

Necesidades biotecnológicas de los potenciales agrícolas del departamento de Cundinamarca para el uso de las microfinanzas

Biotechnological needs of agricultural potential in the department of Cundinamarca for the use of microfinance

Ana María Balcázar Daza*

Juan Esteban Arbeláez**

Fecha de recepción: 02 de abril de 2025

Fecha de aprobación: 15 de junio de 2025

Fecha de publicación: 30 de junio de 2025

DOI: <https://doi.org/10.18041/1900-0642/criteriolibre.2025v23n42.11816>

Resumen

La nueva tendencia en el sector agrícola está orientada mejorar la calidad de los alimentos, innovar en los procesos de producción, y desarrollar estrategias o avances técnicos para la disminución de plagas, evitando el uso de productos tóxicos que comprometan la salud del consumidor. Este sector enfrenta numerosos desafíos que afectan tanto la producción como la sostenibilidad a largo plazo, tales como el cambio climático, la escasez de recursos naturales y la necesidad de incrementar la productividad para alimentar a una población en constante crecimiento.

La biotecnología aplicada al sector agrario ofrece soluciones innovadoras y sostenibles. Permite desarrollar cultivos resistentes a enfermedades y condiciones climáticas adversas, mejorar la calidad y rendimiento de los alimentos, y reducir el impacto ambiental mediante prácticas más eficientes y menos invasivas. Así mismo, facilita la adaptación de los agricultores a los cambios ambientales y económicos, promoviendo la seguridad alimentaria y la estabilidad económica en las comunidades rurales. El fortalecimiento de la investigación y el desarrollo en este campo incrementa la capacidad del sector agrario para afrontar de forma sostenible y equitativa los desafíos actuales y futuros. No obstante, el desarrollo biotecnológico requiere fuentes de financiamiento. Una de las principales falencias del sector agrícola radica en que solo los grandes productores acceden con facilidad a financiación de la banca tradicional. En contraste, los pequeños y medianos productores presentan dificultades en el acceso al crédito,

Citar como: Balcázar, A. M. & Arbeláez, J. E. (2025). Necesidades biotecnológicas de los potenciales agrícolas del departamento de Cundinamarca para el uso de las microfinanzas. *Revista Criterio Libre*, 23 (42), 74-97. <https://doi.org/10.18041/1900-0642/criteriolibre.2025v23n42.11816>

Esta obra está bajo una licencia internacional [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/)



*Economista y Administradora de Empresas de la Universidad Santo Tomás. Universidad de Cundinamarca. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0613-976X>

**Universidad de Oakwood. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7931-342X>

por lo que resulta indispensable el acceso a los productos de la banca no tradicional, con el fin de cumplir con las nuevas tendencias del mercado agrícola. El objetivo de la presente investigación es determinar las necesidades biotecnológicas del sector agrícola del departamento de Cundinamarca, que se consideran por sus características financieras que son posibles demandantes de los productos de la banca no tradicional o microfinanzas. Para tal efecto, se efectuará una revisión en bases de datos EBSCO, ProQuest y SciELO, para identificar las necesidades en biotecnología de actividades agrícolas vinculadas a los sistemas productivos de caña panelera, papa, aguacate, café, cacao y plátano, los cuales, por sus características, constituyen una demanda potencial de productos del sector microcrediticio. En conclusión, este estudio permite identificar, para las entidades microcrediticias, las actividades agrícolas en las cuales pueden incursionar. Asimismo, orienta a estas instituciones en los servicios que podrían desarrollar para suplir las necesidades de estos sectores y con esto contribuir con el crecimiento y desarrollo del país.

Palabras clave: Biotecnología, sostenibilidad, financiamiento, rural, microfinanzas.

Abstract

The new trend in the agricultural sector is focused on improving food quality, innovating production processes, and developing strategies or technical advances to reduce pests, avoiding the use of toxic products that could compromise consumer health. This sector faces numerous challenges that affect both production and long-term sustainability, such as climate change, the scarcity of natural resources and the need to increase productivity to feed a continuously growing population.

Biotechnology applied to the agricultural sector offers innovative and sustainable solutions. It enables the develop of crops resistant to diseases and adverse climatic conditions, improves food quality and yield, and reduces environmental impact through more efficient and less invasive practices. Likewise, it facilitates farmers' adaptation to environmental and economic changes, promoting food security and economic stability in rural communities. Strengthening research and development in this field increases the agricultural sector's capacity to address current and future challenges in a sustainable and equitable manner. However, biotechnological development requires funding sources. One of the main weaknesses of the agricultural sector lies in the fact that only large producers have easy access to traditional banking financing. In contrast, small and medium-sized producers face difficulties in accessing credit; making it essential to turn to non-traditional banking products in order to meet the new demands of the agricultural market. The objective of this research is to determine the biotechnological needs of the agricultural sector in the department of Cundinamarca, which—due to their financial characteristics—are considered potential users of non-traditional banking or microfinance products. To this end, a literature review will be conducted using databases such as EBSCO, ProQuest, and SciELO, to identify biotechnological needs in agricultural activities linked to the productive systems of sugarcane, potatoes, avocado, coffee, cocoa and plantains, which—due to their characteristics—represent a potential demand for microcredit products. In conclusion, this study enables microfinance institutions to identify agricultural activities in which they can invest. It also guides these institutions in designing services that meet the needs of these sectors, thereby contributing to the national growth and development.

Keywords: Biotechnology, sustainability, financing, rural, microfinance.

1. Introducción

La nueva tendencia en el sector agrícola está orientada a la mejora en la calidad de los alimentos, la innovación en los procesos de producción y la consecución de estrategias o avances técnicos para la disminución de la incidencia de plagas y enfermedades, evitando el uso de productos agroquímicos que puedan comprometer la salud del consumidor (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2021).

A nivel internacional, el cambio climático y la sobreexplotación de recursos naturales amenazan la sostenibilidad de los sistemas agroalimentarios (Rockström et al. 2023). En Colombia, la escasez hídrica y la degradación del suelo limitan la productividad agrícola, mientras la presión por alimentar una población creciente exige innovación tecnológica y políticas públicas integradas. En ambos contextos, el consenso gira en torno a la necesidad de prácticas sostenibles que equilibren producción y conservación (Castro y Beltrán, 2020).

Según Tilman (2021), los principales problemas que enfrenta actualmente el sector agrícola —como la sequía, erosión, enfermedades, pérdida de la biodiversidad— han llevado al uso de productos químicos que producen contaminación ambiental y disminución de la productividad en los cultivos. Por ello, se hace necesario promover avances biotecnológicos que apoyen a la agricultura industrial, minimizando sus efectos en el medio ambiente.

De acuerdo a las investigaciones de Ronald (2020), la aplicación de la tecnología en la agricultura es clave para incrementar la productividad de los cultivos, mejorar las prácticas agrícolas y reducir la presión sobre el medio ambiente y los recursos naturales.

La biotecnología, es un conjunto de técnicas que utilizan organismos vivos o parte de ellos para desarrollar o modificar productos con fines específicos, como la mejora de cultivos agrícolas, la resistencia a plagas o enfermedades y la optimización del rendimiento. En la agricultura, esta herramienta permite generar variedades genéticamente mejoradas, reducir el uso de agroquímicos y aumentar la productividad en condiciones adversas (Food and Agriculture Organization of the United Nations [FAO], 2025). En Colombia, y particularmente en regiones como Cundinamarca, la biotecnología ha empezado a implementarse en cultivos, lo cual ha permitido una mayor resistencia a enfermedades y ha optimizado el uso de recursos como el agua y el suelo (Castro y Beltrán 2020). Según la FAO (2021), estos avances son fundamentales para alcanzar una agricultura más sostenible, resiliente y adaptada al cambio climático.

El desarrollo de la llamada biotecnología verde permite transferir beneficios tanto a los agricultores como a los consumidores, mejorando la calidad de los alimentos, preservando a los ecosistemas y aumentando la productividad agrícola al reducir pérdidas. Este enfoque incluye técnicas como la ingeniería genética, la selección

molecular y el desarrollo de biofertilizantes y bioplaguicidas, que permiten modificar genéticamente plantas para hacerlas más resistentes a plagas, enfermedades y condiciones climáticas adversas, reduciendo así la necesidad de químicos, disminuyendo la presión sobre el uso intensivo de suelos y recursos hídricos, se preservan los ecosistemas y se promueve una agricultura más sostenible (Balvin, 2020; Brookes & Barfoot, 2021). No obstante, para el desarrollo biotecnológico es necesario contar con fuentes de financiamiento. Una de las principales limitaciones del sector agrícola en Colombia es que solo los grandes productores acceden con facilidad a fuentes de financiamiento de la banca tradicional. En cambio, los pequeños y medianos productores presentan dificultades en el acceso al crédito, por lo tanto, es indispensable el acceso a los productos de la banca no tradicional, con el fin de cumplir con las nuevas tendencias del mercado agrícola (Balcázar, Bonilla & Balcázar, 2019) y (Balcázar, Flórez y Ávila, 2021).

Diferentes investigaciones a nivel internacional, regional y nacional evidencian la importancia del desarrollo biotecnológico del sector agropecuario y la falta de financiación hacia la agricultura sostenible. Walsh et al. (2021), resaltan la importancia de la biotecnología en la seguridad alimentaria, después de la pandemia del COVID-19 que afectó a la agricultura. Por su parte, Kemfert (2020) analiza los desafíos financieros asociados con la transición hacia una economía más sostenible. Balvin-Candamil et al (2020), exploran el potencial de la biotecnología para el desarrollo económico y social en la región Andina.

A nivel nacional, estudios como los de Beltrán-Castañeda et al. (2021), Gil et al. (2020) y García-González et al. (2019) revisan el estado actual del agro colombiano y como se potenciaría con el desarrollo biotecnológico, mejorando la productividad del país.

En consecuencia, el objetivo de la presente investigación es determinar las necesidades biotecnológicas del sector agrícola del departamento de Cundinamarca que se consideran por sus características financieras que son posibles demandantes de los productos de la banca no tradicional o microfinanzas.

Para ello, se llevará a cabo una revisión sistemática en bases de datos EBSCO, ProQuest y SciELO, estructurada en fases, con el propósito de identificar las necesidades biotecnológicas de los cultivos de caña panelera, papa, aguacate, café, cacao y plátano. Estos cultivos han sido identificados como potenciales usuarios del sector microcrediticio. Se analizará la totalidad de artículos disponibles en las bases de datos seleccionadas, utilizando una estrategia de búsqueda por palabras clave como “estrategias”, “biotecnología” y los nombres de los cultivos mencionados, limitando los resultados a publicaciones de los últimos cinco años.

En la primera fase se identifican los avances biotecnológicos para el sector agrícola. En la segunda fase, se analizan las actividades agrícolas más representativas que podrían beneficiarse de servicios financieros no tradicionales, identificando sus necesidades biotecnológicas específicas.

Finalmente, en la tercera fase, se examina la incidencia de los sectores seleccionados dentro de la economía del departamento de Cundinamarca.

En conclusión, este estudio permite identificar para las entidades microcrediticias las actividades agrícolas con mayor potencial de adopción tecnológica en el departamento de Cundinamarca —caña panelera, papa, aguacate, café, cacao y plátano—, y orientar a estas instituciones en los servicios que podrían desarrollar para suplir las necesidades de estos sectores como: créditos asociativos por proyectos biotecnológicos a desarrollar en los cultivos, capacitaciones específicas para la implementación tecnológica en los cultivos, ayuda a vinculación de redes de conocimientos; y en consecuencia contribuir con el crecimiento y desarrollo del país.

2. Marco teórico

2.1 Tecnología Agrícola -Biotecnología

El desarrollo agrícola es un factor clave para el crecimiento económico de los países y una respuesta fundamental frente a la actual problemática de seguridad alimentaria. En este contexto, la incorporación de estrategias biotecnológicas en la industria agrícola, beneficia a los productores y consumidores a través de la combinación de tecnología e innovación, frente a la investigación de las prácticas tradicionales en agricultura (Brookes & Barfoot, 2021).

Una de las principales contribuciones de la biotecnología radica en la expansión de la producción de los principales cultivos sin necesidad de expandir la frontera agrícola, preservando así las zonas forestales (Qaim, 2020; Heisey y Fernandez-Cornejo, 2021;

Restrepo, 2022). Según un informe de la Asociación Nacional de Bioingenieros de Estados Unidos (NABT), entre 1996 y 2016, el cultivo de maíz genéticamente modificado incrementó su productividad en un 47%, mientras que la superficie cultivada solo aumentó en un 6%.

Asimismo, el desarrollo biotecnológico representa un vínculo estratégico con la agro industrialización, al fomentar la diversificación productiva y mejorar la competitividad del sector agrícola (Brookes & Barfoot, 2021). Este avance no solo contribuye a la reducción de la pobreza mediante el aumento de los ingresos del sector, sino que también mejora las condiciones de nutrición de la población (Qaim, 2022). De acuerdo con los datos de la International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications, en español Asociación Internacional de Biotecnología de las Plantas (ISAAA), en 2021, se sembraron aproximadamente 191.7 millones de hectáreas de cultivos biotecnológicos en 29 países, lo que evidencia un aumento continuo en la adopción de cultivos biotecnológicos a nivel mundial.

El desarrollo biotecnológico permite mejorar la estabilidad y el potencial de la producción, resistencia a plagas y enfermedades, reducción del uso de pesticidas tóxicos, preservación forestal, mejoramiento del proceso de producción, incremento de los nutrientes de los alimentos y reutilización de los productos no comestibles de los cultivos, transformándolos en productos medicinales como fuente adicional de ingreso (Heisey & Fernández-Cornejo, 2021). En ese sentido, la biotecnología hace referencia a los procesos y aplicaciones agrícolas que se basan en el conocimiento sobre códigos genéticos (Thomson, 2021).

El desarrollo biotecnológico se clasifica en cuatro grupos:

a. **Herramientas moleculares** enfocadas al fitomejoramiento mediante selección asistida (Van Montagu, 2019).

b. **Cultivos transgénicos y modificaciones genéticas** que permiten la introducción de características deseables en los cultivos (Qaim, 2021; Herdt, & Piesse 2020; Wessler & Scatasta, 2020).

c. **Nuevas tecnologías agrícolas** orientadas a mejorar la eficiencia y eficacia de los cultivos (Zilberman, Sexton & Hochman, 2020; Millstone, Van Zwanenberg, & Levidow, 2020).

d. **Manipulación precisa del ADN** de los organismos vivos, incluidos los humanos, las plantas y los animales, generando sistemas de defensa ante virus, a través del uso de bacterias (Doudna, 2020).

Los beneficios de la implementación biotecnológica radican en el aumento de la productividad, la cual consiste en incrementar la producción de alimentos sin aumentar el área cultivada, para la preservación forestal (Qaim, 2020; Heisey & Fernandez-Cornejo, 2021; Restrepo, 2022). Además permite mejorar el contenido nutritivo de los alimentos, incrementando el contenido vitamínico y de micronutrientes, así como, mejorar la resistencia a plagas y enfermedades, evitando componentes tóxicos, mejorar la resistencia de los cultivos en zonas húmedas y el desarrollo de nuevas vacunas y uso de sustancias no comestibles de cultivos agrícolas (Ronald, 2020 & Beatty, 2020).

Existen dos ramas en el desarrollo biotecnológico:

- **Biotechnología moderna**, centrada en la modificación de animales, árboles, semillas, para responder a los retos del aumento de población y necesidad de alimentarla (Pingali & Traxler 2021; Hernández, Kumar, & Joshi, 2021).
- **Biología sintética**, enfocada en la sustitución de animales y plantas dentro de la cadena de suministro en la producción de alimentos, permitiendo ofrecer productos a bajos costo para la población en aumento (Endy, 2020).

Las prácticas agrícolas están orientadas a mantener el rendimiento de los cultivos y preservar los agroecosistemas, desarrollando el concepto de agricultura sostenible. La agricultura sostenible, usa microorganismos del suelo promoviendo el crecimiento vegetal, potencializando de esta forma la producción (Altieri & Toledo, 2020).

Según las estadísticas de International Service for the Acquisition of Agribiotech applications (ISAAA, 2021), para el 2050 será necesario una producción de alimentos 50% superior a la actual para abastecer a la población mundial proyectada para esa fecha. Sin embargo, la pérdida de tierras cultivables, la disminución de la mano de obra en la agricultura, aumento de demanda en productos saludables y disminución de recursos naturales impulsan cambios estructurales en los procesos de cultivo y procesamiento de alimentos (Montesclaros & Teng, 2021).

En Latinoamérica, países como Colombia, Brasil, Argentina y Chile lideran el desarrollo de

la biotecnología (ISAAA, 2021). En Colombia, este proceso se encuentra respaldado por el marco normativo establecido en la resolución del ICA 3492 de 1998, así como por las resoluciones 2404/2010 y 227/2012 que fortalecen el entorno institucional y legal para el desarrollo biotecnológico.

2.2 Especialización productiva-Ventajas comparativas

La especialización productiva bajo el argumento de las ventajas comparativas ha llevado a un mundo globalizado donde “Hoy casi una cuarta parte de todos los alimentos producidos cruzan una frontera” (Clapp, 2020, p. 2).

A nivel internacional, regional y nacional, diversos estudios han abordado las implicaciones de la agricultura industrial. Fath & Jørgensen (2020), advierten que, existen problemas a nivel global de seguridad alimentaria. Esto se debe, en parte, a que el aumento cuantitativo no ha sido acompañado por mejoras significativas en la calidad nutricional de los alimentos. Además, los pequeños agricultores enfrentan grandes barreras de acceso a este modelo productivo, debido a la falta de recursos y tecnologías apropiadas.

En América latina, la agricultura industrial ha impulsado el crecimiento económico y la inserción de la región en los mercados globales, pero existe el desafío en cuanto a inclusión social y sostenibilidad (Solleiro 2020; 2021; Salazar, Schling, Palacios & Pazos, 2021). En Colombia, se evidencia el fenómeno de dependencia alimentaria, por el limitado acceso de los agricultores a los medios de financiación necesarios para la sistematización de la agricultura industrial (Barón, 2022).

El modelo de agricultura industrial, es implementado como consecuencia del nuevo sistema alimentario que implica la producción de grandes cantidades de alimentos con características específicas en cuanto al procesamiento, empaque y distribución. En consecuencia, es necesario el dominio del proceso biológico a través de técnicas y procesos industriales (Oreskes & Conway, 2019).

Ese modelo, basado en un pequeño grupo de grandes empresas que lideran el mercado mundial de alimentos, ha buscado la eficiencia para conseguir bajar los costos y ofrecer los alimentos a precios bajos; pero el lado oscuro de esta estrategia son los otros costos: el deterioro ambiental, la desigualdad y exclusión social y el aumento de la pobreza. “Las ‘ventajas’ del comercio internacional han abierto las puertas a los sistemas agrícolas cada vez más uniformes y han acabado con los cortafuegos de la biodiversidad” (IPES-Food, 2020, p.2).

Según Chauvet (2020), el objetivo de la modernización de la agricultura radica, en controlar las fuerzas de la naturaleza bajo procesos industriales y tecnológicos, como el análisis de grandes volúmenes de datos (Big Data), ambientes de invernaderos controlados, nanotecnología, biología sintética y las tecnologías de la información y comunicación (TIC). Sin embargo, estas transformaciones han profundizado la exclusión de los pequeños productores, quienes, al carecer de capital para invertir en maquinaria o acceder a capacitación, quedan marginados del progreso tecnológico, debido a las barreras que impone el acceso limitado a la banca tradicional.

[...] esta nueva oleada de TIC se encuentra asociada, por un lado, a la entrada de grandes grupos de tecnología triunfantes de

la expansión de internet de los años 1990 (Google, Facebook, Amazon), y por el otro, a grandes incumbentes industriales (General Electric, Siemens) y grupos vinculados al agronegocio (John Deere, AGCO, Monsanto) (Lavarello et al., 2019: 168).

2.3 Banca no tradicional-Microfinanzas

La baja competitividad y productividad se convierten en los obstáculos que impiden su desarrollo potencial. Gran porcentaje de la población perteneciente al sector agrícola, no poseen capital físico ni ingresos suficientes para acceder a créditos que les permitan a posteriori invertir en maquinaria especializada, con el fin de minimizar costos de producción y con ello lograr ser más competitivos. Es por ello de vital importancia desarrollar alternativas financieras heterodoxas con el fin de contribuir al desarrollo de las economías a escala del sector (Balcázar, Bonilla & Balcázar, 2019. p.24).

Según el *Informe nacional de competitividad 2023-2024*, el valor agregado de un trabajador rural en Colombia es notablemente bajo: representa la mitad del valor en Brasil, un tercio del registrado en Chile y trece veces menos que los trabajadores agrarios de países bajos y Estados Unidos (estimado en 5.700 dólares). Además, la cobertura de adecuación de tierras en Colombia es del 6%, muy por debajo del 18% de Brasil, 40% de Perú, 44% de Chile y 66% de México. A esto se suma un aumento en la pobreza extrema rural, que paso del 21.6% al 23.3 %.

De acuerdo a la investigación desarrollada por Balcázar et al (2019), el sector agrícola en Colombia posee problemas de acceso a la banca tradicional, siendo el sector financiero necesario

al momento de desarrollar o implementar alguna técnica o proceso biotecnológico. El sector de la banca no tradicional en consecuencia, es de vital importancia para el desarrollo del sector agrícola, como mecanismo de financiación.

El artículo 39 de la ley 590 de 2000 define el sistema de microcrédito como: “el sistema de financiamiento a microempresas, dentro del cual el monto máximo por operación de préstamo es de veinticinco (25) salarios mínimos mensuales legales vigentes sin que, en ningún tiempo, el saldo para un solo deudor pueda sobrepasar dicha cuantía.

La Ley 1955 de 2019, mediante la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022, en su artículo 182, ordena al Gobierno Nacional reglamentar la manera en que se profundicen los microcréditos a través de las entidades del sector financiero como instrumento de formalización de generación de empleo e instrumento para combatir el “gota a gota” o “paga diario”.

El actual Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026, continúa el enfoque en inclusión financiera, la regulación del artículo 182 ya se hizo vigente durante el periodo anterior, y el nuevo plan retoma y amplía esas medidas mediante líneas específicas y convenios. El modelo de microfinanzas rompe los principios de la banca tradicional, se presta a una tasa de interés baja a usuarios que son considerados riesgosos, lo cual es posible mediante la exigencia del desarrollo de un proyecto productivo en asociatividad (Ramírez-Virviescas & Guevara-Castañeda, 2021).

Este enfoque ha permitido beneficiar a poblaciones vulnerables como mujeres cabeza de hogar, pequeños comerciantes, pequeños

agricultores y campesinos, con niveles bajos de activos y falta de información personal. En este sentido, las instituciones microcrediticias deben desempeñar un papel que trascienda lo financiero, actuando también como entidades de acompañamiento técnico y formativo, adaptadas a las necesidades de cada tipo de emprendimiento agrícola (Rhyne, 2020).

El Decreto 222 de 2020 reconoce la inclusión financiera como un factor determinante para el desarrollo económico del país. Este decreto coincide con los planteamientos del Banco Mundial (2006), al promover el incremento de la capacidad de ahorro, consumo e inversión comercial de los beneficiarios pertenecientes a las zonas rurales y apartadas del país.

En el contexto del departamento de Cundinamarca, el desarrollo biotecnológico requiere inversiones en maquinaria, equipos, plataformas digitales y aplicaciones móviles. En este sentido, la inclusión financiera —respaldada por el decreto 222 de 2020 las políticas del Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026— se convierte en una herramienta esencial para viabilizar la implementación de tecnologías avanzadas por parte de pequeños productores.

Según Balcázar et al (2019), el microcrédito se convierte en instrumento financiero para el desarrollo biotecnológico de los pequeños agricultores, para mejorar las condiciones de productividad.

3. Metodología

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo descriptivo, con el propósito de identificar las actividades agrícolas en el departamento de Cundinamarca que, por sus características productivas y financieras, podrían acceder en tres etapas.

Primera etapa: análisis de datos institucionales

Se realizó una revisión documental de los informes del Fondo para el financiamiento del Sector Agropecuario (Finagro) y de la Gobernación de Cundinamarca, correspondientes al periodo comprendido entre el 2010 y 2021. Esta revisión tuvo como objetivo identificar las actividades agrícolas que, conforme a la reglamentación establecida en la Ley 590 del 2000 sobre microcréditos, podrían acceder a este tipo de financiamiento, considerando el límite máximo de 25 salarios mínimos mensuales legales vigentes por operación crediticia.

Los datos recolectados se organizaron en una tabla de síntesis (Tabla 1) que presenta las actividades agrícolas del departamento de Cundinamarca clasificadas por municipio y características de producción que podrían acceder a los servicios de la banca no tradicional, de acuerdo a la definición del microcrédito. A través de un proceso de depuración en bases de datos construidas en Excel, se filtraron

las actividades agrícolas que solicitan valores de crédito inferiores a los 25 salarios mínimos legales vigentes, en cuyo proceso de depuración inmediatamente arrojan los municipios del departamento de Cundinamarca, actividad agropecuaria, producción por toneladas y tipo de cultivo, en los cuales las instituciones microcrediticias podrían encontrar demanda hacia sus servicios.

Segunda etapa: revisión bibliográfica sobre biotecnología agrícola

Se llevó a cabo una revisión documental, en las bases de datos de EBSCO, ProQuest y SciELO, con el fin de identificar los avances y las necesidades que está cubriendo el sector biotecnológico a nivel mundial. Esta información se presenta en una matriz por categorías (Tabla 2) que sistematiza los hallazgos en función de las áreas de aplicación de la biotecnología, destacando los desarrollos tecnológicos, las necesidades por tipo de cultivo y las oportunidades para su implementación en contextos similares al colombiano.

Tercera etapa: integración de resultados y análisis por sector

En esta fase, se integró la información obtenida en las dos etapas anteriores. A partir de las actividades agrícolas previamente seleccionadas como posibles demandantes del microcrédito, se identifican las necesidades biotecnológicas por sector, con el fin de identificar los servicios a desarrollar por el sector microcrediticio hacia el sector agropecuario.

Los resultados se presentan en la Tabla 3, la cual relaciona cada actividad agrícola seleccionada, con sus respectivas necesidades biotecnológicas, brindando una guía práctica para orientar la oferta de servicios de las instituciones de microfinanzas hacia el fortalecimiento productivo del sector agropecuario en Cundinamarca.

4. Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos en las tres etapas de la investigación, con énfasis en la identificación de actividades agrícolas del departamento de Cundinamarca con potencial de acceso a servicios del sector microfinanciero.

En la primera etapa se relacionan la actividad agrícola del departamento de Cundinamarca, consideradas posibles demandantes del sector microfinanciero, se estipulan los municipios, la actividad agrícola, producción por toneladas por municipio y el tipo de cultivo, en los cuales las instituciones microcrediticias podrían encontrar demanda hacia sus servicios.

En el departamento de Cundinamarca, se evidencia una amplia distribución de cultivos permanentes como el aguacate, el plátano, el cacao, el café y la caña panelera, los cuales predominan en la mayoría de municipios analizados y representan una oportunidad significativa para el desarrollo de programas de microfinanzas.

Tabla 1. Demanda potencial banca no tradicional departamento de Cundinamarca.

Municipio. Posibles demandantes microfinanzas	Actividad agrícola	Producción (Toneladas)	Tipo De Cultivo
Arbeláez	Aguacate	20.0	PERMANENTE
Beltrán	Aguacate	20.0	PERMANENTE
Cáqueza	Aguacate	1.5	PERMANENTE
Choachí	Aguacate	30.0	PERMANENTE
Gama	Aguacate	8.0	PERMANENTE
San Antonio de Tequendama	Aguacate	6.0	PERMANENTE
San Bernardo	Aguacate	9.1	PERMANENTE
Tocaima	Aguacate	16.0	PERMANENTE
Topaipí	Aguacate	28.0	PERMANENTE
Zipacón	Aguacate	19.8	PERMANENTE
Pulí	Cacao	20.0	PERMANENTE
Nimaima	Café	16.0	PERMANENTE
San Francisco	Caña panelera	20.0	PERMANENTE
Gachancipá	Papa	40.0	TRANSITORIO
Nemocón	Papa	39.0	TRANSITORIO
Tabio	Papa	56.0	TRANSITORIO
Ubalá	Papa	60.0	TRANSITORIO
Anolaima	Plátano	18.0	PERMANENTE
San Antonio de Tequendama	Plátano	60.0	PERMANENTE
Tibacuy	Plátano	44.0	PERMANENTE
Útica	Plátano	60.0	PERMANENTE

Fuente. Elaboración propia. Tomado de Estadísticas Finagro y Gobernación de Cundinamarca 2022.

En el departamento de Cundinamarca, se evidencia una amplia distribución de cultivos permanentes como el aguacate, el plátano, el cacao, el café y la caña panelera, los cuales predominan en la mayoría de municipios analizados y representan una oportunidad significativa para el desarrollo de programas de microfinanzas. Estos cultivos, por su estabilidad productiva a largo plazo, son ideales para la implementación de créditos con plazos medianos o largos, para la inversión en maquinaria y adecuaciones biotecnológicas que fortalezcan la productividad.

Municipios como Ubalá, San Antonio de Tequendama, Útica y Tabio se destacan por su alta capacidad de producción, lo que los convierte en zonas estratégicas para priorizar inversiones en biotecnología agrícola e inclusión financiera.

Por otra parte, los cultivos transitorios como la papa, presentes en municipios con altos volúmenes de producción, requieren esquemas de financiamiento más ágiles, de corto plazo, que permitan responder a sus ciclos productivos y riesgos climáticos. En este contexto, la segmentación del financiamiento según el tipo de cultivo y el fortalecimiento de las asociaciones de productores resultan claves para ampliar el acceso a microcréditos y dinamizar el desarrollo agro productivo en la región.

A continuación, se relacionan los resultados de la segunda etapa de la investigación. Se evidencian las categorías desarrolladas por el sector biotecnológico, después de la revisión documental a las bases de datos de EBSCO, ProQuest y SciELO.

Tabla 2. Categorías dentro del sector biotecnológico de acuerdo a las necesidades

Necesidades Biotecnológicas	Características
Automatización	Reducir la cantidad de agroquímicos liberados al ambiente, dado que el robot aplica planta por planta sólo la cantidad necesaria del producto ¹ ; en cambio, con una avioneta o mediante un trabajador que esté fumigando con una bomba, es muy imprecisa la aplicación de productos e incluso la fumigación manual acarrea consecuencias para la salud de los jornaleros agrícolas, que normalmente no portan equipo de protección. La automatización disminuiría el desperdicio de insumos y lograría cultivos más productivos (Chauvet, 2020:11).
Agricultura 4.0	La agricultura 4.0 combina lo que los sistemas de informática brindan: el hardware y el software para realizar actividades desde el campo hasta la distribución de alimentos con el mínimo requerimiento de mano de obra; se han automatizado los procesos, y si bien no desaparece la presencia de los humanos, éstos se sitúan en el nivel de programación, planeación y organización, y son los robots con sus sensores quienes se dedican a las tareas operativas y rutinarias (Lavarello et al., 2019). Con la implementación de la agricultura 4.0 se generan datos exactos sobre niveles de humedad, nutrientes y posibles enfermedades en los cultivos de forma anticipada.
Modificación genética de los cultivos	De acuerdo con Chauvet (2020), la modificación genética se centra en cultivos que son materias primas o insumos para otros productos, con el fin de disminuir los costos de producción dentro del sector agrícola. En consecuencia, se desarrolla una edición de genes, denominada transgénesis, sin incurrir en la inserción o combinación de genes de otra especie lo cual es más costoso. Se manipula, la genética de los cultivos para hacerlos más eficientes (Ronald, 2020).

Agricultura intensiva	Según del Castillo (2024), la agricultura intensiva tiene como epicentro el uso de la tecnología, para mejorar el rendimiento contra plagas y enfermedades de los cultivos, disminuyendo los costos en los cultivos por pesticidas, y en consecuencia evitando el uso de sustancias tóxicas que afecten la salud de los consumidores.
Procesos de diseños fisiológicos	Seleccionar los mejores prospectos de cultivos manteniendo los atributos de la especie, añadiendo genes a sus genomas, transformándolos, mejorándolos y evaluando nuevos productos (Ronald, 2020). En este aspecto se contribuye con el mejoramiento de la calidad de dichos productos.
Agricultura Sustentable	La agricultura sustentable, busca rescatar industrias agrícolas implementando técnicas para aumentar los niveles de producción, en el espacio habitual, incrementando en consecuencia las utilidades. Se centra, además, en el control de maleza y productos que aumenten los beneficios del suelo (Altieri & Toledo, 2020).
Desarrollo de tecnologías de tolerancia a herbicidas	<p>La aplicación de tecnologías de tolerancia a herbicidas en la agricultura ofrece una serie de ventajas significativas. Estas tecnologías permiten un control más eficaz de las malezas en los cultivos, lo que se traduce en un aumento de la productividad agrícola al reducir la competencia por los recursos. Además, al promover un crecimiento más saludable de los cultivos, se contribuye a una mayor seguridad alimentaria.</p> <p>Otro beneficio importante es la reducción de la erosión del suelo, ya que el control adecuado de las malezas ayuda a mantener la cobertura vegetal. Esto, a su vez, protege los recursos naturales y promueve la sostenibilidad agrícola. Además, el uso de estas tecnologías puede ahorrar tiempo y costos de mano de obra para los agricultores, lo que mejora la rentabilidad de sus operaciones. Evita el deshierbe y el uso de maquinaria para arar (Dong, Huang & Wang, 2021).</p>
Aplicaciones Biotecnológicas en mejoras de procesos	Aplicación de nuevos procesos y técnicas para el tratamiento de alimentos, entre ellos lácteos y sus derivados, verduras, frutas y embutidos, aceites, harinas, jarabes y productos transgénicos (Ramírez, Jaramillo & López 2023).
Estudio de factores limitantes de producción	Este factor expone la necesidad de efectuar estudios de pérdidas por plagas e insectos que disminuyen los rendimientos de los cultivos. Los estudios deben estar encaminados al desarrollo de proteínas bioinsecticidas que permitan resistencia de los cultivos ante estas plagas (Salazar, 2024).
Estudios técnicos de riesgo	Los estudios técnicos de riesgo van orientados a evaluar la efectividad biológica de la tecnología. De igual forma verifican que las manipulaciones realizadas no generen daños en salud y no produzcan toxinas nocivas. (Ramírez, Jaramillo, & López, 2023).
Creación e incorporación a redes de conocimiento biotecnológico	Este aspecto es fundamental para efectuar estudios conjuntos, en los cuales se validen de acuerdo a la experiencia, los beneficios y riesgos en la implementación biotecnológica, específicamente en manipulaciones para aumentar la resistencia de los cultivos hacia los insectos y la aplicación de plaguicidas sintéticos (Laverello et al., 2019).

Fuente. Elaboración propia.

Las necesidades biotecnológicas identificadas en el sector agrícola evidencian una transformación sustancial hacia modelos de producción más eficientes, sostenibles y tecnificados. Entre las principales demandas se encuentra la automatización de procesos, como la aplicación precisa de agroquímicos, que no solo optimiza el rendimiento de los cultivos, sino que también protege la salud de los trabajadores del campo, al minimizar su exposición a sustancias tóxicas.

En este contexto, la agricultura 4.0, por su parte, representa un avance en la gestión agrícola mediante el uso de sensores, plataformas digitales y análisis de datos, lo que permite una toma de decisiones más informada y oportuna. Paralelamente, el mejoramiento genético y los diseños fisiológicos de cultivos buscan optimizar los recursos y elevar la calidad de los productos sin comprometer la biodiversidad. El enfoque sustentable complementa estos procesos al integrar prácticas que favorecen el equilibrio del ecosistema, como el control

natural de malezas y la revitalización del suelo. Tecnologías como la tolerancia a herbicidas y el desarrollo de bioinsecticidas apuntan a reducir pérdidas por plagas, mientras que los estudios técnicos y las redes de conocimiento aseguran que la aplicación de estas herramientas sea segura, validada y efectiva.

En conjunto, estas estrategias biotecnológicas proyectan un modelo agrícola más resiliente, rentable y adaptado a los desafíos actuales del medio rural.

A continuación, se presenta la Tabla 3, que sintetiza los resultados de la tercera etapa de la investigación. En ella se identifican, para cada actividad agrícola priorizada en el departamento de Cundinamarca, las necesidades biotecnológicas por sector, con el fin de identificar los servicios en los cuales puede incursionar el sector microcredicio para contribuir al fortalecimiento del desarrollo agropecuario regional.

Tabla 3. Necesidades biotecnológicas específicas por sector Agrícola seleccionado

Actividad productiva en Cundinamarca	Necesidades específicas del sector agrícola
AGUACATE Promedio valor Crédito. 21.400.844,45. Cantidad promedio solicitantes: 8157 Municipios de Cundinamarca. <ul style="list-style-type: none"> ● Arbeláez ● Beltrán ● Cáqueza ● Choachí ● Gama ● San Antonio de Tequendama ● San Bernardo ● Tocaima ● Topaipí ● Zipacón 	<p>Los principales problemas de la producción del aguacate incurriendo en grandes pérdidas son: Las plagas, enfermedades, estrés térmico, que conllevan al uso de productos químicos (Álvarez, & Veliz, 2025).</p> <p>En consecuencia, el desarrollo biotecnológico en el sector consiste en el mejoramiento en los requisitos fitosanitarios, dentro de la producción, implementando técnicas biotecnológicas que disminuyen el uso de herbicidas por el desarrollo de proteínas, que generan un efecto autoinmune de los frutos hacia las plagas (Lara, Jiménez, & Miranda, 2021).</p> <p>Los métodos de inoculación con microorganismos el suelo como los hongos contribuye fortalece la producción con la absorción de agua y nutrientes. A través de los portainjertos de genotipos preservados de buena calidad de los aguacates se disminuye la susceptibilidad del daño del fruto, como técnica biotecnológica (Lara, Jiménez, & Miranda, 2021).</p>

<p>PAPA Promedio valor Crédito. 26.235.053,75 Cantidad promedio solicitantes: 11091 Municipios de Cundinamarca</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Gachancipá ● Nemocón ● Tabio ● Ubalá 	<p>Los cultivos de papa son propensos a las plagas como artrópodos y nematodos, insectos como pulgones o mosca blanca y enfermedades como la virosis, alternariosis, rizoctoniasis que generan pérdidas de utilidades por artrópodos plagas, nematodos y enfermedades que producen importantes daños económicos. En consecuencia, para la producción de este tubérculo es necesario el uso de insecticidas, herbicidas, nematocidas, funguicidas y fertilizantes que son el resultado de combinaciones químicas que afectan a los consumidores y al medio ambiente (Vallejo, García, González, & Sotelo, 2023).</p> <p>De acuerdo a lo anterior, las demandas biotecnológicas del sector de la papa, radican en el mejoramiento del manejo integrado de plagas y soluciones tecnológicas para las áreas de recursos genéticos, mejoramiento de las enfermedades y malezas. Con las técnicas en biotecnología con base en la sinterización de proteínas y sustancias con características de insecticidas, los cultivos pueden autoprotgerse. La resistencia consiste en la transferencia a plantas de genes codificadores de las proteínas Bt (bacteria <i>Bacillus thuringiensis</i>), la cual se encuentra en la mayoría de los suelos del mundo generando resistencia a las plagas (Vallejo, García, González, & Sotelo, 2023).</p>
<p>PLATANO Promedio valor Crédito. 11.406.038,14 Cantidad promedio solicitantes: 13804 Municipios de Cundinamarca</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Anolaima ● San Antonio de Tequendama ● Tibacuy ● Útica 	<p>Las necesidades biotecnológicas de este sector apuntan a regular las condiciones fitosanitarias a través de la propagación in vitro de las semillas del banano, este proceso se puede implementar en los laboratorios de la Unidad de Biotecnología Vegetal (UBI), a través del uso de técnicas biotecnológicas que mantienen el control de plagas disminuyendo el uso de herbicidas.</p> <p>El mejoramiento de semillas, y déficit hídrico, a través de la clonación para mejorar la resistencia del plátano a las plagas y el mejoramiento de las condiciones nutricionales son otras de las disposiciones biotecnológicas para este sector (Polanco, Cruz, Muñoz, Betancourt, & Rodríguez, 2024).</p>
<p>CACAO Promedio valor Crédito. 26.046.026,06 Cantidad promedio solicitantes: 12530 Municipios de Cundinamarca.</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Pulí 	<p>Las necesidades biotecnológicas del sector del Cacao están orientadas al mejoramiento en prácticas productivas, sostenibilidad e innovación, y acceso a insumos a precios competitivos.</p> <p>De acuerdo al estudio de Murcia, et al. (2022), el mejoramiento de las prácticas productivas radica en introducir características diferentes mediante el conocimiento del metabolismo de las plantas, como el mejoramiento de la textura y el retraso en los procesos de maduración del cultivo; incorporando genes que evitan el envejecimiento y pérdida de consistencia de los frutos.</p>
<p>CAFÉ Promedio valor Crédito. 13.298.374,4 Cantidad promedio solicitantes: 77709 Municipios de Cundinamarca</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Nimaima 	<p>En esta actividad el desarrollo biotecnológico radica en el manejo en los niveles de herbicidas y fertilización, mejoramiento en los requisitos fitosanitarios y transferencia de tecnología, para el mejoramiento del grano. Las técnicas de biotecnología transfieren genes a partir de especies vegetales y bacterias para lograr resistencia a herbicidas.</p> <p>Con relación a la aplicación de la agricultura ecológica, se están implementando mejoras en los suelos de los cultivos (Acosta, 2023).</p>

CAÑA PANELERA Promedio valor Crédito. 12.386.686,4 Cantidad promedio solicitantes. 12523 Municipios de Cundinamarca • San Francisco	El desarrollo biotecnológico de este sector radica en mejorar los niveles de producción y productividad, disminuyendo los efectos de malezas, plagas y enfermedades, causada por virus, hongos e insectos. El mejoramiento en el manejo integrado de plagas, y manejo integrado del cultivo, siembra cosecha, postcosecha y comercialización, , se convierten en las aristas biotecnológicas para los cultivos de Caña panelera. Mediante la aplicación de la biotecnología, se aumenta la resistencia a enfermedades por hongos y bacterias.
---	---

Fuente. Elaboración Propia.

En el departamento de Cundinamarca, la actividad agrícola representa un amplio potencial económico; sin embargo, enfrenta importantes desafíos fitosanitarios, ambientales y tecnológicos que limitan su rendimiento. A partir del análisis realizado, se identificaron necesidades biotecnológicas específicas por tipo de cultivo, junto con sus correspondientes soluciones potenciales, en las que podrían incursionar las instituciones microcrediticias a través de líneas de financiamiento orientadas al desarrollo tecnológico del agro regional.

En el caso del aguacate, cultivado en municipios como Arbeláez, Zipacón y Choachí, las principales amenazas están asociadas a plagas, enfermedades y el estrés térmico, lo que impulsa el uso intensivo de agroquímicos. En este escenario, tecnologías como el desarrollo de proteínas con función autoinmune y la aplicación de hongos benéficos en el suelo permiten fortalecer las plantas y reducir la dependencia de insumos químicos.

El cultivo de papa en Cundinamarca, en municipios como Ubalá, Tabio y Nemocón, podría enfrentar múltiples desafíos que afectan directamente su rentabilidad y sostenibilidad. Entre las

principales amenazas se encuentran diversas plagas como artrópodos, nematodos e insectos vectores. En este contexto, el desarrollo e implementación de herramientas biotecnológicas adquiere una relevancia estratégica. Una de las alternativas radica en el mejoramiento genético mediante la incorporación de genes que permiten la producción de proteínas, con el fin de generar resistencia a insectos plaga.

El cultivo de plátano en Cundinamarca, desarrollado principalmente en municipios como Anolaima, Tibacuy y Útica, se podría ver comprometido por plagas. La propagación in vitro se presenta como una alternativa eficaz, ya que permite obtener plantas con mayor uniformidad genética, libres de enfermedades y adaptadas a condiciones específicas del entorno. contribuye no solo a mejorar el estado sanitario del cultivo, sino también a reducir el uso de herbicidas, al favorecer plantas más resistentes a plagas.

El cultivo de cacao en el municipio de Pulí podría superar retos vinculados a la sostenibilidad, la innovación tecnológica y el acceso a insumos. La biotecnología ofrece soluciones concretas, como la modificación genética de

las plantas para mejorar la textura del fruto, retrasar su maduración y prolongar su vida útil; mejorando los ingresos de los productores.

El cultivo de café en Nimaima Cundinamarca, podría enfrentar desafíos en el manejo de herbicidas y en la calidad del grano. Frente a esto, la biotecnología ofrece herramientas como la transferencia genética entre especies vegetales y bacterias, lo cual permite mejorar la resistencia del cultivo a herbicidas y optimizar el rendimiento.

La producción de caña panelera en San Francisco, Cundinamarca, podría presentar problemas, como plagas, malezas y enfermedades provocadas por hongos. La resistencia inducida a patógenos a través de biotecnología representa una alternativa efectiva que contribuiría a mantener la calidad del producto, al tiempo que reduce el impacto de agentes dañinos sobre las plantaciones.

A continuación, se presenta la Tabla 4, que evidencia los productos y actividades en las cuales deben enfocarse las instituciones microcrediticias, para contribuir en el desarrollo biotecnológico del sector agrícola en Cundinamarca.

Finalmente, el uso estratégico de la biotecnología en la agricultura no solo ha transformado positivamente los sistemas de producción de alimentos, sino que también ha contribuido significativamente a la sostenibilidad ambiental, económica y social del sector agrícola a nivel global. Por ello, resulta crucial seguir apoyando la investigación y la adopción responsable de estas tecnologías para enfrentar los desafíos futuros de la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible.

Tabla 4. Matriz de productos biotecnológicos a desarrollar por el sector microcredicio

Actividades y/o servicios a ofrecer entidades microcrediticias	Características
Otorgamiento de créditos para el desarrollo del sector Biotecnológico del Agro.	Presentación de proyecto o propuesta para el mejoramiento de acuerdo con las necesidades biotecnológicas del sector.
Colaboración en capacitaciones, préstamos y alianzas para la distribución de Semillas a los agricultores.	Ofrecer acceso a las semillas mejoradas. Dentro del sector. Canalizar préstamos para la importación de semillas y banco de genes mejorados.
Colaboración en capacitaciones, préstamos y alianzas para la distribución para el mejoramiento fitosanitario de los cultivos.	Facilitar capacitaciones para manejos de plagas, con disminución en el uso de herbicidas y sustancias tóxicas. Acceso a las variedades modificadas genéticamente. Préstamos para el estudio de mejoramiento de genes y semillas, que sean resistentes a plagas, disminuyendo uso de químicos, mejorando los componentes nutricionales.
Asesoría y préstamos para la modernización de la estructura física y desarrollo de las nuevas tecnologías en biotecnología.	De acuerdo con las características de la actividad agrícola ofrecer servicios crediticios acorde a las mejoras estructurales a desarrollar, de acuerdo a los rasgos agronómicos de los agricultores

Fuente. Elaboración propia.

Las entidades microcrediticias desempeñan un papel estratégico en el impulso del desarrollo biotecnológico del sector agropecuario. Su intervención va más allá del simple otorgamiento de créditos, pues deben desarrollar proyectos orientados al mejoramiento genético de semillas, la capacitación en manejo fitosanitario y el acceso a tecnologías agrícolas sostenibles, como servicios adicionales, hacia el sector agrícola demandante.

El sector microcredicio, podría contribuir directamente al fortalecimiento de la productividad rural. Además, la asesoría técnica para la modernización de infraestructuras y el acompañamiento en procesos de innovación permiten adaptar la actividad agrícola a nuevas exigencias ambientales, económicas y nutricionales.

5. Conclusiones

El financiamiento en el sector agrícola constituye un pilar fundamental para su desarrollo; sin embargo, la evidencia demuestra que los pequeños y medianos productores enfrentan dificultades de acceso a la banca tradicional, por no contar con capital y activos de respaldo (Balcázar, Flórez & Ávila, 2021). Es por ello fundamental orientar al sector microcredicio en generar un portafolio de servicios para el sector agropecuario de acuerdo a sus necesidades, convirtiendo a las instituciones microcrediticias como motor del desarrollo biotecnológico y crecimiento agrícola.

El uso de la biotecnología en la agricultura ha demostrado tener un impacto profundo y multifacético a nivel biológico, agronómico, económico y social. Desde una perspectiva

biológica, la aplicación de biotecnología ha permitido desarrollar cultivos más resistentes a plagas y enfermedades, reduciendo así la dependencia de pesticidas y mitigando los riesgos ambientales asociados. En términos agronómicos, se ha observado un aumento en la productividad y la calidad de los cultivos, contribuyendo a la seguridad alimentaria y a la mejora de los ingresos de los agricultores.

Desde la perspectiva económica, la biotecnología agrícola ha facilitado la optimización de recursos, reduciendo costos de producción y aumentando la rentabilidad. Además, ha fomentado la innovación y la competitividad en el mercado global de alimentos. Socialmente, ha mejorado las condiciones laborales en el campo al reducir la exposición a productos químicos y ha fortalecido la resiliencia de las comunidades rurales al asegurar un suministro estable de alimentos nutritivos (Altieri, & Toledo, 2020).

En consecuencia, la implementación de avances biotecnológicos en el sector agrícola del departamento de Cundinamarca contribuiría en el mejoramiento de la calidad y valor nutricional de los productos agrícolas, así como al crecimiento y desarrollo económico del departamento.

De acuerdo a los montos de créditos de las actividades agrícolas (Tabla 3), se puede establecer que las instituciones microcrediticias pueden orientarse al apoyo de los sectores del aguacate, papa, plátano, cacao, café y caña panelera, lo cuales de acuerdo al artículo 39 de la ley 590 de 2000, normatividad que regula el sector de las microfinanzas, cumplen con

los montos solicitados y valores de créditos de acuerdo a lo estipulado por la banca no tradicional.

Es indispensable, por tanto, que el sector microcrediticio retome el fundamento teórico de la banca no tradicional, no solo para otorgar créditos, sino además asesorando y capacitando a los agricultores en las técnicas, avances y adecuaciones físicas necesarias para el desarrollo biotecnológico, convirtiéndose en parte fundamental del crecimiento y desarrollo económico del departamento. De esta forma, se consolidaría como agente clave del desarrollo económico regional, contribuyendo a las mejoras de ingresos de los agricultores y en consecuencia contribuyendo con la generación de empleo.

Este aspecto sería objeto de discusión y trabajo de campo, para posteriores investigaciones.

Finalmente, el uso estratégico de la biotecnología en la agricultura no solo ha transformado positivamente los sistemas de producción de alimentos, sino que también ha contribuido significativamente a la sostenibilidad ambiental, económica y social del sector agrícola a nivel global. Por ello, resulta crucial seguir apoyando la investigación y la adopción responsable de estas tecnologías para enfrentar los desafíos futuros de la seguridad alimentaria y el desarrollo sostenible.

Referencias Bibliográficas

- Acosta, A. (2023). *Agua, café y contaminación. el Salvador ca. 1900 I. [Aigua, cafè i contaminació. El Salvador ca. 1900 Water, coffee, and pollution. El Salvador ca. 1900]* Boletín Americanista, (87), 167-189. <https://doi.org/10.1344/BA2023.87.1041>
- Altieri, M. A., & Toledo, V. M. (2020). *Agroecology: Science and Politics*. Agroecology Center, University of California, Berkeley.
- Álvarez, D., & Veliz, M. (2025). *Impacto del estrés térmico y fitosanidad en la productividad del aguacate (Persea americana Mill.)*. Revista Latinoamericana de Agricultura Sostenible, 12(1), 45–60. <https://redagricola.com/impactos-del-estres-en-el-cultivo-de-aguacate-hass/>
- Balcázar, A., Bonilla, Y. y Balcázar, C. (2019). *Microcrédito y competitividad del Sector Agrícola de la Papa en Cundinamarca Colombia*.
- Balcázar, A. M., Flórez Espinal, L. D., & Avila Moreno, J. A. (2021). El microcrédito en Colombia: Una alternativa para el crecimiento y desarrollo económico. En O. M. García Norato et al., *Perspectiva de la competitividad agrícola y turística* (p. 260). Universidad de Cundinamarca. <https://doi.org/10.36436/9789585195042>
- Balvin-Candamil, A. J., Castillo-Tolosa, C. A., González, L. A., & Cely-García, M. F. (2020). Potential of biotechnology for the development of the Andean region. *Biotechnology Research and Innovation*, 4(2), 259–266.

- Beltrán-Castañeda, L. A., Caicedo, D. M., Suárez-Moya, J., & Arias-Ayala, D. (2021). Biotecnología aplicada en la agricultura de Colombia: Una revisión desde el enfoque de la seguridad alimentaria. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 23(2), e198.
- Barón, C. (2022). Financiarización, agricultura y dependencia alimentaria: El caso Colombia [Financialization, agriculture and food dependency: the case of Colombia] *Ola Financiera*, (43), 76-112.
- Beltrán-Castañeda, L. A., Caicedo, D. M., Suárez-Moya, J., & Arias-Ayala, D. (2021). Biotecnología aplicada en la agricultura de Colombia: Una revisión desde el enfoque de la seguridad alimentaria. *Revista Colombiana de Biotecnología*, 23(2), e198.
- Brookes, G., & Barfoot, P. (2021). *Global impact of biotech crops: review and global analysis 1996-2019*. *GM Crops & Food*, 12(2), 80-116.
- Castro, M., & Beltrán, A. (2020). *Problemáticas del agro colombiano: Una revisión de su sostenibilidad económica y ambiental*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23582.77129/1>
- Chauvet, M. (2020). La pandemia acelera la agricultura sin personas, la desigualdad y la pobreza. *El Cotidiano*, 36 (222), 7-15.
- Clapp, J. (2020, mayo 8). *Spoiled milk, rotten vegetables and a very broken food system: The coronavirus crisis demonstrates what is wrong with how the world feeds itself*. *The New York Times*. <https://www.nytimes.com>
- Congreso de la República. (2000). *Ley 590 de 2000: Por la cual se dictan disposiciones para promover el desarrollo de la micro, pequeña y mediana empresa colombiana y se dictan otras disposiciones*. Diario Oficial No. 44.097.
- Congreso de la República. (2019). *Ley 1955 de 2019: Por la cual se dictan disposiciones para el fortalecimiento del emprendimiento*. Diario Oficial, 51.494. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=93970>
- Congreso de la República de Colombia. (2023). *Ley 2294 de 2023: Por la cual se expide el Plan Nacional de Desarrollo 2022–2026 “Colombia, potencia mundial de la vida”*. Diario Oficial. <https://www.dnp.gov.co/plan-nacional-desarrollo/pnd-2022-2026>
- Consejo Privado de Competitividad. (2024). *Informe nacional de competitividad 2023–2024*. <https://compite.com.co/informe/informe-nacional-de-competitividad-2023%202024/productividad-rural/>
- Departamento Administrativo de la Función Pública. (2020). *Decreto 222 de 2020: Por el cual se modifica el Decreto 2555 de 2010 en lo relacionado con los corresponsales, las cuentas de ahorro electrónicas, los depósitos electrónicos, el crédito de bajo monto y se dictan otras disposiciones*. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=111574>
- Doudna, J. A. (2020). *The promise and challenge of therapeutic genome editing*. *Nature*, 578(7794), 229-236. <https://doi.org/10.1038/s41586-020-1978-5>

- Dong, H., Huang, Y., & Wang, K. (2021). The Development of Herbicide Resistance Crop Plants Using CRISPR/Cas9-Mediated Gene Editing. *Genes (Basel)*, 12(6), 912. <https://doi.org/10.3390/genes12060912>
- del Castillo, L. (2024). Grandes irrigaciones: mucho ruido y poca agua. *Debate Agrario*, (51), 95-124. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/grandes-irrigaciones-mucho-ruido-y-poca-agua/docview/3043346605>
- Endy, D. (2020). Engineering biology for the near future. *Annual Review of Chemical and Biomolecular Engineering*, 11, 17-39.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2021). *The state of the world's land and water resources for food and agriculture – Systems at breaking point*. <https://doi.org/10.4060/cb9910en>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (2025). *Biotecnología agrícola en América Latina: Estado actual y perspectivas*. <https://www.fao.org/biotechnology/es/>
- Fath, B. D., & Jørgensen, S. E. (Eds.). (2020). *Handbook of Systems Ecology*. CRC Press.
- Gil, L. D., González, H., Rojas, J., & Martínez, C. (2020). Biotecnología agrícola y su impacto en la productividad agropecuaria de Colombia. *Biomédica*, 40(4), 64–78. <https://doi.org/10.7705/biomedica.5272>
- García-González, G. D., Ávila-Rojas, J. A., & Rodríguez-Pérez, L. F. (2019). La biotecnología en la cadena productiva del sector agropecuario del departamento de Cundinamarca, Colombia. *Revista Luna Azul*, 49, 71–94. <https://doi.org/10.17151/luaz.2019.49.4>
- Heisey, P. W., & Fernandez-Cornejo, J. (2021). Economic benefits of genetically modified crops: Global and regional perspectives. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, 46(1), 14-31. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.311062>
- Herd, R. W., & Piesse, J. (2020). Adoption and Performance of Hybrid Maize Varieties in Developing Countries Since 1996. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, 10(5), 609-627.
- Hernández, G. A., Kumar, U., & Joshi, A. K. (Eds.). (2021). *Advances in Wheat Breeding Strategies: Improving Yield, Quality, Stress Tolerance and Grain Nutrient Content*. Springer.
- Instituto Colombiano Agropecuario. (1998). *Resolución 3492 de 1998: Por la cual se reglamenta la evaluación y liberación de organismos genéticamente modificados (OGM) en Colombia*. <http://www.ica.gov.co/>
- Instituto Colombiano Agropecuario. (2010). *Resolución 2404 de 2010: Por la cual se establecen los requisitos y procedimientos para la evaluación y autorización de eventos de organismos genéticamente modificados (OGM) para su liberación al medio ambiente*. <http://www.ica.gov.co/>

- Instituto Colombiano Agropecuario. (2012). *Resolución 227 de 2012: Define los requisitos para la importación de material vegetal genéticamente modificado destinado a la siembra y producción en Colombia*.
- International Service for the Acquisition of Agri-biotech Applications (ISAAA). (2021). *Global status of commercialized biotech/GM crops: 2021*. <https://www.isaaa.org/resources/publications/briefs/56/>
- Kemfert, C. (2020). How can we finance the green transformation? *Nature Energy*, 5(6), 443–448.
- Lara, T., Jiménez, H., & Miranda, R. (2021). Perfil de compuestos orgánicos volátiles y ácidos grasos del aguacate (*persea americana*) y sus beneficios a la salud. *CienciaUAT*, 16(1), 162-177. <https://doi.org/10.29059/cienciauat.v16i1.1483>
- Lavarello, P.; Bil, D.; Vidosa, R. & Langard, F. (2019). Reconfiguración del oligopolio mundial y cambio tecnológico frente a la agricultura 4.0: implicancias para la trayectoria de la maquinaria agrícola en Argentina. *Ciclos en La Historia, La Economía y La Sociedad*, (53), 163-193. <http://ojs.econ.uba.ar/index.php/revistaCICLOS/article/view/1614>
- Millstone, E., Van Zwanenberg, P., & Levidow, L. (2020). Do European Union risk assessment guidelines for genetically engineered plants need to be revised? *Environmental Sciences Europe*, 32(1), 1-11. <https://doi.org/10.1186/s12302-020-00399-7>
- Montesclaros, J. M. L., & Teng, P. (2021). Agriculture and Food Security in Asia. En J. Pulhin, M. Inoue y R. Shaw (Eds.), *Climate Change, Disaster Risks, and Human Security - Asian Experience and Perspectives* (pp. 137-168). Springer.
- Murcia, K., Gasca, L., & Castañeda, M. (2022). Evaluación físico-sensorial de granos de cacao (*theobroma cacao* L.), región sur del huila (colombia). *Informador Técnico*, 86(2), 194-204. <https://doi.org/10.23850/22565035.4358>
- National Association of Biology Teachers (NABT). (s.f.). *Biotechnology and agricultural productivity*. <https://www.nabt.org/websites/institution/File/docs/Biotech%20factsheet%202018.pdf>
- Oreskes, N., & Conway, E. M. (2019). *Merchants of Doubt: How a Handful of Scientists Obscured the Truth on Issues from Tobacco Smoke to Global Warming*. Bloomsbury Publishing.
- PES-Food. (2020, abril). *El COVID-19 y la crisis en los sistemas alimentarios: Síntomas, causas y posibles soluciones*. Panel Internacional de Expertos sobre Sistemas de Alimentación Sostenible. http://www.ipes-food.org/_img/upload/files/COVID-19_CommuniqueES%281%29.pdf
- Pingali, P. L., & Traxler, G. (Eds.). (2021). *Transforming Food Systems for a Rising India*. Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-14409-8>

- Polanco-Díaz, E., Cruz-Lara, D. A., Muñoz-Gómez, J. E., Betancourt-Vásquez, M., & Rodríguez-Yzquierdo, G. A. (2024). *Producción de semilla de plátano de calidad Dominico-Hartón en el departamento del Huila*. Corporación Colombiana de Investigación Agropecuaria (AGROSAVIA). <https://doi.org/10.21930/agrosavia.manual.7407129>
- Qaim, M. (2020). The economics of genetically modified crops. *Annual Review of Resource Economics*, 12, 139-159. <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100518-093957>
- Qaim, M. (2021). Genetically modified crops and food security. In: T. Hertel and J. Swinnen (Eds.), *Handbook of Agricultural Economics*, (Vol. 5, pp. 611-660). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.hesabe.2020.11.006>
- Qaim, M. (2022). The contribution of agricultural biotechnology to food security and poverty reduction in developing countries. *Journal of Development Studies*, 1-16. <https://doi.org/10.1080/00220388.2021.2020783>
- Ramírez-Navas, J. S., Jaramillo-López, F., & López-Parra, L. L. (2023, Jul-Dec). Las disciplinas ómicas en la ciencia de los alimentos. *Revista Colombiana de Investigaciones Agroindustriales*, 10(2), 1-22. <https://doi.org/10.23850/24220582.5694>
- Ramírez-Virviescas, N., & Guevara-Castañeda, D. (2021). Las microfinanzas rurales en Colombia y el proceso de financiarización: un estudio de caso. [Rural Microfinance in Colombia and Financialization Process: A Case Study] *Apuntes Del CENES*, 40(71), 219-251. <https://doi.org/10.19053/01203053.v40.n71.2021.11466>
- Restrepo, J. L. (2022). Biotecnología para una agricultura sostenible en los trópicos. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Alimentos*, 5(2), 78-94.
- Rhyne, E. (2020). *Microfinance for bankers and investors: Understanding the opportunities and challenges of the market at the bottom of the pyramid*. McGraw-Hill Education.
- Rockström, J., Gupta, J., Lenton, T. M., Lade, S. J., Kriegler, E., & Steffen, W. (2023). Safe and just Earth system boundaries. *Nature*, 619(7968), 521–531. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06083-8>
- Ronald, P. (2020). Towards sustainable agriculture. *Nature Reviews Genetics*, 21(8), 439-451.
- Ronald, P., & Beatty, M. (2020). A Roadmap for Building and Mobilizing Genetic Diversity for Disease Resistance in Crop Plants. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 375(1795), 20190461. <https://doi.org/10.1098/rstb.2019.0461>
- Salazar, L; Schling, M; Palacios, A. C & Pazos, N. (2021). *Retos para la agricultura familiar en el contexto del COVID-19*. Banco Interamericano de Desarrollo (BID). <https://publications.iadb.org/es/node/29801>

- Salazar, B. (2024). La persistencia en el error: Barreras a la transición hacia una agricultura sustentable. *Debate Agrario*, (51), 125–152. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/la-persistencia-en-el-error-barreras-transición/docview/3043349673>
- Solleiro, J. L. (2020). Retos de la agricultura industrial para la sustentabilidad y la inclusión social en América Latina. En Libro de actas del Congreso Internacional de Agricultura Sostenible.
- Solleiro, J. L. (2021). Competitividad y desarrollo en el sector agrícola: Perspectivas desde América Latina. *Revista de Economía Agrícola*, 25(2), 87-104.
- Tilman, D., & Lehman, C. (2021). Human-caused environmental change: Impacts on plant diversity, productivity, and food security. *Science*, 371(6534).
- Thomson, J. A. (2021). Genetically modified crops: History, development, and future prospects. *Annual Review of Plant Biology*, 72(1), 1-25.
- Van Montagu, M. (2019). The history and early impact of the plant biotechnology revolution on world agriculture. *Trends in Plant Science*, 24(3), 189-190. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2019.01.002>
- Vallejo, J. D., García, C. B., González, C. S., & Sotelo, B. S. (2023). Estudio epidemiológico de rhizoctonia solani kühn en cinco genotipos comerciales de papa (*Solanum tuberosum* L.) en Nariño [Epidemiological study of Rhizoctonia solani Kühn in five commercial genotypes of potato (*Solanum tuberosum* L.) in Nariño] *Revista de Investigación Agraria y Ambiental*, 14(2), 73-89. <https://doi.org/10.22490/21456453.635>
- Walsh, D. W. P. M., Ahmadzai, H., Biswas, R. K., Boyer, C. N., Devadoss, S., Goetz, S. J., ... & Marchand, P. A. (2021). Global impacts of the COVID-19 pandemic on agricultural production and supply chains. *Nature Food*, 2(7), 511–515.
- Wesseler, J., & Scatasta, S. (2020). European Agricultural Biotechnology Revisited: Potential Economic, Environmental, and Social Benefits. *Annual Review of Resource Economics*, 12(1), 79-98.
- Zilberman, D., Sexton, S. E., & Hochman, G. (2020). The impact of agricultural biotechnology: Evolution or revolution? *Annual Review of Resource Economics*, 12(1), 105-127.