



# La contribución de la innovación tecnológica a la seguridad alimentaria y al cambio climático: AGROSAVIA en el sector agropecuario colombiano\*

**Marisol González González**

**Angela Rocío Vásquez-Urriago**

**Gregorio Zambrano-Moreno**

**Gonzalo Alfredo Rodríguez-Borray**

**María Margarita Ramírez-Gómez**

**Beatriz-Elena Agudelo-Chocontá**

Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria  
AGROSAVIA (Colombia)

**Marie-Hélène Dabat-Partiot**

Centro de Cooperación Internacional en Investigación  
Agrícola para el Desarrollo CIRAD (Francia).

Recibido: 19 de julio de 2024 | Aceptado: 19 de septiembre de 2024

## Cómo citar:

González-González, M., Vásquez-Urriago, A., Zambrano-Moreno, G., Rodríguez-Borray, G., Ramírez-Gómez, M., Agudelo-Chocontá, B., Dabat-Partiot, M.H. (2024). La contribución de la innovación tecnológica a la seguridad alimentaria y al cambio climático: AGROSAVIA en el sector agropecuario colombiano. *Naturaleza y Sociedad. Desafíos Medioambientales*, 10, <https://doi.org/10.53010/nys10.03>

**Resumen.** El presente artículo analiza la contribución de la innovación tecnológica a la seguridad alimentaria y a la mitigación del cambio climático en Colombia, a partir de 18 tecnologías del sector agropecuario originadas por el accionar de AGROSAVIA (Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria). Con base en el Balance Social de AGROSAVIA del año 2023, se muestran resultados en términos de impacto económico, ambiental y social. Se presenta el caso de variedades vegetales de alto rendimiento, resistentes a plagas y enfermedades o tolerantes a condiciones climáticas adversas; de prácticas agrícolas sostenibles que permiten la conservación de los recursos naturales y la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI); y de sistemas ganaderos sostenibles, a través del manejo eficiente de pasturas y la implementación de modelos silvopastoriles que armonizan la producción pecuaria con la preservación del componente arbóreo y arbustivo. El análisis retrospectivo del impacto de las innovaciones agropecuarias responde a una demanda cada vez más apremiante de los financiadores y de las autoridades políticas, y muestra la gran responsabilidad de los investigadores para afrontar los desafíos del desarrollo sostenible.

**Palabras claves:** seguridad alimentaria, cambio climático, innovación tecnológica, impacto, sistemas agropecuarios sostenibles.

## The contribution of technological innovation to food security and climate change: AGROSAVIA in the Colombian agricultural sector

**Abstract.** This article analyzes the contribution of technological innovation to food security and climate change mitigation in Colombia based on 18 technologies in the agriculture and livestock sector that originated from the actions of AGROSAVIA (Colombian Corporation for Agricultural Research). Based on the 2023 Social Balance of AGROSAVIA, the study describes the results in terms of economic, environmental, and social impact. It presents the case of high-yielding plant varieties, resistant to pests and diseases or tolerant to adverse weather conditions; sustainable agricultural practices that allow the conservation of natural resources and the reduction of greenhouse gas (GHG) emissions; and sustainable livestock systems through efficient management of pastures and the implementation of silvopastoral models that harmonize livestock production with the preservation of the tree and shrub component. The retrospective analysis of the impact of agricultural innovations responds to an increasingly pressing demand from funders and political authorities, evidencing the great responsibility of researchers to meet the challenges of sustainable development.

**Keywords:** food security, climate change, technological innovation, impact, sustainable agriculture and livestock systems.

## A contribuição da inovação tecnológica para a segurança alimentar e a mudança climática: AGROSAVIA no setor agrícola colombiano

**Resumo.** Neste artigo, analisa-se a contribuição da inovação tecnológica para a segurança alimentar e para a mitigação da mudança climática na Colômbia, com base em 18 tecnologias

do setor agrícola provenientes das ações da AGROSAVIA (Corporação colombiana de pesquisa agropecuária). Com base no Balanço Social da AGROSAVIA 2023, os resultados são mostrados em termos de impacto econômico, ambiental e social. São apresentados o caso de variedades de plantas de alto rendimento resistentes a pragas e doenças ou tolerantes a condições climáticas adversas, as práticas agrícolas sustentáveis que permitem a conservação dos recursos naturais e a redução das emissões de gases de efeito estufa e os sistemas pecuários sustentáveis, por meio do manejo eficiente de pastagens e da implementação de modelos silvipastoris que harmonizam a produção pecuária com a preservação do componente arbóreo e arbustivo. A análise retrospectiva do impacto das inovações agrícolas responde a uma demanda cada vez mais urgente dos investidores e das autoridades políticas, além de mostrar a grande responsabilidade dos pesquisadores em enfrentar os desafios do desenvolvimento sustentável.

**Palavras-chave:** seguridad alimentar, mudança climática, inovação tecnológica, impacto, sistemas agrícolas sustentáveis.

## Introducción

La población mundial comparte la necesidad de alimentos inocuos, nutritivos y fiables. La seguridad alimentaria es un concepto multidimensional que abarca aspectos productivos, económicos, sociales y ambientales, y se define como la situación que se produce cuando todas las personas tienen acceso físico, social y económico permanente a alimentos seguros, nutritivos y en cantidad suficiente para satisfacer sus requerimientos nutricionales y preferencias alimentarias, y así poder llevar una vida activa y sana (Salazar y Muñoz, 2019). Hay cuatro dimensiones primordiales de la seguridad alimentaria que son: i) disponibilidad física de los alimentos, ii) acceso económico y físico de los alimentos, iii) utilización de los alimentos y iv) estabilidad en el tiempo de las tres dimensiones anteriores. La agricultura y la ganadería son fundamentales para garantizar la seguridad alimentaria.

El cambio climático, entendido como las variaciones en el tiempo que se da en las temperaturas y patrones climáticos globales provocados por las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), impacta de manera negativa a la seguridad alimentaria, a través de la disminución de rendimientos agrícolas por sequías, inundaciones, temperaturas extremas, pérdida de tierras cultivables por erosión, remoción de masa, disminución de disponibilidad de agua para riego y propagación de plagas y enfermedades que afectan los cultivos (Sonnino y Ruane, 2013). A su vez, la agricultura y la ganadería contribuyen al cambio climático, debido a prácticas inadecuadas como la deforestación, el uso de combustibles fósiles, la labranza convencional, la fertilización química y uso de plaguicidas, el monocultivo y los sistemas de ganadería intensiva y extensiva. El sistema alimentario global es responsable de aproximadamente un tercio de las emisiones de GEI; sin embargo, el comportamiento de los consumidores, la innovación

tecnológica, la industria y las prácticas agrícolas ofrecen diversos grados de oportunidad para reducir dichas emisiones (Almaraz *et al.*, 2023).

La inversión en investigación en el sector agropecuario puede contribuir al desarrollo sostenible. Es capaz de generar múltiples beneficios como la mejora en productividad, a través del desarrollo de nuevas variedades de cultivos y razas de ganado más resistentes y productivas; en la sostenibilidad ambiental, con recomendaciones agrícolas que reducen el impacto sobre los recursos naturales; en la adaptación al cambio climático, con la creación de innovaciones que permiten a los agricultores adaptarse a las cambiantes condiciones del clima; en la seguridad alimentaria, a través de una mayor disponibilidad de alimentos seguros y nutritivos; en la inclusión a través de la equidad de género y de grupos marginados, y el impulso al progreso económico de las zonas rurales (FAO, 2017; FIAD, 2024; Fuglie *et al.*, 2020; Nelson *et al.*, 2009; Sonnino y Ruane, 2013).

En Colombia, según el reciente estudio del Programa Mundial de Alimentos de las Naciones Unidas (PMA, 2024), el 25% de los hogares se encuentran en situación de inseguridad alimentaria moderada o severa y el 51% de los hogares en situación de seguridad alimentaria marginal, es decir que, aunque tienen un consumo aceptable de alimentos, su situación podría deteriorarse si persisten condiciones que afecten su capacidad adquisitiva, si se mantienen los efectos de los conflictos Rusia-Ucrania e Israel-Palestina y por afectaciones climáticas.

AGROSAVIA, como entidad pública descentralizada cuyo propósito es trabajar en la generación del conocimiento científico y el desarrollo tecnológico agropecuario, basa su agenda de investigación principalmente en demandas tecnológicas de los departamentos y cadenas productivas, las cuales se identifican a partir de consultas sistemáticas a actores sociales e institucionales en el marco de la construcción y actualización del Plan Estratégico de Ciencia y Tecnología e Innovación Agropecuaria (PECTIA). Dentro de los principales propósitos de esta agenda están la reducción de costos de producción, el incremento de la productividad, el mejoramiento de la seguridad alimentaria y nutricional, la generación de mayor valor agregado (empleo e ingresos), la adaptación al cambio climático, el uso sostenible de los recursos naturales, el mejoramiento de la oferta de servicios ecosistémicos y el acceso a mercados nacionales e internacionales. Actualmente, la Corporación tiene un portafolio de 230 tecnologías desarrolladas con aliados y participación de productores, disponibles para el sector productivo del país<sup>1</sup>. La utilización por parte de los productores de estas tecnologías tiene el potencial de generar impactos tanto en la seguridad alimentaria como en la adaptación y mitigación

---

1 Entre recomendaciones (44,3%), material vegetal (29,1%), servicios (16,1%), sistemas informáticos —software, sistemas expertos, aplicaciones— (4,3%), herramientas, maquinarias y equipos (3,9%) y bioproductos (2,2%).

del cambio climático. En este sentido, es importante analizar estos impactos desde la perspectiva de los productores que han innovado con estas tecnologías.

El presente artículo expone la contribución de 18 de estas tecnologías, disponibles para los productores agropecuarios colombianos en diferentes departamentos del país, sobre la seguridad alimentaria —principalmente con respecto a la disponibilidad y acceso a los alimentos— y a la adaptación y mitigación al cambio climático. En la primera sección se hace una contextualización teórica y explicación del método empleado para obtener los resultados, en la segunda sección se discuten los resultados, y finalmente se presentan las conclusiones y perspectivas de estudios futuros.

## **Materiales y métodos**

Los financiadores y las autoridades políticas esperan que los investigadores muestren cómo contribuyen a innovaciones con impacto tangible en el desarrollo. Tradicionalmente, la evaluación de impacto de la investigación ha sido métrica, pero en los últimos 15 años han surgido nuevos enfoques y comunidades (Devaux-Spatarakis y Quiedeville, 2018; Donovan, 2011; Temple *et al.*, 2018). Los modelos financieros basados en el cálculo del excedente económico y las evaluaciones costo-beneficio reducen la evaluación del impacto a medir el retorno de la inversión de un programa (De Janvry *et al.*, 2011; White, 2010). Estos métodos son criticados por su visión lineal de los procesos de innovación, sin considerar las reacciones del sistema de actores (Ekboir, 2003) y la contribución de actores externos a la investigación (Morton, 2015). Además, se critica por centrarse solo en el valor económico (Pal, 2011) y no considerar otras disciplinas y dimensiones (Belcher *et al.*, 2016; Naudet *et al.*, 2012). También, tienen dificultades para integrar el tiempo y el largo plazo, esenciales en los efectos de la investigación (Ekboir, 2003; Leeuwis *et al.*, 2017). Frente a estos desafíos, ha surgido una nueva comunidad que prioriza la comprensión de las cadenas causales que conducen al impacto (Horton y Mackay, 2003), más allá de solo medirlo y de atribuirlo solamente a los investigadores. La complejidad y la escala de temas como la resiliencia al cambio climático y la sostenibilidad de los sistemas alimentarios requieren métodos de evaluación más sofisticados (Blundo-Canto *et al.*, 2023; Hellin *et al.*, 2020), incluyendo estrategias prospectivas y retrospectivas. Respecto a la evaluación retrospectiva, los modelos mixtos que integran enfoques cuantitativos y cualitativos son la mejor manera de entender los procesos de innovación en los que la investigación juega un papel (Bamberger, 2012; Temple *et al.*, 2018). Es crucial desarrollar indicadores robustos y mensurables que reflejen la diversidad de los impactos de la investigación para determinar su pertinencia, credibilidad y legitimidad (Belcher *et al.*, 2016; Fabre *et al.*, 2021) El método utilizado por AGROSAVIA se inscribe en esta lógica.

AGROSAVIA, desde el año 2017, con el fin de mostrar a la sociedad su retorno social, presenta el Balance Social, en el que estima el impacto económico, social y ambiental de una parte de las tecnologías que ofrece y que han sido integradas al sector productivo agropecuario y agroindustrial del país; haciendo uso de una metodología que mezcla lo cuantitativo y cualitativo, y se basa en la consulta a diferentes actores del sector agropecuario relacionados con las innovaciones tecnológicas, incluyendo a los productores (AGROSAVIA, 2024). Las tecnologías que se van a resaltar se escogieron a partir de un proceso participativo interno, y recoge los diferentes tipos de estas que ofrece la Corporación y los sistemas productivos en los que se investiga. Además, se considera que estén presentes en las distintas regiones del país.

El análisis de impacto social y ambiental de las tecnologías que hacen parte del Balance Social de AGROSAVIA se realiza con el método de Evaluación de Impactos Ambientales de Innovaciones Tecnológicas Agropecuarias (Ambitec-Agro), desarrollado por Embrapa y utilizado en múltiples estudios de tecnologías agropecuarias a nivel mundial; el cual fue adaptado al contexto colombiano, lo que agregó algunos aspectos de análisis y definió la importancia dada a cada aspecto. El método evalúa los cambios socioambientales en los establecimientos agropecuarios, como consecuencia de la apropiación de una tecnología, e integra un conjunto de matrices multicriterio conformadas por 138 indicadores relacionados con aspectos de eficiencia tecnológica, calidad ambiental, efectos en el consumidor, empleo, ingresos, salud y gestión. No se trata de una metodología basada en la representatividad estadística, sino en la percepción y experiencia de productores que han apropiado la tecnología, que permite comprender las implicaciones multidimensionales en el uso de estas. Entre sus principales ventajas está el bajo costo, la posibilidad de hacer análisis continuos a lo largo del tiempo (anuales, por ejemplo) y el potencial para identificar oportunidades de mejora en la investigación para la adecuación tecnológica (Rodrigues *et al.*, 2003; Rodrigues *et al.*, 2010).

Para cada tecnología del Balance Social, se identificó un grupo de productores que han innovado y que tienen una experiencia consolidada con ella; en el grupo se incluyeron diferentes tipologías de adoptantes, por ejemplo, en términos de tamaño, nivel tecnológico, ubicación geográfica, etc., de manera que se recogiera su heterogeneidad. Mediante una entrevista individual en el predio de cada productor, se identificaron los cambios positivos o negativos en los indicadores por efecto de la tecnología, a través de la comparación con la situación de la misma finca y productor antes de usarla.

Aunque el método es cualitativo, los cambios por el uso de la tecnología se cuantifican en una escala numérica. A partir de los argumentos recogidos en la entrevista, posteriormente se valora, para cada indicador, el nivel del cambio siguiendo esta escala:

aumento alto (valor de +3), aumento moderado (+1), sin cambio (0), disminución moderada (-1), disminución alta (-3). Además, se considera el alcance espacial de tal cambio: si se dio a nivel del lote donde se incorporó la tecnología, se multiplica por 1; si fue a nivel del establecimiento productivo, por 2; y si trasciende el establecimiento, por 5. Así, se obtiene una calificación que está entre +15 a -15, donde +15 significa el mayor impacto positivo posible (un aumento alto, +3, con un alcance más allá del establecimiento productivo) y -15 el mayor impacto negativo posible (una disminución alta, -3, con un alcance más allá del establecimiento); las calificaciones de los indicadores se promedian para obtener un índice de impacto de la tecnología en esta misma escala (+15 a -15)<sup>2</sup>.

Para aproximarnos a una visión de cómo las innovaciones propiciadas por AGROSAVIA han influenciado sobre la seguridad alimentaria y la adaptación y mitigación del cambio climático, se seleccionaron, dentro de las 30 tecnologías analizadas en el Balance Social del año 2023, las que tienen relación más clara y directa con estos aspectos (llegando a un grupo de 18). Además, se tomaron de los indicadores del método Ambitec-Agro relacionados con estos dos aspectos y se organizaron en variables. A partir del promedio simple de las valoraciones dadas por los productores visitados y entrevistados para la estimación del Balance Social del año 2023<sup>3</sup>, se generó un índice de impacto para cada variable y, a partir del promedio del índice de las variables, uno específico para cada aspecto.

Para seleccionar los indicadores relacionados con la seguridad alimentaria, se tuvieron en cuenta la disponibilidad y acceso a alimentos en cantidad y calidad adecuada, y también aspectos como la conservación y recuperación de saberes ancestrales. Estos, como lo menciona la FAO (2020), pueden desempeñar un papel importante para orientar la transformación de los sistemas alimentarios para que sean más sostenibles y respetuosos con la naturaleza. De los indicadores que componen Ambitec-Agro, se seleccionaron 20, relacionados con las variables de producción, calidad e inocuidad de los alimentos, generación de ingresos y de empleo, y conservación y recuperación de saberes ancestrales. Así, se generó un índice de impacto sobre la seguridad alimentaria (Tabla 1), el cual, debido a la disponibilidad de indicadores, solo se aproxima de manera parcial a este aspecto.

---

2 Por la diversidad de indicadores que se consideran, no es de esperar valores (en valor absoluto) muy altos en los índices de impacto. Un valor de +5 o -5 ya indicaría que una tecnología presenta impactos socioambientales bastante considerables positivos o negativos.

3 Durante 2023 se entrevistó un total de 145 productores innovadores, para el análisis de estas tecnologías.

<b>VARIABLES</b>	<b>INDICADORES AMBITEC-AGRO</b>
<b>Producción de alimentos</b>	Indicador 1. Productividad de la tierra Indicador 2. Garantía de la producción de alimentos Indicador 3. Cantidad de alimentos producidos Indicador 4. Biodiversidad productiva Indicador 5. Uso de la tierra en producción de alimentos Indicador 6. Conservación de la frontera agrícola
<b>Calidad e inocuidad de los alimentos</b>	Indicador 7. Reducción de residuos químicos en los alimentos Indicador 8. Reducción de contaminantes biológicos en los alimentos Indicador 9. Calidad nutricional de los alimentos
<b>Generación de ingresos</b>	Indicador 10. Seguridad en la generación de ingresos Indicador 11. Estabilidad en la generación de ingresos Indicador 12. Diversidad de fuentes de ingresos Indicador 13. Cantidad de ingresos
<b>Generación de empleo</b>	Indicador 14. Generación de empleo temporal Indicador 15. Generación de empleo permanente Indicador 16. Generación de empleo como asociado Indicador 17. Generación de empleo familiar
<b>Conservación y recuperación de saberes ancestrales</b>	Indicador 18. Conservación de materiales genéticos tradicionales o autóctonos Indicador 19. Conservación del patrimonio histórico, artístico y cultural Indicador 20. Equidad étnica

**Tabla 1.** Variables e indicadores del índice de impacto en seguridad alimentaria.  
*Fuente:* elaboración propia.

En segundo lugar, para seleccionar los indicadores relacionados con mitigación y adaptación al cambio climático, se tuvo en cuenta la estrecha relación que hay entre la actividad agropecuaria y las prácticas bajo las que se realice. De los indicadores de Ambitec-Agro, se seleccionaron 31 para analizar variables de reducción en el uso de insumos de síntesis química, sostenibilidad energética y mejora en la calidad del aire, reaprovechamiento y reciclaje, conservación del suelo, conservación de la vegetación y recuperación de ecosistemas y uso del agua de acuerdo con la disponibilidad temporal; como elementos que permiten la adaptación y mitigación del cambio climático (Tabla 2). Para cada variable y con el promedio entre ellas se generó un índice de impacto.

<b>Variables</b>	<b>Indicadores Ambitec-Agro</b>
<b>Reducción en el uso de insumos de síntesis química</b>	Indicador 1. Reducción en la frecuencia de aplicación de plaguicidas
	Indicador 2. Aumento en la variedad de ingredientes activos (alternancia) de plaguicidas
	Indicador 3. Reducción en la toxicidad de los plaguicidas
	Indicador 4. Reducción en el uso de fertilizantes químicos
	Indicador 5. Reducción en el uso de correctivos de acidez
	Indicador 6. Reducción en el uso de productos veterinarios
<b>Sostenibilidad energética y mejora en la calidad del aire</b>	Indicador 7. Disminución en el uso de combustibles fósiles
	Indicador 8. Disminución en el uso de leña
	Indicador 9. Disminución en el uso de otras biomasas
	Indicador 10. Disminución en el uso de electricidad
	Indicador 11. Generación de energías alternativas
	Indicador 12. Aprovechamiento térmico
	Indicador 13. Generación y uso de abono orgánico/compostaje
	Indicador 14. Generación y uso de abono verde y fijación biológica de nitrógeno
	Indicador 15. Control biológico de plagas y enfermedades
	Indicador 16. Prevención de incendios
	Indicador 17. Reducción de gases de efecto invernadero
	Indicador 18. Reducción de partículas
	Indicador 19. Reducción de olores
<b>Reaprovechamiento – reciclaje</b>	Indicador 20. Recolección selectiva de residuos domésticos
	Indicador 21. Compostaje y aprovechamiento de residuos domésticos
	Indicador 22. Destinación sanitaria de residuos domésticos
	Indicador 23. Reaprovechamiento de residuos de producción
<b>Conservación del suelo</b>	Indicador 24. Destinación o tratamiento final de residuos de producción
	Indicador 25. Conservación del contenido de carbono en el suelo
<b>Conservación de la vegetación y recuperación de ecosistemas</b>	Indicador 26. Aumento de materia orgánica
	Indicador 27. Mantenimiento de la frontera agrícola
	Indicador 28. Conservación de la vegetación nativa
	Indicador 29. Recuperación de ecosistemas degradados
<b>Uso del agua acorde con la disponibilidad temporal</b>	Indicador 30. Recuperación de áreas de reserva ambiental
	Indicador 31. Uso del agua acorde con la disponibilidad temporal

**Tabla 2.** Variables e indicadores del índice de impacto en mitigación y adaptación al cambio climático.

*Fuente:* elaboración propia.

## Impactos de las innovaciones frente a la seguridad alimentaria y la mitigación y adaptación al cambio climático

En la tabla 3 se presenta una corta descripción de las 18 tecnologías analizadas, incluyendo la principal motivación o demanda que las originó, en qué consisten, el año en que inició su uso por parte de los productores y las regiones del país en las que se utilizan. Posteriormente, se muestran los resultados de los índices de impacto sobre la seguridad alimentaria y la mitigación y adaptación al cambio climático.

Tecnología	Motivación	Descripción	Año inicio de uso	Departamentos de uso
1. Estrategia de fraccionamiento de la fertilización integrada para el cultivo del plátano	Aumentar productividad y calidad y mejorar la eficiencia en el uso de fertilizantes	Fertilización eficiente, de acuerdo con los requerimientos de la planta, su etapa de crecimiento y las características del suelo	2003	Arauca, Quindío, Caldas, Risaralda y Antioquia
2. Prácticas de manejo integrado del picudo y de la mosca de la fruta en cultivos de guayaba	Controlar problemas fitosanitarios	Prácticas de carácter cultural, biológico y químico para el control de las plagas más limitantes del cultivo	2007	Santander y Boyacá
3. Estrategia de reactivación productiva con clones de naranja margaritera en la depresión Momposina	Recuperar materiales de siembra	Estrategia de recuperación y conservación del cultivo tradicional de naranja margaritera	2014	Atlántico
4. Variedades de arveja Obonuco San Isidro y Obonuco Andina	Reconversión productiva	Variedades de alto rendimiento, baja oxidación del grano y excelente calidad culinaria	2000	Nariño
5. Protocolo de renovación/rehabilitación de plantaciones improductivas de cacao	Mejorar productividad y sostenibilidad ambiental	Diagnóstico y rediseño del cultivo incrementando las plantas productivas y reconversión a un sistema agroforestal	2013	Santander, Huila, Tolima, Norte de Santander, Caquetá, Boyacá y Sucre
6. Modelo agroforestal de cacao con maderas finas tropicales	Mejorar productividad y sostenibilidad ambiental	Modelo de siembra de cacao con sombríos permanentes y transitorios y especies de cobertura	2015	Santander, Boyacá y Bolívar
7. Estrategia de renovación y siembra de plantaciones de chontaduro	Recuperar materiales de siembra y controlar problemas fitosanitarios	Restablecimiento de plantaciones afectadas por la variabilidad climática e incidencia de plagas y enfermedades	2013	Nariño, Valle del Cauca, Cauca, Risaralda y Chocó

<b>Tecnología</b>	<b>Motivación</b>	<b>Descripción</b>	<b>Año inicio de uso</b>	<b>Departamentos de uso</b>
8. Minitubérculos, semilla de papa de alta calidad	Disponer de semilla certificada	Semilla prebásica de alta calidad genética, fitosanitaria, fisiológica y física, obtenida bajo condiciones protegidas	2013	Boyacá, Cundinamarca y Nariño
9. Variedad de arracacha AGROSAVIA La 22	Mejorar productividad y atender necesidades del mercado	Variedad de el alto rendimiento y color de raíces tuberosas completamente amarillas	2019	Tolima
10. Modelos de hornillas paneleras ecoeficientes tipo Cimpa	Reducir costos y consumo de energía	Modelos que permiten incrementar la producción y disminuir o eliminar el uso de otros combustibles distintos al bagazo de caña	1987	Santander, Boyacá, Antioquia, Tolima, Cundinamarca, Huila y Chocó
11. Variedad de caña de azúcar RD 75-11	Mejorar productividad y calidad y controlar problemas fitosanitarios	Variedad de alto rendimiento y calidad de panela, con adaptación agroecológica a distintas zonas del país	1996	Boyacá, Santander, Antioquia y Huila
12. Variedad de caña de azúcar CC 93-7711	Mejorar productividad y calidad y controlar problemas fitosanitarios	Variedad de alto rendimiento, resistencia a enfermedades y condiciones para elaboración de panela de alta calidad	2013	Santander, Boyacá y Antioquia
13. Sorgo dulce forrajero Corpoica JJT – 18	Reducir costos y romper estacionalidad de la producción ganadera	Variedad forrajera con capacidad de rebrote y alto contenido de azúcar	2014	Regiones Caribe, Andina y Orinoquía
14. Inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno en soya	Mejorar productividad y reducir el uso de fertilizantes nitrogenados	Recomendación del uso de bacterias simbióticas para fijar el nitrógeno que hay en el aire y trasladarlo desde las raíces a los demás órganos de la planta	1989	Meta y Vichada
15. Recomendaciones de acondicionamiento de las sabanas de la altillanura para la producción agropecuaria	Aumentar las áreas de producción agropecuaria	Recomendaciones para la introducción de pasturas mejoradas y cultivos transitorios en suelos ácidos de esta región	1999	Meta y Vichada
16. Sistemas integrados de cultivos, forrajes y forestales para el desarrollo de una ganadería competitiva en la Orinoquía	Mejorar productividad y sostenibilidad ambiental	Establecimiento o renovación de praderas en asocio con cultivos transitorios, especies forestales y bovinos en pastoreo	2007	Meta

Tecnología	Motivación	Descripción	Año inicio de uso	Departamentos de uso
17. Establecimiento de sistemas silvopastoriles en el sur del Atlántico	Afrontar cambios climáticos	Sistemas que integran tres estratos vegetales (pastos y leguminosas, especies leñosas forrajeras y árboles) y bovinos en rotación	2013	Atlántico
18. Protocolo para la polinización con Abejas <i>Apis mellifera</i> en cultivos de importancia económica	Mejorar productividad, calidad y sostenibilidad ambiental	Estrategia de polinización para mejorar la calidad y rendimiento de frutos	2012	Boyacá y Cundinamarca

**Tabla 3.** Descripción de las tecnologías. *Fuente:* elaboración propia

## Impactos sobre la seguridad alimentaria

Según las estimaciones de los índices de impacto, todas las innovaciones analizadas tuvieron, en promedio, un impacto positivo en la seguridad alimentaria (Tabla 4). Resaltan cuatro por su mayor impacto: las *prácticas de manejo integrado del picudo y de la mosca de la fruta en cultivos de guayaba* (con un valor en el índice de impacto de 6,02), la *inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno en soya* (3,74), el *establecimiento de sistemas silvopastoriles en el sur del Atlántico* (3,56) y la *estrategia de fraccionamiento de la fertilización integrada para el cultivo del plátano* (3,10).

Innovaciones tecnológicas	Índice de seguridad alimentaria	Producción de alimentos	Calidad e inocuidad alimentos	Generación de ingresos	Generación de empleo	Saberes ancestrales
Prácticas de manejo integrado del picudo y de la mosca de la fruta en cultivos de guayaba	6,02	5,55	-0,83	13,75	1,13	10,50
Inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno en soya	3,74	3,57	2,50	7,38	1,50	0,00
Establecimiento de sistemas silvopastoriles en el sur del Atlántico	3,56	2,94	2,83	9,13	0,98	1,93
Estrategia de fraccionamiento de la fertilización integrada para el cultivo del plátano	3,10	4,83	1,79	7,86	0,82	0,19

Innovaciones tecnológicas	Índice de seguridad alimentaria	Producción de alimentos	Calidad e inocuidad alimentos	Generación de ingresos	Generación de empleo	Saberes ancestrales
Estrategia de reactivación productiva con clones de naranja margaritera en la depresión Momposina	2,93	2,24	3,27	7,13	0,48	1,55
Variedades de arveja Obonuco San Isidro y Obonuco Andina	2,80	3,40	-1,50	4,85	5,75	1,50
Minitubérculos, semilla de papa de alta calidad	2,77	3,78	3,54	6,46	0,15	-0,06
Modelos de hornillas paneleras ecoeficientes tipo Cimpa	2,77	3,28	2,15	7,66	0,45	0,29
Estrategia de renovación y siembra de plantaciones de chontaduro	2,73	2,00	4,25	2,31	0,63	4,46
Variedad de arracacha AGROSAVIA La 22	2,62	2,67	2,67	6,75	1,00	0,00
Variedad de caña de azúcar CC 93-7711	2,53	1,91	1,92	8,85	-0,08	0,05
Sistemas integrados de cultivos, forrajes y forestales para el desarrollo de una ganadería competitiva en la Orinoquía	2,39	4,67	0,00	5,63	1,00	0,67
Recomendaciones de acondicionamiento de las sabanas de la altillanura para la producción agropecuaria	2,33	4,58	1,67	4,38	1,00	0,00
Protocolo para la polinización con abejas <i>Apis mellifera</i> en cultivos de importancia económica	2,26	3,50	2,78	3,75	0,58	0,67
Sorgo dulce forrajero Corpoica JJT - 18	2,01	3,10	0,48	6,25	0,25	0,00
Modelo agroforestal de cacao con maderas finas tropicales	1,94	3,33	0,56	5,00	0,50	0,33
Variedad de caña de azúcar RD 75-11	1,80	2,65	1,67	4,48	0,19	0,00
Protocolo de renovación/rehabilitación de plantaciones improductivas de cacao	1,37	0,77	0,00	4,28	0,35	0,10

**Tabla 4.** Índices de impactos de las innovaciones frente a la seguridad alimentaria.  
Fuente: elaboración propia.

A continuación, se describen los resultados de los índices de cada una de las cinco variables que se consideraron en el índice de seguridad alimentaria. En cada caso, se hace referencia a las innovaciones tecnológicas con valoraciones más altas.

## Producción de alimentos

La innovación tecnológica que obtuvo el mayor valor en el índice de producción de alimentos fue *prácticas de manejo integrado del picudo y de la mosca de la fruta en cultivos de guayaba* (5,55). Los productores afirman que con estas prácticas se garantiza una producción libre de estas dos plagas y el rendimiento por hectárea es siete veces mayor al logrado con cultivos silvestres. Otra innovación que destaca es la *estrategia de fraccionamiento de la fertilización integrada para el cultivo del plátano* (4,83), que incrementó la producción y calidad de los racimos de plátano Hartón y Dominic Hartón; con ella se logra una producción constante y estable, así como un rendimiento por hectárea de más del 40% que sin su uso. La siguiente que resalta son *los sistemas integrados de cultivos, forrajes y forestales en la región de la Orinoquía* (4,67), que aumentaron la productividad de los sistemas ganaderos de cría y doble propósito, logrando una producción de carne y leche por hectárea de más del doble a la obtenida con el sistema tradicional. Continúa de acuerdo con este índice, las *recomendaciones de acondicionamiento de las sabanas de la altillanura para la producción agropecuaria* (4,58), en este caso, con la introducción de pasturas, se logró un rendimiento en producción de carne 15 veces superior al de sabanas nativas y, con la introducción de cultivos transitorios como maíz, arroz y soya, se convirtió la región en un polo de importancia para la seguridad alimentaria nacional. Finalmente destacan *minitubérculos, semilla de papa de alta calidad* (3,78), que mejoró significativamente el rendimiento y la sanidad de cultivos comerciales de papa; con su uso los productores tuvieron, en cultivos de seis variedades de papa, un rendimiento 55% superior al de cultivos que no usaron semilla de calidad.

De manera complementaria, se realizó una estimación de producción adicional de alimentos de estas 18 innovaciones, a partir de información del Balance Social (ver Anexo 1). La producción adicional de alimentos de origen agrícola alcanzó 1 261 534 toneladas en 2023<sup>4</sup>, la de carne bovina 83 312 toneladas y la de leche de vaca 5 540 kilos. Los productos agrícolas desagregados en grupos de alimentos<sup>5</sup> se muestran en la Tabla 5, en la cual se observa que los granos (soya, maíz, arroz) constituyen la mayor parte de esta producción adicional, seguidos por los frutales.

---

4 Esto constituye un aporte a la meta del Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 del Gobierno de Colombia, que plantea el incremento de 3,8 millones de toneladas en la disponibilidad de alimentos provenientes de cadenas agrícolas priorizadas.

5 De acuerdo con la estructura de la Encuesta Nacional Agropecuaria (DANE, 2019).

<b>Grupo de alimentos</b>	<b>Alimento</b>	<b>Toneladas adicionales</b>	<b>% sobre el total</b>
Granos	soya, maíz, arroz	801 545	63,54
Frutales	guayaba, naranja, plátano, arándanos, gulupa, cacao	257 329	20,40
Agroindustriales	panela	100 368	7,96
Raíces y tubérculos	papa, arracha	82 130	6,51
Hortalizas	arveja	19 908	1,58
Permanentes	chontaduro	254	0,02
<b>Total</b>		<b>1 261 534</b>	<b>100</b>

**Tabla 5.** Distribución de la producción adicional de alimentos de origen agrícola.

Fuente: elaboración propia.

## Calidad e inocuidad de los alimentos

La innovación que presentó la mayor valoración en el índice de calidad e inocuidad es la *estrategia de renovación y siembra de plantaciones de chontaduro* (4,25), que hizo posible la producción de este alimento de calidad nutricional excepcional. El siguiente caso que destaca es *minitubérculos, semilla de papa de alta calidad* (3,54), que, debido a la reducción de plagas y enfermedades permitieron una producción más limpia y la disminución de residualidad de agroquímicos en la papa cosechada. También sobresale la *estrategia de reactivación productiva con clones de naranja margaritera en la depresión Momposina* (3,27), con la que se alcanzó una producción importante de este alimento que destaca por su aporte en vitamina C y sus condiciones de calidad, con baja residualidad química. Otra innovación que destaca es el *establecimiento de sistemas silvopastoriles en el sur del Atlántico* (2,83), que genera un excelente forraje para los animales y evita el uso de suplementos, con lo que se obtiene leche y carne de alta calidad nutricional. Finalmente, resalta el *protocolo para la polinización con abejas Apis mellifera en cultivos de importancia económica* (2,78), que permitió incrementar el rendimiento y mejorar de manera significativa la calidad de los frutos (en términos de tamaño, sabor e inocuidad), especialmente en cultivos de frutales de exportación.

Es de mencionar que dos tecnologías generaron un impacto negativo en términos de calidad e inocuidad, se trata de las *variedades de arveja Obonuco San Isidro y Obonuco Andina* (-1,50), que sustentan la economía familiar de pequeños y medianos productores en el sur de Nariño, pero, debido al aumento del monocultivo y la mayor presión de plagas y enfermedades, se ha intensificado el uso de plaguicidas, afectando la inocuidad del alimento. También se observa afectación de las *prácticas de manejo integrado del picudo y de la mosca de la fruta en cultivos de guayaba* (-0,83) que, como ya se observó, generó un cambio fundamental en producción, pero que, en comparación

con el manejo tradicional de los cultivos silvestres, requiere el empleo de plaguicidas antes no utilizados.

## Generación de ingresos

La innovación que obtuvo el mayor valor en el índice de generación de ingresos fue nuevamente las *prácticas de manejo integrado del picudo y de la mosca de la fruta en cultivos de guayaba* (13,75), debido a la garantía y estabilidad de la producción y la mejor calidad del fruto que permitió su comercialización de manera exitosa. La siguiente en aporte fue el establecimiento de *sistemas silvopastoriles en el Sur del Atlántico* (9,13), que generó mayor cantidad y estabilidad de los ingresos de los productores y la valorización de las fincas. Destaca también la *variedad de caña de azúcar CC 93-7711* (8,85), pues su uso generó aumento en el ingreso de los productores dada la garantía en la producción y la facilidad para diversificar la presentación de la panela. La siguiente innovación que resalta es la *estrategia de fraccionamiento de la fertilización integrada para el cultivo del plátano* (7,86), que incrementó los ingresos de los productores debido a la garantía de producción a lo largo del año y posibilidad de asociar con otros cultivos, y al aumento en el valor de las plantaciones. Finalmente, destacan los *modelos de hornillas paneleras ecoeficientes tipo Cimpa* (7,66), que incrementaron los ingresos de los productores y trabajadores de los trapiches, gracias a la mayor producción, el menor costo, la flexibilidad para programar las moliendas y la alta calidad de la panela producida.

## Generación de empleo

Con respecto a la generación de empleo, la innovación con mayor índice de impacto son las *variedades de arveja Obonuco San Isidro y Obonuco Andina* (5,75), que, debido a las actividades de siembra, tutorado y cosecha, han aumentado de manera significativa el empleo rural remunerado, principalmente a nivel familiar y de las comunidades vecinas. Sigue en valor del índice, la *inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno en soya* (1,50), que permitió contratar mano de obra temporal de la región para algunas labores. Destacan nuevamente las *prácticas de manejo integrado del picudo y de la mosca de la fruta en cultivos de guayaba* (1,13), que generó empleo temporal y familiar remunerado en actividades de control de plagas y de cosecha, y, en algunos casos, trabajo permanente y formal para el manejo del cultivo. Continúan tres innovaciones con un índice de 1. Se trata de la *variedad de arracacha AGROSAVIA La 22*, que, gracias a la expansión del cultivo, aumentó la demanda de mano de obra en el municipio de Cajamarca, donde se concentra su producción; los *sistemas integrados de cultivos, forrajes y forestales en la región de la Orinoquía*, que incentivaron la contratación temporal de operarios para siembra y mantenimiento del sistema; y las *recomendaciones de acondicionamiento de las sabanas de la altillanura para la producción agropecuaria*, que

aumentó significativamente el empleo formal a nivel de operarios, asistentes técnicos y administradores en las nuevas unidades productivas que se generaron. En todos los casos anteriores, el aumento del empleo implicó mayores ingresos para los trabajadores del ámbito familiar, local o regional.

Una innovación tuvo un índice negativo sobre la generación de empleo, se trata de la *variedad de caña de azúcar CC 93-7711* (-0,08), ya que, con esta variedad, no se requiere realizar la labor de deshoje antes de la cosecha. Aunque esto representó un ahorro en los costos de producción que benefició al productor, resultó nocivo en los territorios por la disminución en la oferta de empleo temporal para realizar esta actividad.

### **Conservación y recuperación de saberes ancestrales**

Las *prácticas de manejo integrado del picudo y de la mosca de la fruta en cultivos de guayaba* (10,50) son la innovación con mayor impacto en este índice y han permitido preservar el cultivo de guayaba regional y la elaboración del bocadillo veleño, producto insignia de la región y que cuenta con denominación de origen. La siguiente innovación que destaca es la *estrategia de renovación y siembra de plantaciones de chontaduro* (4,46), por preservar este alimento básico en la gastronomía y cultura de las comunidades de la región del Pacífico y restablecer la participación de grupos minoritarios en la actividad productiva. Otra innovación que sobresale es el *establecimiento de sistemas silvopastoriles en el sur del Atlántico* (1,93), ya que permitió conservar dentro del sistema especies vegetales autóctonas, atraer animales que ya no se observaban y mantener la ganadería como esencia de la cultura del departamento. La siguiente innovación en aporte es la *estrategia de reactivación productiva con clones de naranja margaritera en la depresión momposina* (1,55), que hizo posible la recuperación y conservación de este cultivo tradicional en la región. Finalmente, destacan *las variedades de arveja Obonuco San Isidro y Obonuco Andina* (1,50), que ha valorizado los conocimientos ancestrales, como, por ejemplo, el uso del calendario lunar para la siembra. Las cinco innovaciones tecnológicas anteriores han contribuido a la preservación de especies que son el pivote central de sistemas agroalimentarios localizados tradicionales.

Una innovación obtuvo un valor negativo en este índice de impacto, aunque muy cercano a 0, es la de *minitubérculos, semilla de papa de alta calidad* (-0,06), dado que se reemplazó en parte la siembra de variedades de papa tradicionales o nativas por variedades más comerciales.

### **Impactos sobre la mitigación y adaptación al cambio climático**

Las estimaciones de los índices revelan que, la mayoría de las innovaciones analizadas tuvieron en promedio un impacto positivo sobre la mitigación y adaptación al cambio

climático, pero otras tuvieron un impacto negativo (Tabla 6). Dentro de las tecnologías con mayor impacto positivo resaltan la *estrategia de renovación y siembra de plantaciones de chontaduro* (2,63) y la *inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno en soya* (2,52). Con impacto negativo aparecen las *prácticas de manejo integrado del picudo y de la mosca de la fruta en cultivos de guayaba* (-1,00), que obtuvo el mayor valor en el índice de impacto sobre seguridad alimentaria; y las *variedades de arveja Obonuco San Isidro y Obonuco Andina* (-0,81).

Innovaciones tecnológicas	Índice de mitigación cambio climático	Reducción insumos químicos	Sostenibilidad energética /calidad del aire	Reaprovechamiento /reciclaje	Conservación del suelo	Conservación de la vegetación y recuperación de ecosistemas	Uso del agua
Estrategia de renovación y siembra de plantaciones de chontaduro	2,63	-1,75	1,88	5,31	3,13	4,58	0,00
Inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno en soya	2,52	3,71	2,81	2,68	4,07	-0,68	0,00
Sorgo dulce forrajero Corpoica JJT - 18	1,95	2,74	-0,04	0,00	0,43	0,21	6,43
Establecimiento de sistemas silvopastoriles en el sur del Atlántico	1,51	2,30	1,25	-0,20	3,80	1,40	0,50
Protocolo para la polinización con abejas <i>Apis mellifera</i> en cultivos de importancia económica	1,45	3,89	1,33	0,00	0,00	0,58	0,00
Modelos de hornillas paneleras ecoeficientes tipo Cimpa	1,22	0,17	3,04	2,57	0,54	0,99	0,00
Estrategia de reactivación productiva con clones de naranja margaritera en la depresión Momposina	0,84	1,35	0,26	0,50	1,70	0,75	0,50
Sistemas integrados de cultivos, forrajes y forestales para el desarrollo de una ganadería competitiva en la Orinoquía	0,78	-2,50	0,42	1,00	5,75	2,50	-2,50
Recomendaciones de acondicionamiento de las sabanas de la altillanura para la producción agropecuaria	0,73	-1,25	0,43	2,19	3,38	-0,38	0,00
Variedad de arracacha AGROSAVIA La 22	0,55	2,80	2,00	0,00	-1,50	0,00	0,00

Innovaciones tecnológicas	Índice de mitigación cambio climático	Reducción insumos químicos	Sostenibilidad energética /calidad del aire	Reaprovechamiento /reciclaje	Conservación del suelo	Conservación de la vegetación y recuperación de ecosistemas	Uso del agua
Protocolo de renovación/rehabilitación de plantaciones improductivas de cacao	0,55	-1,22	-2,10	0,00	4,50	1,00	0,00
Variedad de caña de azúcar RD 75-11	0,45	1,42	0,75	0,00	0,00	0,08	0,00
Mini tubérculos, semilla de papa de alta calidad	0,38	1,17	0,25	0,63	0,42	-0,17	0,00
Modelo agroforestal de cacao con maderas finas tropicales	0,30	-3,33	0,00	0,00	3,33	1,50	0,00
Estrategia de fraccionamiento de la fertilización integrada para el cultivo del plátano	0,29	-1,89	-0,06	2,62	1,79	0,00	-0,71
Variedad de caña de azúcar CC 93-7711	0,07	-1,00	1,35	0,00	0,00	0,00	0,00
Variedades de arveja Obonuco San Isidro y Obonuco Andina	-0,81	-2,80	-0,74	0,50	-1,75	-0,05	0,00
Prácticas de manejo integrado del picudo y de la mosca de la fruta en cultivos de guayaba	-1,00	-7,50	1,50	0,00	0,00	0,00	0,00

**Tabla 6.** Impactos de las innovaciones frente a la mitigación y adaptación al cambio climático.  
*Fuente:* elaboración propia.

A continuación, se muestran las tecnologías con mayor valoración, en cada indicador de las seis variables consideradas en el índice de mitigación y adaptación al cambio climático.

### Reducción en el uso de insumos de síntesis químicas

La innovación con mayor impacto positivo en el índice de reducción en el uso de insumos químicos es el *protocolo para la polinización con abejas Apis mellifera en cultivos de importancia económica* (3,89), dado que se cambió la utilización de plaguicidas químicos de alta toxicidad por un manejo orgánico, con el fin de proteger a las abejas introducidas para la polinización. Sigue en valor del índice *la inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno en soya* (3,71), que tuvo un impacto positivo, debido a que con su uso se logró reemplazar más del 80% de la fertilización nitrogenada de síntesis química.

Es de resaltar que en este índice la mitad de las innovaciones analizadas presentaron un impacto negativo. La que obtuvo la peor calificación fue *prácticas de manejo integrado del picudo y de la mosca de la fruta en cultivos de guayaba* (-7,50), dado que implicó el uso de plaguicidas con respecto a las explotaciones silvestres tradicionales, para garantizar la calidad del fruto. Le siguen el *Modelo agroforestal de cacao con maderas finas tropicales* (-3,33), que, para la introducción y mantenimiento de los diferentes cultivos incrementó el uso de fertilizantes; y las *variedades de arveja Obonuco San Isidro y Obonuco Andina* (-2,80), debido al uso creciente de plaguicidas por la pérdida de resistencia a plagas y enfermedades de las variedades, explicada en parte por el sistema de monocultivo.

### **Sostenibilidad energética y mejora en la calidad del aire**

El mayor índice de impacto sobre la variable de sostenibilidad energética y calidad del aire lo obtuvo *modelos de hornillas paneleras ecoeficientes tipo Cimpa* (3,04), que transforman la energía del bagazo de la caña de azúcar en energía calórica, reduciendo o eliminando el uso de otros combustibles y que permitieron una disminución significativa en las emisiones de GEI, partículas y olores, nocivos y desagradables, en el proceso de producción de la panela. Le siguió en valor del índice la *inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno en soya* (2,81), que al fijar nitrógeno del aire y reducir la necesidad de fertilizantes nitrogenados, permitieron disminuir las emisiones de GEI, especialmente el óxido nitroso.

Con impacto negativo destaca una innovación: *protocolo de renovación/rehabilitación de plantaciones improductivas de cacao* (-2,10), que requirió el uso de guadañas y motosierras para la realización de podas y por tanto se aumentó el uso de combustibles fósiles. Es de mencionar que otras tres tecnologías también tuvieron un impacto negativo sobre esta variable.

### **Reaprovechamiento - reciclaje**

La innovación con la más alta valoración en el índice de reaprovechamiento-reciclaje es *estrategia de renovación y siembra de plantaciones de chontaduro* (5,31), que resalta porque los residuos del cultivo, como hojas y tallos, se emplean para la realización de compostaje y abonos orgánicos. Le sigue *inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno en soya* (2,68), ya que se incorporan los residuos del cultivo y cosecha al suelo y se hizo una mejor gestión de residuos como los empaques. En tercer lugar, está la *estrategia de fraccionamiento de la fertilización integrada para el cultivo del plátano* (2,62), en la que se reaprovecharon los residuos vegetales del cultivo para las siguientes siembras y se emplearon residuos de otros cultivos, como el café, para realizar compostaje. Finalmente, se encuentra *modelos de hornillas paneleras ecoeficientes tipo Cimpa*

(2,57), con los que aumentó la producción de residuos orgánicos durante las moliendas, que se aprovecharon en la nutrición de cultivos y animales en las fincas paneleras.

Solo una tecnología presenta un índice negativo en la variable, aunque muy cercano a cero, el *establecimiento de sistemas silvopastoriles en el sur del Atlántico* (-0,20), debido a que algunos productores, con el fin de conservar la buena calidad del agua de los jagüeyes para el consumo animal, ahora recogen las basuras, pero llevan a cabo la práctica nociva de la quema; es importante señalar que esta práctica por supuesto no hace parte de la recomendación tecnológica, y como lo muestra el índice es muy poco común.

### Conservación del suelo

La innovación con mayor impacto en este índice tiene que ver con *sistemas integrados de cultivos, forrajes y forestales en la Orinoquía* (5,75), gracias a la cobertura vegetal que brindan las especies y los árboles del sistema; aunque, por otro lado, se pudo generar mayor compactación por el aumento en la carga animal. La siguiente que resalta es *protocolo de renovación/rehabilitación de plantaciones improductivas de cacao* (4,50), debido a la mayor cobertura e incorporación de materia orgánica y por el aporte de los forestales incluidos en el sistema. En tercer lugar, está *inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno en soya* (4,07), que incrementó la fijación biológica de nitrógeno en el suelo y mejoró sus condiciones biológicas, físicas y químicas. Finalmente, destaca *establecimiento de sistemas silvopastoriles en el sur del Atlántico* (3,80), con el cual se observó una mejora apreciable en la calidad del suelo en términos de mayor humedad, retención de agua, nutrientes, presencia de materia orgánica y fertilidad; y menor compactación.

Dos tecnologías presentaron impactos negativos sobre la variable. Las *variedades de arveja Obonuco San Isidro y Obonuco Andina* (-1,75), debido al aumento del área en monocultivo; y la *variedad de arracacha AGROSAVIA La 22* (-1,50), dado que con esta variedad algunos productores están realizando varios ciclos de producción en el mismo lote de manera consecutiva, lo cual afecta la cantidad de nutrientes del suelo.

### Conservación de la vegetación y recuperación de ecosistemas

Frente a la conservación de la vegetación y recuperación de ecosistemas, la innovación que presenta el mayor índice de impacto es *estrategia de renovación y siembra de plantaciones de chontaduro* (4,58), dado su significativo aporte a la conservación de la vegetación nativa, a la biodiversidad y a la restauración del ecosistema. También se destacan *sistemas integrados de cultivos, forrajes y forestales en la Orinoquía* (2,50) gracias a la incorporación del componente arbóreo que redujo la tala y protegió el bosque natural, a la siembra de vegetación nativa y a que permitió la recuperación de ecosistemas

degradados. En tercer lugar, se encuentra *modelo agroforestal de cacao con maderas finas tropicales* (1,50) en Santander, Boyacá y Bolívar, que incluye cacaos especiales, barreras de sombrío permanente (con maderables finos como abarco), sombríos transitorios (como plátano) y especies de cobertura (como frijol) durante la fase de establecimiento lo que aumentó la vegetación nativa. Es de resaltar que, aunque con valores pequeños, cuatro tecnologías presentaron impactos negativos sobre la variable.

### Uso del agua acorde con la disponibilidad temporal

Con respecto al uso del agua, una innovación resaltó por el efecto positivo, se trata de *sorgo dulce Corpoica JJT-18* (6,43), que permite sobrellevar las épocas críticas de baja disponibilidad de forrajes en los sistemas de producción de ganadería bovina y que, debido a su rusticidad, se adaptó muy bien a climas secos y no requirió agua más allá de la disponibilidad temporal, a diferencia de otras alternativas forrajeras como el maíz.

Entre los casos de impacto negativo, resaltan los *sistemas integrados de cultivos, forrajes y forestales en la Orinoquía* (-2,50), dado que con éstos se requirió de agua adicional para los animales, de acuerdo con el aumento de la carga animal. También con efecto negativo está la *estrategia de fraccionamiento de la fertilización integrada para el cultivo del plátano* (-0,71), que implicó un aumento en el consumo de agua para las actividades de riego, fertilización y lavado del plátano.

### Conclusiones

Respecto a los resultados, cabe destacar que todas las innovaciones tecnológicas tuvieron en promedio un impacto positivo frente a la seguridad alimentaria (y en los índices de las variables solo cuatro casos puntuales tuvieron un efecto negativo), mientras que, frente a la adaptación y mitigación al cambio climático se observaron varios casos negativos. Hay tecnologías con efectos importantes en términos de producción de alimentos, generación de ingresos y empleo, y mantenimiento de los conocimientos ancestrales; pero, por otra parte, conducen a un mayor uso de plaguicidas, perjudiciales para la inocuidad de los alimentos y el cambio climático. Los casos más emblemáticos son: *prácticas de manejo integrado del picudo y de la mosca de la fruta en cultivos de guayaba*, que logró un avance fundamental en la preservación y mejora de la producción de un alimento de alta importancia nutricional y cultural, pero que implicó pasar de una situación de no uso de agroquímicos en explotaciones silvestres, que existían anteriormente, a la introducción de estos insumos con la afectación ambiental y en salud; y las *variedades de arveja Obonuco San Isidro y Obonuco Andina*, que fueron la base de un necesario proceso de reconversión productiva y no solo garantizan un volumen considerable de este alimento a nivel del país, sino que son el sustento de la economía de miles de familias, pero que han conllevado además del creciente uso de plaguicidas y con esto a la

afectación de la calidad del suelo y de los ecosistemas. En contraste, otras tecnologías reconcilian los dos objetivos, es el caso de *inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno en soya* y del *establecimiento de sistemas silvopastoriles en el sur del Atlántico*, que tienen un muy buen impacto en la seguridad alimentaria y que tienen un buen comportamiento desde el punto de vista de su impacto sobre el cambio climático.

Aunque las tecnologías propuestas por AGROSAVIA tienen un enfoque de sostenibilidad, uno de sus preceptos es mejorar el beneficio económico de las actividades agropecuarias, lo cual en algunas ocasiones puede conllevar un impacto negativo en ámbitos ambientales y sociales. Durante el proceso de innovación con las tecnologías pueden aparecer algunos efectos negativos como la mayor presión de plagas y enfermedades sobre los cultivos y la necesidad de utilizar plaguicidas que pueden perjudicar la salud humana. De hecho, mejorar la productividad va a menudo unido al aumento en el uso de insumos de síntesis química, en particular fertilizantes y plaguicidas y, a veces, con mayor consumo energético y, en casos menos frecuentes, un exceso de consumo de agua para actividades como riego, fertilización y lavado de los productos. También es posible que algunas tecnologías induzcan menos trabajo, lo que podría verse positivamente como menos gasto en mano de obra y posibilidad de reinvertir el trabajo en otras tareas, pero que resulta en la profundización del desempleo como problema social en algunas regiones. Del mismo modo, variedades que permiten tener excelentes resultados desde el punto de vista de la disponibilidad, la calidad e inocuidad de los alimentos, pero que desincentivan el uso de variedades vegetales tradicionales y nativas. Por esta razón, los investigadores no pueden parar en la búsqueda de contribuir al desarrollo de tecnologías sostenibles que generen procesos de innovación con impactos positivos multidimensionales para las comunidades. Para esto resulta fundamental, cada vez más, garantizar espacios transdisciplinarios en la formulación de los proyectos de investigación, de manera que respondan a la realidad y expectativas de los actores territoriales; en su desarrollo, propiciando una investigación participativa; en los procesos de difusión y vinculación; y posteriormente, en la evaluación de los impactos.

El valor de este tipo de evaluaciones radica en que permite a los investigadores identificar falencias en las tecnologías y los procesos de innovación y orientar las nuevas pesquisas de manera que se armonicen los impactos económicos, sociales y ambientales en los territorios. Además, facilita el trabajo de los responsables de la formulación de políticas, quienes pueden optar por promover innovaciones considerando sus efectos, en línea con sus estrategias para fomentar el desarrollo sostenible.

El enfoque metodológico del análisis de impacto en este estudio se basa en gran parte en la percepción de los productores y otros actores del sector y depende de la interpretación de los investigadores, lo que implica cierta subjetividad de los impactos identificados. Sin embargo, permite comprender el alcance de las innovaciones y cómo

las tecnologías han generado impactos positivos y negativos. Se trata de un método flexible que permite, con la participación de los actores de los territorios, abordar y comparar periódicamente un gran número de tecnologías, garantizar un seguimiento de la innovación en el campo a lo largo del tiempo y orientar nuevas investigaciones. Se espera a futuro ampliar el enfoque y combinarlo con otros elementos para mejorar el alcance. Por ejemplo, es fundamental profundizar en la comprensión de los procesos de investigación (participación de actores, combinación de saberes, estilos de investigación, escala geográfica, etc.), las trayectorias y procesos multiactores a escala territorial y sectorial (aspectos culturales, acceso a mercados, gobernanza de las cadenas, influencia de las políticas públicas locales, etc.) que permitan comprender cómo las tecnologías se adaptan, se modifican, se rechazan o se transforman en innovaciones y explicar de mejor manera los impactos generados. Otra perspectiva de mejora es el análisis a nivel regional para analizar el peso de las condiciones locales tanto sobre la innovación como sobre sus impactos, generalizar algunos resultados y contextualizar otros. En términos de herramientas, la combinación de este método con la estadística permitirá una medición más representativa del impacto. Finalmente, resulta primordial ampliar los indicadores de impacto para acercarse a la complejidad de aspectos como la seguridad y soberanía alimentaria que incluye muchos más elementos a los mencionados en este trabajo, por ejemplo, en términos de distribución, acceso y accesibilidad de los alimentos.

Las tecnologías basadas en la ciencia y la innovación propuestas a los actores del medio rural agropecuario pueden tener un impacto en el desarrollo sostenible de los territorios, sobre todo si son numerosas, diversificadas, adaptadas y se benefician de un acompañamiento a largo plazo. El contacto estrecho y repetido con los actores locales para discutir el impacto de las tecnologías con un método abierto y cualitativo como se empleó en este estudio, permite reforzar la participación de estos actores en la orientación e implementación de formas de investigación-acción y de inteligencia colectiva para contribuir al desarrollo sostenible.

## Referencias

- AGROSAVIA (2024). *Balance Social 2023*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria. <https://www.AGROSAVIA.co/sociedad/balance-social>
- Almaraz, M., Houlton, B. Z., Clark, M., Holzer, I., Zhou, Y., y Rasmussen, L. (2023). Model-based scenarios for achieving net negative emissions in the food system. *PLOS Climate*, 2(9), 1-25.
- Bamberger, M. (2012) *Introduction to Mixed Methods in Impact Evaluation*. Impact Evaluation Notes, 3, 1–38. New York, NY: The Rockefeller Foundation.
- Belcher, B. M., Rasmussen, K. E., Kemshaw, M. R., y Zornes, D. A. (2016). Defining and assessing research quality in a transdisciplinary context. *Research Evaluation*, 25(1), 1–17. <https://doi.org/10.1093/reseval/rvvo25>

- Blundo Canto, G., Rodríguez-Borray, G., Vásquez-Urriago, A-R., Ramírez-Gómez, M-M., Zambrano-Moreno, G., Tibaduiza-Castañeda, L., Huertas-Carranza, B., Santacruz-Castro, A., Agudelo-Chocontá, B-E., Soullier, G., Proietti, C., Mejía-Mejía, A-D., Ferre, M., y de Romemont, A. (2023). Impact weaving: An approach to strengthening the plausibility of anticipated AR4D Impact pathways. *European Journal of Development Research*, 35, 402-425. <https://doi.org/10.1057/s41287-022-00566-6>
- De Janvry, A., Dustan, A., y Sadoulet, E. (2011). *Recent Advances in Impact Analysis Methods for Ex-post Impact Assessments of Agricultural Technology: Options for the CGIAR*. University of California at Berkeley, 36 pp. <https://hdl.handle.net/10568/117649>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas (DANE) (2019). *Encuesta Nacional Agropecuaria (ENA)*. Recuperado de <https://www.dane.gov.co/index.php/estadisticas-por-tema/agropecuario/encuesta-nacional-agropecuaria-ena>.
- Devaux-Spatarakis, A., y Quiedeville, S. (2018). *Comment évaluer les impacts des innovations en agronomie ? Dans : Innovation et développement dans les systèmes agricoles et alimentaires* (pp. 209-222). Éditions Quae. Disponible en <https://books.openedition.org/quae/25601?lang=fr>
- Donovan, C. (2011). State of the art in assessing research impact: introduction to a special issue. *Research Evaluation*, 20 (3), 175–179. <https://doi.org/10.3152/09582021X13118583635918>
- Ekboir, J. M. (2003). Why impact analysis should not be used for research evaluation and what the alternatives are. *Agricultural Systems*, 78(2), 166–84. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(03\)00125-2](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(03)00125-2)
- Fabre, P., Dabat, M.H., y Orlandoni, O. (2021). *Methodological brief for agri-based value chain analysis. Frame and Tools – Key features* (Version 2 – February, 44pp).
- Fondo Internacional de Desarrollo Agrícola (FIAD). (2024). *Transforming research into results for rural people*. Recuperado de <https://www.ifad.org/en/agricultural-research-for-development>.
- Fuglie, K., Gautam, M., Goyal, A., y Maloney, W. F. (2020). *Harvesting Prosperity: Technology and Productivity Growth in Agriculture*. Washington, DC: World Bank. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1393-1>
- Gobierno de Colombia (2023). *Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026: Colombia, potencia mundial de la vida*. Departamento Nacional de Planeación. Disponible en <https://www.dnp.gov.co/plan-nacional-desarrollo/pnd-2022-2026>.
- Hellin, J., Balié, J., Fisher, E., Blundo-Canto, G., Meah, N., Kohli, A., y Connor, M. (2020). Sustainable agriculture for health and prosperity: stakeholders' roles, legitimacy and modus operandi. *Development in Practice*, 30, 965–971. <https://doi.org/10.1080/09614524.2020.1798357>
- Horton, D., y Mackay, R. (2003). Using evaluation to enhance institutional learning and change: recent experiences with agricultural research and development. *Agricultural Systems*, 78 (2), 127–142. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(03\)00123-9](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(03)00123-9)
- Leeuwis, C., Klerkx, L., y Schut, M. (2017). Reforming the Research Policy and Impact Culture in the. Integrating science and systemic capacity development. *Global Food Security*, 16, 17-2. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gfs.2017.06.002>.

- Morton, S. (2015). Progressing Research Impact Assessment: A Contributions Approach. *Research Evaluation*, 24(4), 405–19. <https://doi.org/10.1093/reseval/rv016>
- Naudet, J. D., Delarue, J., y Bernard, T. (2012). 'Evaluations d'impact : un outil de redevabilité ? Les leçons tirées de l'expérience de l'AFD. *Revue d'Economie du Développement*, 26, 27–48.
- Nelson, G. C., Rosegrant, M. W., Koo, J., Robertson, R., Sulser, T., Zhu, T., y Lee, D. (2009). *Cambio Climático: El impacto en la agricultura y los costos de adaptación*. Washington: IFPRI. Disponible en [https://www.fao.org/fileadmin/user\\_upload/AGRO\\_Noticias/docs/costo%20adaptacion.pdf](https://www.fao.org/fileadmin/user_upload/AGRO_Noticias/docs/costo%20adaptacion.pdf)
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). (2017). *The future of food and agriculture: Trends and challenges*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) (2020). Comité de Agricultura. *Cómo los conocimientos ancestrales mejorarán los sistemas alimentarios: el Centro mundial sobre sistemas alimentarios indígenas*. Disponible en <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/5175d6e5-6efa-44f6-92ae-959974fb493c/content>
- Pal, S. (2011). Impacts of CGIAR Crop Improvement and Natural Resource Management Research: A Review of Evidence. *Agricultural Economics Research Review*, 24, 185–200.
- Programa Mundial de Alimentos (PMA). (2024). *Evaluación de Seguridad Alimentaria para Población Colombiana*. BRIEF2024 Comms. Disponible en <https://reliefweb.int/report/colombia/evaluacion-de-la-seguridad-alimentaria-para-la-poblacion-colombiana-2024>
- Rodrigues, G. S., Campanhola, C., y Kitamura, P. C. (2003). An environmental impact assessment system for agricultural RyD. *Environmental Impact Assessment Review*, 5(4), 38–56. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-27242010000400004>
- Rodrigues, G.; Rodrigues, A.; Buschinelli, C.; y Barros, I. (2010). Integrated farm sustainability assessment for the environmental management of rural activities. *Environmental Impact Assessment Review*, (30), 229–239. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2009.10.002>
- Salazar, L., y Muñoz, G. (2019). *Seguridad alimentaria en América Latina y el Caribe*. Banco Interamericano de Desarrollo. <http://dx.doi.org/10.18235/0001784>
- Sonnino, A., y Ruane, J. (2013). *La innovación en agricultura como herramienta de la política de seguridad alimentaria: el caso de las biotecnologías agrícola*. En Hodson y Zamudio (Eds.), *Biotechnologías e innovación: el compromiso social de la ciencia* (pp. 25–52). Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Disponible en <https://www.fao.org/4/ar635s/ar635s.pdf>
- Temple L., Barret D., Blundo-Canto G., Dabat, M-H., Devaux-Spatarakis A., Faure G., Hainzelin E., Mathé S., Toillier A. y Triomphe B. (2018). Assessing impacts of agricultural research for development: A systemic model focusing on outcomes. *Research Evaluation*, 27(2), 157 - 170. <https://doi.org/10.1093/reseval/rvy005>
- White, H. (2010). A Contribution to Current Debates in Impact Evaluation. *Evaluation*, 16(2): 153–64. <https://doi.org/10.1177/1356389010361562>

:: :: ::

## Sobre este artículo

Este artículo es resultado del proyecto “Balance Social de la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA 2023”, ejecutado entre enero del 2023 y marzo de 2024 en todo el territorio colombiano y financiado por el Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, por medio de la transferencia variable TV23.

↑

## Sobre los autores

**Marisol González González.** Máster en Economía de la Universidad de Manizales. Investigadora Máster en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA. Contribución al artículo: coordinación del artículo y estructuración, planteamiento y descripción de la metodología, procesamiento y análisis de datos, discusión y conclusiones. Últimas publicaciones: *Estudio sobre comercio exterior en el Eje Cafetero, 2009 – 2018.*, 2019 (en coautoría) “Paradigmas y tendencias en la organización del espacio rururbano: una revisión teórica”. *Revista Ciudad y Territorio. Estudios Territoriales*, 2018, 196, 189-202. [mgonzalezg@AGROSAVIA.co](mailto:mgonzalezg@AGROSAVIA.co)

↑

**Angela Rocío Vásquez-Urriago.** Doctora en Economía y Gestión de la Innovación y Política Tecnológica de la Universidad Complutense de Madrid. Investigadora Ph.D en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA. Contribución al artículo: estructuración del artículo, planteamiento de la metodología, procesamiento y análisis de datos, discusión y conclusiones. Últimas publicaciones: (en coautoría) *Tejer impacto: metodología para la evaluación ex ante del impacto de proyectos de investigación y desarrollo en el sector agropecuario*; (en coautoría) “Impact weaving: An approach to strengthening the plausibility of anticipated AR4D Impact pathways; to strengthening the plausibility of anticipated AR4D Impact pathways”. *The European Journal of Development Research*, 2023, vol. 35, no 2, p. 402-425 [arvasquez@AGROSAVIA.co](mailto:arvasquez@AGROSAVIA.co)

↑

**Gregorio Zambrano-Moreno.** Magíster en Economía con énfasis en Econometría y Economía Cuantitativa de la Universidad Externado de Colombia. Investigador Máster en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA. Contribución al artículo: planteamiento de la metodología, procesamiento y análisis de datos, discusión y conclusiones. Últimas publicaciones: (en coautoría) *Tejer impacto:*

*metodología para la evaluación ex ante del impacto de proyectos de investigación y desarrollo en el sector agropecuario*, 2023. (en coautoría) “Impacto de las variedades Obonuco Andina y San Isidro en el departamento de Nariño”, Colombia. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 2022, vol. 24, 4, 257-266. [gzambrano@AGROSAVIA.co](mailto:gzambrano@AGROSAVIA.co)



**Gonzalo Alfredo Rodríguez-Borray.** Magíster en Economía de la Universidad de Los Andes de Bogotá. Investigador Máster Senior en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA. Contribución al artículo: planteamiento de la metodología, procesamiento y análisis de datos, discusión y conclusiones. Últimas publicaciones: (en coautoría) “Modelo de evaluación de tecnologías frente al cambio climático en el trópico alto de Nariño, Colombia”. *Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*, 2023, vol. 10, 1, 66-79. *Tejer impacto: metodología para la evaluación ex ante del impacto de proyectos de investigación y desarrollo en el sector agropecuario* (en coautoría); 2023. [grodriguez@AGROSAVIA.co](mailto:grodriguez@AGROSAVIA.co)



**María Margarita Ramírez-Gómez.** Doctora en Biotecnología de la Universidad Nacional de Colombia. Investigadora Ph.D Senior en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA. Contribución al artículo: planteamiento de la metodología, procesamiento y análisis de datos, discusión y conclusiones. Últimas publicaciones: (en coautoría) *Tejer impacto: metodología para la evaluación ex ante del impacto de proyectos de investigación y desarrollo en el sector agropecuario*, 2023. (en coautoría) “Impact weaving: An approach to strengthening the plausibility of anticipated AR4D Impact pathways; to strengthening the plausibility of anticipated AR4D Impact pathways”. *The European Journal of Development Research*, 2023, vol. 35, no 2, p. 402-425. [mmramirez@AGROSAVIA.co](mailto:mmramirez@AGROSAVIA.co)



**Beatriz-Elena Agudelo-Chocontá.** Máster en Economía de la Universidad Javeriana. Profesional de Planeación y Cooperación Institucional en la Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria AGROSAVIA. Contribución al artículo: procesamiento y análisis de datos. Últimas publicaciones: (en coautoría) *Tejer impacto: metodología para la evaluación ex ante del impacto de proyectos de investigación y desarrollo en el sector agropecuario*, 2023; (en coautoría) “Impact weaving: An approach to strengthening the plausibility of anticipated AR4D Impact pathways; to strengthening the plausibility of anticipated AR4D Impact pathways”. *The European Journal of Development Research*, 2023, vol. 35, no 2, p. 402-425. [bagudelo@AGROSAVIA.co](mailto:bagudelo@AGROSAVIA.co)



**Marie-Hélène Dabat-Partiot.** Doctora en Economía de la Universidad de Montpellier, Francia. Investigadora Ph.D en el Centro de Cooperación Internacional en Investigación Agrícola para el Desarrollo (CIRAD). Contribución al artículo: revisión de estudios previos, análisis de datos, discusión y conclusiones. Últimas publicaciones: (en coautoría) «Intégration des indicateurs sociaux et écologiques dans les méthodes d'analyse des filières bioéconomiques et agri-alimentaires dans les pays en développement». *Technologie et Innovation*, 24(9),2024; (en coautoría) “Statistics-based LCA of artisanal fishing in the Union of Comoros: efficiency challenges”. *The international Journal of Life Cycle Assessments*, 2024. [marie-helene.dabat@cirad.fr](mailto:marie-helene.dabat@cirad.fr)



## **Anexo 1. Estimación de la producción adicional de alimentos en el año 2023 con las 18 innovaciones tecnológicas**

En la tabla se presenta la estimación del Balance Social del número total de hectáreas, cabezas de animal o equipos agroindustriales (según corresponda), en fase productiva, en los que se incorporaron las tecnologías analizadas, durante el año 2023. Así mismo, la estimación del rendimiento (toneladas de producto final por hectárea/cabeza de animal/equipo), que se obtuvo durante el año en la actividad productiva con el uso de la tecnología; y la estimación del rendimiento con la segunda mejor alternativa, que también estuvo disponible para los productores que innovaron mediante la tecnología<sup>6</sup>. Con la diferencia entre estos rendimientos multiplicado por el tamaño de adopción se hace una aproximación a la estimación mínima de la cantidad de alimento adicional producido gracias al uso de las tecnologías.

---

6 En ambos casos la estimación se obtuvo con datos de productores de la misma región durante el año, aunque no se cuenta con representatividad estadística se siguió un principio de precaución tomando la estimación sustentada en todas las fuentes que menos favorezca a la tecnología analizada; posteriormente se realizó un promedio ponderado de acuerdo con el tamaño de adopción de cada región.

<b>Tecnología</b>	<b>Tamaño de adopción 2023 (hectáreas en producción)</b>	<b>Unidad de medida de alimento producido</b>	<b>Rendimiento con el uso de la tecnología (alimento / hectárea año)</b>	<b>Rendimiento con la alternativa tecnológica (alimento / hectárea año)</b>	<b>Alimento adicional producido (alimento en 2023)</b>
1. Estrategia de fraccionamiento de la fertilización integrada para el cultivo del plátano	52 888	Toneladas plátano	15,48	10,86	244 335
2. Prácticas de manejo integrado del picudo y de la mosca de la fruta en cultivos de guayaba	194	Toneladas guayaba	22,43	2,96	3 778
3. Estrategia de reactivación productiva con clones de naranja margaritera en la depresión Momposina	209	Toneladas naranjas	20,35	0*	4 266
4. Variedades de arveja Obonuco San Isidro y Obonuco Andina	9 954	Toneladas arveja	6,5	4,5	19 908
5. Protocolo de renovación/rehabilitación de plantaciones improductivas de cacao	11 518	Toneladas cacao	0,803	0,436	4 231
6. Modelo agroforestal de cacao con maderas finas tropicales	707	Toneladas cacao	0,556	0,417	98
7. Estrategia de renovación y siembra de plantaciones de chontaduro	86,2	Toneladas chontaduro	4,57	1,62	254
8. Minitubérculos, semilla de papa de alta calidad	4 578	Toneladas de papa	38,25	24,60	62 487
9. Variedad de arracacha AGROSAVIA La 22	2 650	Toneladas de arracacha	19,41	12,00	19 643
10. Modelos de hornillas paneleras ecoeficientes tipo Cimpa	757 (hornillas)	Toneladas de panela	180,08	107,87	54 660
11. Variedad de caña de azúcar RD 75-11	19 668	Toneladas de panela	5,32	3,79	30 144
12. Variedad de caña de azúcar CC 93-7711	4 050	Toneladas de panela	9,10	5,26	15 564
13. Sorgo dulce forrajero Corpoica JTT - 18	757	Toneladas de carne	1,43	0,79	99
		Kilolitros de leche	16,30	6,96	4 151
14. Inoculación con bacterias fijadoras de nitrógeno en soya	81 265	Toneladas de soya	2,85	2,35	40 433

<b>Tecnología</b>	<b>Tamaño de adopción 2023 (hectáreas en producción)</b>	<b>Unidad de medida de alimento producido</b>	<b>Rendimiento con el uso de la tecnología (alimento / hectárea año)</b>	<b>Rendimiento con la alternativa tecnológica (alimento / hectárea año)</b>	<b>Alimento adicional producido (alimento en 2023)</b>
15. Recomendaciones de acondicionamiento de las sabanas de la altillanura para la producción agropecuaria	393 198	Toneladas de carne	0,301	0,020	83 166
		Toneladas de maíz, soya, arroz	Maíz: 7,33	0*	513 758
			Soya: 2,35	0*	212 740
		Arroz: 5,20		0*	34 615
16. Sistemas integrados de cultivos, forrajes y forestales para el desarrollo de una ganadería competitiva en la Orinoquía	273	Toneladas de carne	0,46	0,19	47
		Kilolitros de leche	6,37	2,92	336
17. Establecimiento de sistemas silvopastoriles en el Sur del Atlántico	295	Kilolitros de leche	4,36	0,81	1 051
18. Protocolo para la polinización con abejas <i>Apis mellifera</i> en cultivos de importancia económica	171	Toneladas de arándanos, café, gulupa	Arándanos: 28,94	24,08	564
			Café: 0,76	0,66	5
			Gulupa: 25	20,83	52
<b>Total adicional de alimento producido (toneladas producto agrícola)</b>					<b>1 261 534</b>
<b>Total adicional de alimento producido (toneladas de carne)</b>					<b>83 312</b>
<b>Total adicional de alimento producido (kilolitros de leche)</b>					<b>5 540</b>

\* En estos casos el rendimiento con la alternativa tecnológica es cero, porque sin la tecnología no habría actividad productiva agropecuaria, fue gracias a esta tecnología que se pudo restablecer o crear una actividad inexistente. *Fuente:* elaboración propia con base en el Balance Social de AGROSAVIA del año 2023.