



**UNIVERSIDAD DISTRITAL
FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**



UpHolding
Centro de Innovación y Productividad

Grupos de Investigación



PANORAMASTECNOLÓGICOS

Agroindustria(alimentos)

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE
CALDAS**

Contenido

RESUMEN EJECUTIVO	3
ESTADO ACTUAL DEL SECTOR	5
TENDENCIAS TECNOLÓGICAS GLOBALES	13
ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS CLAVE PARA EL SECTOR	14
IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS EN EL SECTOR	19
CASOS DE ESTUDIO	21
RECOMENDACIONES ESTRATÉGICAS	26
BIBLIOGRAFIA	29

RESUMEN EJECUTIVO

El sector agroindustrial de alimentos en Colombia constituye un pilar estratégico para la economía nacional y mostrando un crecimiento sostenido impulsado por la diversificación de cultivos y la expansión de exportaciones. Sin embargo, este sector enfrenta desafíos significativos en términos de sostenibilidad, eficiencia logística y modernización de infraestructura. La incorporación de tecnologías avanzadas es esencial para optimizar procesos, mejorar la productividad y garantizar la competitividad en mercados internacionales.

A nivel global, el sector agroindustrial está adoptando innovaciones tecnológicas que mejoran la eficiencia y sostenibilidad de las operaciones. Entre las principales tendencias se encuentran la agricultura de precisión, la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático para la gestión de la cadena de suministro, el uso de blockchain para la trazabilidad y seguridad alimentaria, la automatización y robótica en procesos de cosecha, y la biotecnología para el desarrollo de cultivos resistentes. Empresas como John Deere, IBM y Naïo Technologies ya han implementado exitosamente estas innovaciones, logrando significativos beneficios en productividad, reducción de costos y sostenibilidad.

Para el contexto colombiano, se recomienda priorizar en el corto plazo la adopción de la agricultura de precisión y blockchain para trazabilidad; en el mediano plazo, la inteligencia artificial y la robótica; y en el largo plazo, la biotecnología y agricultura vertical para áreas urbanas. Estos enfoques permiten un desarrollo escalonado que maximiza los recursos disponibles y responde a los desafíos específicos del sector. Fomentar alianzas con

universidades, como la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad Distrital, es clave para impulsar la investigación y el desarrollo de prototipos adaptados a las condiciones locales. Además, la participación en programas de investigación y la creación de incentivos fiscales para la innovación contribuirán a fortalecer la adopción tecnológica en el sector. De esta manera, Colombia podrá consolidarse como un referente en producción agroalimentaria sostenible y tecnológicamente avanzada, beneficiando tanto a los pequeños productores como a las grandes empresas del sector.

Recomendaciones clave:

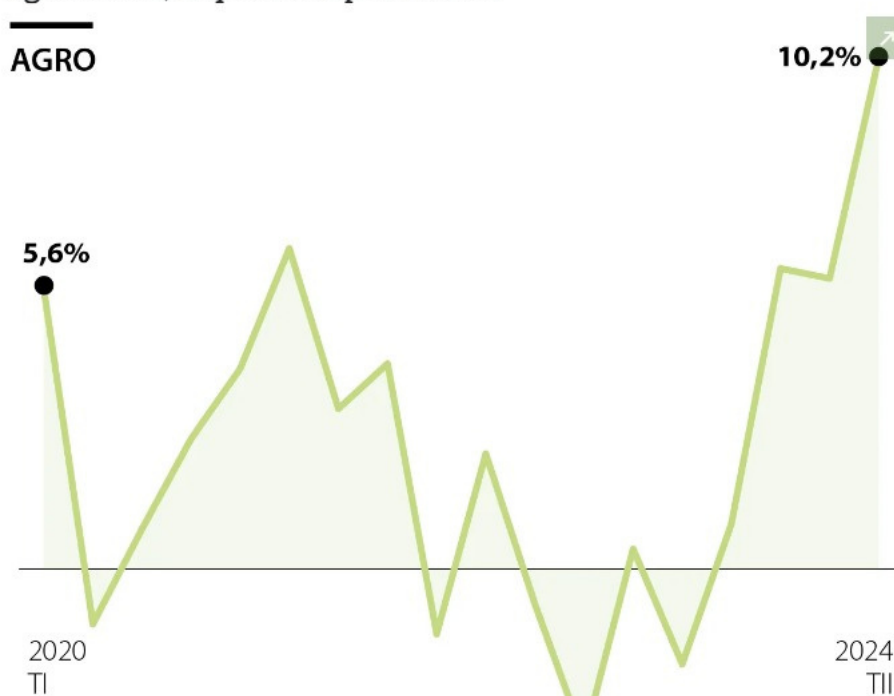
- Trazabilidad mediante Blockchain: Desarrollar plataformas que permitan el seguimiento completo de la cadena de suministro, desde el cultivo hasta el consumidor final, asegurando calidad y aumentando la confianza de los mercados internacionales.
- Colaboración con Universidades y Centros de Investigación: Establecer alianzas para la creación de prototipos tecnológicos, especialmente aquellos que se adapten a las condiciones locales y fortalezcan la competitividad de pequeños y medianos agricultores.
- Automatización de Procesos de Postcosecha: Fomentar el desarrollo de tecnologías como clasificadoras automáticas de productos agrícolas para reducir pérdidas y mejorar la calidad de los productos comercializados. Políticas de Incentivo Fiscal: Crear programas de incentivos fiscales y financiamiento para que empresas agroindustriales adopten innovaciones tecnológicas con mayor rapidez

ESTADO ACTUAL DEL SECTOR

• PANORAMA GENERAL

El sector agroindustrial de alimentos en Colombia es un pilar fundamental de la economía nacional, representando aproximadamente el 6.8% del Producto Interno Bruto (PIB) en 2023. Este sector abarca desde la producción primaria hasta la transformación y comercialización de alimentos, incluyendo productos como café, cacao, frutas, hortalizas y productos lácteos. En 2022, las exportaciones agroindustriales alcanzaron los 7,083 millones de dólares, evidenciando la competitividad de los productos colombianos en mercados internacionales (Portafolio, 2024).

Agricultura, la que más aportó al PIB



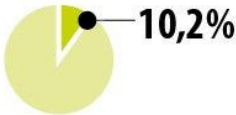
Fuente: Dane / Gráfico: LR-GR

La República. (2024). La inversión volvió a subir tras cinco trimestres. Recuperado de <https://www.larepublica.co/economia/la-inversion-volvio-a-subir-tras-cinco-trimestres-3930843>

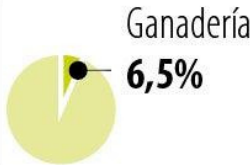
En 2024, el sector agroindustrial colombiano ha mostrado un crecimiento significativo, durante el segundo trimestre, se registró un aumento del 10.2% en el PIB, consolidándose como uno de los motores principales de la economía (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2024a). Este crecimiento ha sido impulsado principalmente por cultivos diferentes al café, como el banano y el aguacate, que han mostrado un desempeño destacado y han contribuido a diversificar la base productiva del sector (Bancolombia, 2024).

PIB AGROPECUARIO

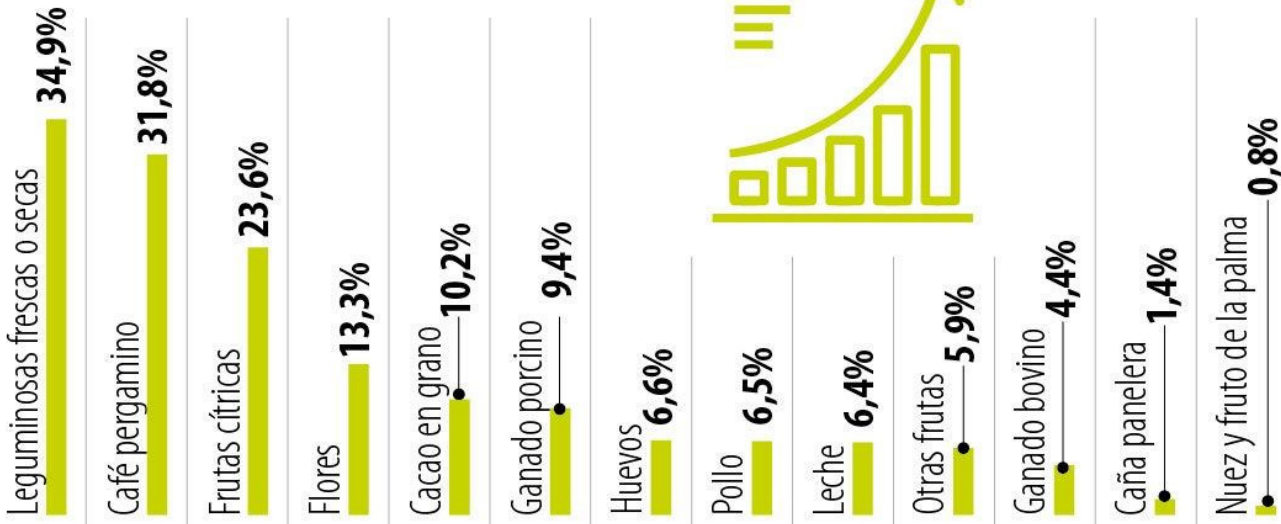
CRECIMIENTO SEGUNDO TRIMESTRE DE 2024



ACTIVIDADES AGRÍCOLAS QUE AUMENTARON



ACTIVIDADES PRODUCTIVAS QUE AUMENTARON



Fuente: Dane / Gráfico: LR-GR

La Republica 2024, Agronegocios. (2024). El sector agro creció 10.2% en el PIB de Colombia. Recuperado de <https://www.agronegocios.co/agricultura/el-sector-agro-crecio-10-2-en-el-pib-de-colombia-3930987>

A pesar de estos logros, el sector enfrenta desafíos importantes relacionados con la

sostenibilidad, productividad y eficiencia logística, la publicación “Tendencias procesamiento de alimentos en el contexto de la COVID-19 y la globalización mundial” subraya la importancia de desarrollar tecnologías que permitan una producción ética y sostenible, lo cual es crucial para el fortalecimiento de la industria alimentaria en Colombia (SciELO, 2023).

El Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2022-2026, bajo la iniciativa "Colombia, Potencia Mundial de la Vida", resalta el derecho humano a la alimentación y la importancia de fortalecer la agroindustria como pilar económico y social del país. Este plan fomenta la seguridad alimentaria mediante una economía productiva para la vida, con políticas que incluyen la modernización de infraestructura logística, mejorando la eficiencia en la cadena de suministro y reduciendo los costos de intermediación. Estos esfuerzos buscan mejorar el acceso al

mercado de pequeños productores, impulsando su productividad y competitividad nacional e internacional (Bancolombia, 2024).

El ecosistema de emprendimiento en el sector agroindustrial colombiano ha experimentado un dinamismo notable en los últimos años. Según el Global Entrepreneurship Monitor (GEM) 2023-2024, Colombia es uno de los países con mayor actividad emprendedora a nivel mundial, con una Tasa de Actividad Emprendedora (TEA) del 23.6%, ubicándose en la séptima posición entre 46 economías evaluadas (La República, 2024a). Este auge emprendedor se refleja en iniciativas innovadoras que buscan agregar valor a la cadena agroalimentaria, promoviendo prácticas sostenibles y el uso de tecnologías emergentes. Programas como "Empresas +" de la Fundación Grupo Social han lanzado convocatorias para microempresas de agroindustria, alimentos y turismo, ofreciendo acompañamiento de expertos y recursos de inversión para fortalecer sus negocios (La República, 2024b).

De acuerdo con el artículo "Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2023-2024," los desafíos y oportunidades en el desarrollo rural son esenciales para el fortalecimiento del sector agroalimentario en la región (CEPAL, 2023). Este estudio destaca la necesidad de implementar sistemas agroalimentarios sostenibles e inclusivos, alineados con los objetivos del PND y las recomendaciones de la Misión de Sabios.

La Misión de Sabios enfatiza la necesidad de impulsar la ciencia, la tecnología y la innovación en el sector agroindustrial para enfrentar los desafíos mencionados. Recomendamos fomentar la investigación aplicada y la adopción de tecnologías emergentes que mejoren la eficiencia y sostenibilidad de la producción de alimentos (Misión de Sabios - Informes de Expertos, 2024). Por su parte, el Plan Nacional de Desarrollo 2022-2026 establece como una de sus transformaciones principales el "Derecho Humano a la Alimentación", buscando garantizar la seguridad alimentaria y promover una economía productiva para la vida. Este plan propone acciones concretas para mejorar la infraestructura logística, facilitar el acceso al financiamiento y promover prácticas agrícolas sostenibles (Plan Nacional de Desarrollo, 2022-2026). El estudio

"Evaluación de la seguridad alimentaria para la población colombiana 2024," realizado por el Programa Mundial de Alimentos, expone los factores que inciden en la inseguridad alimentaria a nivel nacional. Este informe permite entender las dinámicas actuales del sector y formular políticas efectivas que garanticen la seguridad alimentaria en el país (Programa Mundial de Alimentos, 2024).

Principales Desafíos en el Sector Agroindustrial de Alimentos en Colombia

Desafíos Económicos



Fuente: Elaboración Propia

- **Acceso al Financiamiento:** A pesar de los programas de apoyo del gobierno, muchos pequeños y medianos empresarios del sector agroalimentario enfrentan limitaciones para acceder a créditos. Esto limita su capacidad de inversión en tecnología y mejoras productivas. El PND 2022-2026 contempla medidas para mejorar el acceso al crédito mediante el fortalecimiento de la banca pública y la creación del Grupo Bicentenario (PND 2022-2026, 2024).
- **Costos de Producción y Competitividad Internacional:** Los costos elevados de insumos y logística afectan la competitividad del sector en el mercado global. Según CEPAL (2023), es necesario trabajar en la reducción de estos costos mediante el fortalecimiento de la infraestructura y la eficiencia en la cadena de suministro (CEPAL, 2023).

- **Fluctuación de Precios:** Las variaciones de precios en los mercados internacionales afectan la rentabilidad de los productos agroalimentarios, especialmente en cultivos de exportación como el café y el cacao. La Misión de Sabios sugiere políticas de apoyo para estabilizar ingresos en sectores vulnerables ante fluctuaciones del mercado (Informes de Expertos, 2024).

Desafíos Productivos



Fuente: Elaboración Propia

- **Infraestructura Logística Inadecuada:** La falta de infraestructura para el almacenamiento y transporte de productos agroalimentarios incrementa los costos y dificulta el acceso a mercados nacionales e internacionales. La modernización de esta infraestructura es una prioridad del PND 2022-2026, que busca reducir la intermediación y mejorar la eficiencia logística (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, 2024b).

- **Adaptación al Cambio Climático:** Las variaciones climáticas significativamente la producción agrícola. La Misión de Sabios recomienda prácticas de agricultura de precisión y el uso de tecnologías que minimicen los efectos adversos del clima en la producción (SciELO, 2023).
- **Baja Productividad de Pequeños Productores:** En muchas regiones rurales, los pequeños productores carecen de los recursos y la capacitación necesarios para aumentar su productividad. Programas de asistencia técnica y acceso a tecnología avanzada son clave para cerrar esta brecha y mejorar la competitividad del sector (Programa Mundial de Alimentos, 2024).

Desafíos Tecnológicos



Fuente: Elaboración Propia

- **Brecha Tecnológica:** La adopción de tecnologías avanzadas como el Internet de las Cosas (IoT), inteligencia artificial y automatización es limitada debido a la falta de capacitación y recursos financieros en el sector. El PND y la Misión de Sabios destacan la importancia de cerrar esta brecha mediante programas de capacitación y financiamiento (Informes de Expertos, 2024).

- **Innovación en Procesos de Valor Agregado:** El artículo de Scielo (2023) enfatiza la necesidad de innovar en el procesamiento de alimentos para reducir el impacto ambiental y mejorar la eficiencia. Esto incluye prácticas como el reciclaje de subproductos y el uso de materiales sostenibles en el envasado.
- **Falta de Investigación y Desarrollo (I+D):** La inversión en investigación es limitada en el sector agroalimentario, lo cual restringe la innovación y el desarrollo de nuevas tecnologías que optimicen la producción. La Misión de Sabios recomienda incrementar la inversión en I+D para fomentar la sostenibilidad y mejorar la competitividad del sector a largo plazo (CEPAL, 2023).

• PANORAMA TECNOLÓGICO PARA PEQUEÑOS EMPRESARIOS

El sector agro colombiano ha experimentado avances significativos en la adopción de tecnologías, especialmente entre pequeños empresarios que buscan mejorar la eficiencia y sostenibilidad de sus operaciones. A continuación, se detallan iniciativas locales, brechas tecnológicas actuales y el acceso a tecnologías emergentes en comunidades rurales.

Iniciativas Locales

Varias plataformas y programas han sido implementados para apoyar a los pequeños agricultores en Colombia:

- **AgroInnova:** Esta alianza, liderada por la Pontificia Universidad Javeriana Cali, en colaboración con la Gobernación del Valle del Cauca, el Instituto de Educación Técnica Profesional de Roldanillo (INTEP), la empresa Buxtar y Corpovalle, busca incrementar la innovación y adopción tecnológica en procesos de producción y transformación de pequeños y medianos productores frutícolas en la región del Pacífico. Su objetivo es desarrollar capacidades y brindar acompañamiento en la implementación de herramientas novedosas que permitan una mayor productividad y sostenibilidad (Pontificia Universidad Javeriana Cali, 2024).
- **Siembra:** Plataforma del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural que centraliza información agropecuaria, facilitando el acceso a datos relevantes para la toma de decisiones. Siembra ha registrado más de 1,600 demandas en 29 de los 32 departamentos de Colombia, lo que indica su amplia aceptación y utilidad entre los agricultores (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, s. f.).

Brechas Tecnológicas Actuales

A pesar de los esfuerzos, persisten desafíos que limitan la plena adopción tecnológica por parte de pequeños empresarios:

Conectividad: La falta de infraestructura de telecomunicaciones en zonas rurales dificulta el acceso a internet, esencial para utilizar herramientas digitales avanzadas. Según la Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC, 2018), el uso de dispositivos TIC en el sector agroindustrial está dominado por canales tradicionales como televisión (88.5 %), celulares básicos (68.7 %) y radio (45.6 %), lo que refleja una limitada penetración de tecnologías más avanzadas.

Financiamiento: Los costos asociados a la adquisición e implementación de tecnologías emergentes son elevados, y muchos pequeños empresarios carecen de acceso a créditos o subsidios que faciliten estas inversiones. Esta limitación financiera impide la modernización de sus prácticas agrícolas (SAC, 2018).

Capacitación: Existe una brecha en la formación y habilidades digitales entre los agricultores, lo que dificulta la adopción y uso efectivo de nuevas tecnologías. La falta de programas de capacitación adaptados a las necesidades del sector rural agrava esta situación (SAC, 2018).

Accesibilidad a Tecnologías Emergentes A pesar de las brechas mencionadas, se han identificado alternativas tecnológicas accesibles para pequeños empresarios:

Drones: Aunque tradicionalmente costosos, el mercado ha desarrollado modelos más económicos y específicos para la agricultura de precisión, permitiendo monitorear cultivos y optimizar recursos. Estos dispositivos facilitan la detección temprana de plagas y enfermedades, mejorando la productividad (Hinojosa et al., 2023).

Inteligencia Artificial (IA): Aplicaciones móviles basadas en IA, como AgroTIC, permiten a los agricultores monitorear la salud de sus cultivos y conectarse con agrónomos y comerciantes. Un estudio realizado en el departamento de Santander mostró que más de 170 agricultores, agrónomos y comerciantes utilizaron activamente la aplicación, mejorando la calidad y producción de sus cultivos (Hinojosa et al., 2023). **Blockchain:** Aunque su adopción

es incipiente, esta tecnología ofrece potencial para mejorar la trazabilidad y transparencia en las cadenas de suministro agrícolas, beneficiando a pequeños productores al garantizar la calidad y origen de sus productos (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, s. f.).

Aplicaciones Móviles: Herramientas como Frubana conectan a pequeños agricultores con mercados urbanos, facilitando la comercialización de productos y reduciendo intermediarios. Desde su fundación en 2018, Frubana ha atendido a más de 12,000 restaurantes y generado más de 8,000 empleos, vendiendo mensualmente 2,100 toneladas de alimentos (Agronegocios, 2020). El panorama tecnológico para pequeños empresarios en Colombia muestra avances significativos, impulsados por iniciativas locales y el desarrollo de tecnologías más accesibles.

Sin embargo, es crucial abordar las brechas existentes en conectividad, financiamiento y capacitación para garantizar una adopción tecnológica efectiva y sostenible en el sector agroindustrial.

TENDENCIAS TECNOLÓGICAS GLOBALES

El sector agroindustrial está experimentando una transformación significativa impulsada por tecnologías emergentes que buscan mejorar la eficiencia, sostenibilidad y rentabilidad de las operaciones. A continuación, se destacan algunas de las tendencias tecnológicas más relevantes a nivel global y ejemplos de innovaciones implementadas por empresas líderes en el sector.

1. Agricultura de Precisión

La agricultura de precisión utiliza tecnologías como sensores, drones y sistemas de geoposicionamiento (GPS) para recopilar datos detallados sobre las condiciones del suelo, el clima y los cultivos. Esto permite a los agricultores tomar decisiones informadas en tiempo real, optimizando el uso de recursos como agua, fertilizantes y pesticidas, y aumentando la productividad y sostenibilidad. Empresas como John Deere han liderado esta tendencia con el desarrollo de tractores y maquinaria agrícola equipados con GPS y conectividad IoT para una administración agrícola de precisión (John Deere, 2023).

2. Inteligencia Artificial y Machine Learning en la Agroindustria

La inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático (ML) están revolucionando la gestión de la cadena de suministro y la predicción de la demanda en la agroindustria. Estas tecnologías permiten analizar grandes volúmenes de datos para identificar patrones y tendencias, facilitando la optimización de la producción y la logística. Por ejemplo, la empresa Cargill utiliza IA para mejorar la predicción de la demanda y la eficiencia logística en sus operaciones globales, lo que permite reducir costos y mejorar la precisión en las entregas (Cargill, 2023).

3. Blockchain para Trazabilidad y Seguridad Alimentaria

La tecnología blockchain se ha convertido en una herramienta crucial para mejorar la transparencia y trazabilidad en la cadena de suministro alimentaria. Blockchain permite a las empresas y consumidores rastrear el origen de los productos agrícolas y verificar su autenticidad. IBM, a través de su plataforma IBM Food Trust, ha implementado blockchain para rastrear productos alimentarios desde el productor hasta el consumidor, mejorando la confianza y la seguridad alimentaria (IBM, 2023).

4. Agricultura Vertical y Cultivos en Entornos Controlados

La agricultura vertical y el uso de entornos controlados como invernaderos de alta tecnología son tendencias en crecimiento, especialmente en áreas urbanas o con limitaciones de tierra

cultivable. Estas técnicas permiten cultivar alimentos en espacios reducidos y maximizar el uso de recursos. La empresa AeroFarms ha implementado una tecnología de cultivo vertical que utiliza un 95% menos de agua en comparación con la agricultura tradicional y elimina el uso de pesticidas, mejorando la sostenibilidad (AeroFarms, 2023).

5. Robótica y Automatización en el Proceso de Cosecha

La robótica y la automatización han avanzado significativamente en la agroindustria, especialmente en el proceso de cosecha. Empresas como Naïo Technologies han desarrollado robots agrícolas que pueden realizar tareas como desherbar, sembrar y cosechar, lo que reduce la dependencia de mano de obra y mejora la eficiencia en la producción (Naïo Technologies, 2023).

6. Biotecnología y Edición Genética para Mejora de Cultivos

La biotecnología, incluyendo herramientas de edición genética como CRISPR, se está utilizando para desarrollar cultivos más resistentes a enfermedades, condiciones climáticas adversas y plagas. Bayer Crop Science ha adoptado tecnologías de edición genética para mejorar el rendimiento y la resistencia de los cultivos, promoviendo una agricultura más resiliente y productiva (Bayer Crop Science, 2023).

ANÁLISIS DE TECNOLOGÍAS CLAVE PARA EL SECTOR

1. Agricultura de Precisión

Descripción: La agricultura de precisión utiliza sensores, drones y sistemas de posicionamiento global (GPS) para recopilar datos específicos sobre el estado del suelo, el clima y los cultivos. Esta información permite a los agricultores tomar decisiones informadas en tiempo real para optimizar el uso de recursos como el agua y los fertilizantes, mejorando así la eficiencia de las operaciones (John Deere, 2023).

Impacto en las Empresas: La implementación de agricultura de precisión ayuda a las empresas a reducir costos mediante el uso eficiente de insumos y mejora la productividad al maximizar el rendimiento de los cultivos. Empresas como John Deere han demostrado que la adopción de esta tecnología puede reducir el impacto ambiental al minimizar el uso de pesticidas y fertilizantes (John Deere, 2023).

Retos y Barreras: La adopción de la agricultura de precisión enfrenta desafíos, especialmente en áreas rurales de Colombia, debido al alto costo de los equipos y la falta de infraestructura digital adecuada para su implementación. Además, la falta de conocimiento técnico en el uso de estas herramientas limita su adopción entre pequeños productores (Cargill, 2023).

Beneficios:

- **Aumento de la Productividad:** La agricultura de precisión optimiza el uso de recursos como agua y fertilizantes, mejorando el rendimiento y la calidad de las cosechas. Herramientas como drones y sensores permiten identificar problemas y tomar decisiones rápidas.
- **Reducción de Costos Operativos:** Al aplicar insumos solo en áreas necesarias y automatizar procesos, se reducen gastos en fertilizantes, agua y mano de obra. Esto aumenta la eficiencia y los márgenes de ganancia de las empresas agrícolas.
- **Impacto Ambiental Positivo:** El uso responsable de recursos disminuye la contaminación del suelo y del agua, preservando el entorno. También reduce el uso de químicos, protegiendo la biodiversidad y reduciendo la huella de carbono.
- **Mejor Toma de Decisiones:** Los datos en tiempo real sobre cultivos y suelos facilitan planificar mejor las cosechas y gestionar riesgos. Esto asegura decisiones más informadas y mejora la rentabilidad agrícola.
- **Competitividad en Mercados Internacionales:** La calidad y trazabilidad de los productos fortalecen su aceptación en mercados globales. Esto mejora la reputación de los productores y diversifica sus oportunidades comerciales.

2. Inteligencia Artificial (IA) y Aprendizaje Automático (ML)

Descripción: Se utilizan para analizar grandes volúmenes de datos, identificar patrones y predecir demandas futuras en la agroindustria. Estas tecnologías pueden gestionar de forma eficiente la cadena de suministro, reducir desperdicios y optimizar la logística (Cargill, 2023).

Impacto en las Empresas: La adopción de IA en la agroindustria permite a las empresas anticipar cambios en la demanda y ajustar la producción en consecuencia, reduciendo costos y aumentando la eficiencia operativa. Por ejemplo, Cargill ha implementado sistemas de IA para optimizar sus operaciones logísticas y mejorar la previsión de la demanda, lo que ha resultado en una reducción significativa de desperdicios (Cargill, 2023).

Retos y Barreras: Los altos costos de implementación y la falta de habilidades técnicas en IA y ML limitan su adopción. Además, la recopilación y manejo de grandes volúmenes de datos plantea desafíos en términos de privacidad y seguridad (IBM, 2023).

Beneficios: La adopción de la inteligencia artificial (IA) y el aprendizaje automático (ML) en la agroindustria permite mejorar la toma de decisiones al analizar grandes volúmenes de datos y predecir demandas futuras. Estas tecnologías optimizan la cadena de suministro, reducen costos

operativos y minimizan desperdicios al ajustar la producción en tiempo real. Además, la automatización basada en IA incrementa la eficiencia operativa y fortalece la sostenibilidad al usar los recursos de manera más eficiente. También mejora la competitividad de las empresas en los mercados internacionales al mejorar la previsión de la demanda y la logística.

3. Blockchain para la Trazabilidad y Seguridad Alimentaria

Descripción: La tecnología blockchain permite registrar transacciones de forma segura y transparente, lo cual es crucial para la trazabilidad en la cadena de suministro alimentaria. Esta tecnología permite a las empresas y consumidores rastrear el origen de los productos y garantizar su autenticidad (IBM, 2023).

Impacto en las Empresas: La implementación de blockchain puede mejorar la confianza del consumidor al proporcionar transparencia en la procedencia y manejo de los productos. IBM, a través de su plataforma IBM Food Trust, ha demostrado que blockchain puede mejorar la eficiencia en la cadena de suministro y reducir el riesgo de fraudes alimentarios (IBM, 2023).

Retos y Barreras: La adopción de blockchain requiere una infraestructura digital robusta y colaboración entre todos los actores de la cadena de suministro, lo cual puede ser complejo y costoso. Además, la falta de regulación clara en algunos países dificulta su implementación en el sector agroindustrial (Naïo Technologies, 2023).

Beneficios: La tecnología blockchain mejora la trazabilidad y seguridad alimentaria al proporcionar un registro transparente y seguro de las transacciones en la cadena de suministro. Esto permite a las empresas y consumidores rastrear el origen de los productos, lo que fortalece la confianza del consumidor y garantiza la autenticidad de los alimentos. La implementación de blockchain aumenta la eficiencia en la cadena de suministro, reduce el riesgo de fraudes alimentarios y promueve la transparencia en el manejo de productos. A pesar de los retos, como la necesidad de una infraestructura robusta y la falta de regulación en algunos países, la adopción de blockchain es clave para mejorar la seguridad alimentaria y la competitividad en el sector agroindustrial.

4. Robótica y Automatización

Descripción: La robótica y la automatización incluyen el uso de robots para tareas como siembra, deshierbe y cosecha. Estos robots son controlados mediante software avanzado que permite realizar tareas agrícolas de forma autónoma, lo que reduce la dependencia de mano de obra (Naïo Technologies, 2023).

Impacto en las Empresas: La automatización y el uso de robots en el sector pueden aumentar significativamente la productividad al reducir la necesidad de mano de obra. Empresas como Naïo Technologies han desarrollado robots agrícolas que permiten a las empresas operar de manera más eficiente y con menos recursos humanos (Naïo Technologies, 2023).

Retos y Barreras: El costo inicial de los robots y el equipo automatizado es alto, lo que puede dificultar su adopción entre pequeños productores. Además, la falta de conocimiento técnico sobre su uso y mantenimiento puede ser una barrera importante en áreas rurales (AeroFarms, 2023).

Beneficios: La robótica y la automatización en la agroindustria permiten realizar tareas como siembra, deshierbe y cosecha de manera autónoma, reduciendo la dependencia de mano de obra. Esto aumenta la productividad al optimizar los procesos y disminuir la necesidad de recursos humanos. Empresas como Naïo Technologies han demostrado que el uso de robots agrícolas mejora la eficiencia operativa, permitiendo a las empresas operar con menos costos laborales. Sin embargo, los altos costos iniciales y la falta de conocimientos técnicos limitan su adopción, especialmente entre pequeños productores. A pesar de estos retos, la robótica representa un avance significativo hacia una agroindustria más eficiente y sostenible.

• TECNOLOGÍAS ACCESIBLES PARA PEQUEÑOS EMPRESARIOS

La adopción de tecnologías accesibles es fundamental para que los pequeños empresarios agrícolas mejoren la eficiencia y sostenibilidad de sus operaciones. A continuación, se presentan herramientas y plataformas que han demostrado ser efectivas tanto a nivel internacional como en Colombia.

Aplicaciones Móviles para Gestión Agrícola Las aplicaciones móviles se han convertido en herramientas esenciales para la gestión agrícola, ofreciendo funcionalidades que van desde el monitoreo de cultivos hasta la planificación de actividades:

AgriApp (India): Esta aplicación proporciona a los agricultores información en tiempo real sobre prácticas agrícolas, precios de mercado y condiciones climáticas. Además, ofrece asesoramiento personalizado y acceso a una comunidad de agricultores para compartir experiencias y soluciones. AgriApp ha sido reconocida por su facilidad de uso y por empoderar a los pequeños agricultores con información crucial para la toma de decisiones (AgriApp, s. f.).

Agroptima (España): Agroptima permite a los agricultores registrar y gestionar sus actividades agrícolas desde el campo mediante una aplicación móvil y una plataforma web. Ofrece funcionalidades como la geolocalización de parcelas, control de costes, generación de informes y cumplimiento de normativas. Su interfaz intuitiva y capacidad para trabajar sin conexión la hacen especialmente útil para pequeños empresarios que buscan optimizar sus operaciones (Agroptima, s. f.).

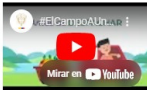
Plataformas de Comercio Digital para Productos Agrícolas

Las plataformas de comercio digital facilitan la conexión directa entre productores y compradores, eliminando intermediarios y mejorando la transparencia en las transacciones:

e-Choupal (India): Iniciativa de ITC Limited que instala kioscos con acceso a internet en aldeas rurales, permitiendo a los agricultores obtener información sobre precios de mercado, prácticas agrícolas y realizar ventas directas de sus productos. e-Choupal ha mejorado la eficiencia de la cadena de suministro y ha aumentado los ingresos de los pequeños agricultores al reducir la dependencia de intermediarios (ITC Limited, s. f.). **Agri Marketplace (Brasil):**

Plataforma digital B2B que conecta a productores agrícolas con compradores industriales. Ofrece servicios como pagos en línea, control de calidad de productos y logística integral. Agri Marketplace promueve transacciones justas y transparentes, facilitando el acceso de pequeños productores a mercados más amplios y mejorando la competitividad de sus productos (Agri Marketplace, s. f.).

Iniciativas Locales en Colombia

El Campo a Un Clic Objetivo Contribuir a preservar los ingresos de pequeños y medianos productores, así como garantizar el abastecimiento de alimentos de los hogares colombianos en el marco de la emergencia sanitaria declarada por efecto del COVID-19, a través de la búsqueda de mercados más seguros y rentables en canales de comercialización virtuales.				
				
Ofrezca sus productos Señor productor, ofrezca sus cosechas a compradores del sector agropecuario inscribiéndose en estas plataformas que le ofrecen diferentes oportunidades.				
 www.agromarket.com	 www.comproagro.com	 www.croper.com	 cultivandofuturo.com	 www.fincava.com.co
En agroMarket conectamos e integramos la cadena de suministro del agro, para que realicen negocios	Agricultores se conectan con los compradores, sin intermediarios, usando la tecnología en negocios	Marketplace agropecuario para comercializar productos y comprar insumos sin intermediarios	Calendario visual de cosechas diarias, servicios a medida, oferta automática a todos los compradores	Finca.com, la plataforma digital gratuita para comprar y vender productos y servicios del Agro
 www.lamayorista.com	 www.asylisto.app	 www.plazaservicio.com		
Plataforma marketplace para comprar en línea en las centrales de abasto y el campo	Con cualquier tipo de conexión móvil, Listo está para ti cuando comercialices productos agrícolas	Directorio de productores y comercializadores con clasificados de whatsapp sin intermediarios	Antioquia Digital te permite administrar la venta de sus productos de manera fácil y rápida	agrodatal: mejor información, para mejores resultados en su negocio agropecuario
 haciendo más visibles y rentables los productos del pequeño agricultor	 Compra y vende en el mercado agrícola y realice fácilmente sus negociaciones tradicionales en línea	 se un vendedor ACTIVO, menos intermediación, contacta compradores fácil y rápido, Analítica Rural		

Fuente: Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (s. f.). El campo a un clic. Recuperado de <https://www.minagricultura.gov.co/Paginas/El-campo-a-un-clic.aspx>

En Colombia, diversas iniciativas gubernamentales y cooperativas tecnológicas ~~buscan apoyar~~ ^{buscan apoyar} a los pequeños empresarios agrícolas:

Campo a un Clic: Plataforma del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural que reúne a 26 plataformas de comercialización con convenios para ofrecer oportunidades de venta de la

producción campesina en Colombia. Facilita la conexión directa entre productores y compradores, promoviendo la comercialización sin intermediarios y mejorando los ingresos de los pequeños agricultores (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, s. f.).

Agroactivo: Plataforma de comercio electrónico que ofrece productos e insumos agrícolas, orientando a asesores técnicos y acompañando a los productores del campo colombiano. Agroactivo busca modernizar el comercio agrícola en Colombia, ofreciendo un canal de ventas con potencial de crecimiento para los fabricantes y facilitando el acceso a insumos de calidad para los pequeños empresarios (Agronegocios, 2024). La implementación de aplicaciones

móviles y plataformas de comercio digital ha demostrado ser efectiva para mejorar la eficiencia y rentabilidad de los pequeños empresarios agrícolas. Iniciativas internacionales como AgriApp, Agroptima, e-Choupal y Agri Marketplace ofrecen modelos exitosos que pueden ser adaptados al contexto colombiano. Asimismo, programas locales como Campo a un Clic y Agroactivo evidencian el compromiso del país en apoyar a los pequeños productores mediante la adopción de tecnologías accesibles y efectivas.

IMPACTO DE LAS TECNOLOGÍAS EN EL SECTOR

La adopción de tecnologías emergentes está redefiniendo la agroindustria, permitiendo a las empresas mejorar significativamente su eficiencia, competitividad y sostenibilidad. Cada una de las tecnologías clave aporta beneficios específicos que están transformando las operaciones agroindustriales en Colombia y a nivel global.

Eficiencia: La agricultura de precisión, mediante el uso de sensores y drones, permite un uso optimizado de recursos como el agua y los fertilizantes, lo cual incrementa la productividad y reduce los costos operativos (John Deere, 2023). Esta optimización es especialmente beneficiosa en el contexto de la variabilidad climática, ya que los agricultores pueden responder rápidamente a las condiciones cambiantes en sus cultivos, mejorando la resiliencia y reduciendo las pérdidas (AeroFarms, 2023).

Competitividad: Tecnologías como la inteligencia artificial y el blockchain ofrecen una ventaja competitiva significativa. La IA permite predecir con mayor precisión la demanda y optimizar la logística, lo que se traduce en menores costos y tiempos de entrega, haciendo que las empresas sean más competitivas en el mercado global (Cargill, 2023). Por su parte, el blockchain incrementa la confianza del consumidor al garantizar la trazabilidad de los productos y reducir el riesgo de fraudes, lo cual es esencial en mercados internacionales donde la transparencia es clave (IBM, 2023).

Sostenibilidad: La agricultura de precisión y la biotecnología contribuyen a una agroindustria más sostenible al reducir el uso de pesticidas, agua y otros insumos. Empresas como Bayer

están desarrollando cultivos resistentes a plagas y enfermedades mediante técnicas de edición genética, lo cual minimiza el impacto ambiental al reducir la necesidad de químicos en el campo (Bayer Crop Science, 2023). Además, la robótica permite prácticas de cultivo más limpias, como el uso de robots para eliminar malas hierbas sin necesidad de herbicidas (Naïo Technologies, 2023). **Efectos sobre el Mercado Laboral** La introducción de estas tecnologías también trae cambios significativos en el mercado laboral de la agroindustria. A medida que la automatización y la robótica se integran en las operaciones agrícolas, las tareas manuales y repetitivas están siendo reemplazadas por robots y sistemas automatizados. Esto tiene varios efectos en el empleo:

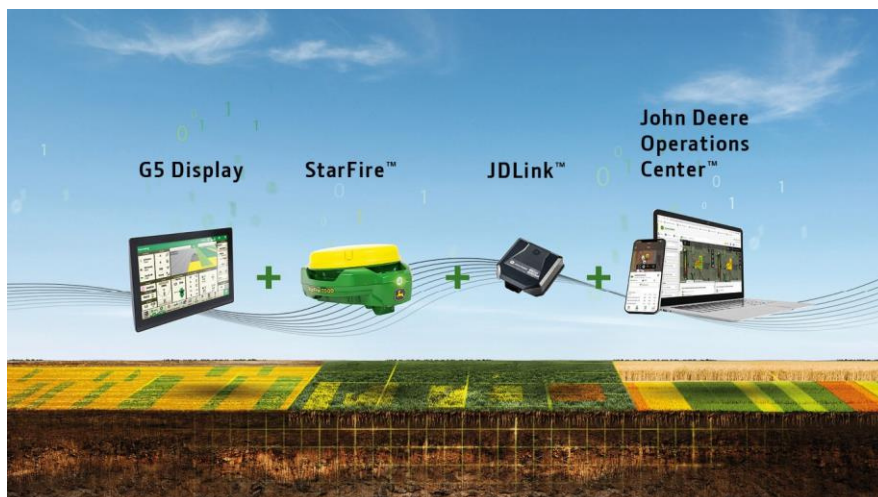
Reducción de Tareas Manuales: La robótica reduce la necesidad de mano de obra en tareas como el deshierbe, la siembra y la cosecha, disminuyendo la dependencia de trabajadores temporales y optimizando el tiempo de producción (Naïo Technologies, 2023). Sin embargo, esto puede llevar a una reducción de empleos en áreas rurales, afectando a las comunidades que dependen de trabajos agrícolas estacionales. **Creación de Nuevos Roles:** Con el avance

de tecnologías como la IA y el blockchain, se requiere una nueva generación de trabajadores capacitados en áreas como el análisis de datos, la gestión de sistemas tecnológicos y la implementación de tecnologías digitales. Esto representa una oportunidad para que los trabajadores adquieran habilidades técnicas y accedan a empleos mejor remunerados, aunque también plantea el reto de capacitar a la fuerza laboral rural en estas áreas (Cargill, 2023; IBM, 2023).

Retos de Inclusión Tecnológica: La adopción de estas tecnologías presenta una barrera de entrada para los pequeños productores, que pueden carecer de los recursos financieros y el conocimiento técnico necesario para implementar tecnologías avanzadas. Esto podría llevar a una brecha en el mercado laboral, donde las grandes empresas acceden a mayores beneficios tecnológicos mientras que los pequeños productores quedan rezagados (John Deere, 2023). La

adopción de estas tecnologías tiene el potencial de transformar profundamente el sector agroindustrial, haciendo que sea más eficiente, competitivo y sostenible. Sin embargo, también es necesario abordar los desafíos que estas innovaciones traen consigo, especialmente en términos de impacto laboral y acceso inclusivo, para asegurar que los beneficios de la tecnología lleguen a todos los actores de la agroindustria.

Caso de Estudio 1: John Deere y la Agricultura de Precisión



Fuente: John Deere. (2024). Agricultura de precisión. Recuperado de <https://www.deere.es/es/agricultura-de-precision/>

Descripción: John Deere, una de las empresas más reconocidas en maquinaria agrícola, ha implementado tecnologías avanzadas de agricultura de precisión que incluyen el uso de sensores, drones y sistemas GPS para optimizar el uso de recursos en la agricultura. A través de su plataforma John Deere Operations Center, la compañía permite a los agricultores analizar datos en tiempo real sobre las condiciones del suelo, el clima y el estado de los cultivos, lo que facilita una toma de decisiones informada y precisa (John Deere, 2023).

Impacto y Resultados: La implementación de esta tecnología ha permitido que los agricultores logren una reducción significativa en el uso de insumos como fertilizantes y agua, promoviendo la sostenibilidad y reduciendo costos. Además, los agricultores han podido aumentar su rendimiento hasta en un 15%, optimizando el uso de la tierra y maximizando la producción de manera eficiente (John Deere, 2023; Precision Ag Institute, 2022).

Lecciones Aprendidas Aplicables en Colombia:

- **Optimización de Recursos** : La agricultura de precisión puede ser una herramienta poderosa para pequeños y medianos agricultores en Colombia que enfrentan limitaciones de recursos. Adaptar esta tecnología permitiría a los agricultores locales maximizar sus recursos y minimizar el impacto ambiental.
- **Capacitación Técnica:** La experiencia de John Deere muestra la importancia de capacitar a los agricultores en el uso de tecnologías de precisión para asegurar su éxito. La colaboración con instituciones educativas en Colombia podría ser un modelo efectivo para la capacitación técnica.

Caso de Estudio 2: IBM Food Trust y Blockchain en la Trazabilidad Alimentaria



Fuente: Agointec. (2024). IBM Food Trust Blockchain. Recuperado de <https://www.agointec.com/producto/ibm-food-trust-blockchain/>

Descripción: IBM ha desarrollado la plataforma IBM Food Trust, que utiliza la tecnología blockchain para mejorar la trazabilidad y seguridad de los productos alimentarios. Esta plataforma permite a las empresas registrar y rastrear cada etapa de la cadena de suministro, desde la producción hasta el consumidor final. Compañías como Walmart han implementado esta solución para rastrear alimentos frescos, asegurando que puedan detectar rápidamente cualquier problema en la cadena de suministro y retirar productos en riesgo de manera eficiente (IBM, 2023).

Impacto y Resultados: La adopción de blockchain ha mejorado significativamente la confianza del consumidor en los productos alimentarios al proporcionar transparencia en el origen y manejo de los productos. Walmart, por ejemplo, logró reducir el tiempo necesario para rastrear el origen de un producto alimentario específico de días a tan solo unos segundos, lo que resulta crucial en casos de contaminación o brotes de enfermedades (Walmart, 2023).

Lecciones Aprendidas Aplicables en Colombia:

- **Confianza y Transparencia:** La tecnología blockchain puede fortalecer la confianza de los consumidores en los productos colombianos, especialmente en el contexto de exportación. Esto es vital para el mercado internacional, donde la trazabilidad y seguridad alimentaria son cada vez más demandadas.
- **Eficiencia en la Cadena de Suministro:** Empresas colombianas pueden aprovechar esta tecnología para optimizar sus procesos logísticos, identificando y resolviendo

problemas de forma inmediata. La integración de blockchain en la agroindustria nacional también puede apoyar a pequeños productores al ofrecer una cadena de suministro más segura y confiable.

Caso de Estudio 3: Naïo Technologies y Robótica en la Cosecha Agrícola



Fuente: Interempresas. (2024). Los robots: un nuevo paradigma en la agricultura. Recuperado de <https://www.interempresas.net/Grandes-cultivos/Articulos/206286-Los-robots-un-nuevo-paradigma-en-la-agricultura.htm>

Descripción: Naïo Technologies, una empresa francesa, ha desarrollado robots agrícolas como Dino y Oz, diseñados específicamente para automatizar tareas de campo como la siembra, deshierbe y cosecha. Estos robots funcionan de manera autónoma y utilizan sensores avanzados y sistemas de inteligencia artificial para identificar malas hierbas, navegar en el campo y realizar tareas repetitivas con precisión y sin intervención humana (Naïo Technologies, 2023).

Impacto y Resultados: La robótica en el proceso de cosecha ha demostrado ser extremadamente efectiva, especialmente en cultivos que requieren labores repetitivas y extensivas de deshierbe. Dino, por ejemplo, es capaz de trabajar 24/7, reduciendo la dependencia de mano de obra temporal en hasta un 30%, lo que se traduce en ahorros significativos para los agricultores. Además, al ser más preciso que el deshierbe manual, Dino reduce la necesidad de herbicidas, promoviendo prácticas más sostenibles y respetuosas con el medio ambiente (Naïo Technologies, 2023).

Lecciones Aprendidas Aplicables en Colombia:

- **Reducción de Costos Laborales:** Para el sector agroindustrial colombiano, la robótica puede ayudar a reducir los altos costos de la mano de obra temporal en tiempos de

cosecha. Esto es particularmente relevante en áreas rurales donde es difícil encontrar personal disponible.

- **Sostenibilidad:** La experiencia de Naïo Technologies subraya cómo la automatización puede contribuir a una producción más sostenible al reducir el uso de químicos y optimizar recursos. Implementar robótica en la agroindustria colombiana podría fortalecer su compromiso con la sostenibilidad y atraer inversiones en mercados internacionales.

• CASOS GLOBALES RELEVANTES PARA PEQUEÑOS EMPRESARIOS: EJEMPLOS INTERNACIONALES REPLICABLES EN COLOMBIA

La adopción de tecnologías accesibles y prácticas innovadoras ha permitido a pequeños productores en diversas regiones mejorar su productividad y sostenibilidad. A continuación, se presentan casos de éxito internacionales que podrían ser adaptados al contexto colombiano.

1. e-Choupal (India): Digitalización del Comercio Agrícola

Descripción: es una iniciativa de ITC Limited que establece kioscos con acceso a internet en aldeas rurales. Estos kioscos permiten a los agricultores obtener información sobre precios de mercado, prácticas agrícolas, y tendencias, además de ofrecer la posibilidad de vender productos directamente, eliminando intermediarios (ITC Limited, s. f.).

Impacto y Resultados:

- Más de 4 millones de agricultores beneficiados en 35,000 aldeas de India.
- Incremento del 20 % en los ingresos promedio de los agricultores participantes (ITC Limited, s. f.).

Lecciones Aprendidas y Aplicables:

- La digitalización empodera a los agricultores pequeños, ayudándoles a acceder a mercados más amplios.
- En Colombia, replicar este modelo permitiría conectar pequeños productores con mercados locales y regionales, incrementando sus ingresos.

2. Plantwise (África y Asia): Diagnóstico de Plagas y Enfermedades

Descripción: es un programa que opera "clínicas de plantas", donde expertos agrícolas diagnostican plagas y enfermedades en los cultivos y ofrecen soluciones personalizadas. También utiliza bases de datos globales para identificar patrones de enfermedades y proporcionar recomendaciones efectivas (World Economic Forum, 2017).

Impacto y Resultados:

- Establecimiento de más de 10,000 clínicas en 34 países.
- Incremento del 30 % en la productividad agrícola de los participantes (World Economic Forum, 2017).

Lecciones Aprendidas y Aplicables:

- En Colombia, clínicas agrícolas podrían ayudar a pequeños agricultores a diagnosticar y gestionar problemas fitosanitarios.
- Asociaciones con universidades locales y técnicos agrónomos podrían replicar este modelo con éxito.

3. M-Farm (Kenia): Transparencia en Precios de Mercado

Descripción: Una aplicación móvil que permite a los agricultores acceder a información actualizada sobre precios de mercado y conectar directamente con compradores. Esto reduce la dependencia de intermediarios y mejora las negociaciones comerciales (World Economic Forum, 2017).

Impacto y Resultados:

Más de 20,000 usuarios registrados.

Incremento promedio del 25 % en los ingresos de los agricultores participantes (World Economic Forum, 2017).

Lecciones Aprendidas y Aplicables:

- En Colombia, aplicaciones móviles similares podrían conectar pequeños agricultores con mercados locales y regionales.
- Capacitar a los agricultores en el uso de estas herramientas sería crucial para maximizar su impacto.

4. Digital Green (India y África): Capacitación Agrícola a través de Videos

Descripción: Utiliza videos educativos producidos localmente para capacitar a los agricultores en prácticas agrícolas sostenibles. Estos videos son compartidos en reuniones comunitarias, lo que facilita la adopción de nuevas técnicas (World Economic Forum, 2017).

Impacto y Resultados:

Más de 1.5 millones de agricultores capacitados en 16 países.

Incremento promedio del 30 % en la productividad agrícola de los participantes (World Economic Forum, 2017).

Lecciones Aprendidas y Aplicables:

- En Colombia, videos educativos podrían ser una herramienta efectiva para capacitar a agricultores en zonas rurales.
- Asociaciones con emisoras locales y comunidades rurales podrían ampliar el alcance de esta estrategia.

• CASOS GLOBALES RELEVANTES PARA PEQUEÑOS EMPRESARIOS: EJEMPLOS EN COLOMBIA

1. Campo a un Clic (Colombia): Comercialización sin Intermediarios

Descripción: "Clic" es una plataforma del Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural que reúne diversas herramientas de comercialización, permitiendo a los pequeños agricultores vender directamente a compradores, eliminando intermediarios (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural, s. f.).

Impacto y Resultados:

- Más de 1,600 demandas de productos gestionadas en todo el país.
- Incremento en la competitividad de los pequeños productores rurales.

Lecciones Aprendidas y Aplicables:

- Expansión del alcance de esta plataforma podría maximizar sus beneficios, incluyendo alianzas con cadenas comerciales.
- Incorporar tecnologías como blockchain mejoraría la trazabilidad y confianza de los compradores.
 - Es clave capacitar a los pequeños productores en el uso de estas plataformas digitales para garantizar su participación efectiva y promover una inclusión tecnológica equitativa.

Estos casos globales y locales demuestran que la implementación de tecnologías accesibles y prácticas innovadoras puede transformar la agricultura a pequeña escala. Iniciativas como "e-Choupal" o "Campo a un Clic" muestran que la combinación de digitalización, transparencia y capacitación puede mejorar significativamente los ingresos y la sostenibilidad de los pequeños agricultores. La adopción y adaptación de estas experiencias en Colombia tiene el potencial de fortalecer la competitividad del sector agrícola en el país.

RECOMENDACIONES ESTRATÉGICAS

Prioridades Tecnológicas por Plazo

Corto Plazo (1-2 años)

Agricultura de Precisión: La implementación de tecnologías de agricultura de precisión, como sensores y drones, puede optimizar el uso de recursos (agua, fertilizantes, pesticidas) y reducir costos operativos en el corto plazo. Esta tecnología ofrece resultados inmediatos y permite a los agricultores obtener datos precisos que pueden mejorar su productividad (John Deere, 2023).

Blockchain para Trazabilidad: La adopción de blockchain para mejorar la trazabilidad y transparencia en la cadena de suministro garantiza la seguridad alimentaria y fortalece la confianza del consumidor, especialmente en productos de exportación (IBM, 2023).

Mediano Plazo (3-5 años)

Inteligencia Artificial y Machine Learning: La implementación de IA y aprendizaje automático puede optimizar la predicción de demanda y mejorar la eficiencia logística, ayudando a las empresas a ajustar su producción y a reducir el desperdicio. En el contexto colombiano, la IA puede aplicarse en áreas como la predicción de condiciones climáticas y la planificación de cultivos (Cargill, 2023).

Automatización y Robótica en la Cosecha: La integración de robots agrícolas que realicen tareas repetitivas puede reducir la dependencia de la mano de obra temporal, un aspecto relevante en zonas rurales donde la disponibilidad de trabajadores es limitada. La robótica no solo mejorará la eficiencia, sino que también facilitará prácticas de cultivo sostenibles al reducir el uso de herbicidas (Naïo Technologies, 2023).

Largo Plazo (5-10 años)

Biología y Edición Genética: A largo plazo, las tecnologías de biología y edición genética (como CRISPR) permiten desarrollar cultivos más resistentes a enfermedades, condiciones climáticas extremas y plagas. Estas innovaciones son clave para enfrentar desafíos climáticos futuros y garantizar la seguridad alimentaria en Colombia (Bayer Crop Science, 2023).

Agricultura Vertical y Entornos Controlados: En áreas urbanas o con limitaciones de tierra cultivable, la agricultura vertical y los sistemas de entornos controlados (invernaderos avanzados) pueden ser una solución sostenible para la producción de alimentos. Esta técnica permite una producción continua y reduce la dependencia de factores climáticos (AeroFarms, 2023).

Acciones Sugeridas para Fomentar la Adopción Tecnológica

Alianzas con Universidades y Centros de Investigación: La colaboración entre empresas y universidades es esencial para impulsar la innovación en el sector agroindustrial. Universidades como la Universidad Nacional de Colombia y la Universidad Distrital Francisco José de Caldas tienen laboratorios y grupos de investigación especializados en agroindustria

y tecnología que pueden apoyar el desarrollo de prototipos y soluciones específicas para el contexto colombiano (Universidad Distrital, 2024).

Participación en Programas de Investigación e Innovación: El gobierno colombiano y organizaciones internacionales, como Colciencias y el Banco Interamericano de Desarrollo (BID), ofrecen programas de investigación y fondos para el desarrollo de tecnologías agrícolas. Las empresas pueden participar en estos programas para recibir apoyo financiero y acceso a conocimientos científicos, facilitando la adopción de tecnología avanzada (BID, 2023).

Incentivos Fiscales para Innovación Tecnológica: El gobierno colombiano debe considerar políticas de incentivos fiscales, como exenciones de impuestos o deducciones fiscales, para empresas que inviertan en tecnologías sostenibles y en investigación y desarrollo (I+D) en el sector agroindustrial. Esto alentará a las empresas a adoptar tecnologías avanzadas y a invertir en la innovación que el sector necesita (Ministerio de Agricultura, 2024).

Rol de los Grupos de Investigación en las Primeras Fases de Prototipado Los grupos de investigación universitarios y los centros de innovación juegan un papel crucial en el desarrollo de prototipos y en la investigación aplicada al sector agroindustrial. Los laboratorios de la Universidad Distrital y la Universidad Nacional de Colombia pueden aportar conocimientos técnicos, equipamiento y recursos humanos calificados para apoyar a las empresas en la creación de prototipos de tecnologías como sensores de precisión, drones agrícolas y sistemas de blockchain para trazabilidad.

Desarrollo y Validación de Prototipos: Los grupos de investigación colaboran con las empresas para crear y probar prototipos en un entorno controlado. Esto permite a las empresas evaluar el rendimiento de una tecnología antes de su implementación comercial (Universidad Nacional de Colombia, 2024).

Capacitación Técnica y Transferencia de Conocimiento: Estos grupos de investigación no solo ayudan en el desarrollo de tecnología, sino que también ofrecen capacitación técnica a los empleados de las empresas, garantizando una transferencia de conocimiento efectiva. Esto es especialmente útil en áreas rurales, donde el conocimiento técnico puede ser limitado (Universidad Distrital, 2024).

Vinculación con Redes Internacionales: A través de las alianzas con universidades, las empresas colombianas pueden acceder a redes internacionales de conocimiento e innovación. Las universidades suelen colaborar en proyectos internacionales que pueden ser de gran beneficio para las empresas nacionales al proporcionarles acceso a tecnología y mejores prácticas globales (BID, 2023).

BIBLIOGRAFIA

AeroFarms. (2023). Innovating Indoor Agriculture for a Sustainable Future. Recuperado de <https://www.aerofarms.com/>

Agrointec. (2024). IBM Food Trust Blockchain. Recuperado de <https://www.agrointec.com/producto/ibm-food-trust-blockchain/>

Bancolombia. (2024). Sector agro, motor clave de la economía colombiana en 2024.

Recuperado de <https://www.bancolombia.com/empresas/capital-inteligente/especiales/informes-sectoriales/sector-agro>

Banco Interamericano de Desarrollo. (2023). Programas de apoyo a la innovación en la agricultura. Recuperado de <https://www.iadb.org/es/programas-agricultura>

Bayer Crop Science. (2023). Advancing Agriculture with Biotechnology. Recuperado de <https://www.cropscience.bayer.com/>

Cargill. (2023). Artificial Intelligence in Food and Agriculture. Recuperado de <https://www.cargill.com/sustainability/artificial-intelligence-in-food-and-agriculture>

CEPAL. (2023). Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: una mirada hacia América Latina y el Caribe 2023-2024. Recuperado de <https://www.cepal.org/es/publicaciones/69183-perspectivas-la-agricultura-desarrollo-rural-americas-mirada-america-latina>

IBM. (2023). IBM Food Trust - Blockchain for the Food Industry. Recuperado de <https://www.ibm.com/blockchain/solutions/food-trust>

Informes de Expertos. (2024). Mercado de agricultura en Colombia. Recuperado de <https://www.informesdeexpertos.com/informes/mercado-de-agricultura-en-colombia>

Interempresas. (2024). Los robots: un nuevo paradigma en la agricultura. Recuperado de <https://www.interempresas.net/Grandes-cultivos/Articulos/206286-Los-robots-un-nuevo-paradigma-en-la-agricultura.htm>

John Deere. (2023). Agriculture Technology: Precision Ag Technology for Farmers. Recuperado de <https://www.deere.com/en/technology-products/precision-ag-technology/>

John Deere. (2024). Agricultura de precisión. Recuperado de <https://www.deere.es/es/agricultura-de-precision/>

La República. (2024a). La inversión volvió a subir tras cinco trimestres. Recuperado de <https://www.larepublica.co/economia/la-inversion-volvio-a-subir-tras-cinco-trimestres-3930843>

La República. (2024b). Sector agropecuario está jalonando el crecimiento de la economía nacional en 2024. Recuperado de <https://www.larepublica.co/economia/sector-agropecuario-esta-jalonando-el-crecimiento-de-la-economia-nacional-en-2024-3897934>

La República. (2024c). Pequeñas empresas podrán acceder a recursos con la convocatoria para Empresas +. Recuperado de <https://www.larepublica.co/empresas/pequenas-empresas-podran-acceder-a-recursos-con-la-convocatoria-para-empresas-3786728> Ministerio de

Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. (2024a). El agro crece 10.2% en el segundo trimestre de 2024, consolidándose como uno de los motores que mueve la economía. Recuperado de <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/El-agro-crece-10,2-en-el-segundo-trimestre-de-2024,-consolid%C3%A1ndose-como-uno-de-los-motores-que-mueve-la-econom%C3%ADa.aspx> Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural de Colombia. (2024b).

En el primer trimestre de 2024, el agro jalonó la economía, al registrar un crecimiento del 5.5%. Recuperado de <https://www.minagricultura.gov.co/noticias/Paginas/En-el-primer-trimestre-de-2024,-el-agro-jalon%C3%B3-la-econom%C3%ADa,-al-registrar-un-crecimiento-del-5,5.aspx>

Naïo Technologies. (2023). Agricultural Robots for Sustainable Agriculture. Recuperado de <https://www.naio-technologies.com/>

Portafolio. (2024). El agro, motor clave de la economía colombiana en 2024. Recuperado de <https://www.portafolio.co/economia/agro/el-agro-motor-clave-de-la-economia-colombiana-en-2024-613687> Programa Mundial de Alimentos. (2024). Evaluación de la seguridad alimentaria

para la población colombiana 2024. Recuperado de <https://es.wfp.org/publicaciones/evaluacion-de-la-seguridad-alimentaria-para-la-poblacion-colombiana-2024> Scielo. (2023). Tendencias del

procesamiento de alimentos en el contexto de la COVID-19 y la globalización mundial. Recuperado de https://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-35612023000200195&script=sci_arttext Universidad Distrital Francisco José de Caldas. (2024).

Laboratorio de innovación agroindustrial. Recuperado de <https://www.udistrital.edu.co/laboratorio-agroindustria> Universidad Nacional de Colombia. (2024). Grupos de investigación en tecnologías agrícolas. Recuperado de <https://www.unal.edu.co/tecnologia-agricola>

Agronegocios. (2020, 14 de julio). Las cinco plataformas que conectan al sector del agro con las grandes ciudades de Colombia. Recuperado de <https://www.agronegocios.co>

Hinojosa, C., Sánchez, K., Camacho, A., & Arguello, H. (2023). AgroTIC: Bridging the gap between farmers, agronomists, and merchants through smartphones and machine learning. arXiv preprint arXiv:2305.12418. Recuperado de <https://arxiv.org>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (s. f.). Siembra. Recuperado de <https://www.siembra.co>

Pontificia Universidad Javeriana Cali. (2024). Agrolnova: una alianza liderada por la Javeriana que trabajará por la productividad del campo colombiano. Recuperado de <https://www.javerianacali.edu.co>

Sociedad de Agricultores de Colombia (SAC). (2018). TIC para el agro. Recuperado de <https://sac.org.co>

Agri Marketplace. (s. f.). Fairtrade made easy. Recuperado de <https://agrimp.com>

Agroptima. (s. f.). Software y aplicación de gestión agrícola fácil de usar. Recuperado de <https://www.agroptima.com>

Agronegocios. (2024, 23 de noviembre). El e-commerce más moderno para el agro. Recuperado de <https://www.agronegocios.co>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (s. f.). ¿Qué plataformas agro apoyan el campo colombiano?. Recuperado de <https://www.pyamas.com.co>

ITC Limited. (s. f.). E-Choupal: Empowering farmers through technology. Recuperado de <https://www.itcportal.com/businesses/agri-business/e-choupal.aspx>

Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural. (s. f.). El campo a un clic. Recuperado de <https://www.minagricultura.gov.co/Paginas/El-campo-a-un-clic.aspx>

World Economic Forum. (2017). Estas 5 innovaciones transformarán la vida de pequeños agricultores. Recuperado de <https://es.weforum.org/stories/2017/01/estas-5-innovaciones-transformaran-la-vida-de-pequenos-agricultores/>