salud animal, microbiología agrícola, química analítica y reproducción animal. Su fortalecimiento

ha contribuido a la generación de resultados confiables y a la prestación de servicios tecnológicos de alta calidad, reduciendo costos y tiempos de análisis.

Adicionalmente, mediante proyectos financiados con recursos del Fondo de CTI del Sistema General de Regalías (FCTeI-SGR) se han destinado inversiones a la modernización de equipos, adecuación de infraestructura física y tecnológica, y capacitación de personal calificado. Estas acciones han permitido optimizar la gestión de laboratorios, incrementar la precisión de los análisis y mejorar la eficiencia en la prestación de servicios.

Por su parte, el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) ha avanzado en el fortalecimiento de su red de 57 laboratorios internos, fundamentales para la sanidad animal, vegetal y la inocuidad agroalimentaria. Entre los más destacados se encuentran el Laboratorio Nacional de Diagnóstico, el Laboratorio Nacional de Insumos Agrícolas (LANIA), el Laboratorio Nacional de Insumos Pecuarios (LANIP) y el Laboratorio Nacional de Diagnóstico Veterinario (LNDV), todos beneficiados con procesos de modernización y adquisición de equipos de alta tecnología.

La Ley 2142 de 2021 también ha incidido en el fortalecimiento institucional, al permitir que institutos y centros de investigación reconocidos por MinCiencias obtengan registro calificado para ofrecer programas de maestría y doctorado, potenciando la vinculación entre infraestructura científica y formación avanzada. A agosto de 2024, 132 actores del SNCTI se encontraban reconocidos por MinCiencias, incluyendo 14 unidades empresariales de I+D+i, 4 empresas altamente innovadoras y 17 centros de ciencia, lo que refleja la ampliación de capacidades institucionales en el país.

- **Estrategia 7.** Promover una cultura en CTI basada en la participación en redes de gestión de conocimiento en el ámbito regional, nacional e internacional

Entre 2017 y 2024, el país avanzó en el fortalecimiento de la cultura científica y tecnológica mediante convocatorias y programas que promovieron la articulación entre actores del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Agropecuaria (SNIA) y la participación activa en redes de conocimiento. Durante el periodo 2017–2021, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación (MinCiencias) ejecutó 13 convocatorias con una inversión superior a 34 mil millones de pesos, orientadas a consolidar procesos investigativos, redes de trabajo y capacidades en instituciones regionales. Posteriormente, entre 2022 y 2024, se desarrollaron al menos 11 convocatorias adicionales financiadas a través del Fondo de CTI del Sistema General de Regalías

(FCTel-SGR), con una inversión cercana a 205 mil millones de pesos. Estas iniciativas se enfocaron en prioridades estratégicas como la bioeconomía, la transición energética, la ciencia para la paz y la investigación fundamental, fortaleciendo la cooperación nacional e internacional y consolidando la base científica y tecnológica del país.

De forma complementaria, entre 2017 y 2020 se fortalecieron las capacidades institucionales regionales mediante formación, asistencia técnica y acompañamiento a los CODECTI, promoviendo la formulación de Agendas Departamentales de CTI y su participación en el FCTel. Desde 2021, la alianza con la Organización de Estados Iberoamericanos (OEI) impulsó programas para cerrar brechas territoriales y fomentar la apropiación social del conocimiento, beneficiando a más de 30.000 personas, entre mujeres, jóvenes y población infantil. En 2022 se creó una Red Nacional de Estructuradores de Proyectos, y en 2023 se incorporaron los Enlaces Territoriales, figuras clave en la articulación entre gobiernos locales, academia y sector productivo. Estas acciones se complementaron con la formulación de Planes de Acción en Educación y Desarrollo (PAED) y el impulso a ecosistemas territoriales de CTI, fortaleciendo la gestión de proyectos y la articulación regional.

Entre 2017 y 2024, se consolidó también la expansión territorial de programas emblemáticos como Ondas, Jóvenes Investigadores, Semilleros y Nexo Global, apoyados por el FCTel-SGR. Entre 2017 y 2018 se ejecutaron 37 proyectos en 24 departamentos, y entre 2019 y 2020 se aprobaron 31 adicionales, ampliando la cobertura territorial. El año 2019 marcó un hito con la aprobación de 122 proyectos por cerca de 798 mil millones de pesos, el mayor volumen de recursos movilizados para vocaciones científicas en el país. En el bienio 2023–2024, el Plan Bienal ASCTI dio continuidad a estas estrategias, financiando los Centros de Interés en CTI con enfoque STEM+, articulados con la metodología del programa Ondas e implementados en al menos seis departamentos, lo que permitió ampliar la cobertura municipal y fortalecer la pertinencia territorial de la formación científica.

4.2. Factores específicos

Los factores específicos del PECTIA son enfoques y temáticas claves que permiten potenciar los objetivos estratégicos del plan y que contribuyen en el desempeño, la productividad y la competitividad del sector agropecuario. Estos comprenden: i) la Agenda Dinámica Nacional de I+D+i, que define y prioriza las necesidades de investigación e innovación relevantes para el

sector; ii) la seguridad alimentaria, que promueve estrategias orientadas a mejorar la calidad y la inocuidad de los alimentos a través de programas y proyectos de ciencia, tecnología e innovación; iii) las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) esenciales para la gestión del conocimiento y el fortalecimiento de capacidades del SNIA; iv) la sostenibilidad, variabilidad y cambio climático, que contempla acciones encaminadas a implementar programas y proyectos que permitan comprender mejor las causas y los efectos del cambio climático en los sistemas productivos, así como generar soluciones tecnológicas para la adaptación y mitigación de dichos impactos; v) la gestión del conocimiento y la asistencia técnica, que impulsa el diseño y la implementación de políticas públicas que orienten la extensión y asistencia técnica agropecuaria como soporte efectivo a los procesos de innovación, así como el desarrollo de los Sistemas Territoriales de Innovación; y vi) el acceso a los recursos genéticos y la propiedad intelectual, que busca fortalecer y coordinar marcos políticos y normativos flexibles, y ampliar el conocimiento y la capacidad de los actores del SNIA para aplicar y aprovechar dichos marcos.

4.2.1. Agenda dinámica nacional de I+D+i

Se presentan los resultados del proceso de actualización de la Agenda I+D+i a nivel departamental y por cadenas productivas priorizadas, desarrollado entre 2017 y 2024. Se destacan algunas cifras sobre los proyectos ejecutados y las ofertas tecnológicas que dan respuesta a las necesidades identificadas en las agendas. Asimismo, se mencionan los convenios financiados por MinAgricultura, a través de los cuales se conformaron alianzas entre distintas entidades del sector, lo que ha permitido poner en marcha iniciativas de I+D+i articuladas y alineadas con las prioridades definidas en la Agenda.

- **Estrategia 8.** Ejecutar y gestionar la Agenda dinámica nacional de I+D+i logrando una adecuada provisión de recursos para su financiamiento, la coordinación de los actores a nivel nacional y territorial involucrados, y el seguimiento y evaluación.

Entre 2017 y 2024, se avanzó en la construcción, actualización y ejecución de la Agenda dinámica nacional de I+D+i para el sector agropecuario, cubriendo 104 productos agrupados en 53 cadenas o sistemas productivos y con presencia en 31 departamentos. Durante este periodo se identificaron 8.069 necesidades de investigación, desarrollo e innovación (I+D+i), concentrándose el 68 % de estas en 2021, gracias al papel dinamizador de las Mesas de Ciencia, Tecnología e Innovación Agropecuaria (Mesas de CTIA), lideradas por las Secretarías de

Agricultura departamentales, con apoyo técnico de AGROSAVIA y participación activa de actores clave del sector. Estas mesas promovieron la actualización de las agendas de I+D+i y de los PECTIA departamentales, orientando los esfuerzos hacia el fortalecimiento de la cadena de valor y la competitividad sectorial.

Por área temática, las necesidades se concentraron en Manejo cosecha, poscosecha y transformación (14 %), Socioeconomía, mercadeo y desarrollo empresarial (12 %), Manejo del sistema productivo (10 %) y Material de siembra y mejoramiento genético (9 %). En cuanto a cadenas productivas, Palma de aceite, Frutales, Acuicultura y pesca, Forestal, Hortalizas, Cacao, Cárnica bovina y Panela concentraron el 47 % de las demandas, mientras que Meta, Antioquia, Valle del Cauca, Cundinamarca, Casanare, Córdoba, Santander y Boyacá agruparon el 51 % de las necesidades identificadas, evidenciando la pertinencia territorial de la Agenda.

Entre 2017 y 2024 se registraron 2.409 proyectos en la Plataforma Siembra, de los cuales el 83 % concluyó y el 17 % sigue en ejecución. Cinco áreas temáticas concentraron el 63 % de las iniciativas: Material de siembra y mejoramiento genético (18 %), Manejo sanitario y fitosanitario (13 %), Manejo del sistema productivo (13 %), Transferencia de tecnología y asistencia técnica (10 %) y Manejo cosecha, poscosecha y transformación (8 %). La comparación con las demandas muestra que, aunque hay coincidencias en algunas áreas, persisten brechas significativas, particularmente en Socioeconomía, mercadeo y desarrollo empresarial, donde las necesidades superan ampliamente el número de proyectos ejecutados.

El periodo 2019–2021 incluyó la ejecución de 154 convenios financiados por MinAgricultura, de los cuales 117 fueron con productores, en colaboración con entidades como ICA, CIAT, CIMMYT, CATIE, SENA, universidades y asociaciones de productores. Estos convenios cubrieron 29 departamentos, con mayor representación en Cundinamarca, Antioquia, Córdoba, Meta y Valle del Cauca, y se enfocaron en cadenas con alta demanda de I+D+i como láctea, cárnica bovina, cacao y hortalizas.

Entre 2017 y 2025 se generaron 558 ofertas tecnológicas por 45 instituciones, con predominio de AGROSAVIA (51,3 %), CENICAFÉ (8,4 %) y FEDEARROZ (5,2 %). La oferta tecnológica muestra cobertura relativamente equilibrada entre departamentos y cadenas, aunque todavía existe una brecha importante entre la oferta generada y las necesidades identificadas en la Agenda,

especialmente en áreas estratégicas como Material de siembra y mejoramiento genético, Manejo del sistema productivo y Manejo cosecha, poscosecha y transformación.

Estos avances evidencian el progreso en la articulación de actores, la focalización de recursos y la generación de proyectos e innovaciones, aunque persisten retos en la alineación entre necesidades y proyectos ejecutados, así como en la implementación de un sistema de seguimiento estandarizado que permita evaluar impacto en productividad, competitividad y eficiencia de los procesos de CTI. La consolidación de la Agenda dinámica nacional de I+D+i requiere fortalecer la apropiación institucional, la coordinación interterritorial y la inversión en investigación aplicada, asegurando que los resultados de la I+D+i respondan de manera efectiva a las demandas del sector agropecuario.

- **Estrategia 9.** Poner en marcha un programa de I+D+i para la agricultura familiar

Entre 2017 y 2024, la Plataforma Siembra registró 27 proyectos directamente relacionados con la agricultura familiar, de los cuales el 51,9 % ya se encuentran finalizados y el 48,1 % permanecen en ejecución. Por áreas temáticas, el 29,6 % corresponde a Manejo del sistema productivo, el 22,2 % a Manejo ambiental y sostenibilidad y otro 22,2 % a Transferencia de tecnología, asistencia técnica e innovación, lo que refleja un énfasis en la optimización de prácticas productivas, la sostenibilidad ambiental y la incorporación de innovaciones adaptadas al contexto rural.

En términos de cadenas productivas, se destaca la participación de alimentos balanceados (14,8 %), hortalizas (11,1 %), panela (11,1 %) y cárnica bovina (11,1 %), mientras que otras cadenas como plátano, cuy, arracacha, plantas aromáticas y medicinales y café representan 3,7 % cada una. Adicionalmente, un 33 % de los proyectos aborda temáticas transversales, incluyendo fortalecimiento de capacidades para innovación en la agricultura campesina, familiar y comunitaria, agroecología, seguridad y soberanía alimentaria frente a cultivos transgénicos, acuaponía, economía circular, planes territoriales de agroecología, sostenibilidad de sistemas campesinos, redes de mercados agroecológicos y la integración generacional de jóvenes rurales.

La temporalidad de los proyectos indica un aumento reciente de iniciativas orientadas a la agricultura familiar, concentrándose en 2022 (33,3 %) y 2024 (25,9 %), evidenciando una tendencia hacia sistemas productivos más resilientes, diversificados y con enfoque territorial. Geográficamente, los proyectos se distribuyen en múltiples departamentos, con mayor participación en Antioquia (22,5 %), seguido por Boyacá (10,1 %), Bolívar (9,0 %), y Cesar y

Magdalena (7,9 % cada uno). En cuanto a las organizaciones ejecutoras, AGROSAVIA lidera con 63,0 % de participación, seguida por la Universidad Nacional de Colombia con 14,8 %. Otras entidades, cada una con 3,7 % de participación, incluyen la Pontificia Universidad Javeriana, Universidad Santo Tomás, CIPAV, UNAD, FENALCE y SENA.

Los proyectos se han centrado en fortalecer capacidades técnicas y productivas de pequeños productores, optimizar el manejo de sistemas agrícolas y pecuarios, impulsar prácticas agroecológicas y sostenibles, y promover el acceso a tecnologías apropiadas para contextos rurales, contribuyendo a mejorar la productividad, competitividad y diversificación de medios de vida de la agricultura familiar, así como la conservación de recursos naturales.

En términos de generación de información y evaluación, se han desarrollado metodologías y marcos de referencia para medir el desempeño de la agricultura familiar, combinando indicadores estadísticos, evaluaciones de sostenibilidad y lineamientos de política pública. Destacan la implementación del indicador ODS 2.4.1 por parte de la alianza DANE-FAO, que evalúa dimensiones como productividad, rentabilidad, manejo de fertilizantes, salud del suelo, biodiversidad, empleo digno, seguridad alimentaria y tenencia de la tierra, y la aplicación del Marco MESMIS en estudios de agroecosistemas campesinos, permitiendo diagnósticos participativos sobre sustentabilidad y resiliencia.

Desde la perspectiva de política pública, la Agricultura Campesina, Familiar, Étnica⁶ y Comunitaria (ACFEC) cuenta con un marco normativo definido por la Resolución 464 de 2017, que establece lineamientos estratégicos para su fortalecimiento, visibilización, articulación interinstitucional y seguimiento con enfoque diferencial y territorial.

En cuanto a oferta tecnológica, entre 2017 y 2025 se identificaron 131 soluciones orientadas a prácticas de agricultura sostenible. De estas, el 32,8 % se concentra en manejo ambiental y sostenibilidad, 20,4 % en material de siembra y mejoramiento genético, 16,1 % en manejo del sistema productivo y 11,3 % en manejo sanitario y fitosanitario. Las cadenas más representadas son arroz (32,3 %), cítricos (19,9 %), cacao (13,8 %) y papa (12,6 %). Estas tecnologías incluyen mejoramiento genético, manejo integrado de plagas, sistemas agroforestales y silvopastoriles,

⁶ La Resolución 175 de 2024 modifica la Resolución 464 de 2017 e incluye el componente étnico en la ACFEC.

captura de carbono, bioinsumos, compostaje, manejo del suelo y agua, riego eficiente, así como plataformas de información agroclimática y georreferenciada, lo que fortalece la toma de decisiones técnicas en la agricultura familiar.

A pesar de estos avances, se identifican desafíos para orientar de manera más efectiva la generación y transferencia de tecnologías hacia prácticas agroecológicas que aseguren productividad, sostenibilidad ambiental y resiliencia de las comunidades rurales.

4.2.2. Seguridad alimentaria y nutricional

Los reportes de avances de este factor tienen como base lo planteado por Ovalle et al. (2023). En relación con la seguridad alimentaria, el PECTIA propuso en 2016 como estrategia poner en marcha programas y proyectos de ciencia, tecnología e innovación para mejorar la calidad y la inocuidad de los alimentos, a través de dos líneas de acción. La primera de ellas, realizar procesos de generación, acumulación, socialización y aplicación de conocimiento tecnológico y la segunda, desarrollar estudios sobre tendencias del mercado, hábitos y preferencias alimenticias del consumidor, estrategias productivas, herramientas de promoción y políticas.

Para ambas líneas se identificaron algunos avances en dicha dirección, importantes pero insuficientes para dar cumplimiento a las metas propuestas en cada caso. Las principales fuentes de consulta fueron la plataforma Siembra y la Encuesta de CTI agropecuaria que se realiza anualmente entre el OCyT y AGROSAVIA. Sobre las fuentes, es necesario aclarar que, si bien estas herramientas recogen un volumen importante de información producida por diversos actores del SNIA, hay otra que aún no se refleja en ellas, dejando en evidencia la necesidad de contar con un desarrollo o metodología que facilite el conocimiento de los esfuerzos para reducir la inseguridad alimentaria y nutricional en el país.

Frente a la estrategia se encuentra que el enfoque está dado más hacia la calidad e inocuidad de los alimentos y no hacia garantizar la disponibilidad y el acceso a estos por parte de la población. Adicionalmente, se encuentra que, en el contexto nacional, no solo se está hablando de seguridad alimentaria, sino que es importante contemplar otros enfoques como el de la soberanía alimentaria y el Derecho Humano a la Alimentación

- **Estrategia 10.** Poner en marcha programas y proyectos de CTI para mejorar la calidad y la inocuidad de los alimentos.

Entre 2017 y 2024 se registran avances en la generación, adopción y aplicación de conocimiento tecnológico orientado a fortalecer la seguridad alimentaria y nutricional del país, mediante el mejoramiento de la calidad e inocuidad de los alimentos. Durante el periodo 2010–2025 se consolidó un portafolio de 610 ofertas tecnológicas en la plataforma Siembra, integrando información proveniente de distintas fuentes institucionales, incluyendo la Encuesta Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación Agropecuaria. Estas tecnologías abordan buenas prácticas agrícolas, procesos de poscosecha, transformación, inocuidad, diseño de empaques y aprovechamiento funcional de alimentos, constituyendo un soporte clave para la disponibilidad y acceso a alimentos seguros y de calidad.

En su desarrollo participan 50 entidades, con AGROSAVIA como principal generadora de conocimiento (48 % de las ofertas tecnológicas), consolidando su papel en la innovación agroalimentaria. Los resultados del Balance Social de AGROSAVIA evidencian una mejora sustancial en el impacto de las tecnologías adoptadas, con incremento en el retorno social de la inversión pública de 1,73 en 2017 a 3,50 en 2024 (AGROSAVIA, 2024a). En 2024, una muestra de 31 ofertas tecnológicas analizadas generó beneficios económicos adicionales por \$1,1 billones de pesos, derivados de su adopción por productores, con impactos tangibles en los ingresos y en la calidad de los alimentos.

Las tecnologías disponibles se relacionan con 44 cadenas productivas en 21 regiones, destacando cultivos como papa, algodón, arroz, cítricos, cacao, hortalizas y café. Las principales áreas de desarrollo son Manejo ambiental y sostenibilidad (29 %), Material de siembra y mejoramiento genético (19 %), Manejo del sistema productivo (11 %), Manejo de cosecha, poscosecha y transformación (10 %) y Manejo sanitario y fitosanitario (8 %), que aportan a la sostenibilidad, calidad e inocuidad del sistema alimentario.

Entre 2017 y 2024, la plataforma Siembra registra 118 proyectos asociados a calidad e inocuidad de insumos y productos, de los cuales 108 han finalizado y 10 se encuentran en ejecución. Las cadenas de cacao, frutales, láctea, cárnica bovina, hortalizas, arroz y panela concentran el 53 % de los proyectos, con una participación destacada del SENA (36,4 %) y AGROSAVIA (35,6 %), seguidos por la Universidad Nacional de Colombia y la UPTC (5,1 % cada una). Las iniciativas se

concentran principalmente en Antioquia, Cundinamarca, Boyacá, Nariño, Meta, Santander, Huila, Tolima, Valle del Cauca, Bolívar y Córdoba, lo que demuestra un alcance territorial amplio.

Los proyectos presentan una orientación directa hacia la seguridad alimentaria, mediante la mitigación de riesgos químicos y microbiológicos, y la generación de conocimiento para garantizar alimentos inocuos y nutritivos. Se destacan los estudios sobre cadmio, arsénico y residuos de plaguicidas en productos de consumo masivo, así como las investigaciones orientadas a mejorar la calidad microbiológica y sanitaria de leche, queso y carne. Estas acciones han fortalecido la capacidad nacional en análisis, estandarización de métodos y monitoreo de riesgos sanitarios.

Adicionalmente, se han desarrollado soluciones innovadoras basadas en biotecnología y nanotecnología, tales como biocontroladores, recubrimientos antimicrobianos, aditivos nutraceuticos y productos funcionales elaborados a partir de extractos naturales y subproductos agroindustriales. Estas innovaciones contribuyen a mejorar el valor nutricional, la conservación y la sostenibilidad de los alimentos, en línea con las demandas de mercados nacionales e internacionales.

También se evidencian avances en la implementación de buenas prácticas agrícolas, ganaderas y de manufactura, junto con procesos de formación técnica y fortalecimiento de capacidades regionales, que mejoran la producción de alimentos seguros y de calidad.

En conjunto, estos resultados demuestran un progreso notable en la articulación de la CTI con la seguridad alimentaria y nutricional, al promover alimentos más inocuos, sostenibles y nutritivos. Sin embargo, se identifican retos en el seguimiento y trazabilidad territorial de la adopción tecnológica, así como en la caracterización de los beneficios sociales y nutricionales derivados de estas prácticas, aspectos fundamentales para consolidar su impacto en la soberanía alimentaria y el bienestar de las comunidades rurales.

4.2.3. Sostenibilidad, variabilidad y cambio climático

Los reportes de avances de este factor tienen como base lo planteado por Ovalle et al. (2023). La estrategia del PECTIA del factor específico de "sostenibilidad ambiental, variabilidad y cambio climático", propuesta en 2016, se centró en poner en marcha proyectos para mejorar el

seguimiento y la comprensión de la variabilidad y el cambio climático, así como para producir soluciones tecnológicas que permitieran la adaptación y mitigación de sus efectos.

- **Estrategia 11.** 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

Durante los últimos años se han consolidado importantes avances en la coordinación interinstitucional, la generación de información agroclimática y el desarrollo de proyectos de I+D+i orientados a la adaptación y mitigación del cambio climático en el sector agropecuario.

En materia de articulación institucional, se fortalecieron espacios como la Mesa Técnica Agroclimática Nacional (MTA), formalizada en 2022, y las Mesas Técnicas Agroclimáticas Regionales, que hacia 2024 operaban en 27 departamentos, generando más de 300 boletines agroclimáticos con información oportuna para la toma de decisiones productivas. De igual forma, la Comisión Intersectorial de Cambio Climático (CICC) y los Nodos Regionales de Cambio Climático han consolidado la articulación entre el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA) y el Sistema Nacional de Cambio Climático (SISCLIMA). En este marco, el Plan Integral de Gestión del Cambio Climático del Sector Agropecuario (PIGCCS), adoptado en 2021, constituye el principal instrumento de planificación sectorial en la materia.

El país cuenta además con una base tecnológica fortalecida gracias a sistemas de información y alerta temprana como el SE-MAPA, SIGRA, SIAP, Aclimate Colombia, el CPT y el SIATAC, los cuales integran datos climáticos, ambientales y productivos para anticipar riesgos y apoyar la gestión territorial.

En cuanto a I+D+i, Colombia ha impulsado diversos proyectos en el marco del SNIA y de la cooperación internacional. Destacan la Convocatoria 929 de 2022 de MinCiencias, enfocada en medición de carbono e hidrógeno verde, y más de 30 proyectos registrados en la plataforma Siembra sobre adaptación, mitigación y sostenibilidad agroambiental. Iniciativas como LivestockPlus, la NAMA Ganadería Bovina y el PIRPAG han promovido sistemas silvopastoriles de bajas emisiones con resultados demostrados en productividad y reducción de GEI.

Asimismo, el proyecto Colombia Agroalimentaria Sostenible (CAS), aprobado en 2023 con apoyo del Fondo Verde del Clima, avanza en su implementación con 37 estaciones agroclimáticas, más

de 16.000 unidades demostrativas y más de 12.000 personas capacitadas en producción sostenible. Complementariamente, la iniciativa SASI (FAO, UE, Agrinatura y AGROSAVIA) desarrolla evaluaciones participativas en regiones estratégicas para fortalecer la sostenibilidad e inclusión de los sistemas agroalimentarios.

En el ámbito pesquero y forestal, la AUNAP ha promovido la repoblación de ciénagas y proyectos acuapónicos sostenibles, mientras los Núcleos de Desarrollo Forestal impulsan modelos de conservación productiva en zonas con alta presión de deforestación.

4.2.4. Tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC)

Los reportes de avances de este factor tienen como base lo planteado por Ovalle et al. (2023). Los avances se presentaron en términos de fortalecimiento, desarrollo e implementación tecnologías de la información y las comunicaciones para la gestión de conocimiento y el fortalecimiento de capacidades del SNIA.

Se identificaron mejoras en el acceso y uso de las TIC, lo cual aporta al cambio técnico en el sector agropecuario, se evidencia un índice de penetración de las conexiones a internet de banda ancha en Colombia: 65,5 % y más de 32 millones de conexiones, accesos fijos a internet por cada 100 habitantes en el país se situó en 15,72 a marzo de 2021 e internet de banda ancha fija (12,9 por cada 100 habitantes). Fibra óptica en: 753 municipios. Infraestructura en: 35 municipios, a marzo de 2021, el porcentaje de municipios de Colombia con cobertura en tecnología LTE fue del: 96,8 %, lo cual impacta el territorio colombiano.

En cuanto a formación y procesos educativos, se prevaleció la modalidad virtual lo que permitió dinamizar espacios e integración de tecnologías para llevar a cabo procesos de formación abarcando temas relacionados con el cambio climático, deforestación, agroindustria, buenas prácticas agrícolas, entre otros, por entidades como: Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MinAmbiente), SENA, Agencia de Cooperación Alemana GIZ, Instituto Sinchi, entre otras, a través de herramientas tecnológicas; en este último aspecto, se registran avances frente a procesos de modernización de las entidades sectoriales, incorporando tecnologías de la agroindustria 4.0, tales como: inteligencia artificial, inteligencia artificial, blockchain y registro distribuido, internet de las cosas, robótica en sus diferentes procesos en, análisis de suelos, para monitoreo, evaluación, seguimiento y gestión de plantaciones forestales basado en factores

biofísicos, productivos y económico-financieros de plantaciones localizadas en diferentes agro ecosistemas de Colombia, mejoramiento de razas, cartografía, comercialización de productos.

Po último, para avanzar en la transformación digital, el fortalecimiento de la I+D+i y los estudios en torno a la Inteligencia Competitiva, que contribuya a la democratización de la información para sus miembros y el fortalecimiento de capacidades se cuenta con el Consorcio Colombia que agrupa 57 universidades y 3 centros de investigación, el cual permite negociar costos de adquisición y alcance de bases de datos científicas, con el fin de mejorar los índices de investigación y así otras iniciativas que permiten integrar tecnologías para realizar análisis sobre la información y que aporten a la toma de decisiones de las organizaciones.

- **Estrategia 12.** Fortalecer, desarrollar e implementar tecnologías de la información y las comunicaciones para la gestión de conocimiento y el fortalecimiento de capacidades del sistema nacional de innovación agropecuaria

Durante el periodo 2017–2025, el país ha avanzado de manera significativa en la consolidación de la infraestructura digital, el desarrollo de plataformas tecnológicas sectoriales y la oferta de servicios formativos virtuales orientados al fortalecimiento de capacidades en CTIA.

En materia de conectividad y transporte de datos, a 2025 se registran 49,1 millones de accesos a internet móvil que representan una cobertura poblacional del 92 %, con una expansión progresiva de redes 4G (83 %) y 5G (9,6 %). La Comisión de Regulación de Comunicaciones (CRC) confirma que el 94,5 % de los sitios móviles soporta 4G y el 5,2 % 5G. A ello se suma el crecimiento de la Banda Ancha Social y de los accesos fijos (9,34 millones), fortaleciendo la capilaridad de datos desde los municipios hacia servicios en la nube utilizados por la agroindustria.

En cuanto al fortalecimiento de capacidades a través de TIC, distintas entidades han impulsado ofertas formativas digitales. AGROSAVIA, mediante la Academia AGROSAVIA y la plataforma Siembra, mantiene una amplia oferta virtual y semipresencial, complementada con espacios presenciales de transferencia como los Encuentros Linkata 2025. El SENA sostiene programas en inocuidad y procesamiento de alimentos con modalidad virtual, mientras que MinEducación a través de Colombia Aprende y Contacto Maestro, promueve competencias digitales y formación docente. Por su parte, GS1 Colombia ofrece cursos sobre trazabilidad y digitalización de cadenas productivas mediante estándares EPC/RFID y códigos 2D.

En relación con la generación, uso y transmisión de datos sectoriales, se destacan diversos avances: el IGAC reporta un 26,8 % del territorio con Catastro Multipropósito actualizado, lo que habilita la interoperabilidad entre trazabilidad predial, productiva e industrial. La UPRA, a través de SIGRA, mantiene boletines agroclimáticos con estimaciones espaciales de riesgo, y el IDEAM ha fortalecido la red hidrometeorológica con estaciones automáticas para analítica predictiva. AGROSAVIA continúa expandiendo las plataformas Siembra, Linkata y BAC, integrando contenidos, datos y comunidades técnicas. Adicionalmente, Cenicaña mantiene la Red Meteorológica Automatizada (RMA) y desarrolla infraestructura para agricultura de precisión, mientras que la Federación Nacional de Cafeteros (FNC) implementó una plataforma de georreferenciación para trazabilidad predial conforme a la EUDR.

En el ámbito de comercialización y trazabilidad digital, la política de compras públicas locales (Ley 2046 de 2020 y Decreto 248 de 2021) ha impulsado plataformas que vinculan productores con demandantes institucionales, complementadas con vitrinas regionales como Sumercé.tienda (RAP-E). Asimismo, iniciativas como Compra lo Nuestro, El Campo a un Clic y la plataforma SPEA – El Campo Innova facilitan el registro, la extensión digital, el comercio electrónico y el cumplimiento regulatorio, integrando datos sobre productores, trazabilidad y condiciones de “cero deforestación”.

El fortalecimiento de la inteligencia competitiva y el acceso a información científica se ha consolidado mediante el Consorcio Colombia, que agrupa 57 universidades y 3 centros de investigación, facilitando la adquisición de bases de datos científicas (ScienceDirect, Scopus, Sage, entre otras). Paralelamente, desde el sector privado, se destacan las plataformas de inteligencia tecnológica y de mercados desarrolladas por la Pontificia Universidad Javeriana, Ruta N Medellín, VINT (Cámara de Comercio de Cali) y la metodología InnoViTech del SENA.

Finalmente, en materia de gobernanza y política digital, la Política de Gobierno Digital (Decreto 767 de 2022) y la Estrategia Nacional Digital 2023–2026 orientan los esfuerzos para la interoperabilidad y la apertura de datos en el Estado. Entidades como el DANE, el IGAC, la UPRA, el ICA, el Ministerio de Agricultura y AGROSAVIA han fortalecido la oferta pública y sectorial de información estadística, geoespacial, sanitaria y productiva, generando bases sólidas para la gestión de conocimiento, la extensión digital y la transformación tecnológica del SNIA.

4.2.5. Acceso a recursos genéticos y propiedad intelectual

Los reportes de avances de este factor tienen como base lo planteado por Jiménez et al. (2022). Los avances en ARG y PI se presentaron en términos de fortalecimiento y coordinación de marcos políticos y normativos flexibles, como también en la ampliación del conocimiento y la capacidad para aplicar y aprovechar los marcos normativos asociados por parte de los actores del SNIA.

El fortalecimiento y coordinación de marcos políticos y normativos flexibles se evidenció mediante la optimización de los trámites y tiempos de radicación de contratos de acceso a recursos genéticos; el lanzamiento del Conpes 3934 del 2018 que impulsa la búsqueda de nuevas fuentes de crecimiento que sean sostenibles a partir de la oferta de capital natural para la producción de bienes y servicios ambientales; la definición del Decreto 931 del 2018 que tiene como propósito la creación del Sistema de Trazabilidad Vegetal y del Decreto 1470 del 2018 que adiciona al MinAgricultura la función de administrar los Bancos de Germoplasma para la Alimentación y la Agricultura del país; el establecimiento de la Misión Internacional de Sabios en el 2019 que promueve el conocimiento tradicional y genético de organismos y procesos de conservación y bioprospección de interés para la alimentación y la agricultura; la aplicación de la Resolución 72221 del 2020 que fortalece la implementación del Plan de bioseguridad y seguimiento a las siembras comerciales de cultivos genéticamente modificados con resistencia a plagas; la creación de la Resolución 67516 del 2020 que dicta los requisitos para la inscripción de cultivares producto del mejoramiento genético en el Registro Nacional de Cultivares Comerciales; la modificación del Art 6° de la Ley 1955, registrado en el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, que permite que personas naturales y/o jurídicas que han tenido acceso a recursos sin contrato, puedan solicitar el debido contrato, sin perder el trabajo avanzado, con miras de que impacte al sector comercial; y la realización de un proyecto de ley en el 2022 por medio de la cual se crean mecanismos para garantizar la conservación, el manejo y la utilización de los recursos genéticos para la alimentación y la agricultura en Colombia.

La ampliación del conocimiento y la capacidad para aplicar y aprovechar los marcos normativos asociados por parte de los actores del SNIA mostró avances en las jornadas de capacitación dirigidas por el grupo de Recursos Genéticos de la Dirección de Bosques, Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos del MADS; las iniciativas de capacitación lideradas por el Sistema de Información sobre Biodiversidad en Colombia; el lanzamiento de convocatorias para el escalamiento y futura comercialización de bioproductos por el Global Green Growth Institute y MinCiencias; y las

acciones generadas en el marco del SNIA con énfasis en variedades mejoradas y propiedad intelectual.

Es importante resaltar que dada la ratificación del Tratado Internacional de los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (TIRFAA) en 2024 y la sentencia T-247 de 2023 relacionada con los maíces nativos y criollos; se abre sobre el plano agropecuario la necesidad de hablar de los recursos genéticos, no solo desde el componente del acceso sino desde la visión compleja que implica la agrobiodiversidad, su conservación, rescate y uso, así como de los derechos de los agricultores y la necesidad de proteger los conocimientos bioculturales. Por lo anterior, se considera que el alcance de este factor es limitado frente a la dinámica sectorial actual.

Finalmente, se encuentran dos líneas de acción cuyas metas e indicadores nunca fueron definidos por lo que generar el seguimiento a estas no es posible y en uno de los casos se identificó que el sistema SECOPI-AGRO no existe.

- **Estrategia 13.** Fortalecer y coordinar marcos políticos y normativos flexibles, que dinamicen y regulen los procesos de acceso a recursos biológicos y genéticos y de protección de la propiedad intelectual, para impulsar el desarrollo tecnológico y la innovación del sector.

Entre 2017 y 2024, Colombia avanzó de manera significativa en la consolidación y modernización del marco normativo para el acceso, uso sostenible y aprovechamiento de los recursos genéticos y biológicos, así como en la protección de la propiedad intelectual asociada.

Uno de los principales logros fue la reducción del tiempo de radicación de los contratos de acceso a recursos genéticos, que pasó de más de tres años en 2010 a solo cuatro meses en 2024, gracias a la implementación de la Ventanilla Integral de Trámites Ambientales – VITAL, establecida mediante el Decreto 2016 de 2019, lo que mejoró la eficiencia y transparencia de los procedimientos.

En el ámbito de las políticas nacionales, el Conpes 3934 de 2018 sobre Crecimiento Verde impulsó la búsqueda de fuentes sostenibles de desarrollo basadas en el capital natural. De igual manera, la Misión Internacional de Sabios (2019) resaltó la importancia del conocimiento genético y tradicional para la bioprospección, la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad en la alimentación y la agricultura.

El marco regulatorio ambiental se consolidó con la expedición del Decreto 1076 de 2015, que unificó las normas sobre acceso a recursos genéticos, y con la Resolución 1352 de 2017, que precisó criterios técnicos para la prospección biológica y la investigación científica. Posteriormente, el Decreto 2106 de 2019 fortaleció la interoperabilidad de los trámites ambientales a través del Portal Único del Estado, contribuyendo a la simplificación administrativa.

A nivel supranacional, el país ha fortalecido su compromiso con instrumentos internacionales como el Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) y el Tratado Internacional sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (TIRFAA), avanzando en la alineación de las políticas de acceso y distribución justa de beneficios.

En materia de regularización, la Ley 1955 de 2019 (Plan Nacional de Desarrollo 2018–2022) permitió que las personas naturales o jurídicas que hubieran accedido a recursos genéticos sin contrato pudieran suscribirlo posteriormente, sin perder los avances en investigación, favoreciendo la legalidad y la continuidad científica.

Desde el sector agropecuario, el ICA fortaleció el control y registro de cultivares con la Resolución 67516 de 2020, que definió los requisitos para la inscripción en el Registro Nacional de Cultivares Comerciales. En 2024, esta norma fue inscrita en el Registro Subregional de Normas Sanitarias y Fitosanitarias de la Comunidad Andina (CAN), bajo la Decisión 515, garantizando su validez regional y facilitando el comercio de cultivares.

Por su parte, el Decreto 1470 de 2018 asignó a MinAgricultura la administración de los Bancos de Germoplasma para la Alimentación y la Agricultura (BGAA), delegando dicha función a AGROSAVIA mediante la Resolución 327 de 2018, con una vigencia de diez años. Ese mismo año, el Decreto 931 de 2018 estableció el Sistema de Trazabilidad Vegetal, mejorando la identificación de especies desde la producción hasta la comercialización. Además, AGROSAVIA implementó la Política para la adquisición, manejo y entrega de recursos biológicos conservados en los bancos de germoplasma, que regula el acceso de investigadores y sociedad civil a estos materiales.

En cuanto a bioseguridad y cultivos genéticamente modificados, la Resolución 72221 de 2020 promovió la implementación del Plan de Bioseguridad y Seguimiento a las Siembras Comerciales, garantizando el control de tecnologías con resistencia a plagas o tolerancia a herbicidas.

Finalmente, en el marco de la Subcomisión de Recursos Genéticos de la CIPI, MinAmbiente ha liderado el fortalecimiento de capacidades para el desarrollo de propiedad intelectual derivada del acceso a recursos genéticos, articulando esfuerzos con el Instituto Humboldt y AGROSAVIA para consolidar una estrategia nacional de bioprospección, orientada a transformar el conocimiento en innovación y valor agregado para el sector agropecuario.

- **Estrategia 14.** Ampliar el conocimiento y la capacidad para aplicar y aprovechar los marcos normativos que consagran los derechos y deberes en materia de acceso a recursos genéticos y PI, por parte de los actores del SNCTA (hoy SNIA)

Entre 2018 y 2024 se fortalecieron las capacidades de los actores del SNIA para aplicar los marcos normativos sobre acceso a recursos genéticos y propiedad intelectual. En 2018, MinAmbiente lideró jornadas de capacitación en universidades y entidades públicas sobre procedimientos de acceso, PI y vigilancia tecnológica. El SiB Colombia desarrolló al menos 14 iniciativas de formación en gestión y publicación de datos de biodiversidad, promoviendo la interoperabilidad y transparencia de la información biológica.

En paralelo, el programa MAPBIO (2021–2024), impulsado por MinCiencias, GGGI e iNNpulsa, apoyó el escalamiento de bioproductos basados en biodiversidad, movilizand recursos y fortaleciendo capacidades técnicas y comerciales en bioeconomía. Finalmente, aunque esta línea no cuenta con indicadores definidos, se destacan avances en la política de ciencia abierta, que incentiva el uso y la protección de la propiedad intelectual mediante el reconocimiento de productos en acceso abierto.

4.2.6. Gestión del conocimiento y asistencia técnica

Los reportes de avances de este factor tienen como base lo planteado por Molano et al. (2022a; 2022b). Durante el periodo analizado se registran avances significativos en la implementación de las estrategias orientadas al fortalecimiento de los Sistemas Territoriales de Innovación (STI) y la consolidación del Servicio Público de Extensión Agropecuaria (SPEA). Se destacan la publicación de metodologías específicas como TISERE, desarrollada por AGROSAVIA, e Innovación Rural Participativa (IRP), de la Corporación PBA, aplicadas en diversos territorios del país, incluyendo experiencias con enfoque diferencial. Paralelamente, se expidieron actos normativos que reglamentan e instrumentalizan la extensión agropecuaria, entre ellos la Ley 1876 de 2017, la Resolución 407 de 2018 y el Decreto 1319 de 2020, consolidando un marco técnico e institucional

para su operación. En materia de capacidades humanas, se avanzó en la formación y actualización de extensionistas mediante la creación de la Escuela Nacional de Extensión Rural, la implementación del Plan Nacional de Asistencia Integral Técnica, Tecnológica y de Impulso a la Investigación, y jornadas de capacitación lideradas por la ADR, el SENA, AGROSAVIA y la FAO, orientadas a fortalecer el rol de la extensión como soporte de los procesos de innovación en los territorios.

- **Estrategia 15.** Definir la metodología y el vínculo con las instancias de decisión en materia de I+D+i y demás actores del SNCTA, para el desarrollo de Sistemas Territoriales de Innovación.

Durante el periodo de implementación, se han logrado avances significativos en la definición y aplicación de metodologías para la conformación y fortalecimiento de los Sistemas Territoriales de Innovación (STI) en el marco de la Ley 1876 de 2017. AGROSAVIA ha liderado este proceso con la Metodología TISERE (Territorios Innovadores y Socioecológicamente Resilientes), implementada en distintos departamentos del país y adaptada en 2023 a contextos étnicos, indígenas y afrodescendientes, fortaleciendo la pertinencia cultural y territorial del enfoque.

Paralelamente, otras entidades han aportado al desarrollo metodológico de los STI desde diferentes enfoques. La FAO y el GEF impulsan la Estrategia Conexión BioCaribe, centrada en la conectividad socioecosistémica en la región Caribe; la Corporación PBA ha desarrollado la Estrategia de Innovación Rural Participativa en Córdoba y Sucre; y se han consolidado experiencias como la Red de Innovación para la Sostenibilidad de los Montes de María y el Centro de Innovación y Apropiación Social de la Caficultura Caucana, que promueven la gobernanza territorial de la innovación.

Desde el ámbito de política pública, MinCiencias ha fomentado el fortalecimiento de los Sistemas Territoriales de Ciencia, Tecnología e Innovación a través del Fondo de CTel del SGR, financiando 50 proyectos entre 2020 y 2021 por más de 150 mil millones de pesos, de los cuales varios han tenido componentes agropecuarios. En articulación con AGROSAVIA, el Ministerio de Agricultura ha invertido cerca de 7 mil millones de pesos en iniciativas orientadas al fortalecimiento de los STI agropecuarios.

A pesar de estos avances, se evidencia la necesidad de establecer parámetros técnicos y conceptuales comunes que orienten la identificación, caracterización, consolidación y evaluación

de los STI. La sostenibilidad, la transdisciplinariedad, la articulación multiactor y la visión de largo plazo son criterios esenciales para fortalecer la vinculación efectiva de estos sistemas con las instancias de decisión en materia de I+D+i y con los actores del SNIA

- **Estrategia 16.** Diseñar, estructurar e implementar políticas públicas que orienten la extensión y asistencia técnica agropecuaria como soporte efectivo a los procesos de innovación, con un enfoque integral y diferencial, articulando el trabajo colaborativo con los diferentes actores de los STI.

Entre 2017 y 2024, Colombia ha consolidado un marco normativo y operativo sólido para reglamentar y poner en marcha el Servicio Público de Extensión Agropecuaria (SPEA), en cumplimiento de la Ley 1876 de 2017. Este proceso se ha sustentado en la expedición de actos administrativos que regulan aspectos técnicos, financieros y de habilitación de las Entidades Prestadoras del Servicio (EPSEA), así como en la creación de instrumentos metodológicos para la planeación y seguimiento territorial del servicio.

Destacan la Resolución 407 de 2018, que definió los lineamientos técnicos y metodológicos para la formulación de los PDEA; el Decreto 1319 de 2020, que reglamentó el Fondo Nacional de Extensión Agropecuaria (FNEA); la Resolución 312 de 2022, que adoptó el Plan Nacional de Asistencia Integral Técnica, Tecnológica y de Impulso a la Investigación; y la Resolución 096 de 2024, que actualizó los lineamientos para los PDEA, incorporando enfoques territoriales, diferenciales, agroecológicos, de género y de paz, además de la figura de promotores agropecuarios campesinos y étnicos.

La articulación interinstitucional ha sido un pilar fundamental. MinAgricultura, la ADR, el DNP, AGROSAVIA, el SENA y las secretarías departamentales de agricultura han trabajado conjuntamente en la formulación de instrumentos técnicos y metodológicos que soportan la implementación del Subsistema Nacional de Extensión Agropecuaria. Entre ellos se destacan el manual operativo, las guías para la formulación de PDEA, el registro y clasificación de usuarios, y los mecanismos de seguimiento y evaluación.

En materia de fortalecimiento de capacidades, el SENA ha desarrollado nueve programas de formación que beneficiaron a más de 72.000 extensionistas entre 2017 y 2025, junto con la formulación de Normas de Competencia Laboral y la creación de la Escuela Nacional de Extensión Rural. Paralelamente, la ADR, en convenio con la Universidad Nacional, capacitó a 4.159

aspirantes a extensionistas en los 33 departamentos del país, mientras que AGROSAVIA adelantó más de 2.800 actividades de actualización y divulgación, alcanzando más de 70.000 participantes.

En el plano tecnológico, la plataforma Campo Innova (administrada por MinAgricultura) se consolidó como el principal sistema para la trazabilidad y control de la prestación del SPEA, permitiendo la interoperabilidad de la información y el monitoreo de la cobertura. Entre 2019 y 2024, la ADR ejecutó más de 232.000 millones de pesos, beneficiando a 443.111 pequeños productores.

Asimismo, se han articulado esfuerzos con los Sistemas Territoriales de Innovación (STI), integrando acciones de extensión en los procesos de diagnóstico y priorización territorial. Esta articulación ha permitido fortalecer la apropiación del conocimiento técnico y científico, promover el intercambio de saberes locales y avanzar hacia una extensión más contextualizada y participativa.

Finalmente, se han iniciado procesos de investigación y monitoreo sobre la adopción tecnológica y los impactos del servicio de extensión, liderados por AGROSAVIA, MinAgricultura y la FAO. Aunque persisten desafíos en la operativización plena del FNEA y en la consolidación de un programa nacional de investigación con cobertura integral, los avances alcanzados sientan las bases para una extensión agropecuaria más articulada, incluyente y orientada a la innovación territorial.

5. Actualización del PECTIA 2025

La presente actualización del PECTIA conserva los componentes estructurales definidos en la versión 2017–2027, en particular la visión, la misión y los objetivos estratégicos, en tanto su modificación corresponde a una nueva versión del Plan con una vigencia posterior al 2027. Así mismo, se mantiene la estructura basada en factores habilitantes y específicos, los cuales fueron ampliados para incorporar temas emergentes de relevancia y prioridad sectorial actual. A partir del diagnóstico de la implementación del PECTIA y de los procesos de co-construcción, validación y consulta pública, con amplia participación de actores del SNIA, se formularon recomendaciones que se reflejan principalmente en la matriz de estrategias y líneas de acción, organizada por cada factor. En consecuencia, el PECTIA 2025 está conformado por 10 factores habilitantes, la Agenda I+D+i, seis (6) factores específicos, 49 estrategias y 248 líneas de acción.

5.1. Alcance

El PECTIA 2017-2027, dentro del SNIA es un marco orientador de la política de CTI y de su financiamiento con recursos públicos, privados y de cooperación, para promover el cambio técnico, la generación de valor y la evaluación periódica de sus resultados respecto de la sostenibilidad, la productividad y la competitividad. Todo lo anterior con la participación de los distintos actores nacionales, territoriales y especiales, vinculados a los procesos de gestión de conocimiento de la I+D+i del sector agropecuario.

Su propósito se orienta a focalizar acciones en los aspectos priorizados por el sector agropecuario que se requieren resolver, mejorar la eficiencia en la asignación de recursos, la articulación de la institucionalidad y su relación con los actores del SNIA y complementar sus capacidades para una mayor y mejor capacidad de respuesta, promover la gestión de conocimiento, el cambio técnico y la innovación y proponer una mejor gobernanza del SNIA.

5.2. Principios y pilares

Los principios estratégicos del PECTIA orientan su construcción y accionar desde una perspectiva de análisis articulado con los actores que conforman el sistema nacional de CTI, que le dan el matiz de ser un documento de política pública de carácter social y colectivo, validado en instancias del orden nacional y territorial, que vincula a tomadores de decisiones, expertos, beneficiarios y dinamizadores de la I+D+i sectorial. El plan tiene como principios fundamentales:

- Representatividad: se vinculan actores relacionados con los diferentes roles y acciones del sistema, en relación con actividades en las cadenas y los sistemas productivos, así como en la gestión de conocimiento, lo cual garantiza mayor objetividad en la definición de las estrategias que el PECTIA propone, junto con un mayor control social en su implementación.
- Participación: de los actores del SNIA que se vinculan al proceso de construcción social y ejecución en los ámbitos nacionales y territoriales, así como las instancias del orden nacional, territorial e intersectorial que pueden aportar elementos para una mejor orientación del PECTIA.
- Pertinencia: lograr que el proceso de construcción social y ejecución sea sensible a las realidades del entorno, para definir acciones que de manera adecuada, oportuna y eficaz permitan

solucionar los retos y responder a los requerimientos sobre CTI para el sector agropecuario colombiano.

- **Integralidad:** asegurar la productividad mediante programas que acompañen el acceso efectivo a la tierra, con innovación, ciencia y tecnología, asistencia técnica, crédito, riego y comercialización y con otros medios de producción que permitan agregar valor.

Los pilares que soportan las estrategias del PECTIA orientan su accionar y contemplan los aspectos transversales de enfoque territorial, coordinación institucional e intersectorial y articulación (nación-región), que conforman la estructura base del plan (Figura 5).

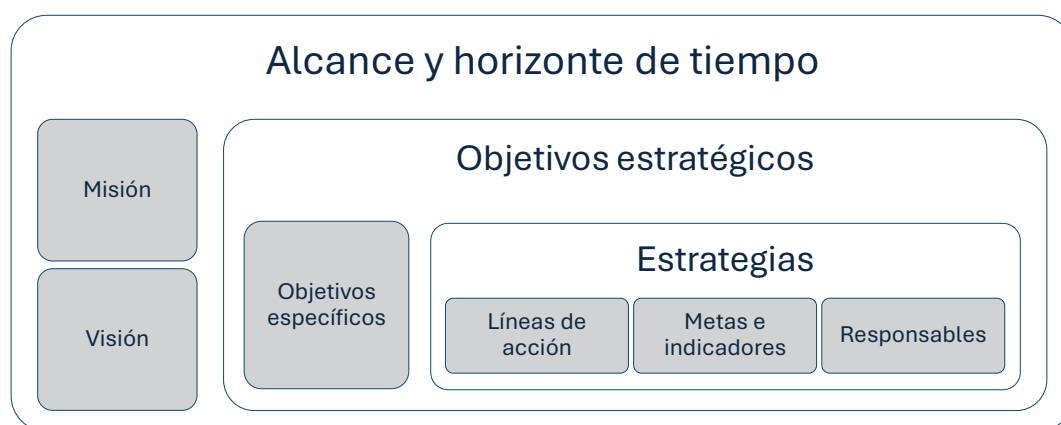


Figura 5. Estructura del plan estratégico sectorial.

Fuente: Elaboración propia

5.3. Misión

Coordinar, focalizar, dar prioridad y hacer más pertinente la gestión de conocimiento de la investigación, el desarrollo tecnológico y la innovación (I+D+i) para el cambio técnico y la generación de valor de la industria agraria nacional, orientado a mejorar su sostenibilidad, productividad y competitividad con enfoque territorial y fortalecer el SNIA con capital social, infraestructura científica, mecanismos de financiamiento y marcos de gobernanza para lograrlo.

5.4. Visión

“Ciencia, tecnología e innovación, motor de desarrollo social, económico y ambiental del sector agropecuario colombiano”.

Para 2027, el país contará con un sistema de innovación agropecuario activo y coordinado en el ámbito nacional y territorial, que habrá contribuido al aumento de la sostenibilidad, la competitividad y la productividad sectorial, al mejoramiento de la calidad e inocuidad de la oferta alimentaria nacional y del capital social necesario para una adecuada gobernanza de los recursos públicos de inversión en actividades y capacidades en CTI, apoyada por mecanismos de seguimiento y evaluación efectivos.

5.5. Escenario apuesta

Para 2027, las diferentes políticas públicas relacionadas con la CTI sectorial estimularán la innovación y el cambio técnico en el sector agropecuario, convocarán a los actores del SNIA para aunar esfuerzos, propiciarán incentivos adecuados, una inversión suficiente, oportuna y permanente y marcos normativos eficientes, eficaces y equitativos para la generación de investigación e innovación, con pertinencia, bajo un sistema de vigilancia y control que garantice la correcta asignación de los recursos, lo cual se traduce en un aumento del producto interior bruto (PIB) y una motivación de la industria privada y pública en la inversión sostenible en CTI para el sector.

La gobernanza e institucionalidad para el sector agropecuario (agrícola, pecuario, forestal, acuícola, pesquero y agroindustrial) se caracteriza por un marco de acción operativo y estratégico soportado en la estructura del SNIA y la articulación nación-región bajo un marco de coordinación interinstitucional e intersectorial con enfoque territorial, dinamizado por políticas de CTI orientadas a guiar las acciones para aumentar la competitividad y sostenibilidad del sector, el mejoramiento de las condiciones de vida de la población vinculada y del consumidor final, dar respuesta a las demandas priorizadas del sector que minimice la duplicación de esfuerzos, fortalezca las alianzas estratégicas y tenga en cuenta las condiciones y potencialidades del país y las tendencias y oportunidades del entorno.

Las regiones tienen una agenda de investigación, desarrollo tecnológico e innovación que responde a las necesidades reales del sector señaladas mediante procesos periódicos de actualización y priorización de demandas con la participación de los actores del sistema de innovación (universidades, centros de investigación y desarrollo tecnológico, asociaciones de productores y empresas, entre otros), soportadas en pilares de política pública e instrumentos que garantizan su adopción y uso en forma consensuada y articulada.

Se consolida la ejecución de proyectos, la formación de recurso humano y la dotación de infraestructura científica necesarios y el fortalecimiento de grupos de investigación para plantear de manera integral las demandas y oportunidades sectoriales de CTI, a través de la trans-, inter- y multidisciplinariedad de la investigación y focalizar la estrategia global de I+D+i sectorial en temas centrales de agrobiodiversidad, agroecología y agricultura campesina, familiar y comunitaria; herramientas de extensión y asistencia técnica integral especializada, el manejo integrado de sistemas de producción, soportados en el desarrollo, el ajuste, la validación y la adaptación de tecnologías, prácticas, planes y modelos; tecnologías en manejo cosecha, poscosecha y transformación para la diversificación de la oferta de productos y el aprovechamiento integral de subproductos; programas de manejo integrado de plagas y enfermedades para sistemas productivos, basados en el estatus sanitario y fitosanitario actual; obtención, evaluación y adaptación de materiales nativos e importados con características deseadas en calidad sanitaria y fitosanitaria; bioprospección y biotecnología para el desarrollo de productos especializados y de valor agregado que respondan a la demanda de mercados externos e internos y tecnologías para el uso consultivo de los recursos suelo, agua, biodiversidad y servicios ecosistémicos que promuevan el fortalecimiento de sistemas productivos agroecológicos resilientes frente al cambio y la variabilidad climática; y diálogo de saberes que permita el reconocimiento y fortalecimiento de los conocimientos tradicionales.

El conocimiento y la innovación generados por el sistema gozan de una adecuada protección que incluye el reconocimiento y valor de materiales nativos, la propiedad intelectual frente a los desarrollos que lo requieren y de un uso amplio de las TIC para su generación, acumulación y socialización.

Los sistemas nacional y territoriales de innovación articulan los actores que contribuyen a la gestión de conocimiento para el cambio técnico y la innovación, con un amplio desarrollo de redes y de vinculación a la investigación internacional que facilita la generación, acumulación, socialización y adopción de conocimiento de alto efecto en la productividad, competitividad y sostenibilidad sectorial, a través de procesos de formación, adopción de tecnologías, esquemas de vigilancia de la frontera tecnológica, mecanismos de gestión de la innovación e incorporación del conocimiento tradicional y práctico de las comunidades rurales.

La formación y vinculación de capital social en todos los niveles bajo políticas de vinculación laboral y productivas justas son orientadas por las necesidades de los eslabones de las cadenas

productivas. Los programas de formación articulan las orientaciones de investigación y transferencia, las competencias y necesidades de formación en la zona rural, la apropiación de la CTI en el campo, acompañada de un tejido social robusto, con mejores interacciones entre la comunidad y el Gobierno y una mejora significativa en términos de enfoque diferencial y equidad de género.

5.6. Objetivos estratégicos

1. Contribuir a mejorar la seguridad alimentaria y nutricional mediante actividades de I+D+i enfocadas en la calidad e inocuidad de los productos agropecuarios.
2. Incrementar la productividad y competitividad de los sistemas productivos agropecuarios para el cambio técnico y la generación de valor mediante actividades de I+D+i.
3. Promover el desarrollo de sistemas productivos ambientalmente sostenibles para la conservación, manejo y uso adecuado de los recursos naturales.
4. Fortalecer el capital social, las capacidades del SNIA y el relacionamiento de sus actores para el cambio técnico y la generación de valor a través de la gestión del conocimiento en redes.

5.7. Mapa estratégico

El mapa estratégico es una herramienta visual que representa cómo se alinean los objetivos del PECTIA con sus distintos componentes estratégicos para el logro de los resultados. Es así, cómo se puede notar fácilmente los principales cambios entre su expedición y primera actualización.

El mapa estratégico del PECTIA en su primera versión, presentó cuatro objetivos estratégicos cuyas estrategias y líneas de acción se propusieron alrededor de cuatro factores habilitantes de la ciencia, la tecnología y la innovación y seis factores específicos para el sector agropecuario (Figura 6).



Figura 6. Mapa estratégico PECTIA, primera versión

Fuente: MinAgricultura, Colciencias, Corpoica (2016)

En la presente actualización del PECTIA se mantienen los cuatro objetivos estratégicos y se consolida una estructura compuesta por factores habilitantes, la Agenda I+D+i y los factores específicos que orientan el accionar del Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA) y sus tres subsistemas. Esta estructura responde tanto a las tendencias actuales en ciencia, tecnología e innovación agropecuaria, como a las necesidades identificadas en los procesos territoriales de planificación y en la actualización de la Agenda I+D+i. Como resultado, se incorporan y fortalecen elementos estratégicos que reflejan los desafíos y prioridades del sector, tales como el Derecho Humano a la Alimentación, la agrobiodiversidad, los sistemas territoriales de innovación, el enfoque diferencial e interseccional, la agrologística, la agroecología, la sanidad e inocuidad y la bioeconomía. Cada uno de estos componentes está organizado en estrategias y líneas de acción (Figura 7).

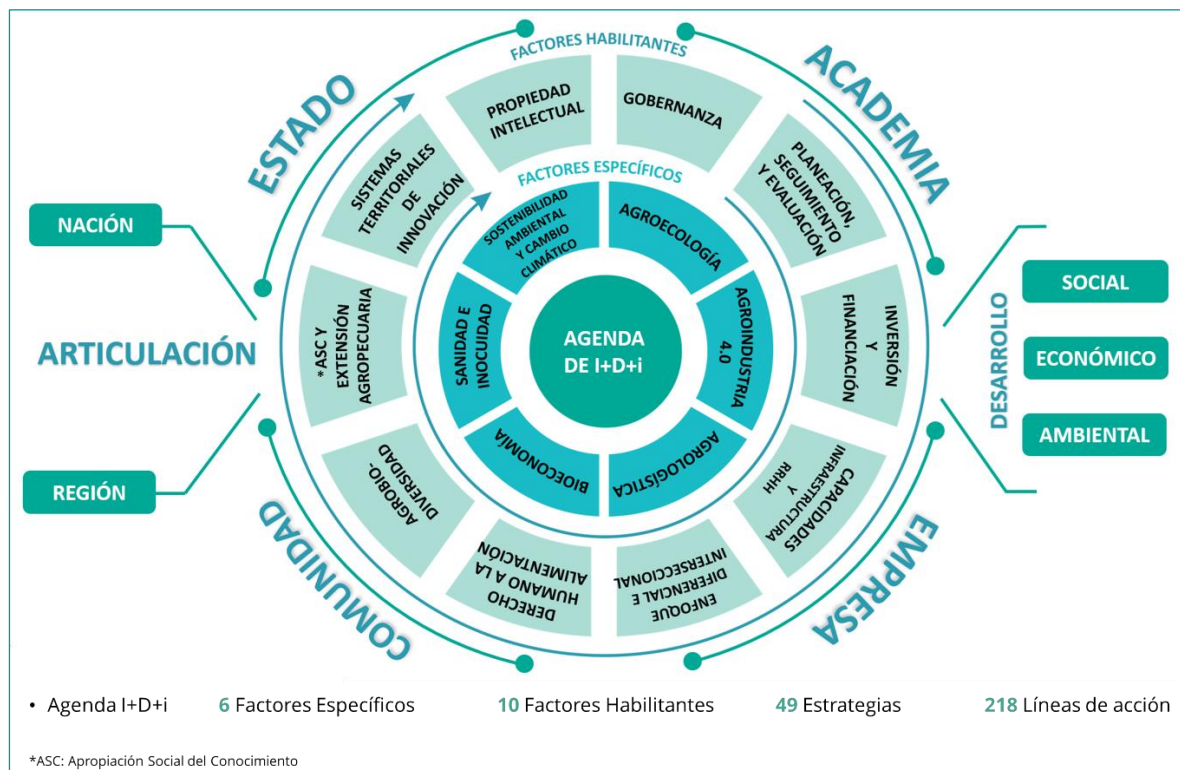


Figura 7. Mapa estratégico PECTIA, actualización 2025

Fuente: elaboración propia

5.8. Factores habilitantes

Los factores habilitantes del PECTIA constituyen los pilares que permiten la implementación efectiva de las estrategias y acciones orientadas al fortalecimiento de la ciencia, la tecnología y la innovación agropecuaria en el país. Integran aspectos institucionales, normativos, de articulación interinstitucional, formación de capacidades, infraestructura y financiamiento, que en conjunto crean las condiciones necesarias para dinamizar los procesos de I+D+i en los territorios y responder a las demandas del sector agropecuario con enfoque territorial, diferencial y sostenible.

5.8.1. Gobernanza

La gobernanza se entiende como “las tradiciones e instituciones mediante las cuales se ejerce la autoridad en un país, incluyendo el proceso mediante el cual los gobiernos son seleccionados, supervisados y reemplazados; la capacidad del gobierno para formular e implementar políticas sólidas; y el respeto de los ciudadanos y del Estado a las instituciones que gobiernan las interacciones económicas y sociales” (Banco Mundial, 2023, p. 4).

La gobernanza multiactor se configura como un modelo de gestión colaborativa, en el cual “las asociaciones voluntarias entre actores públicos y no públicos trabajan de manera conjunta con un propósito compartido, bajo principios de transparencia, beneficio mutuo, representación equilibrada y respeto a la independencia del sistema de Naciones Unidas” (ONU, 2015, p. 12). Así, mientras la gobernanza enfatiza en los mecanismos institucionales que orientan el ejercicio del poder y la formulación de políticas, la gobernanza multiactor amplía esta perspectiva al resaltar la inclusión y la corresponsabilidad de múltiples actores en la búsqueda de soluciones sostenibles y legítimas.

La OCDE (2018) en su Marco de políticas para una buena gobernanza pública, define este concepto como “la formulación, la ejecución y la evaluación de reglas, procesos e interacciones formales e informales entre las instituciones y los agentes que componen el Estado, y entre el Estado y los ciudadanos, sea individualmente, sea en forma de organizaciones de la sociedad civil, de empresas y de otros agentes no estatales, que enmarquen el ejercicio de la autoridad pública en aras del interés público y una toma de decisiones que permita una adecuada anticipación y detección de problemas y que, en respuesta, sustente el incremento de la prosperidad y del bienestar generales”.

Adicionalmente, se identifica que la buena gobernanza pública es la combinación de tres elementos interconectados (OCDE, 2018):

- Valores: rasgos principales de comportamiento que orientan la gobernanza pública en todas sus dimensiones de manera que fomente y proteja el interés público.
- Factores propiciadores: una trama integrada de prácticas para detectar correctamente problemas y dificultades, y para formular, aplicar y evaluar las reformas encaminadas a mejorar los resultados.
- Instrumentos y herramientas: una serie de instrumentos políticos y de herramientas de gestión para una formulación efectiva de políticas públicas.

Con base en lo anterior, se puede inferir que en la gobernanza confluyen factores críticos cuya adecuada articulación determina su efectividad. Entre estos se destacan la planificación estratégica, el rol de los gobiernos departamentales y municipales, las herramientas de planificación nacional y subnacional y, de manera transversal, la participación de los distintos

actores institucionales, territoriales y sociales, entendida como un factor habilitador y dinamizador del plan. Asimismo, resultan fundamentales los mecanismos que promuevan la alineación vertical y horizontal entre los actores que conforman el entramado institucional, con el fin de asegurar coherencia, corresponsabilidad e impacto en la implementación.

El PECTIA 2017-2027, en el momento de su lanzamiento en marzo de 2017, no tenía efecto vinculante para ninguna organización, se pensó desde el inicio como un instrumento de política pública sectorial, producto de una construcción social, cumpliendo con los principios de representatividad, participación y pertinencia; coherente con los procesos sectoriales e intersectoriales. Es por esto, que hablar de gobernanza es fundamental en el proceso de actualización pues se consolida como la forma de llevar a la realidad el ejercicio planteado y construido entre los diferentes actores. El detalle del componente de “Gobernanza” se encuentra en el Anexo 3.

5.8.2. Planeación, Seguimiento y Evaluación

La información contenida en este componente, desarrolla la actualización del capítulo Planeación seguimiento y evaluación del Sistema Nacional de Ciencia Tecnología e Innovación – SNIA y de los mecanismos para la implementación del PECTIA, que cuenta con líneas de acción estructuradas según lo planteado en la Ley 1876 de 2017, teniendo presente que estos elementos se analizan a través de los subsistemas nacionales, las instancias del ámbito nacional y territorial que participan; los cuales a su vez, deben tener en consideración los principios del SNIA referenciados en la Ley.

En este componente se describen los conceptos y el enfoque actual aplicado en la planeación, el seguimiento y la evaluación de políticas planes y programas en contraste con los elementos que hacen parte del ciclo de la gestión pública, entre ellas las acciones de ciencia, tecnología e innovación.

Una corriente que viene siendo aplicada al seguimiento y evaluación (S&E) de diversas políticas públicas pero en particular a las relacionadas con la CTI y que ha ido más allá de la Gestión por Resultados (GpR) es la teoría del programa o ‘evaluación orientada por la teoría’, que consiste en un método de evaluación basado en “cómo funcionan los procesos de intervención (o política pública) y los resultados que se esperan obtener, no solo evaluando el logro de los objetivos sino también identificando los mecanismos causales que han conducido a ellos” (Ligero, 2011, p.19;

citado por Londoño et al., 2021, p. 72). Se basa en la explicación del modelo lógico del programa (o intervención) y las relaciones causales que se dan desde los insumos (inputs) hasta los resultados (outputs), analizando las dimensiones o espacios en las que se producen y si los medios para ello han sido los adecuados para el logro de los objetivos establecidos, esto conlleva al análisis de los procesos, que deriva en la “teoría del cambio” (Weiss) o “evaluación comprehensiva” (Rossi), que conforma “el avance más evolucionado y sofisticado en evaluación hasta la fecha” desde una perspectiva sistémica (Greene, p.164, citado por Ligerio, 2011, p.30; citado por Londoño et al., 2021, p. 73) aplicable a los Sistemas de Innovación (SI).

En el marco de estos enfoques se han desarrollado diversos análisis y esquemas sobre “sistemas” de monitoreo, seguimiento y evaluación, que han permitido sentar unas bases conceptuales y metodológicos generales y replicables en distintos ámbitos. Los diferentes organismos multilaterales son los que generalmente manejan este tipo de recursos, disponiendo una serie de referentes útiles para quienes tienen previsto avanzar en estos procesos.

El Banco Mundial y el Banco Interamericano de Desarrollo mencionan que los sistemas de S&E “constituyen el resultado de la aplicación de principios, procesos, procedimientos y practicas operativas y administrativas para el desarrollo de un conjunto de herramientas integradas” (Pasquetti C. y Salas C. (eds.), 2016), configurándose como un instrumento estratégico de gestión y planeación, para proveer información n sobre el desempeño y logro de resultados, útil para la toma de decisiones basada en evidencia y generar mejoras en las intervenciones y la gestión (CEPAL, 2021), a cualquier nivel (gobierno, agencia, institución, equipo, política, programa, proyecto, sector) por lo que se relacionan estrechamente con la planificación y miden la eficacia y la eficiencia de los logros obtenidos en términos de productos, resultados e impactos, a partir de un proceso sistemático de recolección de información.

Estos “sistemas” tienen una estructura definida, unos actores, con roles y funciones, que los conforman, y unos objetivos precisos que cumplir, acompañados de arreglos institucionales e instrumentos diseñados para ello. En América Latina se ha interiorizado cada vez más la necesidad e importancia de contar con información pertinente, con evidencia de los logros de las metas de gobierno, para la gestión y mejora continua de las polí ticas, y se han identificado modelos y procedimientos específicos para hacer S&E.

En el país la planeación, el seguimiento y la evaluación de la política pública, son elementos que hacen parte del ciclo de la gestión pública, para actividades entre las que se encuentran de la ciencia, tecnología e innovación (ACTI).

La planeación es el punto de partida de la gestión pública, en donde se establecen las directrices estratégicas para guiar la gestión del desarrollo integral. Es un proceso permanente mediante el cual se determina racionalmente a dónde se quiere ir y cómo llegar a ese punto. Su construcción debe contar con la participación de los ciudadanos y debe estar enfocada a conseguir resultados (DNP, s.f.a). De acuerdo con (Mattar, Jorge; Perrotti, Daniel, 2014), en el contexto del sector público, el concepto de planeación se ha enriquecido y se ha distanciado de la planificación normativa, indicativa o tradicional (donde las tendencias orientan el proceso de planificación), a concepciones estratégicas con fórmulas participativas tanto en la construcción de visiones de futuro como en los planes para alcanzarlas.

La ejecución es el proceso a través del cual se ponen en marcha las decisiones y acuerdos establecidos en los distintos planes, principalmente los de desarrollo, los cuales se concretan en políticas, programas y proyectos. En este momento se emprenden las acciones y se disponen eficientemente recursos para lograr los objetivos y las metas establecidas en los planes (DNP, s.f.b).

En la medida que se adelanta la ejecución de políticas, planes programas y proyectos, el seguimiento y la evaluación cobran especial importancia ya que durante estos procesos se realiza el análisis de los logros y avances que se han dado en la ejecución de la gestión con el fin de tener un balance técnico de cómo va el gobierno con el logro de los objetivos y metas. La información generada en estos procesos debe servir para realizar ajustes y reorientar las políticas donde sea necesario y con la oportunidad requerida (DNP, s.f.a).

En el marco de este Plan, el seguimiento se concibe como un ejercicio periódico, mediante revisiones anuales o bianuales del avance del PECTIA, apoyadas en la matriz de metas e indicadores, con el fin de identificar oportunamente ajustes y mejoras basadas en los resultados obtenidos.

La evaluación, aunque articulada al proceso de seguimiento de las estrategias y acciones, debe desarrollarse como una función diferenciada. En el caso de las intervenciones en sistemas de innovación, la evaluación exige metodologías más complejas que vayan más allá de la simple

rendición de cuentas, y que se enfoquen en el aprendizaje estratégico y la mejora continua. Su objetivo principal es generar información útil para retroalimentar la actualización del Plan, optimizar la implementación y asegurar un uso más eficiente de los recursos, por lo que se recomienda que sea realizada por un tercero independiente.

En este contexto, la Plataforma Siembra cumple un rol clave dentro del sistema de seguimiento y evaluación, lo que implica contar con procesos claros y estandarizados para el suministro de información y el reporte sistemático de avances.

Una vez comprendida la importancia de los procesos de evaluación y su papel en la medición del avance y la efectividad de las acciones implementadas, resulta pertinente profundizar en las herramientas que permiten llevarlos a cabo de manera sistemática y objetiva, por lo cual el Anexo 4 aborda en profundidad este tema.

5.8.3. Inversión y financiamiento

En materia de inversión y financiamiento, el PECTIA elaborado en 2016 planteó como estrategia principal alcanzar acuerdos de carácter político y administrativo que permitieran asegurar la financiación del plan. Esta estrategia se diseñó en un contexto en el que el SNIA y su marco normativo estaban en proceso de consolidación, por lo que las seis líneas de acción propuestas buscaban sentar las bases institucionales y técnicas para su puesta en marcha, contribuyendo a la estructuración de un sistema de inversión pública y privada orientado a resultados en ACTI agropecuaria. En la actualidad, los avances en la consolidación del marco institucional de la I+D permiten evidenciar una evolución en la inversión pública en el sector agropecuario. En este sentido, el CONPES 4145 de 2025 destaca al sector agropecuario como uno de los principales contribuyentes a la inversión en I+D a nivel nacional. Sin embargo, persisten desafíos, como altos niveles de concentración y fluctuaciones anuales en los recursos asignados. Entre 2017 y 2023, el sector destinó, en promedio, el 9,13 % de su presupuesto de inversión a I+D, experimentando una tendencia a la baja en los últimos años (pasando del 14,4 % en 2020 al 5,4 % en 2023) (DNP, 2025). Ante este panorama, la nueva estrategia de gestión del PECTIA se configura como una herramienta clave para impulsar un crecimiento sostenido de la inversión en I+D agropecuaria, con el objetivo de aumentar su participación en el total nacional. Su implementación será fundamental para alcanzar las proyecciones de inversión para el periodo 2025–2028, que buscan

elevar la participación del sector agropecuario del 9,9 % al 13,8 %. En el marco de la presente actualización se desarrolla en profundidad en el Anexo .

5.8.4. Formación de capacidades: recursos humanos e infraestructura

La Ley 1876 de 2017 fue un punto de partida importante en el proceso de innovación, competitividad y sostenibilidad del sector agropecuario, es así como, bajo la sombrilla del SNIA, se involucraron sus tres subsistemas. Por esto es importante profundizar sobre conceptos relacionados con formación y capacitación, dado que este último, velará por la calidad y pertinencia de los programas de formación y capacitación dirigidos a generar competencias para la investigación, el desarrollo tecnológico, la extensión agropecuaria y la innovación, a través de la expedición de lineamientos y políticas orientadas a dichos objetivos, entre otras acciones.

En el componente de capacidades, el PECTIA propuso estrategias para fortalecer y articular el recurso humano y la infraestructura agropecuaria. Su actualización lo alinea con políticas nacionales y sectoriales recientes: la Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (CTI) 2022-2031 (CONPES 4069) (DNP, 2022), la Política de Agricultura Campesina, Familiar, Étnica y Comunitaria (Resolución 464 de 2017) (MinAgricultura, 2017), la reforma agraria y reactivación del Sistema Nacional de Reforma Agraria (Decreto 1406 de 2023) (Presidencia de la República, 2023) y la Política Pública Nacional de Inteligencia Artificial 2023-2030 (MinTIC, 2025).

Asimismo, la Política de Educación Rural, liderada por MinEducación, busca garantizar el derecho a una educación pertinente, inclusiva y de calidad en zonas rurales, con enfoque territorial, diferencial y de género. Esta política propone fortalecer las trayectorias educativas completas desde la educación inicial hasta la media, promover la formación de docentes rurales, mejorar la infraestructura y la conectividad educativa, y articular la educación formal con la educación para el trabajo y el desarrollo humano (MinEducación, 2018; MinEducación, 2023). En concordancia, el Proyecto de Ley No. 188 de 2024, “Por medio de la cual se crea la política pública de educación rural en Colombia”, refuerza este propósito al establecer el Plan Nacional de Educación Rural (PNER) como instrumento para definir y actualizar las políticas que garanticen cobertura, calidad y pertinencia educativa en las zonas rurales (Congreso de la República de Colombia, 2024a).

Por otra parte, la política educativa contemplada en el Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026 “Colombia Potencia Mundial de la Vida” fortalece la formación técnica, tecnológica y profesional mediante estrategias que promueven la inclusión territorial y el acceso equitativo a la educación

superior. Entre ellas se destaca el programa Universidad en tu Territorio, orientado a la creación y fortalecimiento de sedes universitarias en regiones históricamente excluidas, incluyendo zonas rurales y agropecuarias, con el propósito de ampliar la cobertura, pertinencia y articulación de la educación superior con las dinámicas productivas locales (DNP, 2023; MinEducación, 2023). Estas referencias fortalecen el carácter prospectivo y articulador del PECTIA, reafirmando su papel como instrumento de política pública para el desarrollo sostenible e inclusivo del sector agropecuario. Este componente se puede consultar en el Anexo .

5.8.5. Enfoque diferencial e interseccional

En la última década, a nivel global se viene impulsando que las políticas de CTI en los sistemas agroalimentarios incorporen enfoques diferenciales. La FAO, por ejemplo, actualizó su Política de Igualdad de Género 2020–2030, fijando objetivos para cerrar brechas en agricultura y desarrollo rural (FAO, 2020b). Adicionalmente, en 2023 documentó cómo las desigualdades de género atraviesan todo el sistema agroalimentario, aportando algunas acciones para programas de I+D+i con perspectiva interseccional (FAO, 2023b).

Por su parte, el Grupo Consultivo sobre Investigación Agrícola Internacional (CGIAR) creó la GENDER Impact Platform para transversalizar género, juventudes e inclusión social en la agenda global de investigación agrícola. Esta plataforma tiene actividades como i) impulsar enfoques transformadores de género y comunicación para empoderar a mujeres y jóvenes, ii) diseñar e implementar iniciativas que aseguren acceso equitativo a innovaciones, y iii) garantizar el suministro de variedades y razas mejoradas, acorde con las necesidades de mujeres, jóvenes y grupos desfavorecidos (CGIAR, 2020).

Por otro lado, la agricultura familiar es la principal modalidad de producción agroalimentaria en países tanto desarrollados como en desarrollo. Teniendo en cuenta lo anterior, las Naciones Unidas proclamaron en diciembre de 2017 el Decenio de las Naciones Unidas para la Agricultura Familiar 2019-2028 (UNDAF por sigla en inglés) reconociendo en los agricultores familiares su potencial para convertirse en agentes clave de las estrategias de desarrollo. Asimismo, instaló la sostenibilidad generacional (jóvenes) y el liderazgo de las mujeres como ejes de política y conocimiento (FAO & IFAD, 2019).

Estas iniciativas se complementan con otras iniciativas que tienen en cuenta la protección de los derechos de comunidades locales tales como: a) la Declaración de la ONU sobre los Derechos de

los Pueblos Indígenas reconociendo la necesidad de respetar y promover los derechos de estos pueblos teniendo en cuenta sus estructuras políticas, económicas, sociales y culturales (ONU, 2017). b) el Convenio sobre Diversidad Biológica (CDB), art. 8j, que protege y promueve el conocimiento tradicional con participación y distribución equitativa de los beneficios (CDB, 2004). c) el Protocolo de Nagoya (2010), el cual se basa en los principios fundamentales de acceso y participación en los beneficios consagrados en el CDB (Secretaría del Convenio sobre la Diversidad Biológica. ONU, 2011). d) el Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura (TIRFAA) que reconoce los Derechos del Agricultor (art. 9) y hace evidente la contribución que han hecho en este tema (Congreso de la República de Colombia, 2023c; FAO, 2001). Y e) Declaración de las Naciones Unidas sobre los Derechos de los Campesinos y de Otras Personas que trabajan en las Zonas Rurales, que incorpora la participación de estas personas en los procesos de I+D+i (ONU, 2018).

Referente al enfoque de ciclo de vida y de discapacidad, globalmente se vienen impulsando a partir de la UNDF las iniciativas de relevo generacional y juventudes rurales. A través del Plan de Acción para la Juventud Rural del FIDA 2019- 2021 se estableció el marco para inversiones sensibles a juventud rural, esto significa que todo proyecto en su diseño primero debe caracterizar a la población juvenil y sus contextos; luego establecer una estrategia de focalización con metas y actividades concretas y finalmente asigna presupuesto para su implementación (IFAD, 2019). Para el enfoque de discapacidad, FIDA adoptó su Estrategia de Inclusión de Discapacidad 2022–2027, con lineamientos para que proyectos rurales y agroalimentarios sean inclusivos en diseño, ejecución y evaluación (IFAD, 2022).

Colombia por medio de la Política Nacional de CTI 2022–2031 (CONPES 4069) “busca incrementar la contribución de la CTI al desarrollo social, económico, ambiental, y sostenible, del país, con un enfoque diferencial, territorial, y participativo, para aportar a la consolidación de una sociedad del conocimiento” (DNP, 2021b). Asimismo, la Ley 1876 de 2017 creó el SNIA, articulando investigación, extensión e innovación, y en donde uno de sus principios son el enfoque diferencial, el territorial y el reconocimiento de los productores como agentes de I+D+I (Congreso de la República de Colombia, 2017).

De igual forma, los Lineamientos de Agricultura Campesina, Familiar, Étnica y Comunitaria (ACFEC) están orientados al fortalecimiento de las capacidades sociales, económicas y políticas de las familias, comunidades y organizaciones de ACFEC, teniendo como base del desarrollo rural

el enfoque territorial que mejore la sostenibilidad en la producción y aporte a mejorar la calidad de vida de la población rural (MinAgricultura, 2017). Asimismo, se reconoció constitucionalmente al campesino como sujeto de especial protección mediante el Acto Legislativo 01 de 2023, lo que refuerza la incorporación de sus derechos y reconoce su multidimensionalidad productiva, organizativa, territorial y cultural (Congreso de la República de Colombia, 2023b).

Con respecto al enfoque étnico, el país ratificó el Convenio 169 de la OIT, en cuyas acciones prioritarias está el asegurar a los miembros de dichos pueblos gozar, en igualdad de condiciones, de los derechos y oportunidades que la legislación nacional define para toda la población. Adicionalmente, la Ley 70 de 1993 estableció mecanismos para la protección de la identidad cultural y de los derechos de las comunidades negras como grupo étnico, y el fomento de su desarrollo económico y social (Congreso de la República de Colombia, 1993).

Colombia ha creado instrumentos para promover la CTI agropecuaria con un enfoque participativo, buscando dar garantías de que cuando se utilicen los conocimientos y recursos biológicos de las comunidades se haga con su consentimiento y con una distribución justa de los beneficios. Uno de esos instrumentos es la consulta previa que fue reglamentada en el Decreto 1320 de 1998 y busca analizar el impacto económico, ambiental, social y cultural que puede ocasionarse a una comunidad indígena o negra por la explotación de recursos naturales dentro de su territorio (MinAgricultura, 2013). Otros instrumentos adicionales son el Decreto 690 de 2021 en manejo de recursos biológicos (República de Colombia, 2021). El segundo es el Decreto 1376 de 2013, que reglamenta el permiso de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de investigación científica no comercial. (MinAgricultura, 2013). Otra normativa es el Decreto 690 de 2021 en manejo de recursos biológicos (República de Colombia, 2021).

De otro lado, la Política Pública de Equidad de las Mujeres (CONPES 4080, 2022) (DNP, 2022) y la Ley 731 de 2002 (Mujer Rural) (Congreso de la República de Colombia, 2002) establecen deberes del Estado para cerrar brechas de género en el campo, estipulando criterios de género en el diseño e implementación de programas de CTI. La Ley 731 de 2002 fue modificada por la Ley 2462 de 2025, que actualiza el concepto y reconoce como mujeres rurales, campesinas y de la pesca a todas las mujeres, “sin importar su lugar de residencia o condición (Congreso de la República de Colombia, 2025b).

En cuanto al enfoque de discapacidad este se fundamenta en la Ley Estatutaria 1618 de 2013, que busca se adopten medidas de inclusión, acciones afirmativas, etc. eliminando toda forma de discriminación por razón de discapacidad, de las personas en condición de discapacidad (Congreso de la República de Colombia, 2013).

De manera general políticas como el CONPES 4069 y los Lineamientos de Apropiación Social del Conocimiento (MinCiencias, 2020) promueven la participación y pertinencia sociocultural, abriendo espacio al diálogo de saberes para llevar a cabo procesos de I+D+i en el sector agropecuario que tengan en cuenta los enfoques diferenciales (DNP, 2021b; MinCiencias, 2020). Como puede verse, Colombia ha venido avanzando en la inclusión del enfoque diferencial e interseccional en el sector agropecuario, en el que, por supuesto, se incluyen procesos de I+D+i. Por ejemplo, el Sistema Nacional de Reforma Agraria y Desarrollo Rural (SINRADR) en su artículo 2.14.23.2 involucra los planes de vida de los trabajadores agrarios, las comunidades campesinas, comunidades negras, afrocolombianas, raizales, palenqueras, pueblos indígenas y pueblo ROM. Además, protege y promueve sus economías propias, la producción de alimentos, y consolida la paz total con enfoque territorial y diferencial (República de Colombia, 2023).

En el marco de las políticas públicas es importante analizar los enfoques diferenciales de manera interseccional porque permite reconocer que, dentro de cada grupo poblacional existen realidades diversas que requieren respuestas diferenciadas, por ejemplo, las mujeres rurales, las mujeres indígenas o las mujeres con discapacidad enfrentan condiciones diferenciadas que requieren respuestas específicas (DANE, 2022). En ese sentido, esta perspectiva constituye una condición necesaria para asegurar el reconocimiento efectivo de derechos y la implementación de políticas públicas que promuevan justicia social, inclusión y equidad.

Incorporar la interseccionalidad en los enfoques diferenciales contribuye a evitar aproximaciones generalizadas que pueden invisibilizar las desigualdades más profundas que experimenta cada grupo poblacional, permite diseñar políticas públicas y programas con mayor pertinencia, eficacia, equidad y garantiza que la acción institucional responda a la complejidad de los contextos sociales y territoriales (Güezmes et al., 2022). Por tanto, resulta fundamental conceptualizar cada uno de estos conceptos, dado que constituyen la base para orientar acciones del Estado encaminadas hacia el cierre de brechas de género, sociales, económicas y políticas.

Teniendo en cuenta lo anterior, el PECTIA propone incluir un nuevo factor y denominarlo “enfoque diferencial e interseccional” en su versión 2025. Los ajustes realizados se encuentran disponibles en el Anexo .

5.8.6. Derecho Humano a la Alimentación

El Derecho Humano a la Alimentación se fundamenta en instrumentos internacionales como la Declaración Universal de los Derechos Humanos (ONU, 1948), que en su artículo 25 indica “que toda persona tiene derecho a un nivel de vida adecuado que le asegure, así como a su familia, la salud y el bienestar, y en especial la alimentación, el vestido, la vivienda, la asistencia médica y los servicios sociales necesarios”; y en el Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales (ONU, 1966), cuyo artículo 11 reconoce el derecho fundamental a estar protegido contra el hambre. Estos compromisos obligan a los Estados a mejorar los métodos de producción, conservación y distribución de alimentos, y a asegurar una distribución equitativa de acuerdo con las necesidades.

El Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales precisó en su Observación General No. 12 que “el derecho a la alimentación adecuada se ejerce cuando todo hombre, mujer o niño, ya sea sólo o en común con otros, tiene acceso físico y económico, en todo momento, a la alimentación adecuada o a medios para obtenerla” (ONU, 1999). Asimismo, la Declaración de Universal sobre la Erradicación del Hambre y la Malnutrición declaró que “todos los hombres, mujeres y niños tienen el derecho inalienable a no padecer de hambre y malnutrición a fin de poder desarrollarse plenamente y conservar sus capacidades físicas y mentales” (ACNUDH, 2025).

En Colombia, el Derecho Humano a la Alimentación (DHA) cobró fuerza con la jurisprudencia constitucional que ha protegido el acceso a la alimentación escolar, la nutrición de la primera infancia y la protección de poblaciones vulnerables. Más recientemente, el Decreto 684 de 2024 reglamentó el Sistema Nacional para la Garantía Progresiva del Derecho a la Alimentación (SNGPDA), Sistema Nacional de Seguimiento y Monitoreo para la Superación del Hambre y la Malnutrición – SNSMHM, el Observatorio del derecho a la alimentación y nutrición (ODAN) y transformó la Comisión Intersectorial de Seguridad Alimentaria y Nutricional - CISAN en la Comisión intersectorial del Derecho Humano a la Alimentación – CIDHA, institucionalizando su exigibilidad de estas instancias y sistemas en la política pública nacional.

A través del Acto Legislativo 01 de 2025 mediante el cual se modifica el artículo 65 de la Constitución Política de Colombia, se establece que el Estado debe garantizar de manera progresiva el Derecho Humano a la Alimentación adecuada, proteger a la población contra el hambre y la malnutrición, y promover la seguridad, soberanía y autonomías alimentarias, incluyendo la reducción de pérdidas de alimentos. Además, otorga especial protección a la producción y al acceso a los alimentos, priorizando el desarrollo sostenible de las actividades agroalimentarias y la infraestructura necesaria para asegurar su disponibilidad en todo el país. Así mismo, el Estado impulsará la investigación y la transferencia de conocimiento y tecnología para fortalecer la producción de alimentos y materias primas agropecuarias y acuícolas, incrementando su productividad y disponibilidad mientras salvaguarda la biodiversidad (Congreso de Colombia, 2025a).

La Cumbre Mundial sobre la Alimentación realizada en Roma en 1996 definió la seguridad alimentaria como la condición en la cual todas las personas, en todo momento, tienen acceso físico y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades alimentarias y sus preferencias, a fin de llevar una vida activa y sana (FAO, 1996). En el contexto internacional, se considera que hay seguridad alimentaria cuando se encuentran plenamente satisfechas sus cuatro dimensiones: disponibilidad física de los alimentos, acceso económico y físico a los alimentos; utilización biológica de los alimentos y estabilidad de las tres dimensiones anteriores.

En Colombia, la seguridad alimentaria y nutricional (SAN) ha sido reconocida como un componente central de la política pública desde inicios de la década del 2000, en línea con los compromisos internacionales adquiridos en la Cumbre Mundial de la Alimentación (FAO, 1996) y su seguimiento en 2002. La formulación de la Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (CONPES 113 de 2008) constituyó un hito en el país, al definir de manera integral la SAN como un asunto de disponibilidad, acceso, consumo, aprovechamiento biológico, calidad e inocuidad de los alimentos (DNP, 2008a).

A partir de este momento, la alimentación se consolidó como una prioridad de política pública en salud, desarrollo social y ruralidad. La creación de la Comisión Intersectorial de Seguridad Alimentaria y Nutricional (CISAN) en 2009, y la formulación del Plan Nacional de SAN 2012–2019, fueron expresiones de este esfuerzo institucional para coordinar acciones a nivel nacional y territorial.

La soberanía alimentaria, impulsada por movimientos sociales y campesinos desde la década de 1990, se entiende como “el derecho de los pueblos a alimentos nutritivos y culturalmente adecuados, accesibles, producidos de forma sostenible y ecológica, y su derecho a decidir su propio sistema alimentario y productivo” (Declaración de Nyéléni, 2007). En el contexto nacional, el Acuerdo de Paz de 2016, destacó, en su primer punto sobre Reforma Rural Integral, la obligación estatal de garantizar disponibilidad y acceso a alimentos adecuados para la población rural y urbana, con énfasis en mujeres, infancia y adultos mayores (Cancillería, 2016).

Por su parte, la Resolución 464 de 2017 y su modificación mediante la Resolución 175 de 2024, reconoció el papel de la Agricultura Campesina, Familiar, Étnica y Comunitaria (ACFEC) en la producción, el abastecimiento y la sostenibilidad agroalimentaria. Esta normativa (Resolución 464) define la soberanía alimentaria como “el derecho de un país a definir sus propias políticas y estrategias sustentables de producción, distribución, y consumo de alimentos, que garanticen el derecho a la alimentación sana y nutritiva para toda la población, respetando sus propias culturas y la diversidad de los sistemas productivos, de comercialización y gestión de los espacios rurales (MinAgricultura, 2017).

En estrecha relación con este concepto, la autonomía alimentaria se define como el “derecho que le asiste a cada comunidad, pueblo o colectivo humano, integrante de una nación, a controlar autónomamente su propio proceso alimentario según sus tradiciones, usos, costumbres, necesidades y perspectivas estratégicas, y en armonía con los demás grupos humanos, el medio ambiente y las generaciones venideras” (Morales, 2010).

Por su parte FIAN Colombia señala que el Derecho Humano a la Alimentación y Nutrición Adecuada (DHANA) sólo se alcanza cuando sus escalas de realización social se garantizan plenamente. Estas escalas consideran la *seguridad alimentaria* en los hogares y las personas (familias), la *soberanía* en el ámbito nacional y la *autonomía alimentaria* en las comunidades y pueblos (FIAN, 2025).

En síntesis, los antecedentes muestran un tránsito desde una concepción de la SAN como objetivo sectorial hacia una visión más amplia en la que confluyen la soberanía alimentaria, como expresión de autonomía territorial y cultural, y el Derecho Humano a la Alimentación, como principio exigible y articulador de las políticas sociales y rurales del país.

En este sentido, el derecho a la alimentación adecuada no debe interpretarse de manera restringida como un conjunto de calorías o nutrientes mínimos, sino como un derecho que abarca todas las etapas de la producción, distribución, acceso y consumo, con un enfoque integral de derechos humanos. Su realización depende de la articulación de sectores como la economía, el comercio, las finanzas, la salud, la protección social y las políticas de inversión. En el contexto colombiano, este derecho ha sido progresivamente reconocido tanto por la jurisprudencia constitucional como por políticas públicas que lo incorporan como principio rector de la acción estatal. Es por esta razón que se incorpora a esta actualización del Plan como uno de los factores habilitantes y puede ser consultado en detalle en el Anexo 8.

5.8.7. Agrobiodiversidad

La agrobiodiversidad constituye la base de los sistemas agroalimentarios, al integrar la diversidad de especies, variedades, razas animales, recursos microbianos y saberes tradicionales y ancestrales que sustentan la producción, la alimentación y el bienestar humano. La agrobiodiversidad planificada se refiere a la biodiversidad que existe en los cultivos y la producción animal y que son elegidos por los productores, mientras que la biodiversidad no planificada se refiere a la biota asociada (microorganismos presentes en el suelo, fauna, malezas, carnívoros, herbívoros, entre otros) que ha colonizado el agroecosistema y sobrevivido de acuerdo con el ambiente (Jackson et al., 2013). Esta biodiversidad aporta estabilidad al ecosistema, resiliencia frente a plagas, al cambio y a la variabilidad climática, a fluctuaciones en la disponibilidad de recursos naturales, y a la capacidad de responder a futuros cambios, siendo un eje central para la seguridad y soberanía alimentaria, así como para la sostenibilidad de los territorios rurales (Cadena-Zamudio et al., 2024).

Colombia es uno de los países megadiversos del mundo, la riqueza de ecosistemas, pisos térmicos y culturas ha favorecido la existencia de una amplia variedad de cultivos nativos y criollos, razas animales locales, microorganismos de interés agrícola y conocimientos ancestrales transmitidos por comunidades étnicas y campesinas. Este patrimonio constituye una ventaja comparativa en la sostenibilidad, pero también enfrenta amenazas derivadas de la homogenización productiva, la pérdida de hábitats, la erosión genética además y los efectos del cambio y la variabilidad climática.

En la versión 2016 del PECTIA, el componente de agrobiodiversidad se abordó de manera simplificada como el acceso a recursos genéticos y la propiedad intelectual. Sin embargo, la

dinámica internacional, los desarrollos normativos nacionales, la creciente importancia de mecanismos de reconocimiento a los agricultores y comunidades locales, así como la relevancia estratégica de la conservación de la agrobiodiversidad justifican la inclusión de un factor habilitante dedicado a este tema. Este permitirá ampliar la perspectiva más allá del acceso al recurso genético y abordar de manera integral las acciones relacionadas con la agrobiodiversidad, incluyendo acciones de monitoreo, rescate, conservación y su uso sostenible, así como también el reconocimiento de las comunidades que están directamente vinculadas a estos procesos.

Existen muchos conceptos de agrobiodiversidad, para efectos de este plan, se considera la definición mencionada en el apartado 3.1. Este concepto integra las dimensiones biológicas y culturales presentes en la producción agropecuaria y de alimentos, reconociendo a las comunidades étnicas y campesinas como ejes clave y promotores de esta diversidad. Dentro de la agrobiodiversidad es necesario tener claros algunos conceptos y dinámicas para ampliar si conocimiento, conservación y uso en el marco de la CTIA, el detalle de este componente puede ser consultado en el Anexo 9.

5.8.8. Apropiación social del conocimiento y extensión agropecuaria

La apropiación social del conocimiento en el sector agropecuario y rural comprende procesos de generación, organización, difusión y uso de saberes científicos, técnicos y empíricos (tanto tácitos como explícitos) orientados a resolver problemáticas del sector e impulsar la innovación, la sostenibilidad y la competitividad. Este enfoque, respaldado por la Política Pública de Apropiación Social del Conocimiento en el marco de la CTI (MinCiencias, 2021), busca garantizar que el conocimiento sea accesible, pertinente y aplicado de forma efectiva para resolver necesidades y transformar realidades territoriales. En el marco de este capítulo, la apropiación social del conocimiento promueve la participación, consciente y colaborativa de familias campesinas, comunidades, instituciones, agroempresarios, transformadores, acopiadores, proveedores y demás actores del SNIA en la construcción colectiva y uso de ese conocimiento, para la conformación de sociedades de conocimiento, el fortalecimiento de capacidades locales y la promoción de una cultura de innovación.

Complementariamente, la extensión agropecuaria se constituye en uno de los principales mecanismos en la gestión del conocimiento agropecuario, ya que facilita la transferencia, adopción de conocimientos y tecnologías para la competitividad y sostenibilidad de la producción.

La evolución de este concepto en Colombia ha pasado desde modelos de asistencia técnica centrados en la transferencia lineal de tecnología, basado en un modelo de comunicación unidireccional “de arriba hacia abajo” con información que fluye desde los investigadores hasta los usuarios finales y donde el rol de los agricultores era simplemente el de receptores de información y tecnologías (Kassa y Alemu, 2017), como los implementados en los años cincuenta, hacía enfoques participativos, sistémicos, holísticos e interdisciplinarios, que incorporan nuevos enfoques como la agroecología, la investigación-acción participativa, las tecnologías de la información – TIC, entre otros (Jiménez, 2020; CEPAL, s.f.).

A lo largo de la historia institucional del ahora conocido como servicio de extensión agropecuaria, se han identificado algunos hitos como el Servicio Técnico Agrícola Colombiano-Americano (STACA), creado en 1953, que desarrolló programas de fomento agrícola y ganadero, economía doméstica y capacitación rural (Ponce, 2014); el proceso desarrollado por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA) en 1962, que asumió funciones de investigación, capacitación y extensión (Ponce, 2014); el Sistema Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (SINTAP) en 1989, orientado a la modernización productiva (Perry, 1989); y el Programa Nacional de Transferencia de Tecnología Agropecuaria (PRONATTA), en 1993, que buscó facilitar el acceso de los productores, en especial campesinos, a tecnologías apropiadas (DNP, 1993).

Posteriormente, a través de la Ley 607 del 2000 se regularon las Unidades Municipales de Asistencia Técnica Agropecuaria (UMATA) y se vinculó la transferencia tecnológica al Sistema Nacional de Ciencia y Tecnología Agroindustrial. El avance más reciente ha sido la creación del SNIA mediante la Ley 1876 de 2017, que integra los componentes de investigación, la formación y la extensión a través de subsistemas articulados, y en particular el Subsistema Nacional de Extensión Agropecuaria (SNEA), al cual se hará principal mención.

Dentro del SNIA, la extensión agropecuaria no solo busca la transferencia de tecnologías, sino que también propende por procesos de aprendizaje, adaptación y co-innovación, articulando el saber técnico y local (Ley 1876 de 2017) (MinAgricultura, 2017), (MinAgricultura, Colciencias, Corpoica, 2016). Este enfoque la convierte en un pilar para que la gestión y apropiación social del conocimiento y tecnologías impacten de manera real fortaleciendo la competitividad y sostenibilidad productiva, en coherencia con el objetivo de mejorar las condiciones de vida y bienestar de las comunidades rurales, contribuyendo al cumplimiento de los objetivos estratégicos del PECTIA, al fortalecimiento de los sistemas territoriales de innovación, y a la

operabilidad de varias herramientas e instrumentos suscritos en el SNIA. El detalle de este componente se encuentra disponible en el Anexo 10.

5.8.9. Sistemas Territoriales de Innovación

Siguiendo distintas metodologías se han realizado múltiples investigaciones sobre las problemáticas de la ruralidad y el desarrollo territorial en Colombia. Estos estudios han señalado desafíos estructurales persistentes y oportunidades desaprovechadas. Las investigaciones resaltan precariedades en el uso, la adopción y la adaptación de tecnologías para mejorar la sostenibilidad de los sistemas productivos. Pero también, y tal vez más importante, señalan la carencia de propuestas integrales de solución que consideren la dinámica del conflicto armado en Colombia y la creciente desigualdad socioeconómica (OCDE, 2022).

En los últimos años, los enfoques de desarrollo rural han incorporado la perspectiva de la innovación como un proceso sistémico, relacional y contextual (Klerkx et al., 2012; Turner et al., 2023). Este cambio implica pasar de modelos lineales de transferencia tecnológica a esquemas de co-innovación, donde múltiples agentes interactúan y aprenden colectivamente, configurando entornos territoriales de aprendizaje y experimentación que sustentan la transformación productiva sostenible.

En la iniciativa del Gobierno Nacional denominada Misión para la Transformación del Campo Colombiano (conocida también como Misión Rural) (DNP, 2015), se subrayó la necesidad de fortalecer las capacidades de los productores agropecuarios para experimentar, investigar e innovar, de manera que puedan generar, adaptar o escalar conocimientos y tecnologías a las condiciones específicas de sus territorios. Para ello, es fundamental que las comunidades rurales trabajen conjunta y sistémicamente con investigadores, académicos, técnicos, empresarios, otros productores, organizaciones de la sociedad civil y agencias gubernamentales, construyendo y fortaleciendo redes de innovación para asegurar desarrollo sostenible.

Esta orientación es coincidente con las recomendaciones internacionales que promueven sistemas agroalimentarios más inclusivos y sostenibles mediante políticas de innovación territorial (FAO, 2023b; OCDE, 2022; World Bank, 2021) y se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, en particular los ODS 2, 9 y 12.

Esto es un sistema para innovación territorial pertinente que considere los intereses, experiencia y experticia de los agentes locales. Congruentemente, esta Misión recomendó fomentar la conformación y fortalecimiento de Sistemas Territoriales de Innovación (STI), los cuales fueron reconocidos y definidos posteriormente mediante la Ley 1876 de 2017 (Congreso de la República de Colombia, 2017).

Estos sistemas se entienden como espacios donde actores públicos y privados se articulan en redes de conocimiento para impulsar el aprendizaje, la gestión del conocimiento agropecuario y la innovación abierta en los territorios. La Ley instruye que los STI sean promovidos desde las Mesas de Ciencia, Tecnología e Innovación Agropecuaria (Mesas de CTIA), y que se constituyan como la unidad básica de articulación para fortalecer las capacidades de innovación, aprendizaje y gestión de conocimiento agropecuario en el país.

En este marco, los STI constituyen la unidad básica de implementación del SNIA, al integrar la investigación, la extensión y la formación de capacidades locales en un mismo entramado de gobernanza y aprendizaje colectivo. De esta manera, se convierten en instrumentos que permiten territorializar la política nacional de ciencia, tecnología e innovación agropecuaria.

Con el fin de promover la conformación y consolidación de los STI, estos han sido instrumentalizados mediante planes como el PECTIA 2017–2027, que incorporó estrategias para promover los STI como parte de la co-creación y apropiación del conocimiento, y a la extensión agropecuaria como un subsistema que sirva al desarrollo de innovación pertinente a escala territorial. Los procesos de actualización del PECTIA reconocen la necesidad de generar un capítulo específico sobre STI, en tanto constituye una estrategia prioritaria para la implementación del SNIA en el nivel local y regional.

Más recientemente, el Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026 «Colombia Potencia Mundial de la Vida» (Ley 2294 de 2023) resaltó el papel de los STI en el marco de la Reforma Rural Integral (RRI), al incluirlos como transformaciones estructurales que el país requiere para asegurar que ordenamiento territorial promueva el uso y manejo sostenible del agua, que garantice el Derecho Humano a la Alimentación, la acción frente al cambio climático, la convergencia regional y coadyuve en la construcción de paz total.

Además, los STI aportan una arquitectura institucional flexible que permite adaptar la innovación a los contextos locales, fortaleciendo la resiliencia de los sistemas productivos frente al cambio

climático y contribuyendo a la consolidación de la paz territorial mediante la inclusión de agentes históricamente marginados. En ambos planes se reconoció que los STI son instrumentales para realizar investigación pertinente, coadyuvando la apropiación y coproducción de conocimiento. Los STI se convierten así en escenarios de gobernanza territorial, diálogo intercultural y coproducción de saberes, que llaman al uso del conocimiento científico y el conocimiento tradicional en desarrollo de innovación que considere la riqueza de la diversidad biológica y cultural de la nación, así como los intereses y aspiraciones de los actores territoriales.

En este contexto, el nuevo capítulo del PECTIA, dedicado a los STI, busca consolidar estos avances, ofreciendo lineamientos conceptuales y operativos que fortalezcan su rol como espacios de gobernanza, aprendizaje y transformación sostenible en el marco del SNIA (Anexo 11).

5.8.10. Propiedad intelectual

Los derechos de propiedad intelectual (PI) en el sector agropecuario colombiano han evolucionado como un eje estratégico para fomentar la innovación y proteger el conocimiento y los desarrollos tecnológicos. Su importancia radica en que constituye un puente entre el desarrollo científico y tecnológico y la protección de los derechos de quienes generan y utilizan estos conocimientos, permitiendo la consolidación de un sistema agroalimentario más competitivo y sostenible.

En la versión 2016 del PECTIA, la PI se abordó de manera conjunta con el acceso a recursos genéticos. Esto respondía al marco normativo y de política vigente en ese momento, en el que ambas temáticas estaban estrechamente vinculadas bajo los lineamientos de convenios internacionales y las discusiones sobre biodiversidad. Sin embargo, el avance de la agenda internacional, la diversificación de instrumentos de protección y la creciente relevancia de los derechos de los agricultores evidenciaron la necesidad de separar estos capítulos en la actualización.

La expedición del Conpes 4062 de 2021, mediante el cual se adoptó la Política Nacional de Propiedad Intelectual, marcó un punto de inflexión. Este documento estableció lineamientos específicos para consolidar la generación, gestión y aprovechamiento de los activos de PI como herramienta para incentivar la creación, la transferencia de conocimiento y el incremento de la productividad. De este modo, la PI dejó de concebirse únicamente como un mecanismo de

protección jurídica, para pasar a entenderse como un instrumento habilitador de la innovación y la competitividad en el sector agropecuario.

De manera complementaria, los debates en torno a los mecanismos de protección, particularmente los orientados a salvaguardar los conocimientos tradicionales, los derechos de los agricultores y la diversidad biocultural han cobrado protagonismo en los últimos años, frente al Tratado de la OMPI sobre la Propiedad Intelectual, los Recursos Tradicionales Asociados. Este reconocimiento amplía los retos de la PI al demandar la inclusión de los bienes colectivos de naturaleza intangible, que son fundamentales para garantizar la soberanía alimentaria y la resiliencia climática de comunidades campesinas y étnicas. Finalmente, la articulación de la PI con la ciencia, la tecnología y la innovación es hoy un elemento esencial para el desarrollo y protección de tecnologías que permitan enfrentar los desafíos globales en materia de seguridad alimentaria, sostenibilidad y adaptación al cambio climático, por lo que se mantiene como un factor habilitante de este Plan (Anexo 12).

5.9. Agenda de I+D+i

La Agenda Dinámica Nacional de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación Agropecuaria (Agenda I+D+i) “es un instrumento de planificación y gestión para la focalización de recursos y de acciones de I+D+i tendientes al fortalecimiento, dinamización y optimización del SNIA en torno al mejoramiento de la productividad y competitividad sectorial” (Congreso de la República de Colombia, 2017). Este instrumento es parte integral del Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación Agropecuaria (Pectia 2017 – 2027) y juntos constituyen el marco orientador de la Ciencia, Tecnología e Innovación sectorial.

MinAgricultura lideró en 2011 la construcción social y colectiva de la Agenda Dinámica Nacional de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación Agropecuaria (Agenda I+D+i) por cadenas productivas, bajo la coordinación de AGROSAVIA y con la participación de diferentes actores del sector. Además, AGROSAVIA apoyó el levantamiento de la línea base del SNCTA, el fortalecimiento del capital social para la gestión del conocimiento en redes y sistemas de innovación, el desarrollo de la Plataforma Siembra, y el seguimiento y evaluación del Sistema (CORPOICA, 2015) (Figura 8).



Figura 8. Línea de tiempo de la Agenda I+D+i

Fuente: elaboración propia

A partir de 2014, el proceso de actualización de la Agenda I+D+i incorporó la revisión de necesidades por cadenas productivas con enfoque departamental, cuyos resultados se convirtieron en insumo para la elaboración del PECTIA 2017-2027. En 2017, la Agenda I+D+i fue reconocida como parte integral del PECTIA con la expedición de la Ley 1876 de 2017, y desde entonces ha mantenido un proceso de actualización permanente, alineado con la dinámica del contexto sectorial y de la CTI agropecuaria.

Entre 2017 y 2024, este proceso permitió la actualización de la Agenda I+D+i en 31 departamentos y 54 cadenas o sistemas productivos, identificados a partir del análisis integral de los instrumentos de planificación departamental y priorizados por las Mesas de Ciencia, Tecnología e Innovación Agropecuaria (Mesas CTIA). Dicho proceso contó con la activa participación de la institucionalidad y de los actores representativos de los sistemas productivos priorizados a nivel nacional y territorial.

A través de este instrumento se convoca la concertación y articulación de los actores del SNIA para identificar y priorizar las necesidades tecnológicas de las cadenas y sistemas productivos, en el contexto nacional y regional; constituyendo inicialmente el punto de partida para la planificación, priorización y financiación pública de las apuestas de I+D+i en el sector. La identificación de actores, capacidades institucionales y la oferta de investigación también son elementos de la Agenda I+D+i que aportan en el entendimiento de la dinámica sectorial y en la gestión del conocimiento necesario para su desempeño (Anexo 13). Finalmente, la Agenda de I+D+i permite identificar las tendencias de CTIA que se integran a los factores específicos en el marco de la actualización del PECTIA.

5.10. Factores específicos

Los factores específicos permiten orientar la investigación, el desarrollo y la innovación hacia la generación de soluciones concretas que respondan a los retos de la productividad, la sostenibilidad, la adaptación al cambio climático, la seguridad alimentaria y la competitividad territorial. Su abordaje integral facilita la articulación entre actores, territorios y sistemas productivos, promoviendo la transición hacia modelos agropecuarios más resilientes, inclusivos y basados en el conocimiento.

5.10.1. Agroecología

En la actualización del PECTIA, se incorpora la agroecología como un factor específico orientado a responder a las necesidades de la Agricultura Campesina, Familiar, Étnica y Comunitaria (ACFEC) y de organizaciones de productores agroecológicos. Este enfoque se fundamenta en los insumos construidos en la Agenda I+D+i y en propuestas específicas de investigación e innovación para la agroecología, con el fin de servir como referencia para gobiernos nacionales y locales en la formulación de políticas y programas de desarrollo rural con enfoque agroecológico (FAO, 2021).

De acuerdo con la Resolución 331 de 2024, la agroecología constituye un paradigma multidimensional que trasciende lo productivo al integrar justicia social, soberanía alimentaria y reconfiguración de las relaciones de poder en los sistemas alimentarios. Este carácter la diferencia de otras aproximaciones que se limitan a la dimensión ecológico-productiva, como la agricultura regenerativa o la producción intensiva sostenible. En este sentido, la agroecología promueve la transición de la noción de “cadena productiva” hacia sistemas diversificados y policultivos, coherentes con la ACFEC, fortaleciendo así la transformación territorial y productiva del sector.

Durante las dos últimas décadas se ha consolidado el consenso de que los sistemas alimentarios actuales no garantizan nutrición adecuada para todas las personas y generan impactos ambientales severos (pérdida de biodiversidad, degradación del suelo y altas emisiones de gases de efecto invernadero), lo que exige transformaciones profundas en múltiples escalas (HLPE, 2019; IPBES, 2019; IPCC, 2019). En este marco, la agroecología no compite con la producción a gran escala basada en monocultivos, sino que propone un enfoque territorial sustentado en la producción de múltiples fincas diversificadas. Este paradigma mantiene una relación estrecha con la Agricultura Campesina, Familiar, Étnica y Comunitaria (ACFEC), ya que no hay agroecología sin

ACFEC, y su fortalecimiento resulta esencial para la adaptación y mitigación de los efectos de la crisis climática, contribuyendo a la seguridad alimentaria y nutricional tanto en poblaciones rurales como urbanas.

Por lo anterior, Colombia se alinea con esta tendencia mediante la adopción de la Política Pública de Agroecología (Resolución 331 de 2024, MinAgricultura), que institucionaliza la Mesa Nacional de Agroecología e impulsa el Plan Agroecológico Nacional (PAN) como instrumento programático de implementación. Esta política articula actores del SNIA, promueve la co-innovación, la producción y conservación de semillas nativas, y fortalece las capacidades de investigación y extensión para la transición agroecológica en los territorios (MinAgricultura, 2024b; AGROSAVIA, 2024b). Finalmente, se propone su incorporación en el marco de los factores específicos en la actualización de este Plan con el fin de seguirla posicionando como una alternativa en el país y generar esfuerzos alineados con las demás políticas públicas. El detalle de este factor se puede consultar en el Anexo 14.

5.10.2. Agroindustria 4.0

Desde su adopción, el PECTIA se ha articulado con nuevos marcos de política orientados a la transformación digital y la agroindustria 4.0. En esta actualización se destacan el CONPES 3975 de 2019, que impulsa la digitalización y el uso de IA para generar valor público y privado; el CONPES 4069 de 2021, que actualiza la gobernanza de la CTI con enfoque territorial y diferencial; y la Ley 2294 de 2023 (PND 2022–2026), que promueve la transformación productiva basada en conocimiento, la conectividad rural y la gestión de datos como bienes públicos.

En el plano internacional, los marcos estratégicos recientes han consolidado la digitalización como vector de sostenibilidad y competitividad en los sistemas agroalimentarios. La FAO ubicó la innovación y lo digital en su Marco Estratégico 2022–2031 y su Plan de Acción 2022–2025, promoviendo alianzas y hojas de ruta digitales para el agro (FAO, 2022a). Para Colombia, la OCDE (2022, 2023) ha recomendado profundizar la innovación y la infraestructura digital rural para cerrar brechas territoriales y potenciar productividad y resiliencia.

En términos tecnológicos, la maduración de la IA, el IoT/edge computing, la robótica/UAV, blockchain y los gemelos digitales está reconfigurando la agroindustria global, acelerando la transición hacia sistemas ciber-físicos y ciber-biológicos que integran datos multiescala para decisiones en tiempo real. La literatura de 2023–2025 reporta avances sustantivos en: (i) gemelos

digitales para modelar cultivos, invernaderos y acuicultura, con mejoras en eficiencia y toma de decisiones (Wang, 2024; Escribà-Gelonch et al., 2024); (ii) trazabilidad y gobernanza de la cadena agroalimentaria con blockchain, con progresos en interoperabilidad y evaluación de desempeño (Zarbà et al., 2024; Pang et al., 2024); (iii) UAV/teledetección para predicción de rendimiento y eficiencia en uso de nitrógeno (Guebsi et al., 2024; Zhang et al., 2024); y (iv) integración IoT-Big Data-IA y edge-AI para monitoreo y diagnóstico *in situ*, con énfasis en despliegue en entornos con conectividad limitada (Duguma et al., 2024).

El panorama global de la Agroindustria 4.0 evidencia una creciente integración de tecnologías disruptivas en los sistemas agroalimentarios, con fuerte énfasis en la sostenibilidad, resiliencia y trazabilidad. En primer lugar, la digitalización de la agricultura emerge no solo como una herramienta de eficiencia productiva, sino como un sujeto transformador que rediseña los modelos de negocio, las cadenas de suministro y las prácticas agrícolas (Vahdanjoo et al., 2025). Las tecnologías de la Revolución Industrial 4.0 están siendo utilizadas para innovar en sistemas de riego inteligente (*smart irrigation*), mitigación del cambio climático y reducción de emisiones, lo cual realza su rol clave en la transición hacia una agricultura más sostenible (Vahdanjoo et al., 2025; Zhang et al., 2024). En función de lo anterior, conceptos asociados con la tecnología y desarrollo de alternativas altamente eficientes que permitan aumentar la capacidad productiva del sector rural, deben ir encadenadas necesariamente con la gestión inteligente del agua y sus impactos medibles a través diferentes tecnologías.

Es así como, la Agroindustria 4.0 se concibe como la adopción integral de las tecnologías de la Industria 4.0 en las cadenas agroalimentarias, desde la producción hasta la comercialización, integrando datos multiescala con la automatización, para mejorar productividad, sostenibilidad y trazabilidad (Nettle et al., 2025). Esta definición amplía el concepto de agricultura de precisión, centrado en el manejo sitio-específico con sensores y teledetección, hacia la agricultura digital, que incorpora plataformas de datos, servicios digitales, inteligencia artificial y nuevas formas de organización sociotécnica, habilitando alertas, gemelos digitales y nuevos modelos de negocio basados en datos (Top et al., 2022).

El concepto contemporáneo de Agroindustria 4.0 también incluye la gobernanza de datos y la interoperabilidad como principios esenciales. En este sentido, los principios FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) se han adoptado en investigaciones recientes para garantizar la reutilización y accesibilidad de los datos agrícolas, con metodologías de “FAIRificación” que

facilitan la integración de datos agroclimáticos y productivos (Krisnawijaya et al., 2025; Top et al., 2022).

Desde un enfoque territorial, la Agroindustria 4.0 debe implementarse bajo principios de inclusión y equidad, incorporando poblaciones campesinas, étnicas, mujeres rurales y juventudes, en línea con las recomendaciones de la OCDE y la FAO para cerrar brechas digitales y garantizar acceso equitativo a la innovación (OCDE, 2022; FAO, 2022b). En Colombia, este enfoque se articula con la Estrategia Nacional Digital 2023–2026, el CONPES 3975 de 2019 sobre transformación digital e inteligencia artificial, el CONPES 4069 de 2021 sobre ciencia, tecnología e innovación y la Ley 2294 de 2023 (PND 2022–2026), así como con el reciente CONPES 4144 de 2025, que actualiza los lineamientos de política en IA (DNP, 2019, 2021a, 2025; MinTIC, 2023; Congreso de Colombia, 2023).

La literatura también señala riesgos que deben ser gestionados, como la persistencia de brechas digitales, los sesgos algorítmicos, la dependencia tecnológica (lock-in) y la vulnerabilidad en materia de ciberseguridad. Estos riesgos refuerzan la necesidad de políticas robustas de gobernanza, programas de formación y esquemas de acompañamiento que aseguren un uso responsable de la Agroindustria 4.0 y garanticen su aporte real al valor público y privado (Miller et al., 2025; Pang et al., 2024). Esta tendencia se mantiene como un factor específico que en la versión 2016 del PECTIA se denominó “Tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC)” y en la versión actualizada corresponde a Agroindustria 4.0 (Anexo 15).

5.10.3. Agrologística

Se entiende por logística a la manipulación de bienes y servicios que requieren o producen las empresas o los consumidores finales, mediante las funciones de transporte, almacenaje y aprovisionamiento o distribución de mercancías (DNP, 2008b, pág. 9). Cuando la manipulación de los bienes o servicios se desarrolla en el contexto agropecuario se emplean las expresiones: logística agropecuaria, agrologística o logística de la cadena de suministro. Este concepto comprende todas las actividades en la cadena de suministro (cosecha, postcosecha, transformación y comercialización) que son necesarias para adecuar la oferta de productos del campo con la demanda del mercado (MinAgricultura, 2020). Una cadena de suministro agroalimentaria comprende organizaciones que son responsables de la producción (agricultores),

el procesamiento (industria) y la distribución (proveedores de servicios y comerciantes) de productos de origen vegetal o animal (Banco Mundial, 2014).

La agrologística gestiona la logística de tres tipos de productos principales: i) cadena de suministro de productos agrícolas (ejemplo: cacao, cereales, café, soya, entre otros) que se comercializan e intercambian en el mercado abierto y se utilizan principalmente como materia prima la elaboración de productos alimenticios procesados, ii) cadena de suministro de productos agrícolas altamente perecederos (ejemplo: flores, verduras frescas, pescado, papa, entre otros) que se caracteriza por integrar diferentes actores (productores, intermediarios, subastadores, mayoristas, importadores y exportadores, minoristas y tiendas especializadas y sus proveedores de insumos y servicios) y por mantener las características intrínsecas del producto cultivado o producido en el campo, aunque es usual que se realicen procesos de transformación para maximizar su aprovechamiento, iii) cadena de suministro para productos procesados y personalizados de alto valor (ejemplo: lácteos y cárnicos) que produce bienes para el extremo superior del mercado y se caracteriza principalmente por las relaciones estrechas entre proveedores y minoristas internacionales con contratos acordados a largo plazo (Banco Mundial, 2014).

De acuerdo con Van der Vorst y Snels, 2014; SAGARPA, 2014, citados por UPRA (2023a), “la agrologística planea, implementa y controla el flujo y almacenamiento eficiente de productos de campo, los servicios e información relacionada desde el punto de origen hasta el punto de consumo, con el cumplimiento de los requerimientos legales y de los clientes. Su objetivo es obtener el producto del campo adecuado, en el lugar y momento correctos, con la cantidad y calidad requeridas, y las especificaciones correctas (incluidos los requisitos de sostenibilidad) al menor costo. Comprende actores responsables de la producción (agricultores y productores), procesamiento (agroindustria) y distribución (transportadores, proveedores de servicios y comerciantes)”. La agrologística busca atender las condiciones cambiantes de los mercados internos, mejorar los ingresos de los productores y las condiciones de los pobladores rurales y, contribuir a la política de cero desperdicios (UPRA, 2023b).

Es un proceso funcional a la cadena de valor que involucra (MinAgricultura, 2020): i) Procesos logísticos: entendidos como la serie de actividades que se les realiza a los bienes agrícolas en función de un requerimiento. Estos pueden darse por la naturaleza del producto, por la normatividad que le aplica, por el mercado al que se dirige y por las exigencias del consumidor;

ii) Infraestructura logística: se refiere a los activos o recursos de infraestructura y áreas físicas requeridas para el desarrollo de los procesos logísticos; iii) Servicios logísticos: actividades desarrolladas por un tercero a lo largo de cadena logística con el fin de adecuar y hacer llegar el producto de acuerdo con el requerimiento del cliente o consumidor final; y iv) Actores del proceso logístico: son los agentes que interactúan en la cadena de suministro, representados en los proveedores, los productores, los prestadores de servicios logísticos, y los compradores finales o intermedios.

La agrologística campesina puede definirse como el sistema integral de procesos logísticos y de distribución necesarios para vincular eficazmente la producción de los pequeños y medianos agricultores, así como de las comunidades rurales, con los mercados. Según la Agencia de Desarrollo Rural (ADR, 2024), se fundamenta en la implementación de prácticas sostenibles y justas, e implica la modernización de la infraestructura de transporte y el establecimiento de plataformas que agilicen el tránsito de bienes agropecuarios desde las zonas de producción remotas. El objetivo central es incrementar la competitividad de las economías populares al asegurar que los productores puedan acceder a los mercados con sus productos de alto valor agregado, ya sea de manera autónoma o mediante alianzas con la industria alimentaria, fortaleciendo así los eslabones de la cadena productiva.

El país cuenta con un borrador del Plan Nacional de Agrologística (PNA), elaborado entre 2019 y 2020, y cuya versión para discusión es la actualmente disponible (MinAgricultura, 2020). Este PNA surgió en respuesta al compromiso definido en la Política Nacional Logística (DNP, 2020a) e incorpora en sus actividades la articulación de la dimensión logística con el proceso de actualización del PECTIA, razón por la cual se incluye la agrologística como factor específico en la presente actualización.

Adicionalmente, en 2024, se promulgó la Ley 2378 con el propósito de orientar la construcción de una política pública integral que permita mejorar las condiciones de acceso, eficiencia y equidad en los mercados agropecuarios, mediante la articulación de tres componentes estratégicos: el ordenamiento de la producción, la logística y la comercialización agropecuaria. Estos componentes se conciben como ejes complementarios que deben operar de manera coordinada para fortalecer el desempeño económico y social del sector rural (Congreso de la República, 2024b).

En este sentido, la Ley reconoce la necesidad de avanzar hacia un enfoque de planeación productiva basada en información de mercado, que permita reducir desequilibrios entre oferta y demanda, mejorar la toma de decisiones de los productores y orientar la producción conforme a la vocación del territorio y a las oportunidades comerciales. De esta manera, el ordenamiento de la producción se plantea como un instrumento para aumentar la eficiencia, reducir pérdidas y promover una mayor estabilidad de ingresos en el sector agropecuario (Anexo 16).

5.10.4. Bioeconomía

El concepto de bioeconomía tiene sus raíces en los años setenta, cuando el economista Nicholas Georgescu-Roegen habló de los límites que la naturaleza pone al crecimiento económico (Cleveland y Ruth, 1997). Desde comienzos de los 2000, una nueva interpretación del concepto de bioeconomía emergió en sectores políticos para impulsar el uso de recursos biológicos, el desarrollo de nuevas tecnologías y la aplicación de conocimientos y avances científicos de las ciencias de la vida en diferentes sectores económicos. Entre los hitos más relevantes se destacan el informe de la OCDE publicado en 2009, la primera estrategia de bioeconomía adoptada por la Unión Europea en 2012 y el plan nacional impulsado por Estados Unidos en ese mismo año (Patermann y Aguilar, 2018).

Diferentes perspectivas han sido identificadas a lo largo de la evolución del concepto de bioeconomía y su posicionamiento en agendas políticas y académicas, incluyendo su enfoque en sustitución de recursos fósiles, un enfoque en uso de biotecnología y un enfoque sistémico de sostenibilidad y cambio social (Lewandowski, 2018). Por ejemplo, la transición energética hacia el uso de fuentes renovables como la biomasa se enmarca en la perspectiva de sustitución de energías fósiles (Birner, 2018). La transición energética se refiere a los grandes cambios en la forma en que producimos y usamos la energía. El término se hizo conocido en Alemania en los años ochenta con el movimiento *Energiewende*, que buscaba reemplazar poco a poco los combustibles tradicionales (Carbon Brief, 2016). Más adelante, en 2015, con el Acuerdo de París, esta transición tomó un rumbo más claro hacia la reducción del uso de combustibles fósiles, con el fin de frenar el cambio climático (United Nations Change Change, 2015). En conjunto, la bioeconomía y la transición energética se complementan: la primera promueve innovaciones basadas en la naturaleza y la segunda impulsa el paso a energías limpias para proteger el planeta (Ovalle Másmela et al., 2023).

En medio de las dinámicas y transformaciones globales, el sector agropecuario en Colombia enfrenta retos y oportunidades que requieren fortalecer de manera decidida la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI). En este contexto, la bioeconomía se plantea como un pilar fundamental para guiar la definición de políticas y el diseño de estrategias en el ámbito de la CTI agropecuaria. Como respuesta, el PECTIA plantea para su versión 2025 la inclusión de la bioeconomía como factor específico en su estructura (Anexo 17).

5.10.5. Sanidad e inocuidad

A nivel global, la sanidad animal, vegetal y la inocuidad de los alimentos enfrentan enormes desafíos derivados de la aparición o reemergencia de agentes patógenos, el aumento de la resistencia antimicrobiana, la variación climática y los limitados recursos como agua y suelo. Estos factores ponen en riesgo la seguridad alimentaria y la sostenibilidad de los sistemas productivos. Los programas nacionales de CTI deben orientarse hacia la generación de soluciones a estos desafíos y a que contribuyan a reducir los riesgos del productor primario, con sistemas que aporten a la resiliencia y sostenibilidad de la producción agrícola y pecuaria. Estos esfuerzos a su vez deberán contribuir a indicadores de productividad, sostenibilidad y competitividad; así como a fortalecer los programas nacionales de vigilancia, control e inspección sanitaria y fitosanitaria.

En el ámbito internacional se encuentra un sistema de gobernanza frente a la sanidad e inocuidad agrícola y pecuaria. Este está conformado por organismos y acuerdos que conforman la base de un sistema global, estableciendo lineamientos sobre los cuales los países estructuran sus estrategias de regulación sanitaria, fitosanitaria y de inocuidad; cuyo propósito es equilibrar la protección de la salud de las personas, los animales y las plantas, con la promoción de un comercio justo, confiable y transparente. Estos lineamientos deben ser aterrizados a la luz de la realidad sanitaria, fitosanitaria y de inocuidad de cada país, para que de la mano con la CIT se generen normas y recomendaciones acordes a las necesidades nacionales.

En el ámbito nacional en Colombia existe un “Sistema de Sanidad, Fitosanidad y de Inocuidad”, que cuenta con el respaldo del gobierno nacional y en el cual participan distintos organismos, que de manera articulada formulan políticas y lineamientos, también son responsables de la implementación y, además contribuyen al fortalecimiento de los procesos inspección, vigilancia y control sanitario del país. Esto favorece al fortalecimiento de las acciones orientadas a la protección de la salud y el bienestar de las personas, los animales y las plantas (*One Health*),

reduciendo de manera significativa los riesgos asociados a enfermedades, resistencia microbiana y plagas de alto impacto sanitario y económico.

De acuerdo con los reportes de la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura -FAO, se calcula que más de un tercio de la producción agrícola mundial al año se pierde por culpa de las plagas y enfermedades de las plantas (FAO, 2021). Esta pérdida representa un desafío significativo para la seguridad alimentaria global y la sostenibilidad del sistema alimentario. Por otra parte, los reportes de la Organización Mundial de Sanidad Animal (OMSA) calculan que más de la mitad de los agentes patógenos que causan enfermedades humanas tienen su origen en los animales domésticos o silvestres (OMSA, s.f.). Así mismo, las intervenciones y acciones en salud animal han contribuido a la salud humana. Por lo tanto, desarrollar nuevos abordajes que contribuyan a mejorar el estatus sanitario en los animales ayuda a enfrentar los desafíos actuales de la sanidad. Así mismo, propender por el manejo adecuado de estas enfermedades, que surgen por mal manejo sanitario, fitosanitario y de inocuidad, requiere de nuevos enfoques en la investigación, que contribuyan a reforzar diversas estrategias que propendan por mejorar el estatus sanitario y fitosanitario, que a su vez aporten al marco regulatorio e impacte el comercio internacional.

De otro lado es importante destacar el papel de estos patógenos como enfermedades zoonóticas. La Organización Mundial de la Salud en 2024, reportó que las enfermedades transmitidas por vectores representan más del 17% de las enfermedades infecciosas y provocan más de 700.000 defunciones al año. Pueden estar causadas por parásitos, bacterias o virus. Entre estas enfermedades están el paludismo, el dengue, la esquistosomiasis, la tripanosomiasis africana humana, la leishmaniasis, la enfermedad de chagas, la fiebre amarilla, la encefalitis japonesa y la oncocercosis (OMS, 2024). Estas enfermedades tienen un nexo animal y su transmisión es zoonótica. LA OMS con la iniciativa de respuesta global al control de vectores busca prevenir las pandemias en todos los países y reducir la incidencia y mortalidad para el 60% y 75%, respectivamente, hasta el 2030. Sin embargo, en los países en vías de desarrollo y tropicales persisten serias limitaciones para llevar a cabo esa meta, siendo necesario generar procesos de articulación bajo el enfoque de “una salud (*One Health*)” con los diferentes referentes en salud.

La amplia diversidad de sistemas de producción, la complejidad de las regiones en Colombia y los desafíos sanitarios continuos requieren la estructuración de un factor específico en el componente sanitario dentro del PECTIA, que parta de la innovación constante para la generación

de soluciones y la mejora de los sistemas productivos pero que también considere la innovación disruptiva y de punta que permita anticiparse a las posibles epidemias o ingresos de plagas foráneas al país. El detalle de este factor puede consultarse en el (Anexo 18).

5.10.6. Sostenibilidad, variabilidad y cambio climático

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; 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).

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).

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). Por lo anterior, esta temática se actualiza dentro de la versión 2025 del Plan y se mantiene como factor específico (Anexo 19).

6. Estrategias y líneas de acción de la actualización 2025

El SNIA, de acuerdo con lo señalado en la Ley 1876 de 2017, define sus propósitos orientados a fortalecer la productividad y competitividad del sector agropecuario colombiano. Busca alinear la innovación agropecuaria con las políticas nacionales y regionales de competitividad y ciencia, tecnología e innovación, garantizando coherencia estratégica entre los diferentes niveles de gobierno.

Así mismo, se propone promover e implementar actividades de investigación, desarrollo tecnológico, formación, gestión del conocimiento, transferencia de tecnología e innovación, así como acciones sanitarias, fitosanitarias y de inocuidad que fortalezcan las capacidades productivas de los agricultores, permitiendo su inserción eficiente en los mercados. De igual manera, la ley establece la necesidad de articular la investigación y el desarrollo tecnológico con el servicio de extensión agropecuaria, de modo que la oferta tecnológica sea pertinente, innovadora y orientada a resolver necesidades reales de los productores.

La ley también dispone que la investigación y la innovación deben integrarse con los procesos educativos, promoviendo la formación de capacidades y competencias en innovación agropecuaria dentro del Sistema Nacional de Educación, y armonizando estas acciones con los requerimientos del servicio de extensión. Asimismo, se reconoce la importancia de incorporar los saberes locales, ancestrales y tradicionales mediante una gestión participativa del conocimiento que fortalezca los procesos de investigación, desarrollo e innovación.

Así mismo, el SNIA contempla la integración de sistemas de información, el fortalecimiento de redes de innovación en los territorios, la vinculación con experiencias internacionales relevantes y el fomento del talento humano altamente calificado, garantizando el relevo generacional para las actividades de I+D+i definidas en el PECTIA.

En este sentido, el PECTIA, propone el cumplimiento de los propósitos y principios señalados por la Ley fortaleciendo el accionar del SNIA, a través de la definición e implementación de 49 estrategias y 218 líneas de acción, detalladas en el Anexo 21, construidas de manera participativa, para cada uno de los componentes que lo constituyen como son los factores habilitantes, los factores específicos y de la Agenda de I+D+i como parte integral del PECTIA. A continuación, se presenta un análisis general de las estrategias y sus líneas de acción.

6.1. Estrategias y líneas de acción de los factores habilitantes

El fortalecimiento de la gobernanza del SNIA se sustenta en tres estrategias clave orientadas a mejorar la articulación institucional, la coherencia normativa y la eficiencia operativa del sistema. La primera estrategia propone seis acciones que incluyen la creación de una normativa para los Sistemas Territoriales de Innovación (STI) con enfoque de la Reforma Rural Integral (RRI) y diferencial; la reglamentación del artículo 11 de la Ley 1876 para asegurar que toda inversión pública en I+D+i se articule con el PECTIA; la formulación de un plan operativo con metas y responsables para dinamizar los comités técnicos; la incorporación del Consejo Superior del SNIA en el Decreto 1071 de 2015; y la expedición de un acto administrativo que adopte el PECTIA y la Agenda I+D+i, definiendo roles y compromisos institucionales. Asimismo, se plantea integrar instrumentos y actores del nivel nacional y territorial como CODECTI, CRC y Mesas de CTIA Agropecuaria, con el fin de mejorar la eficiencia, generar sinergias y evitar duplicidades en la planificación sectorial.

La segunda y tercera estrategias buscan fortalecer la gestión del conocimiento y promover la inclusión intercultural en la CTIA. La estrategia de información propone mantener actualizadas las plataformas de gestión de conocimiento (Siembra, BAC, LINKATA y Campo Innova) y publicar informes periódicos sobre los avances del SNIA y el funcionamiento de sus instancias de gobernanza. Paralelamente, la estrategia de interculturalidad plantea trabajar con comunidades étnicas y campesinas para elaborar un diagnóstico participativo y construir una ruta de integración de la interculturalidad en la CTIA. En conjunto, estas estrategias apuntan a consolidar un sistema más articulado e inclusivo y alineado con las dinámicas territoriales.

Por otra parte, *la estrategia de inversión y financiamiento del SNIA* se orienta a lograr acuerdos políticos y administrativos que permitan alcanzar niveles cercanos al 2 % del Producto Interno Bruto Agropecuario (PIBA) en inversión pública y al 2 % en inversión privada en ACTI agropecuaria. Para ello, se establecen cinco líneas de acción que buscan fortalecer la capacidad del sistema para programar, monitorear y reportar la inversión en I+D+i, garantizando coherencia entre la planificación nacional y departamental. Entre las acciones principales se encuentra el diseño de un mecanismo permanente de seguimiento de la inversión pública que incluya metas anuales de crecimiento y un sistema de reporte sobre los avances y estrategias departamentales para movilizar recursos y estimular la inversión privada.

Complementario a lo anterior, se plantea la necesidad de crear mecanismos normativos que aseguren la destinación específica de un porcentaje mínimo de fondos parafiscales agropecuarios hacia las ACTI, así como el diseño de instrumentos de incentivo como líneas de crédito preferenciales, fondos territoriales y esquemas de alianzas público-privadas, para dinamizar la inversión privada y promover una innovación territorial inclusiva, con énfasis en zonas de postconflicto. También se propone ajustar el Incentivo a la Capitalización Rural (ICR) para potenciar la inversión privada en innovación agropecuaria y aumentar los recursos de cooperación internacional con el fin de ampliar la inversión en ACTI. En conjunto, estas acciones buscan consolidar un modelo de financiamiento sostenible y diversificado.

Para el *fortalecimiento de las capacidades en el SNIA*, se proponen tres estrategias con 18 líneas de acción para implementarlas, se orientan a consolidar el talento humano, la infraestructura y los incentivos necesarios para dinamizar la ciencia, la tecnología y la innovación (CTI) en el sector. La primera estrategia propone ajustar, crear y articular incentivos que fortalezcan el capital humano y la infraestructura, mediante acciones como el diseño de un mecanismo integral de financiación para formación de alto nivel en el sector agroindustrial de valor económico (AGVE); el incremento de la vinculación de personal altamente calificado a entidades públicas, privadas, centros de investigación e instituciones de educación superior; y la actualización de esquemas de condonación de créditos para doctores y magísteres, vinculados a su aporte en academia, investigación y asistencia técnica. Esta estrategia también incluye la definición de lineamientos de formación en el marco del SNIA con enfoque en desarrollo rural integral, ética, integridad científica, responsabilidad en investigación y propiedad intelectual, articulados a rutas formativas desde la educación media técnica hasta el pregrado.

La segunda estrategia busca aumentar la capacidad del país en materia de talento humano para la CTI sectorial, alineada con las necesidades de conocimiento de la Agenda de I+D+i y las tendencias globales de innovación. Las acciones incluyen ampliar la formación de doctores y magísteres en áreas estratégicas; fortalecer grupos de investigación; promover especializaciones cortas; diseñar mecanismos de transición generacional mediante mentorías; crear un marketplace para documentar la oferta y demanda de becas; y fomentar la aplicación del Catálogo de Cualificaciones Profesionales. También se plantea diseñar programas de formación con comunidades, incorporando saberes locales y conocimientos ancestrales, así como aumentar la formación de jóvenes rurales y establecer convenios de interoperabilidad institucional. Esta estrategia culmina

con la creación de un Programa Nacional de Actualización y Formación Continua para extensionistas, promotores y técnicos, articulado al Marco Nacional de Cualificaciones.

La tercera estrategia está enfocada en fortalecer y ampliar la infraestructura necesaria para realizar I+D+i agropecuaria de calidad. Las acciones incluyen caracterizar la infraestructura disponible en el país, diseñar un plan nacional de modernización y ampliación articulando fuentes de financiación diversas, promover el uso compartido de infraestructura pública, consolidar una Red Nacional de Laboratorios y equipos de alta tecnología, y fomentar unidades empresariales de I+D+i, empresas innovadoras y parques tecnológicos que vinculen investigadores y faciliten prácticas profesionales.

Por otra parte, el *enfoque diferencial en el SNIA* se orienta a fortalecer la capacidad institucional para incorporar de manera efectiva perspectivas diferenciales e interseccionales en la gestión pública del sector agropecuario. Para ello, se propone crear una instancia de articulación entre entidades con competencia en zonas rurales, desarrollar planes de trabajo conjuntos y diseñar instrumentos normativos que permitan transversalizar dichos enfoques en las entidades adscritas y vinculadas a MinAgricultura, así como en instituciones de otros sectores con incidencia en la ruralidad. Estas acciones buscan garantizar que la planificación, ejecución y evaluación de políticas, programas y proyectos incorporen de forma sistemática las necesidades y condiciones particulares de grupos diversos presentes en el territorio.

De manera complementaria, el sector plantea el fortalecimiento de las competencias del talento humano para asegurar la apropiación de los enfoques diferenciales e interseccionales, mediante una agenda de formación institucional y procesos de apropiación comunitaria orientados a poblaciones rurales, incluidas víctimas del conflicto. Así mismo, se promueve el fortalecimiento de la gobernanza de los grupos diferenciales mediante iniciativas que reconozcan su diversidad, incorporen los saberes locales en acciones de investigación, extensión e inversión, y ajusten la normativa del SNIA para ampliar su representatividad en espacios nacionales de decisión. Así mismo, se propone una estrategia de difusión de contenidos institucionales y de política pública que responda a la diversidad cultural y social de los territorios, garantizando mayor pertinencia, participación y equidad en el desarrollo sectorial.

Las estrategias para la *planeación, el seguimiento y la evaluación del SNIA* se orientan a superar la actual ausencia de mecanismos sistemáticos que permitan monitorear su desempeño y orientar

la toma de decisiones estratégicas. La primera estrategia propone el diseño de un instrumento de planificación prospectiva con enfoque diferencial y territorial, que articule los subsistemas del SNIA en torno a prioridades sectoriales, roles, responsabilidades, actores y esquemas de sostenibilidad. Asimismo, plantea la creación de una metodología de seguimiento en la implementación del PECTIA, apoyada en el fortalecimiento de la plataforma SIEMBRA; la consolidación de acuerdos institucionales para mejorar el suministro de información; y el fortalecimiento de capacidades tecnológicas en los niveles local y nacional. También incluye la realización de evaluaciones del SNIA centradas en el avance del PECTIA y sus impactos, el posicionamiento de la Encuesta Nacional de CTI Agropecuaria como fuente oficial de información, y la mejora de los micrositos departamentales con líneas base actualizadas por cadena productiva. Todo esto en el rol de soporte de AGROSAVIA en el SNIA centrado en la administración, gestión y análisis de información para la toma de decisiones y orientación del SNIA.

La segunda estrategia se enfoca en asegurar la sostenibilidad financiera del sistema de seguimiento y evaluación del SNIA. Para ello, propone estimar los costos asociados a las líneas de acción del PECTIA como insumo clave para priorizar inversiones, optimizar recursos y garantizar la viabilidad de su implementación. Además, contempla el diseño de esquemas de financiamiento sostenibles acompañados de lineamientos de gobernanza que fortalezcan la articulación interinstitucional y aseguren la continuidad del sistema en el tiempo. En conjunto, estas acciones buscan consolidar un proceso de planificación y evaluación robusto, que permita orientar la innovación agropecuaria de manera estratégica y basada en evidencia.

Las estrategias de *propiedad intelectual (PI) para el SNIA* se orientan a fortalecer las capacidades institucionales y de los actores territoriales para comprender, aplicar y aprovechar los marcos normativos de protección de activos intangibles. Esto implica articular a las entidades gubernamentales relacionadas con bioprospección; capacitar a profesionales de investigación, desarrollo tecnológico, academia y sector productivo en PI, ciencia abierta y acceso a recursos genéticos; y promover el escalamiento y comercialización de tecnologías agropecuarias protegidas. Asimismo, se propone ampliar la sensibilización y divulgación sobre fitomejoramiento, transgénesis, edición genética y mecanismos de protección, además de impulsar el registro y uso de marcas colectivas, certificaciones y denominaciones de origen. La estrategia incluye la creación de protocolos de acompañamiento científico y técnico que faciliten la protección intelectual en los territorios.

Complementariamente, se plantea el desarrollo de mecanismos de protección de conocimientos tradicionales y bioculturales con participación de grupos étnicos, comunidades campesinas y actores locales. Esto requiere elaborar diagnósticos que identifiquen opciones de salvaguarda y garanticen la distribución justa y equitativa de beneficios derivados del uso de estos conocimientos en la gestión de la agrobiodiversidad. Adicionalmente, se prevé construir una colección de saberes tradicionales y bioculturales vinculados al sector agropecuario a través de la Biblioteca Agropecuaria de Colombia (BAC) gestionada por AGROSAVIA, como repositorio de memoria biocultural y como insumo estratégico para políticas de innovación responsable. En conjunto, estas acciones buscan consolidar un entorno de PI alineado con los estándares internacionales, promoviendo la generación, protección y uso equitativo del conocimiento en el sector agropecuario colombiano.

Las estrategias de *agrobiodiversidad para el SNIA* se orientan a consolidar un enfoque integral de conservación in situ y ex situ, fortalecimiento de bancos locales de germoplasma y promoción del uso sostenible de recursos biológicos. Para ello se plantea impulsar proyectos de investigación participativa con comunidades étnicas y campesinas, diseñar un esquema nacional de incentivos por servicios de conservación y desarrollar iniciativas de conservación integrada de semillas nativas y criollas, así como de recursos zoogenéticos locales. De igual manera, se prioriza el desarrollo de proyectos de bioprospección y mejoramiento de variedades y razas bajo criterios de sostenibilidad, junto con la formulación de una estrategia nacional para la conservación de parientes silvestres de cultivos y plantas silvestres alimentarias. Estas acciones se complementan con la generación de listados estratégicos de especies para la soberanía alimentaria y con la articulación interinstitucional para actualizar la información sobre colecciones biológicas agropecuarias, garantizando el conocimiento y la gestión responsable de los recursos genéticos del país.

La segunda línea estratégica enfatiza el reconocimiento y la participación de los actores locales en la conservación y uso sostenible de la agrobiodiversidad. Se propone fortalecer y promover el conocimiento tradicional asociado a la domesticación y diversificación de especies, robustecer las capacidades nacionales para implementar el Tratado Internacional sobre Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura, y formalizar la Mesa Técnica de Recursos Genéticos como instancia de articulación y debate técnico. Asimismo, se plantea incorporar contenidos de agrobiodiversidad en los planes educativos institucionales y fortalecer las competencias en extensión agropecuaria, creando una base social y técnica que asegure la apropiación del

conocimiento y la sostenibilidad de los recursos biológicos. En conjunto, estas acciones buscan consolidar un modelo de gobernanza y gestión de la agrobiodiversidad coherente con las prioridades nacionales de innovación, seguridad alimentaria y sostenibilidad.

Las estrategias orientadas a la garantía progresiva del *Derecho Humano a la Alimentación (DHA)* enfatizan la necesidad de fortalecer la gobernanza interinstitucional e intersectorial, articulando la producción de conocimiento con la gestión territorial. En este sentido, se propone consolidar el Observatorio del Derecho a la Alimentación y Nutrición, integrándolo con otros sistemas nacionales de información, así como definir indicadores armonizados de seguridad alimentaria y nutricional que permitan orientar la toma de decisiones. De igual manera, se busca robustecer la coordinación institucional para conectar la investigación, la política pública y las acciones territoriales, asegurando que el DHA sea abordado de manera coherente y sistémica.

Complementariamente, se plantea impulsar la investigación, la innovación y la transferencia de conocimiento mediante la asignación del 10 % de los recursos públicos de I+D+i a iniciativas que respondan a necesidades de disponibilidad, acceso y adecuación de alimentos, priorizadas en la Agenda I+D+i. Esto incluye la ejecución de proyectos de CTI con enfoque diferencial en territorios rurales y el fortalecimiento de procesos de apropiación social del conocimiento en alimentación y nutrición. Finalmente, se promueve el desarrollo de sistemas agroalimentarios territoriales sostenibles e inclusivos mediante proyectos de CTI que aumenten la oferta de alimentos sanos, soluciones tecnológicas para circuitos cortos de comercialización y acciones de investigación y educación dirigidas a la construcción de entornos alimentarios saludables, culturalmente pertinentes y equitativos.

Las estrategias de *apropiación social del conocimiento y extensión agropecuaria del SNIA* se orientan a consolidar políticas públicas que fortalezcan la extensión como soporte esencial a los procesos de innovación, con enfoque territorial, diferencial e interinstitucional. Para ello, se plantea reglamentar y financiar de manera sostenible el servicio de extensión dirigido especialmente a la Agricultura Campesina, Familiar, Étnica y Comunitaria (ACFEC) y a productores pequeños y medianos, garantizando su carácter universal conforme a la Ley 1876 de 2017. De igual forma, se propone poner en marcha programas territoriales de formación para extensionistas, establecer una agenda de investigación sobre la extensión, ajustar los marcos normativos de los PDEA y Proyectos de Extensión Agropecuaria Municipales (PEAM) para incorporar demandas de I+D+i y estructurar mecanismos que eviten duplicidades en la

financiación de proyectos con comunidades rurales. Estas acciones se complementan con iniciativas para articular la extensión público-privada y promover un modelo normalizado e integral de extensión.

De manera articulada, el SNIA busca consolidar un Sistema de Gestión y Apropiación del Conocimiento Agropecuario que integre investigación, extensión, formación y saberes locales mediante la interoperabilidad de sistemas de información y la modernización de plataformas como la BAC, base documental del sector agropecuario; Linkata, red de extensionistas agropecuarios; la Plataforma Siembra, destinada a la recopilación, gestión, divulgación y seguimiento de la información de la CTI agropecuaria, administradas por AGROSAVIA y el Campo Innova para el seguimiento y evaluación de la extensión agropecuaria. Este ecosistema deberá promover ciencia abierta, acceso libre a la información y colaboración entre actores, acompañado de la formación de dinamizadores locales con enfoques de paz, agroecología y derechos humanos.

Asimismo, se establece la financiación de proyectos que articulen los tres subsistemas del SNIA, asegurando pertinencia territorial y continuidad mínima. Finalmente, se fortalece la extensión como eje de la innovación mediante la expansión de la extensión digital, la puesta en marcha del sistema de seguimiento y evaluación del Subsistema Nacional de Extensión Agropecuaria (SSNEA), la operativización del FNEA, la armonización de instrumentos de planificación y la articulación con el SENA para asegurar formación pertinente y certificación de competencias en extensión agropecuaria.

Las estrategias orientadas a fortalecer y dinamizar los *Sistemas Territoriales de innovación (STI)*, en el SNIA se orienta a consolidar entornos que favorezcan la generación, circulación y uso del conocimiento en los territorios rurales. Para ello, se plantea masificar mecanismos alternativos de producción de conocimiento con participación comunitaria; fortalecer capacidades de los actores del sistema en conceptos clave de innovación territorial; y desarrollar la normativa que defina la tipología, gobernanza y principios orientadores de los STI, incorporando enfoques de investigación e innovación responsables y enfoque diferencial. Asimismo, se propone gestionar recursos específicos de CTI agropecuaria para su implementación y actualizar los instrumentos de política sectorial para que reconozcan los STI como vehículo central del SNIA. Paralelamente, se plantea fortalecer las Mesas de CTIA mediante lineamientos, fondos interinstitucionales, procesos de mapeo y divulgación de experiencias, así como la creación de indicadores y sistemas de seguimiento articulados al sistema de seguimiento y evaluación del SNIA.

De manera complementaria, se propone establecer una metodología guía para la conformación, operación y gobernanza de los STI, acompañada de estrategias territoriales concertadas que definan planes de trabajo, esquemas de financiación y alianzas intersectoriales. Este proceso culmina en la puesta en marcha de los sistemas en cada territorio. Finalmente, las políticas públicas de extensión y asistencia técnica se articulan a la consolidación de los STI, promoviendo la implementación progresiva del servicio de extensión en los planes de trabajo de estos sistemas y su vinculación con redes nacionales e internacionales de investigación, transferencia y apropiación social del conocimiento.

Esta articulación impulsa proyectos conjuntos en tecnologías emergentes como inteligencia artificial, big data agrícola, bioinformática y trazabilidad genética, y fortalece la relación con el sector productivo para facilitar procesos de innovación abierta y la aplicación efectiva de resultados en los territorios.

6.2. Estrategias y líneas de acción de la Agenda I+D+i

El abordaje para la búsqueda de soluciones de CTI en el SNIA, se gestiona a través *de la Agenda de I+D+i*, que hace parte integral del PECTIA, como el Instrumento de planificación y gestión para la focalización de recursos y de acciones de I+D+i tendientes al fortalecimiento, dinamización y optimización del SNIA en torno al mejoramiento de la productividad y competitividad sectorial. AGROSAVIA da soporte a MinAgricultura como facilitador y brinda acompañamiento metodológico a las Mesas de CTIA en la definición de esta.

Contar con una agenda inclusiva y pertinente requiere de la implementación de estrategias orientadas asegurar su sostenibilidad, articulación territorial y nacional, seguimiento sistemático y apropiación por parte de los actores del SNIA. En primer lugar, la sostenibilidad se fundamenta en la creación de un esquema anual de financiamiento acorde con la estrategia del PECTIA, la priorización de portafolios de investigación con enfoque territorial y diferencial, y la inclusión de la Agenda como criterio en convocatorias públicas. Asimismo, se plantea el desarrollo de convocatorias temáticas alineadas con las prioridades definidas y la consolidación de modelos de cooperación entre actores del SNIA a diversos niveles.

En cuanto a la articulación territorial y nacional, la Agenda enfatiza la necesidad de integrar los instrumentos de planificación de ambos niveles, promover espacios de diálogo entre actores para alinear prioridades de investigación y desarrollo, y asegurar que las acciones definidas por las

cadena productivas, inscritas o no ante el Ministerio de Agricultura, se incorporen en los acuerdos y planes de competitividad. Esta articulación busca fortalecer la coherencia entre políticas, capacidades institucionales y necesidades productivas.

El seguimiento y evaluación de la Agenda se concibe como un proceso continuo que requiere la definición de indicadores alineados con el sistema de seguimiento del SNIA, el desarrollo de un módulo específico para monitorear avances y la validación de la metodología que orienta las actualizaciones periódicas. Este componente garantiza que las decisiones de inversión y priorización se fundamenten en evidencias y permitan ajustar la agenda a las dinámicas tecnológicas, productivas y territoriales.

Así mismo, la apropiación de la Agenda por parte de los actores del SNIA y el soporte a la operatividad de las Mesas de CTIA constituyen pilares para su implementación efectiva. Se destaca la socialización mediante estrategias formativas y comunicativas, la definición de acciones territoriales para gestionar la Agenda a través de las Mesas, y el fortalecimiento del acceso a la información generada, especialmente en la plataforma Siembra, administrada por AGROSAVIA para el SNIA. Adicionalmente, se propone establecer rutas conjuntas entre MinAgricultura y MinCiencias para incorporar las demandas de la Agenda en proyectos del Fondo de CTel del SGR, así como brindar acompañamiento anual y promover la participación de las Mesas de CTIA en la identificación de demandas territoriales ante los CODECTI. Esta dinámica busca consolidar gobernanza, corresponsabilidad y sostenibilidad institucional para la I+D+i agropecuaria.

6.3. Estrategias y líneas de acción de los factores específicos

Los factores específicos se constituyen en los orientadores de la CTI para dar respuesta a las demandas de la Agenda de I+D+i, asociados a las dinámicas del entorno global y nacional de la investigación y el desarrollo científico y tecnológico. En este sentido, para la CTIA se organizan en seis ámbitos: agroecología, agroindustria 4.0, sanidad e inocuidad, sostenibilidad, variabilidad y cambio climático, bioeconomía y agrologística, cada uno con estrategias orientadas a fortalecer capacidades, articular actores, generar conocimiento y promover la transición hacia sistemas productivos sostenibles.

En *agroecología*, el énfasis se sitúa en la gobernanza interinstitucional, la participación comunitaria y el financiamiento para la transición agroecológica; el fortalecimiento de capacidades mediante co-investigación, promotorías y educación agroecológica; la creación de

sistemas integrales de información y monitoreo; y el impulso de sistemas productivos diversificados, cadenas de valor agroecológicas y mecanismos de reconocimiento de servicios ecosistémicos. Esta perspectiva integra ámbitos como bioinsumos, certificación participativa, modelos educativos, One Health y rutas de transición productiva, orientadas a consolidar sistemas agroecológicos sustentables y con enfoque diferencial.

En *agroindustria 4.0*, las estrategias se centran en ampliar la infraestructura digital, consolidar ecosistemas de datos, promover tecnologías avanzadas (IA, IoT, big data) y fortalecer la ciberseguridad en entornos agroindustriales. Se impulsa además el desarrollo de capacidades científicas y tecnológicas, la consolidación de redes e infraestructura de I+D+i, la innovación en procesos de transformación y empaques inteligentes, la creación de mercados inteligentes basados en blockchain y certificaciones digitales, y la promoción de modelos de sostenibilidad industrial, economía circular y carbono neutral.

En *sanidad e inocuidad*, se prioriza el fortalecimiento del talento humano, laboratorios, capacidades diagnósticas y articulación institucional, la integración de estas temáticas en la extensión agropecuaria, la investigación aplicada para el control de plagas, enfermedades y Resistencia Antimicrobiana, así como mecanismos de vigilancia epidemiológica y sistemas de incentivos para la producción limpia.

En *sostenibilidad, variabilidad y cambio climático* se orienta a generar conocimiento aplicado mediante redes de investigación agroclimática, sistemas de alertas y plataformas interoperables; validar y escalar tecnologías de mitigación y adaptación; y promover sistemas productivos resilientes mediante la medición de huellas ambientales, biofábricas, reconversión productiva y sistemas MRV (monitoreo, reporte y verificación).

Por otra parte, la *bioeconomía* promueve capacidades y participación para la valoración de biomasa, bioproductos y cadenas biobasadas; formación y extensión en bioeconomía; vigilancia tecnológica; fortalecimiento de laboratorios, biorrefinerías y mecanismos de financiación; así como la ejecución de programas de bioprospección, biofabricación, bioenergía y circularidad productiva.

En *agrologística*, las apuestas se enfocan en el fortalecimiento de capital humano, la creación de una Mesa Técnica nacional, el diseño de programas de capacitación y movilidad internacional, además del impulso a convocatorias de I+D+i, modelos de negocio innovadores, soluciones para

conectividad productiva, rutas, trazabilidad y sistemas unificados de información digital para reducir pérdidas y mejorar eficiencia logística. Estas estrategias, en conjunto, configuran un marco robusto para orientar la CTI agropecuaria hacia la competitividad, sostenibilidad y transformación productiva del país.

6.4. Acciones para la implementación del PECTIA

Para avanzar en la implementación de las estrategias y líneas de acción propuestas por el PECTIA en cumplimiento de lo señalado en la Ley (Art. 11, Ley 1876) de ser la herramienta de planificación del SNIA a través de la cual se definen los objetivos estratégicos, estrategia y líneas de acción en materia de CTI sectorial, le corresponde al MinAgricultura como responsable de la elaboración y actualización del PECTIA, en coordinación con el DNP, Colciencias (hoy MinCiencias) y Corpoica (hoy AGROSAVIA), no solo la actualización del PECTIA cada cuatro años, sino definir los mecanismos para la implementación, seguimiento y evaluación al cumplimiento del Plan.

Así mismo, y en cumplimiento de lo señalado en la Ley, el Consejo Superior del SNIA como el organismo asesor de MinAgricultura en todos aquellos aspectos que se relacionen con el SNIA, tiene dentro de sus funciones la de recomendar los instrumentos e indicadores que permitan el seguimiento y la evaluación de los resultados e impactos del SNIA y sus subsistemas; así como, recomendar los lineamientos que deben ser considerados para la elaboración del PECTIA.

Corresponde igualmente, a las Mesas de CTIA, según Art. 12, de la Ley 1876 entre otras funciones, la de adoptar el PECTIA y la Agenda Dinámica Nacional de I+D+i como el marco orientador para la planificación, priorización, financiación, ejecución y evaluación de las apuestas de investigación, desarrollo e innovación agropecuaria de nivel territorial.

De igual manera, los Comités Técnicos de los Subsistemas, son los llamados a incorporar en sus planes de acción, la implementación y seguimiento a las estrategias y líneas de acción del PECTIA que le corresponda a cada uno, así como definir los mecanismos de coordinación entre subsistemas para este propósito.

Por otra parte, corresponde a la institucionalidad sectorial e intersectorial, pública y privada, con compromisos explícitos en la implementación de las estrategias y líneas de acción del PECTIA, definir los mecanismos para el cumplimiento de las acciones a su cargo y dar cuenta de ello ante las instancias que las convoque para tal fin.

Así mismo, el MinAgricultura, como coordinador del SNIA, propenderá porque en las instancias de las instituciones sectoriales que corresponda, como juntas o consejos, entre otros, se haga seguimiento a los compromisos que le corresponda a cada institución en la implementación de las estrategias y líneas de acción propuestas por el PECTIA.

Por otra parte, y dada la necesidad de focalizar y priorizar las estrategias y líneas de acción a implementar, MinAgricultura velará porque la implementación del PECTIA quede como un ítem específico dentro del plan de acción anual de la institución correspondiente.

Finalmente, corresponde a todos los actores del SNIA y a la sociedad en general, ejercer la veeduría que garantice el cumplimiento de las funciones y roles asignados para el cumplimiento del PECTIA.

7. Anexos

7.1. Anexo 1 – Metodología de para la gestión de la agenda dinámica nacional de investigación, desarrollo tecnológico e innovación del sector agropecuario – Agenda I+D+i.

Disponible en: <https://tinyl.co/3t57>

7.2. Anexo 2 – Contexto sectorial agropecuario

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41325>

7.3. Anexo 3 - Gobernanza y marco regulatorio

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41328>

7.4. Anexo 4 - Planeación, seguimiento y evaluación

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41324>

7.5. Anexo 5 - Inversión y financiamiento

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41333>

7.6. Anexo 6 - Formación de capacidades

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41331>

7.7. Anexo 7 - Enfoque diferencial e interseccional

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41322>

7.8. Anexo 8 - Derecho Humano a la Alimentación

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41317>

7.9. Anexo 9 - Agrobiodiversidad

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41319>

7.10. Anexo 10 - Apropiación social del conocimiento y extensión agropecuaria

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41323>

7.11. Anexo 11 - Sistemas territoriales de innovación

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41326>

7.12. Anexo 12 - Propiedad intelectual

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41321>

7.13. Anexo 13 - Agenda de I+D+i

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41316>

7.14. Anexo 14 - Agroecología

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41332>

7.15. Anexo 15 - Agroindustria 4.0.

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41329>

7.16. Anexo 16 - Agrologística

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41330>

7.17. Anexo 17 - Bioeconomía

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41327>

7.18. Anexo 18 - Sanidad e inocuidad

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41318>

7.19. Anexo 19 - Sostenibilidad, variabilidad y cambio climático

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41320>

7.20. Anexo 20 - Diagnóstico de la implementación del Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación Agropecuaria (PECTIA 2017 - 2027)

Disponible en: <https://repository.agrosavia.co/server/api/core/bitstreams/822a02dc-d049-4a40-8034-c6b917cd4160/content>

7.21. Anexo 21 – Estrategias y líneas de acción del Plan Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación Agropecuaria (PECTIA) - 2025

Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41450>

8. Referencias

Agencia de Desarrollo Rural - ADR. (2024). Acuerdo No. 6 de 14 de mayo, por medio del cual se modifica el Acuerdo 011 de 2023, que adoptó el Reglamento para los proyectos integrales de desarrollo agropecuario y rural con enfoque territorial - PIDAR, y se dictan otras disposiciones. Bogotá, D.C.: Agencia de Desarrollo Rural - ADR.

Altieri, M. A., & Nicholls, C. I. (2012). Agroecología: principios y estrategias para diseñar agroecosistemas sostenibles. Ecosistemas, 21(1-2), 45-53.

- Banco Mundial. (2014). Developments and Needs for Sustainable Agro-Logistics in Developing Countries. Obtenido de Open Knowledge Repositoy - OKR. World Bank Position Note, January 2014. Jack G.A.J. van der Vorst & Joost Snels.: <http://hdl.handle.net/10986/17834>
- Banco Mundial. (2023). Worldwide Governance Indicators 2023: Methodology and Analytical Issues. World Bank Group. <https://info.worldbank.org/governance/wgi/>
- Birner, R. (2018). Bioeconomy Concepts. En I. Lewandowski, Bioeconomy. Springer, Cham.
- Cadena-Zamudio, Jorge & Ramírez-Mosqueda, Marco & María Isabel, Iñiguez & Cadena, Daniel Alejandro. (2024). Agrobiodiversity and food security: challenges and sustainable solutions. Agro Productividad. 17. 101-113. 10.32854/agrop.v17i10.3084.
- Cancillería. (2016). Acuerdo final para la terminación del conflicto y la construcción de una paz estable y duradera. Obtenido de <https://bit.ly/3q7BbEM>
- Carbon Brief. (2016). Obtenido de Timeline: The past, present and future of Germany's Energiewende: <https://www.cleanenergywire.org/factsheets/milestones-german-energiewende>
- CDB. (2004). Programa de trabajo hasta 2030 sobre el artículo 8j) y otras disposiciones del Convenio sobre la Diversidad Biológica relativas a los pueblos indígenas y las comunidades locales. Adoptada por la 16a reunión de la conferencia de las partes en el convenio sobre la Diversidad Biológica (decisión 16/4. <https://www.cbd.int/traditional/doc/cbd-8j-brochure-es.pdf>
- CEPAL - Comisión Económica para América Latina y el Caribe (2021). Introducción a los sistemas de monitoreo y evaluación (Curso ILPES, 13 oct.-10 nov. 2021). ILPES — CEPAL. https://www.cepal.org/sites/default/files/courses/files/introduccion_sistemas_monitoreo_y_evaluacion.pdf
- CEPAL - Comisión Económica para América Latina y el Caribe (s.f.). Acerca de Innovación, ciencia y tecnología | Static Page | Comisión Económica para América Latina y el Caribe. Retrieved September 7, 2021, from <https://www.cepal.org/es/temas/innovacion-ciencia-y-tecnologia/acerca-innovacion-ciencia-tecnologia>

Cleveland, C. J., & Ruth, M. (1997). When, where, and by how much do biophysical limits constrain the economic process?: A survey of Nicholas Georgescu-Roegen's contribution to ecological economics. *Ecological economics*, 203-223; [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(97\)00079-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(97)00079-7).

Congreso de la República de Colombia. (1993). Ley 70 de 1993: Por la cual se desarrolla el artículo transitorio 55 de la Constitución Política. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=7388>

Congreso de la República de Colombia. (2002). Ley 731 de 2002, por la cual se dictan normas para favorecer a las mujeres rurales. <https://www.mincit.gov.co/getattachment/dff2f972-dae8-4c9a-a617-b43a1b0ea3f0/Ley-731-de-2002-Por-la-cual-se-dictan-normas-para.aspx>

Congreso de la República de Colombia. (2013). Ley 1618 de 2013 por medio de la cual se establecen las disposiciones para garantizar el pleno ejercicio de los derechos de las personas con discapacidad. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=52081&utm>

Congreso de la República de Colombia. (2017). Ley 1876 por medio de la cual se crea el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y se dictan otras disposiciones. Recuperado el 29 de diciembre de 2017

Congreso de la República de Colombia. (2023a). Ley 2294 de 2023. Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia Potencia Mundial de la Vida”. https://www.secretariasenado.gov.co/senado/basedoc/ley_2294_2023.html

Congreso de la República de Colombia. (2023b). Acto Legislativo 01 de 2023 por el cual se reconoce al campesinado como sujeto de especial protección constitucional. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=213790>

Congreso de la República de Colombia. (2023c). Ley No. 2285: Por medio de la cual se aprueba el «Tratado Internacional Sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la agricultura», adoptado por el 31° período de sesiones de la conferencia de la FAO, en Roma, el 3 de noviembre de 2021.

<https://www.minagricultura.gov.co/Normatividad/Leyes/LEY%202285%20DEL%205%20DE%20ENERO%20DE%202023.pdf>

Congreso de la República de Colombia. (2024a). Proyecto de Ley No. 188 de 2024: Por medio de la cual se crea la política pública de educación rural en Colombia. Gaceta del Congreso de la República de Colombia.

Congreso de la República de Colombia (2024b) Ley 2378 “por medio de la cual se establecen los lineamientos para la formulación de la política nacional de mercadeo agropecuario y se dictan otras disposiciones”. 15 de julio 2024. Diario oficial Año CLX No. 52.818 Edición de 18 páginas Bogotá.

Congreso de la República de Colombia. (2025a). Acto Legislativo 01 del 26 de febrero de 2025. Obtenido de <https://www.suin-juriscal.gov.co/viewDocument.asp?id=30054526>

Congreso de la República de Colombia. (2025b). Ley 2462 de 2025 por la cual se modifica la ley 731 de 2002 y se adoptan medidas afirmativas, con el fin de garantizar la igualdad de oportunidades de las mujeres rurales, campesinas y de la pesca; y se dictan otras disposiciones. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=260656>

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. (2022). Boletín de indicadores de ciencia, tecnología e innovación agropecuaria 2020. Observatorio de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sector Agropecuario Colombiano. <http://hdl.handle.net/20.500.12324/37223>

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. (2023). Indicadores de inversión pública en ACTI. Obtenido de Plataforma Siembra: www.siembra.co

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. (2024a). Balance social 2024. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/40833>

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - AGROSAVIA. (2024b). Informe Asamblea 2024 (sección Agroecología y Resolución 331 de 2024).

- Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA antigua CORPOICA) (2015). Ciencia, Tecnología e Innovación en el Sector Agropecuario - Diagnóstico para la Misión para la Transformación del Campo. Bogotá, D.C
- 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>
- Declaración de Nyéléni (2007). Declaración del Foro Mundial de la Soberanía Alimentaria, Nyéléni 2007. Obtenido de <https://nyeleni.org/IMG/pdf/DeclNyeleni-es.pdf>
- Decreto 893 de 2017. por el cual se crean los Programas de Desarrollo con Enfoque Territorial (PDET). mayo 28 Diario Oficial. Año CLIII. N. 50247. 28 Mayo, 2017. Pag. 5.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística - DANE (2022). Guía para la inclusión del enfoque diferencial e interseccional en la producción de estadísticas del sistema estadístico nacional. <https://www.dane.gov.co/files/investigaciones/genero/guia-inclusion-enfoque-difencias-intersecciones-produccion-estadistica-SEN.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP) (1993). CONPES 2659. [chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgclefindmkaj/https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/CONPES/Econ%C3%B3micos/2659.pdf](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/CONPES/Econ%C3%B3micos/2659.pdf)
- Departamento Nacional de Planeación (DNP) (2022). Consejo Nacional de Política Económica y Social. Documento CONPES 4069: Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2022–2031. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4069.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2008a). Conpes 113. Política Nacional de Seguridad Alimentaria y Nutricional (PSAN). Departamento Nacional de Planeación. Obtenido de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Social/113.pdf>

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2008b). Conpes 3547. Política Nacional Logística. Bogotá, D.C.: Departamento Nacional de Planeación.

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2015). Misión para la Transformación del Campo Colombiano. Obtenido de <https://www.dnp.gov.co/programas/agricultura/Paginas/mision-para-la-transformacion-del-campo-colombiano.aspx>

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2019). CONPES 3975: Política Nacional para la Transformación Digital y la Inteligencia Artificial. https://normograma.mintic.gov.co/mintic/compilacion/docs/CONPES_DNP_3975_2019.htm

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2020a). Conpes 3982. Política Nacional Logística. Bogotá, D.C.: Departamento Nacional de Planeación.

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2021a). CONPES 4069: Política Nacional de CTI 2022–2031. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4069.pdf>

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2021b). Documento CONPES 4069: Política Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación 2022–2031. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/paginas/conpes_4069.pdf

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2022). Documento CONPES 4080: Política Pública de Equidad de Género para las Mujeres. <https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/Conpes/Económicos/4080.pdf>

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2023). Colombia Potencia Mundial de la Vida: Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Prensa/Publicaciones/plan-nacional-de-desarrollo-2022-2026-colombia-potencia-mundial-de-la-vida.pdf>

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2025). CONPES 4144: Lineamientos de política para el desarrollo, adopción y uso de la IA. <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Conpes/Econ%C3%B3micos/4144.pdf>

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (2025). Departamento Nacional de Planeación (DNP). Obtenido de Sistema General de Regalías: primera convocatoria bienio 2025-2026 para

proyectos PDET y Paz: https://www.dnp.gov.co/Prensa_/Noticias/Paginas/sistema-general-regalias-primer-convocatoria-bienio-2025-2026-proyectos-pdet-paz.aspx

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (s. f.a). Planes de desarrollo: Diseño y ejecución de programas y proyectos – Etapa de ejecución. Departamento Nacional de Planeación. Recuperado de https://colaboracion.dnp.gov.co/cdt/desarrollo%20territorial/planesdesarrollo_dnp_web.pdf

Departamento Nacional de Planeación (DNP). (s. f.b). Procesos misionales — Monitoreo, seguimiento y control. Recuperado de https://www.dnp.gov.co/LaEntidad_/Direccion-general/oficina-asesora-planeacion/sig/Paginas/procesos-misionales.aspx

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>

Duguma, A. L., et al. (2024). How the Internet of Things technology improves agricultural production: A review. *Artificial Intelligence Review*. <https://doi.org/10.1007/s10462-024-11046-0>

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>

Escribà-Gelonch, M., et al. (2024). Digital Twins in Agriculture: Orchestration and Applications. *Electronics*, 13(11), 2209. <https://doi.org/10.3390/electronics13112209>

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>

FIAN (2025). Escalas de realización social del Derecho Humano a la Alimentación y Nutrición Adecuadas. Obtenido de <https://fiancolombia.org/dhana-3/>

- Forero, L., Rodríguez, E., & Parra Quijano, M. (2024). Conservación de Semillas Criollas y Nativas. Experiencias desde las Casas Comunitarias y Redes de Custodios de Semillas.
- 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>
- Gobierno de Colombia (2015) Decreto 2363 de 2015. Por el cual se crea la Agencia Nacional de Tierras, ANT, se fija su objeto y estructura. 15 de Julio de 2025. Diario Oficial No. 53.175.
- Gobierno de Colombia. (2018). Ley 1931 de 2018. Recuperado de <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=87765>
- Gobierno de Colombia. (2019). Misión de sabios: Colombia 2019. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/libro_mision_de_sabios_digital_1_2_0.pdf
- González, S. P. & MartínezRodríguez, Á. A. (2023). Informe base para la actualización del PECTIA: formación de capacidades: recursos humanos e infraestructura. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41436>
- Gowdy, J. M., & Vaveye, 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>
- Grupo Consultivo sobre la Investigación Agrícola Internacional - CGIAR. (2020). Gender equality, youth & social inclusion. <https://www.cgiar.org/research/cgiar-portfolio/gender-equality-youth-social-inclusion/>
- Guebsi, R., et al. (2024). Drones in Precision Agriculture: A Comprehensive Review (2020–2024). *Drones*, 8(11), 686. <https://doi.org/10.3390/drones8110686>
- Güezmes, A., Scuro, L., & Bidegain, N. (2022). Igualdad de género y autonomía de las mujeres en el pensamiento de la CEPAL. *El Trimestre Económico*, 89(353), 311–338. <https://doi.org/10.20430/ete.v89i353.1416>

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>

HLPE - Grupo de alto nivel de expertos en seguridad alimentaria (2019). Agroecological and other innovative approaches for sustainable agriculture and food systems that enhance food security and nutrition (Report 14). Committee on World Food Security.

IFAD- Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola. (2019). IFAD action plan. Rural youth 2019-2021. Empowering rural young women and men to shape the rural economies of tomorrow.

IFAD- Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola. (2022). IFAD's Disability Inclusion Strategy 2022-2027. <https://www.ifad.org/en/w/corporate-documents/policies/ifad-disability-inclusion-strategy-2022-2027>

IPBES - Plataforma Intergubernamental Científico-Normativa sobre Diversidad Biológica y Servicios Ecosistémicos. (2019). Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.

IPCC - Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. (2019). Climate Change and Land: Summary for Policymakers. Intergovernmental Panel on Climate Change.

Jackson, Louise & Brussaard, Lijbert & Ruiter, Peter & Pascual, Unai & Perrings, Charles & Bawa, Kamaljit. (2013). Agrobiodiversity. 10.1016/B978-0-12-822562-2.00179-1.

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>

Jiménez C. J.G. 2020. Estrategia para la Extensión Rural con Enfoque Agroambiental. Municipio de Solano. Instituto SINCHI. Bogotá D.C. Colombia

- Jiménez, A. M., et al. (2022). Informe base para la actualización del PECTIA: acceso a recurso genético y propiedad intelectual. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41444>
- Kassa B, Alemu D (2017). Agricultural Research and Extension Linkages: Challenges and Intervention Options. *Ethiop. J. Agric. Sci.* 27(1):55-76
- 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>
- Klerkx, L., van Mierlo, B., & Leeuwis, C. (2012). Evolution of systems approaches to agricultural innovation: concepts, analysis and interventions. In D. G. Spielman & R. Pandya-Lorch (Eds.), *Agricultural Innovation Systems: An Investment Sourcebook*. World Bank.
- Krisnawijaya, N. N. K., et al. (2025). Implementing FAIR principles in data management systems in agriculture and food science. *Computers and Electronics in Agriculture*, 227, 109855. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.109855>
- 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>
- Lewandowski, I. (2018). *Bioeconomy: Shaping the Transition to a Sustainable, Biobased Economy*. London, UK: Springer Nature.
- Lesmes, A. R., et al. (2019). Marco nacional de cualificaciones Colombia: Área de cualificación agropecuaria. Recuperado de: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/35689>

- Londoño, A., Ordóñez-Matamoros, G., y Uribe, C. (2021). Monitoreo y evaluación de la innovación agrícola en Colombia. Universidad Externado de Colombia. Facultad de Finanzas, Gobierno y Relaciones Internacionales.
- Londoño Triana, A. M., & Uribe Galvis, C. P. (2023). *Propuesta y ruta de implementación del proceso de seguimiento y evaluación del Sistema Nacional de Innovación Agropecuario (SNIA)* (Informe técnico). AGROSAVIA; Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- 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>
- Mattar, J. & Perrotti, D. E. (Eds.). (2014). Planificación, prospectiva y gestión pública: Reflexiones para la agenda de desarrollo. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL)
- MinAgricultura, Colciencias, Corpoica. (2016). Plan estratégico de ciencia, tecnología e innovación (PECTIA), 2017-2027. Bogotá, D.C.: Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria - Corpoica.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MinAgricultura (2017). Resolución 464. Por la cual se adoptan los lineamientos estratégicos de política pública para la Agricultura Campesina, Familiar y Comunitaria y se dictan otras disposiciones.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MinAgricultura (2020). Plan Nacional de Agrologística. Versión para discusión. Bogotá, D.C.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MinAgricultura (2024b). Resolución 331 de 2024: Política Pública de Agroecología. Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MinAgricultura (2025). <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/El-sector-Agricultura,-protagonista-en-2024-de-la-reactivaci%C3%B3n-econ%C3%B3mica-del-pa%C3%ADs.aspx>
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MinAgricultura (2024a). Resolución 175 de 21 de junio de 2024. Obtenido de [https://www.suin-juriscol.gov.co/clp/contenidos.dll/Resolucion/30051856?fn=document-frame.htm\\$f=templates\\$3.0](https://www.suin-juriscol.gov.co/clp/contenidos.dll/Resolucion/30051856?fn=document-frame.htm$f=templates$3.0)

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MinAgricultura. (2013). Decreto No. 1376 por el cual se reglamenta el permiso de recolección de especímenes de especies silvestres de la diversidad biológica con fines de investigación científica no comercial. <https://www.minambiente.gov.co/wp-content/uploads/2021/10/Decreto-1376-de-2013.pdf>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural - MinAgricultura. (30 de octubre de 2018). Resolución 407, por la cual se reglamentan las materias técnicas del SNIA, estableciendo entre otros, los procesos para la actualización del PECTIA y el papel que cumplen las instancias del orden regional y nacional que participan, así como los lineamientos para la elaboración de los PDEA. Bogotá, D.C.: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural.

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación - MinCiencias (08 de marzo de 2021). Resolución 643. Obtenido de Por la cual se adopta la Política Pública de Apropiación Social del Conocimiento en el marco de la Ciencia, Tecnología: https://minciencias.gov.co/sites/default/files/upload/reglamentacion/resolucion_0643-2021.pdf

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación - MinCiencias (13 de Agosto de 2025). Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia. Obtenido de ¿Qué es el Fondo FCTEI-SGR?: https://minciencias.gov.co/ocad_fctei/fondo-fctei-sgr/que-es

Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación - MinCiencias. (2020). Lineamientos para una Política Nacional de Apropiación Social del Conocimiento. https://minciencias.gov.co/sites/default/files/documento_de_lineamientos_para_la_politica_nacional_de_apropiacion_social_del_conocimiento_1.pdf?utm

Ministerio de Educación Nacional – MinEducación). (2023). Lineamientos para la implementación de la Política de Educación Rural. MEN.

Ministerio de Educación Nacional – MinEducación. (2018). Plan Especial de Educación Rural: educación para el desarrollo rural sostenible y la paz. MEN.

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones -MinTIC. (2025). Política Pública Nacional de Inteligencia Artificial 2023–2030.

Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones -MinTIC. (2023). Estrategia Nacional Digital 2023–2026. https://www.mintic.gov.co/portal/715/articles-334120_recurso_1.pdf

Molano, L. C., et al. (2022a). Informe base para la actualización del PECTIA: extensión agropecuaria y gestión y apropiación social del conocimiento. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41438>

Molano, L. C., et al. (2022b). Informe base para la actualización del PECTIA: Sistemas Territoriales de Innovación. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41439>

Morales, G. Juan Carlos (2010). Plataforma Colombiana de Derechos Humanos, Democracia y Desarrollo. Hambre y vulneración del derecho a la alimentación en Colombia. Segundo informe sobre la situación del Derecho a la Alimentación en Colombia. Obtenido de <https://www.oda-alc.org/documentos/1341422286.pdf>

Nettle, R., et al. (2025). Digiwork: How agriculture 4.0 is changing work for farm advisers and farmers. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 9, 1542007. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2025.1542007>

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>

Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos - ACNUDH (2025). Declaración Universal sobre la Erradicación del Hambre y la Malnutrición. Oficina del Alto Comisionado de las Naciones Unidas para los Derechos Humanos. Obtenido de <https://www.ohchr.org/es/instruments-mechanisms/instruments/universal-declaration-eradication-hunger-and-malnutrition>

Organización de las Naciones Unidas - ONU (1966). Pacto Internacional de Derechos Económicos, Sociales y Culturales. Obtenido de <https://www.ohchr.org/es/instruments-mechanisms/instruments/international-covenant-economic-social-and-cultural-rights>

Organización de las Naciones Unidas - ONU (1999). Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales. Observación General 12 del Comité de Derechos Económicos, Sociales y Culturales. El derecho a una alimentación adecuada. Obtenido de <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/INEC/IGUB/derecho-a-una-alimentacion-adecuada.pdf>

Organización de las Naciones Unidas - ONU (2015). Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible (Resolución A/RES/70/1). Naciones Unidas. <https://sdgs.un.org/2030agenda>

Organización de las Naciones Unidas - ONU (2017). Declaración de las Naciones Unidas sobre los derechos de los pueblos indígenas. https://www.un.org/development/desa/indigenouspeoples/wp-content/uploads/sites/19/2018/11/UNDRIP_E_web.pdf?utm_source

Organización de las Naciones Unidas - ONU (2018). Declaración de las Naciones Unidas sobre los derechos de los campesinos y de otras personas que trabajan en las zonas rurales. <https://share.google/5kxQsAaDtkbk8kPhr>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO (2024). CFS voluntary guidelines on gender equality and women's and girls' empowerment in the context of food security and nutrition. <https://openknowledge.fao.org/items/57cbc078-ef02-4050-bcd2-055733707dab>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO (2021). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Garantizar la sanidad vegetal en un mundo posterior a la COVID-19. <https://www.fao.org/news/story/es/item/1381262/icode/>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO, & IFAD. (2019). United Nations Decade of Family Farming 2018-2028. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/5479e317-17b9-428b-9963-ba88e681ff16/content>.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO (2025a). (13 de agosto 2025). Base de datos Emisiones de la agricultura de FAOSTAT, <http://www.fao.org/faostat/es/#data/GT>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura – FAO (2025b). 20 de Agosto 2025. La Gobernanza de la tenencia de tierras en la Reforma Rural Integral. La construcción de una ruta hacia la paz territorial. https://areatenencia.fao.org.co/wp-content/uploads/2022/11/ReformaRuralIntegralDigital_FAO.pdf

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO (1996). Informe de la Cumbre Mundial sobre la Alimentación. Roma. Obtenido de <https://www.fao.org/4/w3548s/w3548s00.htm>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO (2001). Tratado Internacional Sobre los Recursos Fitogenéticos para la Alimentación y la Agricultura. <https://www.fao.org/4/i0510s/i0510s.pdf>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO (2021). Agroecology and food system transformation in Latin America and the Caribbean. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO (2022b). FAO Strategic Framework 2022–31. FAO. (2022b). Action Plan 2022–2025 for the implementation of the Strategic Framework. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/e47a387c-d8c6-4cd6-9cfb-9d78bd784ec1/content>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO (2022a). Practical guide for the Incorporation of the Intersectionality approach in sustainable rural development programmes and projects. <https://openknowledge.fao.org/items/04a7b78f-53dc-4b0d-834a-2181b241246d>

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO (2023a). Seguimiento del progreso en los indicadores de los ODS relacionados con la alimentación y la agricultura 2023. FAO.

Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura - FAO (2023b). The status of women in agrifood systems—Overview. <https://openknowledge.fao.org/items/1b87f67b-57b2-4951-903f-b872f0ef021c>

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

Organización Mundial de la Salud - OMS (2024). <https://www.who.int/es>

Organización Mundial de Sanidad Animal - OMSA (s. f.). Sanidad y bienestar animal. <https://www.oie.int/es/que-hacemos/sanidad-y-bienestar-animal/>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE. (2024). Perspectivas Agrícolas 2024-2033, Paris and Rome, <https://doi.org/10.1787/2b0c9d81-es>

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE. (2022). Rural Policy Review of Colombia 2022. (O. Publishing, Ed.) Paris: OECD Rural Studies. Obtenido de Rural Policy Review of Colombia 2022: <https://doi.org/10.1787/c26abeb4-en>.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE. (2018). Informe de la OCDE sobre la gobernanza pública Colombia.

Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE. (2024). Perspectivas Agrícolas 2024-2033, Paris and Rome, <https://doi.org/10.1787/2b0c9d81-es>

Ovalle Másmela, J. C., Romero Perdomo, F., Uribe Galvis, C., Jiménez, A. M., Molano, L. C., Santana, J., Garavito, C. (2023). Focos de ciencia, tecnología e innovación para el sector agropecuario colombiano. Obtenido de <https://repository.agrosavia.co/handle/20.500.12324/39018>

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>
- Pang, S., et al. (2024). A survey on evaluation of blockchain-based agricultural traceability. *Computers and Electronics in Agriculture*. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.108121>
- Pasquetti, C. M., & Salas, C. (Eds.). (2016). Los sistemas de monitoreo y evaluación: Hacia la mejora continua de la planificación estratégica y la gestión pública. Banco Interamericano de Desarrollo; Banco Mundial; Centro Nacional de Planeación Estratégica.
- Patermann, C., & Aguilar, A. (2018). The origins of the bioeconomy in the European Union. *New biotechnology*, 20-24; <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2025.126607>
- Perry, S. (1989). EL SISTEMA NACIONAL DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA AGROPECUARIA. 31. <http://bibliotecadigital.agronet.gov.co/bitstream/11348/4645/1/188.pdf>
- Ponce, N. (2014). Antecedentes y nuevas perspectivas de la extensión rural en Colombia. Aportes desde la agroecología. 21. <https://hsgm.saglik.gov.tr/depo/birimler/saglikli-beslenme-hareketli-hayat-db/Yayinlar/kitaplar/diger-kitaplar/TBSA-Beslenme-Yayini.pdf>
- Presidencia de la República de Colombia. (2023). Decreto 1406 de 2023, por el cual se reestructura el Sistema Nacional de Reforma Agraria y Desarrollo Rural Campesino. *Diario Oficial*.
- 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, A. M., González, S. P. & Niño, E. J. (2022b). Informe base para la actualización del PECTIA: planeación, seguimiento y evaluación. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41442>

Ramírez, A. M., Gonzalez, S. P. & Niño, E. J. (2022c). Informe base para la actualización del PECTIA: inversión y financiamiento 2022. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41443>

Ramírez, A. M., Santana, J. J. & Niño, E. J. (2022a). Informe base para la actualización del PECTIA: gobernanza y marco regulatorio. Recuperado de: <https://hdl.handle.net/20.500.12324/41441>

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>

República de Colombia. (2021). Decreto 690 de 2021 por el cual se adiciona y modifica el Decreto Único Reglamentario 1076 de 2015, del sector de Ambiente y Desarrollo sostenible, en lo relacionado con el manejo sostenible de la flora silvestre y los productos forestales no maderables, y se adoptan otras determinaciones. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=164893>

República de Colombia. (2023). Decreto 1406 de 2023 por medio del cual se modifica y adiciona el Decreto número 1071 de 2015 “por medio del cual se expide el Decreto Único Reglamentario del Sector Administrativo Agropecuario, Pesquero y de Desarrollo Rural”, en cumplimiento de los artículos 51 y 52 de la Ley 2294 de 2023 “por el cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 “Colombia Potencia Mundial de la Vida” y se dictan otras disposiciones. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=146517>

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>

Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA. (2025a). Circular 31 de 2025, sobre lineamientos para la atención diferencial a la población campesina.

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>

Superintendencia de Industria y Comercio - SIC. (2017). Reporte sobre la información en materia de Propiedad Intelectual en Colombia. Obtenido de

https://www.sic.gov.co/sites/default/files/files/Proteccion_Competencia/Estudios_Economicos/Documentos_elaborados_Grupo_Estudios_Economicos/Reporte-informacion-en-materia-de-Propiedad-Intelectual-en-Colombia.pdf

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>

Top, J., et al. (2022). Cultivating FAIR principles for agri-food data. *Computers and Electronics in Agriculture*, 197, 106909. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.106909>

Turner, J. A., Rijswijk, K., Williams, T., Barnard, T., & Small, B. (2023). Mission-oriented Agricultural Innovation Systems: Transforming agriculture through systemic innovation. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1176366.

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>

UPRA - Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. (2023a). *Agrologística. Bases conceptuales, metodológicas y aportes al ordenamiento territorial agropecuario*. Bogotá, D.C.: UPR.

UPRA - Unidad de Planificación Rural Agropecuaria. (2023b). *Infraestructura para el desarrollo del agro. Agrologística. Obtenido de Presentación XXXVII Congreso Nacional de Ingeniería. Barranquilla 1 a 3 de marzo.* https://sci.org.co/wp-content/uploads/file/CNI23/conf7_sal1_dia2.pdf

Vahdanjoo, M., et al. (2025). Digital transformation of the agri-food system. *Journal of Cleaner Production*. [https://doi.org/10.1016/S2214-7993\(25\)00017-7](https://doi.org/10.1016/S2214-7993(25)00017-7)

Wang, L., et al. (2024). Digital Twins in Agriculture: A Review of Recent Progress. *Electronics*, 13(11), 2209. <https://www.mdpi.com/2079-9292/13/11/2209>

World Bank. (2021). *Enabling Agricultural Innovation Systems for Sustainable Development*. Washington D.C.

Zarbà, C., et al. (2024). The innovative role of blockchain in agri-food systems. Trends in Food Science & Technology, 144, 103271. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2024.103271>

Zhang, J., et al. (2024). Meta-analysis assessing potential of drone remote sensing for NUE in crops. Remote Sensing, 16(5), 838. <https://doi.org/10.3390/rs16050838>

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>