

# Technology Acceptance Model (TAM) to Determine Technology Adoption (Smart Agriculture) in Agribusiness Efficiency

Orisnela Solano Peláez, MS<sup>1</sup>, Miguel A. Goenaga-Jimenez, PhD<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Ana G. Méndez, Puerto Rico, osolano2@email.uagm.edu, mgoenaga1@uagm.edu

*Abstract – Agriculture is one of the human activities with the greatest environmental impact that contributes significantly to climate change. The use of artificial intelligence in agriculture is expected to bring significant benefits such as reducing production costs, labor resources and working hours, as well as protecting soil and the environment. However, the economic and ecological benefits of smart farming systems can only be realized if farmers are willing to adopt and use them. This study aims to apply Davis's (1989)*

*Technology Acceptance Model (TAM) to investigate what factors are influencing the adoption of these technologies. The model is extended with two additional external factors, such as technological knowledge and personal innovation. [1].*

*Keywords - Artificial Intelligence, Agribusiness, Smart Agriculture, Technology Acceptance Model, Technology Adoption Model*

# Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) para Determinar la Adopción de Tecnología (Agricultura Inteligente) en la Eficiencia de los Agronegocios

Orisnela Solano Peláez, MS<sup>1</sup>, Miguel A. Goenaga-Jimenez, PhD<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Ana G. Méndez, Puerto Rico, osolano2@email.uagm.edu, mgoenagal@uagm.edu

*Resumen – Paradójicamente la agricultura es una de las actividades humanas de mayor impacto ambiental que contribuye significativamente al cambio climático. Se espera que el uso de inteligencia artificial en la agricultura produzca ventajas significativas como reducir los costos de producción, recursos laborales y horas de trabajo, así como proteger los suelos y el medio ambiente. Sin embargo, los beneficios económicos y ecológicos de los sistemas de la agricultura inteligente solo pueden realizarse si los agricultores están dispuestos a adoptarlos y utilizarlos. Este estudio pretende aplicar el modelo de aceptación de la tecnología (TAM) de Davis (1989) para investigar qué factores están influyendo en la adopción de estas tecnologías. El modelo se amplía con dos factores externos adicionales, como el conocimiento tecnológico y la innovación personal [1].*

*Palabras Claves —Inteligencia Artificial, Agronegocios, Agricultura Inteligente, Modelo de Aceptación de la Tecnología (TAM), Agricultura Eficiente.*

## I. INTRODUCCIÓN

La agroindustria ha sido un factor clave para el desarrollo sostenible de países en vía de desarrollo, ya que ayuda en la creación de empleo, adquisición de ingresos y la reducción de la pobreza. En lo que se refiere a desarrollo sostenible, se entiende como la satisfacción de las necesidades del presente, sin comprometer el de las generaciones futuras; esto significa que para que un agronegocio sea sostenible debe producir alimentos responsablemente, no solo para el medio ambiente, sino también generar suficiente producción [2]. Con el pasar de los años, la demanda por las tierras de pastoreo está disminuyendo debido a la sobrepoblación humana y al pastoreo excesivo, lo que genera conflictos por los escasos recursos y agrava aún más la degradación de la tierra [3]. A través del tiempo los valores gerenciales se han ido modificado debido a situaciones externas del entorno, de igual manera los estilos de liderazgo gerenciales también han cambiado como consecuencia de la digitalización [4]. Hoy día en la era digital, donde se aplica la inteligencia artificial y las cosas cambian de manera rápida e impredecible; el estilo de liderazgo propuesto en esta nueva era debería transformarse en líder digital, donde el enfoque sea en el conocimiento, el aprendizaje, las actividades digitalizadas, el análisis de datos e información para la toma de decisiones.

Es importante señalar que la cadena de suministros, según indica Behzadi et al (2018), la gestión de riesgos es un campo de investigación amplio y en crecimiento, sin embargo, dentro de este campo los modelos para productos agrícolas han recibido poca atención. Esto es algo sorprendente ya que la gestión de riesgos es aún más importante para la cadena de suministro agrícola debido a los desafíos asociados con las estaciones [5].

La industria agrícola hoy día se encuentra experimentando la transformación digital; recientemente han surgido muchos aspectos que han sido visibles como el uso creciente de tecnologías inteligentes y análisis de *Big Data*. Esto tiene como consecuencia una mayor eficiencia y una mejor calidad en la producción. La transformación digital también está en aumento para crear valor entre la empresa y sus colaboradores, por medio de la cadena de suministros, que busca replantear sus operaciones, controles y coordinación de actividades. La agricultura inteligente es una herramienta importante para la gestión agrícola que promueve la utilización de tecnologías 4.0 que busca maximizar la rentabilidad económica, garantizar la preservación de los recursos y proteger el medio ambiente [6]. Estas tecnologías incluyen: inteligencia artificial, análisis de *Big Data*, tecnologías de computación en la nube, algoritmos y comunicación, al igual que el uso de Internet [7][8][9]. Autores como Deloitte (2016) también reconoce que la agricultura inteligente hoy día se conoce como la cuarta revolución agrícola, por su amplio beneficio económico, productivo y ambiental [10].

Una de las principales limitaciones que presenta el sector agrícola para la adopción de tecnología, según lo establece [11] es el escaso conocimiento de la disponibilidad de este tipo de innovaciones y de sus beneficios potenciales, por lo que, [12] indican que en ocasiones esta situación conlleva a que los directivos no puedan establecer una relación causal entre la adopción de una tecnología y la propia empresa, o no están seguros de las oportunidades que les pueden ofrecer las nuevas soluciones tecnológicas. No obstante, los gerentes que buscan proactivamente nuevas tecnologías en el mercado pueden adoptar con éxito tales innovaciones. Varios investigadores, entre ellos [13] Barnes et al. han planteado que existen muy pocos estudios que investiguen explícitamente la actitud hacia la adopción de tecnología agrícola de precisión (PATs, por sus siglas en inglés). Indicado que existen factores como la falta de confianza del agricultor en la tecnología, la inversión, las

**Digital Object Identifier:** (only for full papers, inserted by LACCEI).

**ISSN, ISBN:** (to be inserted by LACCEI).

**DO NOT REMOVE**

limitaciones financieras, el tamaño de las fincas y la incompatibilidad de los dispositivos tecnológicos. También existen otras variables socioeconómicas y estructurales que son bastante comunes dentro de la literatura de adopción de tecnología, como el nivel educativo, el tamaño de las fincas y la capacidad financiera; lo que indica que los agricultores de mayor ingreso impulsan la aceptación tecnológica con mayor facilidad [14].

Por otro lado, los resultados obtenidos por Barnes et al. (2019) en su estudio, sugieren que se debe establecer una serie de incentivos financieros y no financieros, lo cual aumentaría la adopción de tecnología y agrega que las principales barreras para la adopción se centran en el alto costo de la inversión inicial, lo que lleva a períodos de recuperación más largos y limita los rendimientos debido a la carga económica de la finca [13]. La incertidumbre en cuanto a la recuperación de la inversión crea una barrera significativa hacia una mayor adopción; el autor también menciona que los agricultores que actualmente no adoptan la tecnología se les puede ofrecer apoyo técnico o capacitación, ya que los agricultores parecen ver estos incentivos de manera positiva. Lowenberg-Deboer y Erickson (2019) también coinciden en que la adopción de tecnología rara vez supera el 20% de las fincas. Numerosos esfuerzos de investigación se han centrado en identificar los factores que influyen en que los agricultores adopten la agricultura de precisión en sus fincas [15].

La agricultura inteligente haría que los sistemas de producción en las fincas sean más eficientes y resistentes, al permitir a los productores aumentar el rendimiento del suelo, detectar a tiempo las enfermedades de los cultivos, reducir el desperdicio de agua y otros insumos, monitorear y controlar las maquinarias y equipos en las fincas, proporcionar información para la toma de decisiones en la administración y operación del negocio agrícola; este tipo de tecnologías permitirían a los agricultores lograr un rendimiento operativo y financiero, así como aumentar la rentabilidad (Annosi et al., 2019)[6].

## II. REVISIÓN DE LITERATURA

### A. Agricultura Inteligente

Existen varias tecnologías para aplicar a lo que es el concepto de agricultura inteligente, entre las que se incluyen: (i) Inteligencia Artificial, que se define como la capacidad de una computadora o robot para realizar tareas de forma autónoma sin la intervención de seres humanos; (ii) análisis de *Big Data*, que se encarga de la recopilación, organización y análisis de datos, correlaciones, patrones y otra información valiosa; (iii) Computación en la nube, se encarga de almacenar, gestionar y procesar datos en servidores remotos alojados en Internet, en lugar de servidores locales o computadoras personales; (iv) Sistemas ciberfísicos, que son mecanismos controlados o supervisados por algoritmos informáticos [7][8][17]; (v) Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), que involucra las tecnologías relacionadas con las

telecomunicaciones (tanto inalámbricas como cableadas), las tecnologías informáticas, los sistemas audiovisuales, el almacenamiento y los programas informáticos, que permiten a los usuarios acceder, almacenar, elaborar, transmitir y manipular información (FAO, 2017) y, por último, el Internet de las cosas (IoT), compuesta por dispositivos físicos en red que conectan e intercambian información y datos que se incorporan con sensores, conectividad, electrónica y software (Kranz, 2017)[9][18].

Las aplicaciones de estas tecnologías 4.0 son heterogéneas (De Clercq, 2018). En primer lugar, el riego inteligente y la entrega de insumos permiten a los agricultores minimizar el desperdicio de agua gracias a un sistema Internet, que monitorea constantemente diferentes parámetros tales como, temperatura del suelo, la humedad y la luz para calcular la necesidad efectiva de agua. Generalmente, estos sistemas utilizan tecnologías de tasa variable (VRT) para administrar la dosis correcta de agua, fertilizantes y pesticidas de acuerdo con los parámetros y necesidades del suelo. Por lo general, estos sistemas colaboran con otros tipos de tecnologías, como son los sensores de suelo, drones y software de seguimiento y pronóstico del tiempo. En segundo lugar, los drones agrícolas y la robótica se utilizan típicamente para el mapeo de cultivos y el monitoreo de la salud de los cultivos. Por medio de algoritmos de reconocimiento de imágenes se pueden detectar, categorizar plagas y enfermedades de las plantas con una alta precisión. También pueden escanear vastas áreas de tierra y se puede trabajar en conjunto con otros sensores para recopilar una amplia gama de información [19][20].

En cuanto a las máquinas agrícolas inteligentes, estas realizan varias funciones en la granja de manera más eficiente que las máquinas tradicionales, como, por ejemplo, detectar de forma autónoma la ubicación de las frutas maduras y sacarlas de la rama. Los sistemas de monitoreo de suelos y plantas recopilan datos y ayudan a los agricultores a monitorear la calidad del suelo y evitar su degradación. Los sistemas de sensores ayudan a recopilar datos sobre las plantas y analizan todos estos datos para mejorar la investigación y el desarrollo de semillas. También incluye software de gestión agrícola que ayudan a los agricultores en la recopilación y gestión de información [21]. Mediante el uso de *Big Data* y los softwares de análisis predictivo, esos sistemas evalúan con precisión los datos recopilados (es decir, sobre las condiciones de los cultivos, el suelo y el aire). La ganadería de precisión, que consiste en el monitoreo en tiempo real de la producción, salud y bienestar del ganado para garantizar un rendimiento óptimo. Las aplicaciones incluyen, monitoreo de la alimentación, estrés por calor, la producción de leche, nacimientos y monitoreo del comportamiento de los animales. Por último, los invernaderos inteligentes permiten a los agricultores cultivar sus productos con una mínima intervención humana. Aspectos como el control de temperatura, iluminación y la humedad del suelo se controlan de manera constante dentro de un invernadero y

cualquier variación desde un umbráculo genera acciones automatizadas para monitorear las condiciones óptimas en el crecimiento de las plantas [6].

La agricultura inteligente haría que los sistemas de producción de las granjas sean más eficientes y resistentes, al permitir a los productores aumentar el rendimiento del suelo, detectar enfermedades de los cultivos antes, reducir el desperdicio de agua y otros insumos; Estas tecnologías digitales permitiría a los agricultores lograr un cambio significativo en su rendimiento operativo y financiero [6].

### B. Antecedentes Teóricos y Formulación de Hipótesis

Existe en la literatura diferentes investigaciones sobre aceptación y adopción de tecnología, se han discutido varios modelos que explican la adopción de nuevas tecnologías, entre los cuales se encuentra el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM) de Davis (1989), como se muestra en la figura 1. Este modelo busca estudiar los factores que afectan la aceptación y adopción de agricultura inteligente [1]. Este modelo se desprende de la Teoría del Comportamiento Planificado (TPB) desarrollada por Ajzen (1991), esta es una teoría ampliamente utilizada para predecir y explicar el comportamiento humano [22]. Este modelo tiene el potencial de capturar las actitudes y creencias sobre la aceptación de la tecnología por los factores de comportamiento [23]. El modelo TAM ha sido aplicado en diversos estudios, por ejemplo, la aceptación de semillas modificadas genéticamente (Voss et al., 2009), métodos de cultivo sostenibles (Dessart et al., 2019), envases de transporte (Kamrath et al., 2018), decisiones en aspectos de especialización y diversificación (Hansson et al., 2012) [24][25][26][27].

Se han publicado muchos estudios relacionados con la adopción de tecnologías de agricultura de precisión utilizando TAM que demostraron el impacto de la percepción, las características de los agricultores en la decisión de adoptar tecnologías agrícolas donde la percepción sobre la utilidad percibida influyó positivamente en el beneficio neto (Adrian et al., 2005) [12].

Otros estudios relacionados con la adopción de agricultura de precisión encontraron que en los Estados Unidos, el Reino Unido y Australia existen algunas limitaciones para el proceso de adopción: (i) la cantidad de datos de agricultura de precisión excede la capacidad de los agricultores para analizarlos y utilizarlos para la administración del negocio, (ii) la falta de procedimientos científicamente validados que determinen la aplicación de insumos a tasa variable, (iii) la ausencia de evidencia de los beneficios agricultura de precisión, (iv) la recopilación de datos costosa e intensiva en mano de obra, y (v) la necesidad de una mejor transferencia de tecnología [28] [15].

Por lo expuesto anteriormente, en la presente investigación se utilizará el modelo TAM, pero en esta ocasión extendido por dos factores externos: conocimiento tecnológico e innovación

personal (Figura 2). Se analizarán los siguientes factores como se muestra a continuación:

- Utilidad percibida
- Facilidad de uso percibida
- Conocimiento tecnológico
- Innovación personal
- Adopción de agricultura inteligente
- Eficiencia en los agronegocios.

### C. Conocimiento Tecnológico

De acuerdo con Mir & Padma (2020) [29] este constructo se refiere a la preparación de una organización con respecto a la infraestructura tecnológica y los recursos humanos, que se supone que influye en la adopción de nuevas tecnologías. Básicamente consiste en hardware, software, redes, sensores, la disponibilidad de recursos externos, como Internet fijo o móvil de alta velocidad y la capacidad de la red eléctrica, entre otros. En el contexto de este estudio, se buscará medir los recursos tecnológicos disponibles de los agronegocios que son esenciales para la adopción de agricultura inteligente. Por consiguiente, que el planteamiento de la primera hipótesis sería:

H1: El conocimiento tecnológico de un agricultor influye positivamente en la utilidad percibida.

H2: El conocimiento tecnológico de un agricultor influye positivamente en la facilidad de uso percibida.

### D. Innovación Personal

Este constructo describe el interés o la voluntad de una persona para probar una nueva tecnología (Rogers, 2003) y está ampliamente respaldada en estudios sobre la intención conductual y el comportamiento de uso de nuevas tecnologías, como es el caso de investigaciones realizadas por Barnes et al. (2019); Michels et al. (2020) [13][30]. En línea con estos autores, la hipótesis planteada es:

H3: La innovación de un agricultor influye positivamente en la utilidad percibida

H4: La innovación de un agricultor influye positivamente en la facilidad de uso percibida

### E. Facilidad de Uso Percibida

Este factor incluye la evaluación de la aplicación por parte de los usuarios potenciales, y se refiere a la facilidad de uso de un sistema que es descrito por Venkatesh et al. (2003) [38] como expectativa que tiene una persona, de que usando un sistema o tecnología en particular mejorará el desempeño de su trabajo. Un usuario potencial de una tecnología que percibe la tecnología como fácil de usar es más probable que se perciba como útil y más probable que se adopte estas tecnologías (Adrian, 2005). El mismo autor también ha indicado en su investigación que se ha demostrado que las actitudes tanto de utilidad como de facilidad de uso percibido de las tecnologías en los agronegocios afectan la adopción por parte de los agricultores [12] por lo que la hipótesis planteada es:

H5: La facilidad de uso percibida influye positivamente en la utilidad percibida

H7: La facilidad de uso percibida influye positivamente en la adopción de agricultura inteligente

### F. Utilidad Percibida

Este factor se refiere a la medida en que los usuarios potenciales asumen que el uso de la tecnología contribuye a un desempeño más fácil de las tareas de su trabajo (Davis, 1989). Según Venkatesh et al. (2003) describen este factor como expectativa de rendimiento [1][31]. La hipótesis propuesta para este constructo sería:

H6: La utilidad percibida influye positivamente en la adopción de agricultura inteligente

### G. Adopción

(Michels et al., 2020) establece que el proceso de adopción de una innovación implica la toma de decisiones por parte del adoptante, donde las características de la persona involucrada en la toma de decisiones son un componente del modelo [30]. Las necesidades, la motivación, los valores y objetivos, las habilidades, el estilo de aprendizaje y conocimiento tecnológico son los determinantes para el agricultor adoptante (Greenhalgh et al. 2004) [32]. De acuerdo a lo anterior, se plantea la siguiente hipótesis:

H8: La adopción de agricultura inteligente tiene un efecto positivo en la eficiencia de los agronegocios.

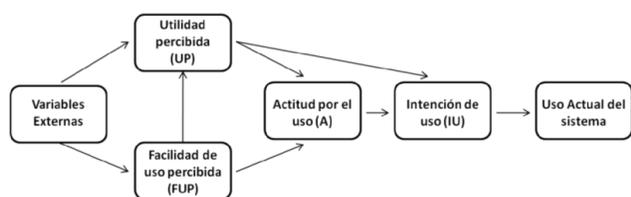


Fig. 1 Esquema del Modelo de Aceptación de Tecnología (TAM) Davis, 1989.

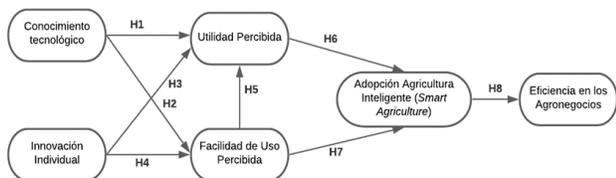


Fig. 2 Adopción de Tecnología en los Agronegocios: un enfoque del Modelo de Aceptación de Tecnología (TAM) extendido.

## III. METODOLOGÍA

(Mohr & Kühl, 2021) indican que ponerse en contacto con los agricultores y recopilar los datos para la investigación científica es generalmente un problema y su estudio no fue la excepción. Sin embargo, la recopilación imparcial de datos de los agricultores es casi imposible, excepto a partir de encuestas intensivas a través de empresas de encuestas comerciales que permiten encuestas representativas [33].

### A. Instrumento para recopilación de datos.

Se desarrollará un cuestionario utilizando un proceso de tres etapas: (i) De acuerdo con la revisión de la literatura se identificarán los constructos adecuados, tomando en consideración investigaciones anteriores; (ii) Se utilizará una de escala Likert de cinco categorías; (iii) Se realizará las respectivas pruebas para determinar la validez de contenido del cuestionario.

### B. Recopilación de datos.

La unidad de análisis serán los agroempresarios de Puerto Rico. Para la selección de la muestra se utilizará el muestreo por conveniencia por medio de entrevistas personales. (Adrian et al., 2005) en su estudio realizado con agricultores del sureste de los Estados Unidos, realizó sus encuestas a los agricultores que asistieron a reuniones de producción patrocinadas por el Servicio de Extensión Cooperativa en el sureste. También se utilizará el envío de los cuestionarios por correo electrónico a aquellos que cuenten con esta alternativa. (Kutter et al. (2011) [35], mencionan que en su estudio para la adopción de tecnología utilizaron entrevistas cara a cara para la recopilación de los datos.

### C. Análisis de los datos.

La información recopilada de los cuestionarios se analizará en el programa Microsoft Excel y SPSS para el análisis de datos cuantitativos. Por medio de esto, se podrá determinar los factores que potencialmente influyen en la adopción de la agricultura inteligente. El siguiente paso será analizar qué características y factores sociodemográficos son relevantes para la adopción de agricultura inteligente por parte de los agricultores.

## IV. IMPLICACIONES TEÓRICAS Y PRACTICAS

El sector agrícola enfrenta desafíos como la conservación de los recursos naturales, que exige un uso más ecológico de los recursos de producción, como el agua, los fertilizantes, los pesticidas y el trabajo humano (Finger et al., 2019) [34]. Además, la agricultura es importante para garantizar la seguridad alimentaria de la creciente población mundial. Muchas decisiones de producción deben tomarse cada vez bajo incertidumbre debido a los cambios climáticos, las diferentes condiciones del suelo y las enfermedades de las plantas [15].

La contribución de este estudio desde la perspectiva teórica es validar la aplicabilidad del TAM para analizar los factores que pueden afectar la decisión de adopción de agricultura inteligente. Esta investigación serviría para analizar el comportamiento de adopción de las agroempresas con respecto a tecnologías, considerando que la agricultura inteligente tiene un gran beneficio para la agricultura y un gran impacto económico; mejorando la eficiencia, detectar a tiempo las enfermedades de los cultivos, reducir los insumos agrícolas (agua, fertilizantes, pesticidas, semillas, etc.) Es amigables con

el medio ambiente, por lo que su adopción tendría importantes implicaciones no solo para el medio ambiente, sino que también tendría efectos en todo el sector agrícola [6], indica que este tipo de tecnologías permitiría a los agricultores lograr un mejor rendimiento operativo y financiero, así como aumentar la rentabilidad. Las tecnologías en el sector agrícola se perciben como una mejora, lo que permite un rendimiento agrícola más eficiente, eficaz y por lo tanto ayuda en la toma de decisiones gerenciales y empresariales. Además de lo anterior, los resultados de esta investigación ayudarían a tomar decisiones en cuanto a la seguridad alimentaria, comportamiento organizacional, conocer la responsabilidad social que tienen las empresas agrícolas y al empoderamiento de los agroempresarios para un mejor desarrollo económico de

## V. CONCLUSIÓN

Esta investigación se centra en la adopción de agricultura inteligente, para determinar la eficiencia en los agronegocios de Puerto Rico, se utilizará en el Modelo de Adopción de Tecnología (TAM). Este modelo se extiende de la Teoría de Comportamiento Planificado (TPB) que es ampliamente utilizada para predecir y explicar el comportamiento en diversas áreas de investigación (Sok et al., 2020) [22].

Zhang et al. (2002) realizaron su investigación principalmente en los aspectos técnicos asociados con la adopción de agricultura de precisión y citaron varios estudios de adopción de los Estados Unidos, el Reino Unido y Australia. Ellos identificaron las siguientes limitaciones para la adopción: la cantidad de datos de agricultura de precisión excede la capacidad de los agricultores para analizarlos y utilizarlos en el proceso de gestión de sus fincas, la falta de procedimientos científicamente validados que determinen la aplicación de insumos a tasa variable, la ausencia de evidencia de los beneficios de este tipo de tecnología, la recopilación de datos costosa y la intensiva en mano de obra; y la necesidad de una mejor transferencia de tecnología [28].

Posteriormente, Mohr & Kühl,[33] identificaron las barreras socioeconómicas para la adopción de tecnología y encontraron que el bajo conocimiento de las tecnologías inteligentes, los altos costos y los largos períodos de retorno de la inversión, así como las cuestiones regulatorias y políticas. Mientras que Groher et al. [37], investigaron la adopción de sistemas y actividades de asistencia al conductor a través de mecanismos electrónicos, con agricultores de Suiza. Los resultados del análisis de regresión indican que la ubicación, el tamaño de la finca y la cosecha de productos de alto valor influyen positivamente en la adopción [36], realizaron encuestas con 174 agricultores italianos y reportaron en sus hallazgos que los agricultores más jóvenes y con mayor educación, así como las fincas más grandes y con mayor intensidad de mano de obra, resultaron en mayores niveles de adopción. En otro estudio, con 250 agricultores italianos

encuestados, mostraron que el tamaño de la finca, la edad, la innovación y la tendencia de los agricultores a proteger el medio ambiente aumentan la probabilidad de adopción, mientras que los altos costos de inversión se identificó como la principal barrera para la adopción [33].

## REFERENCIAS

- [1] K.F. Davis, J.A. Gephart, K.A. Emery, A.M. Leach, J.N. Galloway, P. D'Odorico, "Meeting future food demand with current agricultural resources," *Global Environ. Change* 39, 125–132, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.05.004>
- [2] J. Munonye, "Sustainability and Agribusiness Development in Nigeria," *Journal of Culture, Society and Development*, 27., 2017. [www.iiste.org](http://www.iiste.org)
- [3] R. Tschopp, A. Aseffa, E. Schelling, J. Zinsstag, "Farmers' perceptions of livestock, agriculture, and natural resources in the rural Ethiopian highlands," *Mountain Research and Development*, 30(4), 381-390., 2010.
- [4] K. Kankaew, "The evolution of agribusiness management values from labor to brain mechanism that shape leadership style," *E3S Web of Conferences*, 175, 2020. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202017513033>
- [5] G. Behzadi, M. J. O'Sullivan, T. L. Olsen, A. Zhang, "Agribusiness supply chain risk management: A review of quantitative decision models," In *Omega (United Kingdom)* (Vol. 79, pp. 21–42). Elsevier Ltd, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2017.07.005>
- [6] M. C. Annosi, F. Brunetta, A. Monti, F. Nat, "Is the trend your friend? An analysis of technology 4.0 investment decisions in agricultural SMEs," *Computers in Industry*, 109, 59–71., 2019. <https://doi.org/10.1016/J.COMPIND.2019.04.003>
- [7] A. Kaplan, M. Haenlein, "Siri, Siri, in my hand: Who's the fairest in the land? On the interpretations, illustrations, and implications of artificial intelligence," *Business Horizons*, 62(1), 15–25, 2019. <https://doi.org/10.1016/J.BUSHOR.2018.08.004>
- [8] S. K. Khaitan, J. D. McCalley, "Design techniques and applications of cyberphysical systems: A survey," *IEEE Systems Journal*, 9(2), 350-365, 2014.
- [9] FAO, Information and Communication Technology (ICT) in Agriculture Retrieved from, (2017) . [www.fao.org/3/a-i7961e.pdf](http://www.fao.org/3/a-i7961e.pdf)
- [10] Deloitte, "From Agriculture to AgTech An industry transformed beyond molecules and chemicals," 2016. <https://www.gita.org.in/Attachments/Reports/Deloitte-Transformation-from-Agriculture-to-AgTech.pdf>
- [11] T. B. Long, V. Blok, I. Coninx, "Barriers to the adoption and diffusion of technological innovations for climate-smart agriculture in Europe: evidence from the Netherlands, France, Switzerland and Italy," *Journal of Cleaner Production*, 112, 9–21, 2016. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.06.044>
- [12] A. M. Adrian, S. H. Norwood, P. L. Mask, "Producers' perceptions and attitudes toward precision agriculture technologies," *Computers and Electronics in Agriculture*, 48(3), 256–271, 2005. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2005.04.004>
- [13] A. Barnes, I. De Soto, V. Eory, B. Beck, A. Balafoutis, B. Sánchez, J. Vangeyte, S. Fountas, T. Van der Wal, M. Gómez-Barbero, "Influencing incentives for precision agricultural technologies within European arable farming systems" *Environmental Science & Policy*, 93, 66–74, 2019. <https://doi.org/10.1016/J.ENVSCI.2018.12.014>
- [14] M. J. Robertson, R. S. Llewellyn, R. Mandel, R. Lawes, R. G. Bramley, L. Swift, N. Metz, C. O'callaghan, Á. R. Lawes, "Adoption of variable rate fertilizer application in the Australian grains industry: status, issues and prospects," *Precision Agric*, 13, 181–199, 2012. <https://doi.org/10.1007/s11119-011-9236-3>
- [15] J. Lowenberg-Deboer, B. Erickson, "Setting the record straight on precision agriculture adoption," *Agronomy Journal*, 4, 111, 2019. <https://doi.org/10.2134/agronj2018.12.0779>
- [16] N. M. Thompson, C. Bir, D. A. Widmar, A. R. Jminter, "Farmer Perceptions of Precision Agriculture Technology Benefits Nathanael," *Journal of Agricultural and Applied Economics*, 51, 142–163, 2019. <https://doi.org/10.1017/aae.2018.27>
- [17] N. A. Sultan, "Reaching for the "cloud": How SMEs can manage," *International journal of information management*, 31(3), 272-278, 2011.

- [18] M., Kranz, "Success with the Internet of Things Requires More than Chasing the Cool Factor," Retrieved from: Harvard Business Review, 2017.
- [19] M. De Clercq, A. Vats, A. Biel, "Agriculture 4.0: The future of farming technology," Proceedings of the World Government Summit, Dubai, UAE, 11-13, 2018.
- [20] C. Anderson, "Agricultural drones," Technology Review, 117(3), 58-60, 2014.
- [21] H., Van Es, J., Woodard, "Innovation in agriculture and food systems in the digital age," The global innovation index, 97-104, 2017.
- [22] J. Sok, J. R. Borges, P. Schmidt, I. Ajzen, "Farmer behavior as reasoned action: A critical review of research with the theory of planned behavior," Journal of Agricultural Economics, 2020. <https://doi.org/10.1111/1477-9552.12408>
- [23] H. S. Pathak, P. Brown, T. Best, "A systematic literature review of the factors affecting the precision agriculture adoption process," Springer, Precision Agriculture 20, 1292-1316, 2019. <https://doi.org/10.1007/s11119-019-09653-x>
- [24] J. Voss, A. Spiller, & U. Enneking, "Zur Akzeptanz von gentechnisch verändertem Saatgut in der deutschen Landwirtschaft. [On the acceptance of genetically modified seed in German agriculture]," German Journal of Agricultural Economics, 58(3), 155-167, 2009. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.134179>
- [25] F. J. Dessart, J. Barreiro-Hurlé, R. van Bavel, "Behavioral factors affecting the adoption of sustainable farming practices: A policy-oriented review," European Review of Agricultural Economics, 46(3), 417-471, 2019. <https://doi.org/10.1093/erae/jbz019>
- [26] C. Kamrath, S. Rajendran, N. Nenguwo, V. Afari-Sefa, S. Broring, "Adoption behavior of market traders: an analysis based on Technology Acceptance Model and Theory of Planned Behavior," International Food and Agribusiness Management Review, 21(1030-2018-3337), 771-790. 10.22004/ag.econ.274993, 2018.
- [27] H. Hansson, R. Ferguson, C. Olofsson, "Psychological constructs underlying farmers' decisions to diversify or specialize their businesses—an application of theory of planned behavior," Journal of Agricultural Economics, 63(2), 465-482, 2012. <https://doi.org/10.1111/j.1477-9552.2012.00344.x>
- [28] N. Zhang, M. Wang, N. Wang, "Precision agriculture—a worldwide overview.," Computers and electronics in agriculture, 36(2-3), 113-132, 2002.
- [29] S. A. Mir, T. Padma, "Integrated Technology Acceptance Model for the Evaluation of Agricultural Decision Support Systems," Journal of Global Information Technology Management, 23(2), 138-164, 2020.
- [30] M., Michels, V., Bonke, & O., Musshof, "Understanding the adoption of smartphone apps in crop protection," Precision Agriculture, 21, 1209-1226., 2020. <https://doi.org/10.1007/s11119-020-09715-5>
- [31] V. Venkatesh, M. G. Morris, G. B. Davis, F. D. Davis, "User acceptance of information technology: Toward a unified view.," MIS Quarterly, 27(3), 425-478., 2003. <https://doi.org/10.2307/3003654>
- [32] Greenhalgh, T., Robert, G., Macfarlane, F., Bate, P., & Kyriakidou, O., "Diffusion of innovations in service organizations: systematic review and recommendations," The Milbank quarterly, 82(4), 581-629, 2004.
- [33] S. Mohr, R. Kühl, "Acceptance of artificial intelligence in German agriculture: an application of the technology acceptance model and the theory of planned behavior," Precision Agriculture, 22, 1816-1844, 2021. <https://doi.org/10.1007/s11119-021-09814-x>
- [34] Finger, Robert, et al. "Precision farming at the nexus of agricultural production and the environment." Annual Review of Resource Economics 11 (2019): 313-335.
- [35] Kutter, T., Tiemann, S., Siebert, R., & Fountas, S. (2011). The role of communication and co-operation in the adoption of precision farming. Precision Agriculture, 12, 2-17.
- [36] Garzoni, A., De Turi, I., Secundo, G., & Del Vecchio, P. (2020). Fostering digital transformation of SMEs: a four levels approach. Management Decision.
- [37] Groher, T., Heitkämper, K., & Umstätter, C. (2020). Digital technology adoption in livestock production with a special focus on ruminant farming. Animal, 14(11), 2404-2413.
- [38] Venkatesh, V., Morris, M.G., Davis, G.B., & Davis, F.D. (2003). User acceptance of information technology: Toward a unified view. MIS Quarterly, 27(3), 425-478. <https://doi.org/10.2307/3003654>