




Agribusiness And Technology: An Overview Of Trends, Projects And Initiatives In Agribusiness Technology In Latin America Between 2014-2024

Verónica Tordecilla-Acevedo, MBA ¹, Maria Camila Valdelamar Ospino, Undergraduate ¹, and Ana Susana Cantillo, Ph.D. ¹

¹Universidad Tecnológica de Bolívar (UTB), Colombia, vtordecilla@utb.edu.co, mvaldelamar@utb.edu.co, scantillo@utb.edu.co,

Agronegocios y tecnología: aproximación de las tendencias, proyectos e iniciativas de Tecnología en los Agronegocios en Latinoamérica entre 2014-2024

Verónica Tordecilla-Acevedo, MBA ¹, Maria Camila Valdelamar Ospino, Undergraduate , and Ana Susana Cantillo, Ph.D. 

¹Universidad Tecnológica de Bolívar (UTB), Colombia, vtordecilla@utb.edu.co, mvaldelamar@utb.edu.co, scantillo@utb.edu.co

Abstract– *This research aims to identify and develop an approximation of the trends, practices, projects, programs, initiatives and strategies of organizations dedicated to Agribusiness, with the objective of having an idea of the research, analysis, uses and applications of technology in this sector in the last 10 years, this with the aim not only of making visible the good global and especially Latin American practices, but also of identifying applications that can be carried out in the Colombian context later.*

Keywords– *agribusiness, technology, smart agriculture, agricultural technology, smart agricultural systems*

Resumen

– *Esta investigación pretende identificar y desarrollar una aproximación de las tendencias, prácticas, proyectos, programas, iniciativas y estrategias de organizaciones dedicadas a los Agronegocios, con el objetivo de tener una idea de las investigaciones análisis, usos y aplicaciones de la tecnología en dicho sector en los últimos 10 años, esto con el fin no solo de visibilizar las buenas prácticas globales y especialmente latinoamericanas, sino identificar aplicaciones que puedan realizarse en el contexto colombiano posteriormente.*

Palabras clave– *agronegocios, tecnología, agricultura inteligente, tecnología agrícola.*

I. INTRODUCCIÓN

Incorporar la tecnología en los agronegocios ha sido un proceso gradual, pero cada vez más necesario, en especial en los últimos años, donde la innovación tecnológica ha sido fundamental para afrontar los retos del sector [1]. Estas prácticas son actuaciones que, directa o indirectamente, dan cumplimiento al objetivo de facilitar la incorporación de la tecnología en agronegocios, los cuales, desde su origen, no han estado abiertamente vinculados y, dada la explosión de la incorporación de ésta a todos los ámbitos de la vida, resulta imperativo conocer dicha evolución para incorporar estos aprendizajes a empresas del contexto más cercano, aportar a la identificación de aspectos que puedan ayudarles a mejorar sus estrategias, su situación competitiva e inclusive generar mejores proyecciones de competencia en los diferentes mercados en los que deban competir.

Este estudio está alineado con varios Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que abordan problemáticas clave en el sector agroindustrial. En particular: el segundo, Hambre Cero; el cuarto, Educación De Calidad; el noveno, Industria, Innovación Y Desigualdades; el doceavo, Producción Y

Consumo Responsable y; el último, Alianzas Para Lograr Los Objetivos.

En el documento se analizan las tendencias, prácticas y proyectos tecnológicos aplicados a los agronegocios en América Latina entre 2014 y 2024, con el propósito de visibilizar experiencias exitosas y extraer aprendizajes útiles para su aplicación en contextos como el colombiano. A través de una revisión sistemática de literatura en bases de datos de alto impacto como Scopus y Web of Science, se identificaron 116 documentos relevantes, los cuales fueron evaluados y organizados para construir una base de datos estructurada. Los resultados muestran un crecimiento significativo en la adopción de tecnologías que están transformando la productividad, sostenibilidad y resiliencia del sector agrícola. También se evidencian proyectos como plataformas basadas en la nube, iniciativas privadas y gubernamentales o estrategias que evidencian el potencial de estas tecnologías para enfrentar desafíos climáticos, mejorar la eficiencia productiva y, apoyar a pequeños y medianos productores rurales. Al final del documento se describen algunas iniciativas empleadas actualmente en Colombia, esperando esta puedan ampliarse y fortalecer realmente el sector de agronegocios en este país.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

Esta investigación se enmarca en un enfoque cualitativo y explicativo, orientado al análisis de la aplicación de tecnologías en el sector de agronegocios latinoamericano durante el período 2014-2024. Para ello, se llevó a cabo una revisión sistemática de literatura en bases de datos científicas de alto impacto como Scopus y Web of Science, complementadas con repositorios académicos y revistas especializadas. La elección de estas fuentes se fundamenta en su rigor metodológico y reconocimiento en la comunidad científica, lo que garantiza la validez y confiabilidad de los datos recopilados.

La estrategia de búsqueda fue diseñada de forma estructurada, empleando operadores booleanos (“AND”, “OR”), comillas para coincidencias exactas, y asteriscos para ampliar términos relacionados. Esta metodología permitió delimitar con precisión los documentos vinculados a tendencias, proyectos e innovaciones tecnológicas aplicadas a los agronegocios en la región de estudio.

El proceso de selección bibliográfica se realizó en varias fases. En primer lugar, se identificaron y extrajeron los documentos pertinentes mediante la estrategia de búsqueda planteada. Posteriormente, se depuraron los resultados en función de criterios de relevancia y calidad, evaluando elementos como el título, resumen, año de publicación y ubicación geográfica. Como resultado, se conformó un corpus documental de 116 registros relevantes.

Los criterios de inclusión consideraron, documentos en inglés y español, y tipos de publicación como artículos científicos, capítulos de libro y ponencias de conferencias. Resumidamente en la Tablas I y II se resumen los criterios empleados y las palabras claves.

TABLA I
CRITERIOS DE BUSQUEDA

Criterios	Descripción
Periodo de búsqueda	De 2014 a 2024
Repositorios digitales	Web of Science, Scopus
Revisión de registrc	Incluye título, año, fuente, resumen y DOI.
Tipos de documentos	Artículo, artículo de conferencia, capítulo de libro
Idioma	Inglés, español

Nota: Elaboración propia.

Tabla I. Describe los criterios de búsqueda utilizados para delimitar los documentos necesarios para la investigación.

Las bases de datos empleadas fueron seleccionadas por su reputación y contenido científico, de tal manera que proporciona las fuentes necesarias para el estudio realizado, lo que permite obtener información relevante sobre la evolución del tema en los últimos diez años para identificar tendencias, proyectos e iniciativas de tecnología en los agronegocios en Latinoamérica en la década de análisis,

TABLA II
PALABRAS CLAVE DE BUSQUEDA

Grupo	Palabras clave
1	“agribusiness*”, “agricultura”, “agriculture”, “agronegocios”, “technology*”
2	“smart agriculture”, “agricultural technology”, “smart agricultural systems”

Nota: Elaboración propia.

Tabla II. Describe las palabras clave utilizadas en la búsqueda.

La muestra definida fue sistematizada mediante la construcción de una base de datos estructurada que incluyó metadatos clave (autores, año, palabras clave, resúmenes y hallazgos principales). Adicionalmente, se implementó un protocolo de evaluación continua que permitió descartar documentos que no cumplieran con los estándares de rigurosidad científica. Este procedimiento estableció una base

sólida para analizar, de forma estructurada, las principales tendencias tecnológicas y su impacto en los agronegocios latinoamericanos durante la última década.

III. JUSTIFICACION Y OBJETIVOS

Este proyecto surge por la necesidad de contar con un espacio para analizar a profundidad las tendencias, iniciativas y proyectos que se han desarrollado en el último decenio en el sector agroindustrial latinoamericano, con especial énfasis en la aplicación de tecnología. Dado el impacto y el papel que juega la tecnología en la transformación del sector agrícola es fundamental identificar y comprender las innovaciones que han mejorado la productividad, sostenibilidad y competitividad en la región [1]. Este análisis busca visibilizar las mejores prácticas y avances tecnológicos, sentando las bases para futuras investigaciones y aplicaciones en contextos similares, con especial interés en Colombia.

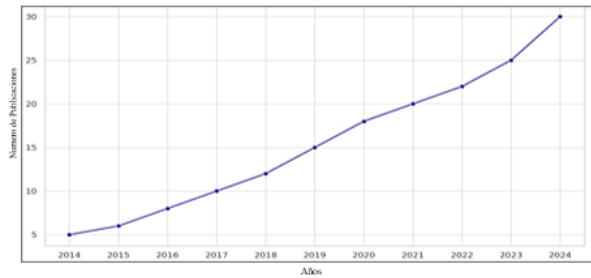
Así mismo se busca facilitar la identificación de estudios e iniciativas referenciadas en revistas especializadas y aquellas implementadas por entidades públicas y privadas. Estos hallazgos pueden impulsar la replicabilidad de experiencias exitosas que se han evidenciado en la región, promoviendo la adopción de tecnología como un medio para mejorar la eficiencia y sostenibilidad en los agronegocios [2].

Desde una perspectiva formativa, este proyecto también proporcionará a los estudiantes vinculados la oportunidad de fortalecer sus habilidades de investigación, análisis crítico y generación de propuestas innovadoras. El enfoque multidisciplinario permitirá que los participantes desarrollen competencias clave en la investigación aplicada, preparándolos para enfrentar los retos actuales del sector agroindustrial en un contexto globalizado. Todo lo antes expuesto justifica la realización de esta investigación.

El objetivo del trabajo es identificar y analizar investigaciones sobre la aplicación de tecnología en los agronegocios en Latinoamérica, publicadas en revistas especializadas y bases de datos indexadas como WOS y Scopus entre 2014 y 2024. Además, realizar un análisis global sobre la tecnología para reconocer tendencias, avances y prácticas que puedan adaptarse al contexto latinoamericano.

De manera breve se muestra el comportamiento de la revisión de la literatura analizada.

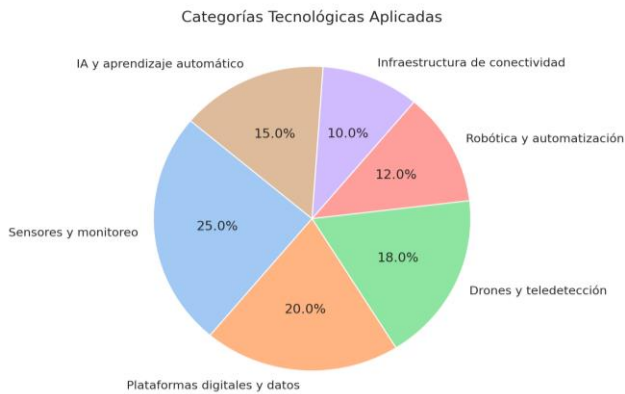
En la Figura 1. se evidencia el comportamiento de las publicaciones y producción académica especializada vinculada con la tecnología empleada en los agronegocios en Latinoamérica durante la década analizada, se observa un crecimiento de dicha literatura iniciando con cinco publicaciones en 2014 y alcanzando cincuenta de estas, en el año 2024, lo que da cuenta del creciente interés por escribir y divulgar avances en este tema .



Nota. Elaboración propia

Fig. 1. Evolución de las publicaciones entre 2014 a 2024.

También se pudo observar que, de acuerdo con los artículos analizados, las Categorías Tecnológicas Aplicadas fueron Sensores y monitores con un 25% y Plataformas digitales con un 20%, las menos utilizadas a la fecha en el periodo analizado es la infraestructura de conectividad con una participación del 10%. Este último dato es coherente con las limitaciones expresadas por las diferentes fuentes y estudios y conectadas con las realidades de la aplicación de las tecnologías en los agronegocios en LATAM actualmente. En la Figura 2 se aprecia con mayor detalle cada categoría tecnológica aplicada y su participación porcentual.



Nota. Elaboración propia

Fig. 2. Categoría Tecnológica Aplicada entre 2014 a 2024

IV. LA AGROINDUSTRIA

El surgimiento de la agricultura en la humanidad comenzó hace aproximadamente diez mil años, marcando una transición significativa a la agricultura, dejando atrás la caza y recolección [3]. Este cambio permitió el desarrollo de comunidades sedentarias y la domesticación de plantas y animales, facilitando el crecimiento poblacional y la formación de estados [4]. Estas transformaciones han acompañado al hombre como mecanismo de supervivencia o como impulsor de su desarrollo en diversas culturas y lugares.

Es relevante destacar que el concepto de agronegocio surge debido a una serie de transformaciones en la agricultura de Estados Unidos. Este término se vincula principalmente

con las transformaciones de la producción, comenzando con el cambio de ciertos procesos laborales, los cuales sustituyeron el trabajo manual y aumentaron los rendimientos por hectárea de los cultivos convencionales [5].

Latinoamérica es una región del mundo donde la agroindustria tiene un papel clave en el impulso de la economía local, gracias a su gran extensión de tierras aptas para el cultivo, la abundancia de recursos naturales y su biodiversidad única. En 2021, el sector agrícola fue un aporte importante al Producto Interno Bruto (PIB) de la región, representando el 6.9% de la economía [6].

Los factores previamente mencionados plantean como problema de investigación la necesidad de identificar las tendencias, iniciativas y proyectos tecnológicos que han surgido en el ámbito de los agronegocios en los últimos diez años, tanto en la literatura especializada como en las entidades públicas y privadas de Latinoamérica.

Es relevante destacar que esta investigación se encuentra alineada con temas globales fundamentales, como el Consumo y la Producción responsables, la lucha contra el Hambre Cero, la Educación de Calidad, y las aplicaciones tecnológicas que fomentan la Industria, la Innovación y la reducción de Desigualdades. Además, busca impulsar alianzas estratégicas para alcanzar estos objetivos, siguiendo la agenda global 2030 y contribuyendo a los Objetivos de Desarrollo Sostenible de manera integral.

A. Surgimiento y Actualidad de Los Agronegocios

Las dinámicas socioeconómicas y empresariales de la humanidad, vistas como una nueva forma de entender la economía política de la agricultura y anclada en las grandes corporaciones, se vincula desde finales de los años 50 al concepto agronegocios, esto fue categorizado así por John H. Davis y Ray A. Goldberg [5].

El impulso a la productividad agrícola y los ingresos está estrechamente ligado a la implementación de tecnologías y métodos innovadores por parte de los productores. Al adoptar estas herramientas, los agricultores podrán mejorar la eficiencia en el uso de recursos, aumentar los rendimientos, diversificar sus cultivos y sistemas de producción, elevar la calidad de sus productos, preservar los recursos naturales y afrontar los retos del cambio climático con una mayor capacidad de adaptación [7].

A pesar de que el financiamiento gubernamental destinado a la agricultura alcanza niveles históricos, el mundo enfrenta un creciente déficit en inversión en investigación y desarrollo. Para reforzar el sistema de innovación, es fundamental que los gobiernos den prioridad a la investigación y a la transferencia tecnológica, fomentando la colaboración entre los sectores público y privado [7].

América Latina se ha caracterizado por ser un oferente de materias primas, lo cual es relevante para extender el concepto de agronegocio y en las actividades económicas [9]. En el análisis realizado a la fecha se ha encontrado que en Latinoamérica existe una entidad como El Fondo Regional de

Tecnología Agropecuaria [FONTAGRO], que, además de promover colaboración en la región, también impulsa la incorporación de iniciativas de IoT, tecnología que contribuyan a aportar en los indicadores del sector [8]. Esta y otras organizaciones han promovido este tipo de colaboraciones, buscando que los proyectos de investigación tecnológica tengan un impacto más directo en la productividad y sostenibilidad de los agronegocios [8]. Sin embargo, a pesar de estos esfuerzos, la región aún enfrenta importantes limitaciones en términos de acceso a financiamiento privado y la implementación de políticas públicas efectivas que facilitan la adopción de estas innovaciones a gran escala [10].

La transición hacia la Agricultura 4.0 está siendo impulsada por avances en diversas tecnologías, como la inteligencia artificial, la robótica, el big data, la computación en la nube, así como los sensores, redes de sensores e Internet de las cosas [11]. Esta cuarta revolución tecnológica se perfila como una solución clave para mejorar el desarrollo agrícola, asegurando un futuro sostenible, resiliente y equitativo para satisfacer las necesidades de la población mundial [12].

Diversos obstáculos limitan la adopción y difusión de nuevas tecnologías en la agricultura, como la falta de información sobre innovaciones, la inexistencia de mercados de capitales robustos, la carencia de seguros adecuados, los elevados costos operativos, la inseguridad en la tenencia de la tierra y la infraestructura de transporte insuficiente [7]. El progreso de los agronegocios está íntimamente ligado al desarrollo en el manejo de la tierra y las técnicas agrícolas, lo que juega un papel clave en la resolución de problemas globales y en el avance hacia el cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) para 2030 [9].

B. La Tecnología en la Agroindustria

El aprendizaje y la incertidumbre son elementos clave que afectan la adopción de tecnologías en la agricultura, influyendo no solo en el bienestar de los agricultores, sino también en la productividad y la economía del sector alimentario [13]. La habilidad de los agricultores para adaptarse y aprovechar las innovaciones tecnológicas es fundamental para lograr un desarrollo sostenible en este sector. En este contexto, se define al Internet de las Cosas (IoT) como un sistema de dispositivos interrelacionados que se conectan a una red y/o entre sí, intercambiando datos sin necesidad de interacción humana directa [14]. Esta tecnología permite la recopilación y análisis en tiempo real de información para una mejor toma de decisiones informadas en la agricultura.

Asimismo, implementar el IoT en la agricultura inteligente ayuda a superar desafíos en la producción de alimentos. A través de la prevención de problemas en los cultivos y la mejora en la precisión del diagnóstico, el IoT contribuye a aumentar la eficiencia agrícola [15]. Esta transformación representa un cambio desde una agricultura intensiva en mano de obra hacia un enfoque más tecnológico,

caracterizado por la integración de la robótica y la inteligencia artificial [16].

El IoT está revolucionando la agroindustria en América Latina, permitiendo que pequeños y medianos agricultores implementen tecnología con inversiones relativamente bajas. Como resultado, se logran avances importantes en la productividad y calidad de los productos agrícolas [17]. La implementación de estas tecnologías brinda a los agricultores la capacidad de responder de forma más eficiente a las demandas del mercado y a los desafíos ambientales.

Además, el uso de aprendizaje automático y maquinaria agrícola habilitada para IoT puede potenciar la agricultura de precisión. Estas tecnologías son capaces de predecir parámetros del suelo, rendimiento de cultivos, detectar enfermedades y malezas, además de reducir la dependencia del trabajo humano [18].

La capacidad de anticipar problemas y optimizar recursos es fundamental para el futuro de la agricultura. Por ello, es clave el establecimiento de un modelo exitoso de colaboración regional, integrando instituciones públicas y privadas para fomentar la ciencia, la tecnología y la innovación en el sector agroalimentario en América Latina y el Caribe. Este enfoque colaborativo es clave para enfrentar los retos que presenta la modernización del sector agrícola [8].

V. RESULTADOS DEL USO DE TECNOLOGIA EN EL PERIODO DE ANÁLISIS

Los resultados de esta investigación revelan un avance progresivo en la incorporación de tecnologías emergentes en los agronegocios de América Latina durante la última década. La integración de la tecnología en los agronegocios en Latinoamérica es un tema crucial para mejorar la productividad, sostenibilidad y resiliencia del sector agrícola [19].[20]. El análisis de la documentación analizada permitió identificar tendencias tecnológicas clave, así como proyectos e iniciativas que están transformando el panorama agrícola de la región. Estas se resumen en cuatro ejes: A) Tendencias en la Incorporación de Tecnología, B) Proyectos destacados y C) FONTAGRO como promotor regional de Innovación en los Agronegocios y D) Tecnología en agronegocios en Colombia actualmente

A. Tendencias en la Incorporación de Tecnología

La productividad, la sostenibilidad y la equidad en el sector agrícola dependen en gran medida de la cooperación regional, la aplicación de tecnologías como el IoT, la mejora de los procesos agrícolas y la revolución agroecológica [21]. Para avanzar, es crucial que las futuras políticas y estrategias se centren en apoyar a los pequeños agricultores y en fomentar una distribución más justa de los beneficios tecnológicos [22]. Tras la revisión bibliográfica, se recopilieron los resultados provenientes de diversas áreas de investigación, que resaltan el creciente interés por integrar tecnologías avanzadas en la

agricultura. Entre las principales tendencias que han surgido, se observan:

-El uso de Inteligencia Artificial (IA) que ha sido aplicada para la predicción de rendimientos, la detección automatizada de plagas y enfermedades, la optimización del riego y fertilización, y la gestión de inventarios. Su integración con sensores y drones ha elevado la capacidad de respuesta ante eventos críticos. Útil para optimizar procesos y predecir resultados, lo que permite a los agricultores tomar decisiones informadas basadas en datos concreto [23].

-Internet de las Cosas (IoT), esto ha permitido transformar objetos cotidianos del campo en dispositivos inteligentes conectados a la red, capaces de recopilar datos en tiempo real sobre variables como humedad, temperatura, calidad del suelo, y salud de los cultivos. Esto mejora el diagnóstico temprano de problemas, la eficiencia en el uso de insumos, la trazabilidad de los procesos agrícolas y ayuda significativamente la supervisión y gestión de cultivos, facilitando un monitoreo en tiempo real [24].

-Así mismo, el uso de Drones y Sensores remotos para el monitoreo de cultivos ha revolucionado la gestión de fincas y la recopilación de datos [25], ofreciendo una visión detallada y actualizada de las condiciones de los cultivos. La automatización de procesos agrícolas contribuye a aumentar la eficiencia y, a su vez, reducir los costos operativos [26], permitiendo a los agricultores concentrarse en otras áreas estratégicas de sus negocios. Estas herramientas han transformado el monitoreo agrícola, permitiendo capturar imágenes multiespectrales y generar mapas precisos del estado de los cultivos. Esto permite tomar decisiones informadas, reducir desperdicios y aumentar la productividad por hectárea.

-Big Data y Agricultura de precisión, el análisis de grandes volúmenes de datos, conocido como Big Data, está permitiendo una mejor planificación y gestión de recursos, optimizando la producción y el uso de insumos en los agronegocios [27]. La recopilación y análisis masivo de datos ha permitido personalizar prácticas agrícolas, optimizando el uso de recursos y reduciendo el impacto ambiental. Esta tendencia es particularmente relevante en sistemas agrícolas complejos, donde múltiples variables deben gestionarse simultáneamente. Por su parte, la agricultura de precisión permite realizar un uso más eficiente de insumos y recursos, maximizando el rendimiento de las cosechas y reduciendo el impacto ambiental [28].

-La Automatización y Robótica es otra tendencia aplicable. En este sector se han identificado aplicaciones de maquinaria autónoma para la siembra, cosecha y mantenimiento de cultivos, especialmente en cultivos extensivos. Aunque aún incipiente en la región, esta tendencia avanza gracias a su potencial para reducir los costos operativos y la dependencia de mano de obra.

B. Proyectos Destacados

1) *Agricultura Inteligente*: Un ejemplo significativo es el estudio sobre el "Smart Agriculture Cloud Using AI Based Techniques", que concluye que el sistema propuesto, basado en la nube y el Internet de las Cosas (IoT), es efectivo para supervisar explotaciones agrícolas de forma remota [29]. Este enfoque ha logrado mejorar la clasificación y el procesamiento de datos, facilitando a los agricultores la toma de decisiones informadas. Los resultados reportados indican aumentos en la eficiencia del rendimiento, con un 14% en el tiempo de ejecución, 5% en el tiempo de rendimiento, 9% en el tiempo de sobrecarga y 13,2% en eficiencia energética en comparación con modelos anteriores de agricultura inteligente. Aunque este estudio no se llevó a cabo en Latinoamérica, sienta las bases para su posterior adaptación e inclusión en el contexto regional.

2) *IoT*: La IoT ha tenido un impacto significativo en la agricultura de precisión al transformar objetos en dispositivos más inteligentes y brindar actualizaciones periódicas y oportunas a los usuarios finales [31], destacando cómo tecnologías como sensores y redes inalámbricas permiten monitorear cultivos en tiempo real, mejorando la eficiencia. Asimismo, el Internet de las Cosas (IoT) juega un papel crucial al proporcionar información precisa sobre la salud de las cosechas mediante sensores.

Según estos estudios, la implementación de la Internet de las Cosas (IoT) en la agricultura optimiza la eficiencia, la productividad y la sostenibilidad mediante la automatización, la toma de decisiones basada en datos y una gestión más eficaz de los recursos. Sin embargo, también presenta desafíos como la interoperabilidad, la protección de la privacidad de los datos y la integración tecnológica.

3) *ENOTRIA TELLUS*: es un proyecto desarrolló una arquitectura de agricultura inteligente para gestionar la salud de los viñedos, utilizando diversas tecnologías como drones, cámaras multiespectrales y sensores meteorológicos, validada en pruebas piloto. Esta infraestructura mejora la programación y gestión del cultivo y cosecha [32].

4) *Proyectos de Agricultura de precisión con sensores de bajo costo*: Allí se identificaron experiencias exitosas en el uso de kits tecnológicos accesibles para pequeños productores, permitiéndoles acceder a herramientas antes reservadas a grandes explotaciones. [33].

Estos proyectos reflejan un cambio de paradigma en la forma en que se concibe y gestiona la producción agrícola, apuntando hacia sistemas más inteligentes, adaptativos y *centrados en datos*.

C. FONTAGRO como promotor regional de Innovación en los Agronegocios

En el año 1998 se crea una iniciativa internacional para promover la investigación y la innovación en el sector agropecuario de América Latina y el Caribe, esta se denominó FONTAGRO, e a lo largo de los años, se ha establecido como

un organismo clave para el desarrollo sostenible de los agronegocios en la región, impulsando la cooperación entre países, instituciones de investigación y productores agrícolas [8]. Su misión principal es promover la innovación tecnológica para mejorar la productividad, sostenibilidad y competitividad del sector, con un enfoque particular en los pequeños y medianos productores.

A nivel mundial, ésta ha tenido un impacto importante al financiar proyectos que abordan problemas cruciales del sector agropecuario [30], tales como el cambio climático, la seguridad alimentaria y la lucha contra la pobreza rural. Hasta 2024, ha financiado más de 170 proyectos colaborativos en 15 países, movilizando recursos superiores a los 120 millones de dólares, provenientes de gobiernos, instituciones privadas y organismos internacionales como el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) [34]. Entre sus principales logros se encuentran la promoción de prácticas agrícolas sostenibles, el desarrollo de cultivos resistentes al estrés climático y la integración de tecnologías digitales en la gestión agrícola [35]. Algunos de esos logros se describen brevemente a continuación:

1) *Innovaciones Para La Horticultura Protegida*: El proyecto llevó a cabo seminarios y conferencias en línea con el fin de difundir los avances tecnológicos en la producción de hortalizas en entornos controlados en América Latina y el Caribe. Su principal enfoque estuvo dirigido a productores, profesionales técnicos e instituciones del sector agrícola [36].

Actualmente, la producción de hortalizas en la región está siendo investigada desde varios enfoques, como el análisis de mercado, el diseño de estructuras adaptadas al clima, la validación de materiales genéticos con valor económico, el manejo de plagas y enfermedades, y la optimización agronómica dentro de los sistemas protegidos [37].

2) *Seguridad Alimentaria*: FONTAGRO ha tenido un impacto significativo en Colombia y América Latina mediante iniciativas colaborativas para abordar desafíos agrícolas [38]. En Colombia, ha apoyado proyectos como el secuestro de carbono en suelos, en colaboración con otros países de la región, y ha impulsado la producción agroecológica con cultivos biofortificados para mejorar la seguridad alimentaria [8].

3) *Logros del Fondo en Colombia*: FONTAGRO ha desempeñado un papel crucial en la modernización del sector agropecuario, con cuyo esfuerzo se ha logrado capacitar a más de 5000 personas a través de 48 talleres [8], ayudando a prevenir la llegada de la enfermedad producida por el *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Foc R4T), la cual afecta en la región Andina los cultivos de banano. Además, FONTAGRO ha sido un aliado estratégico en la investigación de soluciones adaptadas al contexto colombiano, donde factores como la variabilidad climática, la limitada conectividad en zonas rurales y la fragmentación del mercado representan desafíos significativos.

D. Tecnología en el agro en Colombia actualmente

Para fortalecer el sector agropecuario en Colombia, se creó el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria (SNIA) mediante la Ley 1876 de 2017, con el objetivo de aumentar la competitividad, la productividad y la sostenibilidad del sector agrícola. Este sistema se enfoca en la investigación, el desarrollo tecnológico y la transferencia de tecnología, promoviendo la implementación de nuevas herramientas y métodos en la agricultura [39]. Además, pone especial énfasis en la formación y capacitación de los pequeños y medianos productores, con el fin de mejorar su competitividad. Ante la baja productividad del sector agropecuario en Colombia, el SNIA busca transformar la situación mediante la modernización, promoviendo una agricultura inteligente que supere las barreras actuales y mejore la calidad de vida de los productores, lo que contribuirá al crecimiento económico del país [40].

Con el objetivo de seguir apoyando las iniciativas intersectoriales el Ministerio de Tecnología MinTIC lanza la iniciativa AgroTECH y ha establecido ocho ejes para potenciar el campo: la conectividad; educación; ecosistemas; sostenibilidad; innovación pública; datos; Internet de las cosas; e Inteligencia Artificial. También puso al servicio de la comunidad el programa Apps.co, que tiene por objetivo realizar acompañamiento con talleres y cursos a emprendedores digitales, para promover modelos de negocios de empresas que tengan productos digitales para el agro. El objetivo es brindar conectividad y tecnología para cambiar la vida, así que estamos con propuestas concretas, anunciando apoyo a través del uso de herramientas tecnológicas que permitan la evolución del trabajo agricultor [41].

Estos resultados evidencian que Colombia avanza lentamente hacia una transformación digital del agronegocios, por su parte Latinoamérica muestra un ritmo de crecimiento y avances mayores, aunque siguen existiendo retos importantes que abordar. Detrás de todo el entusiasmo y tendencias tecnológicas que el mundo a ha ido incorporando en los diferentes aspectos, la aplicación de tecnologías en los agronegocios tanto en Latinoamérica como en algunos lugares del mundo, existen aspectos sociales y económicos que deberán ser tenidos en cuenta, en la siguiente sección serán abordados más adelante, a manera de cierre de la discusión.

VI. CONCLUSIONES

Se evidencia que la incorporación de tecnologías emergentes en los agronegocios latinoamericanos ha tenido un crecimiento sostenido entre 2014 y 2024, marcando una transformación significativa en los modelos de producción agrícola de la región. Herramientas como el Internet de las Cosas (IoT), la Inteligencia Artificial (IA), los drones, el análisis de big data y la agricultura de precisión están redefiniendo la forma en que se gestionan los recursos, se toman decisiones y se responde a los desafíos del entorno rural. En general estos elementos, están permitiendo a los

agricultores optimizar el uso de recursos, mejorar la toma de decisiones y reducir los costos operativos [42].

El incremento de la productividad agrícola depende en gran medida de los avances tecnológicos, las inversiones en investigación y desarrollo, y una gestión estratégica adecuada, con la colaboración clave de los sectores público y privado, aunque aún persisten desafíos como el estancamiento de la eficiencia, los impactos ambientales y las barreras para la adopción de tecnología [43]. Además, el análisis de datos provenientes de IoT y el aprendizaje automático pueden potenciar la agricultura de precisión, incrementando la producción de cultivos y superando los retos de los métodos agrícolas tradicionales [44].

Los resultados demuestran que estas tecnologías no solo mejoran la productividad y eficiencia del sector agroindustrial, sino que también aportan al cumplimiento de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), especialmente en lo que respecta a la sostenibilidad, la seguridad alimentaria y la reducción de desigualdades. A pesar de estos avances, persisten retos estructurales como la brecha digital, la baja conectividad en zonas rurales, la falta de financiamiento y la limitada capacitación técnica, lo que demanda políticas públicas más robustas y colaboraciones interinstitucionales sostenidas

Por ello, es fundamental que estas innovaciones se ajusten a las características específicas de la región, como la variabilidad climática, la limitada conectividad en áreas rurales y la diversidad del mercado [45]. Las tecnologías deben ser lo suficientemente flexibles y escalables, permitiendo que productores de diferentes tamaños y capacidades puedan beneficiarse de ellas, favoreciendo la inclusión y equidad en su implementación.

Iniciativas como FONTAGRO, AgroTECH y los sistemas nacionales de innovación agropecuaria muestran que es posible construir ecosistemas tecnológicos efectivos cuando confluyen la investigación científica, el compromiso institucional y el empoderamiento de los productores. En el caso colombiano, se destaca un avance significativo en el diseño de estrategias tecnológicas orientadas a pequeños y medianos agricultores, aunque aún es necesario fortalecer la infraestructura y la adopción local de estas herramientas [8].

Para maximizar los beneficios de estas tecnologías, es fundamental seguir fomentando la colaboración regional, fortalecer las capacidades de los agricultores y garantizar el acceso equitativo a las herramientas tecnológicas, especialmente para los pequeños productores [46]. La integración de soluciones innovadoras, junto con políticas de apoyo adecuadas, puede contribuir a un futuro más sostenible, inclusivo y competitivo para la agricultura en Latinoamérica.

En síntesis, el estudio confirma que la tecnología es un factor clave para la modernización y resiliencia de los agronegocios en América Latina, pero su verdadero impacto dependerá de la capacidad de adaptación del entorno institucional, productivo y social para garantizar una implementación equitativa, escalable y contextualizada. Para Colombia, se siguen abriendo posibilidades de avance a partir

del aprovechamiento del campo y los agronegocios a partir de la incorporación de tecnología

VII. DESAFIOS

Algunos de los desafíos que deberán abordarse son estructurales lo que hace más complejo superarlos, sin embargo, es clave tenerlos identificados, por ello se requiere:

Fortalecimiento de la presencia del estado: un mayor apoyo gubernamental a través del desarrollo de un marco normativo robusto y una Gobernanza institucional fuerte. facilitan el desarrollo de la agroindustria, esto también incluye el mantenimiento de la seguridad en las zonas rurales.

Mantener una excelente conectividad y comunicaciones: es requerido un mayor desarrollo tecnológico en las comunicaciones que permita mejorar la cobertura de la conectividad y movilidad como habilitador de las soluciones digitales en la agroindustria, especialmente conectividad rural permanente

Mayores recursos: estos para desarrollar capacidad instalada, ampliar fuentes y vías de financiación y, capacitación para la formación/fortalecimiento de las habilidades y competencias del talento humano. Para que la tecnología se incorpore mejor a la cotidianidad de quienes trabajan en los agronegocios.

Armonía interinstitucional: Se requiere iniciar por una mayor adaptación local, seguir con fuertes alianzas estratégicas que vinculen la Universidad-Empresa-Estado.

Planes y Programas sociales: También el inevitable pensar en el crecimiento del desempleo dado que la automatización puede generarlo; también es importante trabajar campañas que impulsen el cambio de mentalidad en los planes y programas que acompañen a las comunidades y empresarios y empresas de todos los tamaños, para lograr una verdadera transformación agronegocios y que ello redunde en mejoras para el nivel de vida de la gente y no en aumentar las diversas caras de la desigualdad. La discusión queda abierta.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean expresar su más sincero agradecimiento a la Universidad Tecnológica de Bolívar por su apoyo incondicional durante la realización de este estudio. Su compromiso con la formación y el desarrollo académico ha sido fundamental para la realización de este trabajo.

Asimismo, agradecemos al equipo de investigación por su colaboración constante, cuyo esfuerzo y dedicación han sido cruciales para la obtención de los resultados presentados. Este estudio busca proporcionar información valiosa que, esperamos, sirva como base sólida para futuras investigaciones y para aquellos grupos de interés que utilicen los hallazgos en la toma de decisiones o análisis posteriores.

Finalmente, extendemos nuestro agradecimiento a todas las personas que, de una u otra manera, contribuyeron a que este trabajo fuera posible.

REFERENCIAS

- [1] P. Rambe y P. Khaola, «The impact of innovation on agribusiness competitiveness: the mediating role of technology transfer and productivity», *European Journal Of Innovation Management*, vol. 25, n.o 3, pp. 741-773, feb. 2021, doi: 10.1108/ejim-05-2020-0180.
- [2] G. K. Akella, S. Wibowo, S. Grandhi, y S. Mubarak, «A Systematic Review of Blockchain Technology Adoption Barriers and Enablers for Smart and Sustainable Agriculture», *Big Data And Cognitive Computing*, vol. 7, n.o 2, p. 86, may 2023, doi: 10.3390/bdcc7020086.
- [3] J. M. J. DeWet, «Grasses and the Culture History of Man», *Annals Of The Missouri Botanical Garden*, vol. 68, n.o 1, p. 87, ene. 1981, doi: 10.2307/2398812.
- [4] J. R. Veteto, «Against the Grain: A Deep History of the Earliest States», *Culture Agriculture Food And Environment*, vol. 40, n.o 2, pp. 136-137, oct. 2018, doi: 10.1111/cuag.12222.
- [5] S. A. I. G. Vitelli Juan Romero, Rossana y S. A. I. G. Vitelli Juan Romero, Rossana, «Desarrollo rural y cuestión agraria». <https://www.teseopress.com/desarrollorural/>
- [6] «Tendencias y oportunidades en transformación digital y agronegocios», BID Invest. <https://idbinvest.org/es/blog/economia-digital/transformacion-digital-y-agronegocios-tendencias-y-oportunidades-en-america>
- [7] B. Mundial, «La innovación agrícola y la tecnología son la clave para reducir la pobreza en los países en desarrollo, según un informe del Banco Mundial», World Bank, 19 de septiembre de 2019. [En línea]. Disponible en: <https://www.bancomundial.org/es/news/press-release/2019/09/16/agricultural-innovation-technology-hold-key-to-poverty-reduction-in-developing-countries-says-world-bank-report>
- [8] E. Saini, «Leveraging investment in agricultural science, technology, and innovation in Latin America and the Caribbean», *Science*, vol. 382, n.o 6669, oct. 2023, doi: 10.1126/science.adl0654.
- [9] L. C. N. R. Vargas, S. N. S. Torres, y I. N. Ortiz, «Medición de los progresos y la evolución de los agronegocios: un análisis bibliométrico de la literatura de 2001 a 2020,» *Rev. Estud. Empres. Segunda Época*, no. 1, pp. 20-36, 2020.
- [10] S. Halatur y O. Halatur, «METHODICAL TOOLS FOR FINANCING INNOVATION IN THE AGRO-INDUSTRIAL COMPLEX», *WORLD OF FINANCE*, n.o 3(60), pp. 65-75, ene. 2019, doi: 10.35774/sf2019.03.065.
- [11] M. Raj et al., «A survey on the role of Internet of Things for adopting and promoting Agriculture 4.0», *Journal Of Network And Computer Applications*, vol. 187, p. 103107, may 2021, doi: 10.1016/j.jnca.2021.103107.
- [12] S. O. Araújo, R. S. Peres, J. Barata, F. Lidon, y J. C. Ramalho, «Characterising the Agriculture 4.0 Landscape-Emerging Trends, Challenges and Opportunities», *Agronomy*, vol. 11, n.o 4, p. 667, abr. 2021, doi: 10.3390/agronomy11040667.
- [13] J. Chavas y C. Nauges, «Uncertainty, Learning, and Technology Adoption in Agriculture», *Applied Economic Perspectives And Policy*, vol. 42, n.o 1, pp. 42-53, feb. 2020, doi: 10.1002/aapp.13003.
- [14] A. A. Laghari, K. Wu, R. A. Laghari, M. Ali, y A. A. Khan, «A Review and State of Art of Internet of Things (IoT)», *Archives Of Computational Methods In Engineering*, vol. 29, n.o 3, pp. 1395-1413, jul. 2021, doi: 10.1007/s11831-021-09622-6.
- [15] E. Navarro, N. Costa, y A. Pereira, «A Systematic Review of IoT Solutions for Smart Farming», *Sensors*, vol. 20, n.o 15, p. 4231, jul. 2020, doi: 10.3390/s20154231.
- [16] I. Charania y X. Li, «Smart farming: Agriculture's shift from a labor intensive to technology native industry», *Internet Of Things*, vol. 9, p. 100142, nov. 2019, doi: 10.1016/j.iot.2019.100142.
- [17] V. Grimblatt, «IoT for Agribusiness: An overview» en 2020 IEEE 11th Latin American Symposium on Circuits & Systems (LASCAS), San José, Costa Rica, 2020, pp. 1-4. doi: 10.1109/LASCAS45839.2020.9068986.
- [18] A. Sharma, A. Jain, P. Gupta, y V. Chowdary, «Machine Learning Applications for Precision Agriculture: A Comprehensive Review» *IEEE Access*, vol. 9, pp. 4843-4873, 2021. doi: 10.1109/ACCESS.2020.3048415.
- [19] C. C. Ordoñez, G. R. Gonzales, y J. C. Corrales, «Blockchain and agricultural sustainability in South America: a systematic review», *Frontiers In Sustainable Food Systems*, vol. 8, feb. 2024, doi: 10.3389/fsufs.2024.1347116.
- [20] Y. Durán, V. Gómez-Valenzuela, y K. Ramírez, «Socio-technical transitions and sustainable agriculture in Latin America and the Caribbean: a systematic review of the literature 2010–2021», *Frontiers In Sustainable Food Systems*, vol. 7, jun. 2023, doi: 10.3389/fsufs.2023.1145263.
- [21] O. Sotomayor, E. Ramírez, y H. Martínez, «Digitalización y cambio tecnológico en las mipymes agrícolas y agroindustriales en América Latina» 2021.
- [22] R. Dhillon y Q. Moncur, «Small-Scale Farming: A Review of Challenges and Potential Opportunities Offered by Technological Advancements», *Sustainability*, vol. 15, n.o 21, p. 15478, oct. 2023, doi: 10.3390/su152115478.
- [23] E. Elbasi et al., «Artificial Intelligence Technology in the Agricultural Sector: A Systematic Literature Review», *IEEE Access*, vol. 11, pp. 171-202, dic. 2022, doi: 10.1109/access.2022.3232485.
- [24] A. Rehman, T. Saba, M. Kashif, S. M. Fati, S. A. Bahaj, y H. Chaudhry, «A Revisit of Internet of Things Technologies for Monitoring and Control Strategies in Smart Agriculture», *Agronomy*, vol. 12, n.o 1, p. 127, ene. 2022, doi: 10.3390/agronomy12010127.
- [25] F. A. Almalki, B. O. Soufiene, S. H. Alsamhi, y H. Sakli, «A Low-Cost Platform for Environmental Smart Farming Monitoring System Based on IoT and UAVs», *Sustainability*, vol. 13, n.o 11, p. 5908, may 2021, doi: 10.3390/su13115908.
- [26] N. Singh et al., «Application of Drones Technology in Agriculture: A Modern Approach», *Journal Of Scientific Research And Reports*, vol. 30, n.o 7, pp. 142-152, jun. 2024, doi: 10.9734/jsrr/2024/v30i72131.
- [27] S. Wolfert, L. Ge, C. Verdouw, y M.-J. Bogaardt, «Big Data in Smart Farming – A review», *Agricultural Systems*, vol. 153, pp. 69-80, feb. 2017, doi: 10.1016/j.agsy.2017.01.023.
- [28] S. Getahun, H. Kefale, y Y. Gelaye, «Application of Precision Agriculture Technologies for Sustainable Crop Production and Environmental Sustainability: A Systematic Review», *The Scientific World JOURNAL*, vol. 2024, n.o 1, ene. 2024, doi: 10.1155/2024/2126734.
- [29] M. Junaid et al., «Smart Agriculture Cloud using AI based techniques», *Energies*, vol. 14, n.o 16, p. 5129, ago. 2021, doi: 10.3390/en14165129.
- [30] F. A. Mutumba, E. Zagal, M. Gerding, D. Castillo-Rosales, L. Paulino, y M. Schoebitz, «Plant growth promoting rhizobacteria for improved water stress tolerance in wheat genotypes», *Journal Of Soil Science And Plant Nutrition*, p. 0, ene. 2018, doi: 10.4067/s0718-95162018005003003.
- [31] A. Khanna y S. Kaur, «Evolution of Internet of Things (IoT) and its significant impact in the field of Precision Agriculture», *Computers And Electronics In Agriculture*, vol. 157, pp. 218-231, ene. 2019, doi: 10.1016/j.compag.2018.12.039.
- [32] G. Gagliardi et al. «An Internet of Things Solution for Smart Agriculture», *Agronomy*, vol. 11, n.o 11, p. 2140, oct. 2021, doi: 10.3390/agronomy11112140.
- [33] O. Elijah, T. A. Rahman, I. Orikumhi, C. Y. Leow & M. N. Hindia, «An Overview of Internet of Things (IoT) and Data Analytics in Agriculture: Benefits and Challenges» *IEEE Internet Things J*, vol. 5, no. 5, pp. 3758–3773, Jun. 2018. <http://doi.org/10.1109/JIOT.2018.2844296>
- [34] FONTAGRO, «Proyecto: Plataformas de innovación para la adopción de tecnologías adaptadas al clima en Honduras y Colombia - FONTAGRO», FONTAGRO, 8 de agosto de 2018. <https://fontagro.org/micrositios/proyecto-plataformas-de-innovacion-para-mejorar-la-adopcion-de-tecnologias-adaptadas-al-clima-por-el-pequeno-agricultor-familiar-en-honduras-y-colombia/>
- [35] «Fondo Regional de Tecnología Agropecuaria (FONTAGRO) – Senescyt – Secretaría de Educación Superior, Ciencia, Tecnología e

- Innovación». <https://www.educacionsuperior.gob.ec/fondo-regional-de-tecnologia-agropecuaria-fontagro/>
- [36] J. Jaramillo, R. Ramírez, C. Martínez, J. A. Yau, E. Villagran, A. Rodríguez y L. Pérez, «Memoria eventos virtuales proyecto: Innovaciones para la horticultura en ambientes protegidos en zonas cálidas: opción de intensificación sostenible de la agricultura familiar en el contexto de cambio climático en ALC» Fontagro, 2022.
- [37] R. Vitón, A. Castillo & T. Lopes, «AgTech: Mapa de la innovación Agtech en América Latina y el Caribe». WA, USA: BID, 2018, doi: 10.18235/0001788
- [38] Ley 1876 del 29 de Diciembre de 2017, por medio de la cual se crea el Sistema Nacional de Innovación Agropecuaria y se dictan otras disposiciones. DO: 50461. Congreso de la República de Colombia. Disponible en <https://www.mineducacion.gov.co/portal/normativa/Leyes/381683:Ley-1876-de-diciembre-29-de-2017>
- [39] Ojeda-Beltrán, «Plataformas tecnológicas en la Agricultura 4.0: Una mirada al desarrollo en Colombia» Journal of Computer and Electronic Science: Theory and Applications, vol. 3, no. 1, pp. 9–18, 2022.
- [40] R. I. Parra-Peña s, r. Puyana y F. Yepes, «Análisis de la productividad del sector agropecuario en Colombia y su impacto en temas como: encadenamientos productivos, sostenibilidad e internacionalización, en el marco del programa Colombia más competitiva» Fedesarrollo, BO, CO, Informe Final, 2021. Disponible en <https://www.repository.fedesarrollo.org.co/handle/11445/4092>
- [41] MinTic. “Con AgroTECH, el MinTIC potenciará el campo con Inteligencia Artificial”. República de Colombia. Disponible en <https://mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/Noticias/276923:Con-AgroTECH-el-MinTIC-potenciara-el-campo-con-Inteligencia-Artificial>
- [42] M. A. Zamir y R. M. Sonar, «Application of Internet of Things (IoT) in Agriculture: A Review», 2022 7th International Conference On Communication And Electronics Systems (ICCES), pp. 425-431, jun. 2023, doi: 10.1109/icces57224.2023.10192761.
- [43] K. Fuglie, M. Gautam, A. Goyal, y W. F. Maloney, «Harvesting Prosperity: Technology and Productivity Growth in Agriculture». 2019. doi: 10.1596/978-1-4648-1393-1.
- [44] G. E. R. Ibarra, «Agricultura de Precisión: La integración de las TIC en la producción Agrícola», Computer And Electronic Sciences Theory And Applications, vol. 3, n.o 1, pp. 34-38, mar. 2022, doi: 10.17981/cesta.03.01.2022.04.
- [45] S.A. Bhat & N. F. Huang, «Big Data And AI Revolution in Precision Agriculture: Survey and Challenges», IEEE Access, vol. 9, pp. 110209–110222, Aug. 2021. <http://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3102227>
- [46] E. Iglesias, «El desarrollo agrícola en América Latina y el papel de la investigación y el cambio tecnológico: una visión general», pp. 1–17, 1992.