

Modelo integrado de adopción de tecnologías en la agricultura. Caso de estudio: IA e IoT aplicadas en producción de cacao

Integrated Technology Adoption Model in Agriculture. Case Study: AI and IoT Applied to Cocoa Production

IZQUIERDO, Joseph A.¹
JARAMILLO, Jefferson F.²
LOJA, Nancy M.³
MAZON-OLIVO, Bertha⁴

Resumen

Este estudio propone un Modelo Integrado de Adopción de Tecnologías en la Agricultura (MIATA), destacando la importancia de la Inteligencia Artificial y el Internet de las Cosas. Validado en la producción de cacao en El Oro, Ecuador, los resultados muestran un bajo nivel de adopción tecnológica, con uso limitado de herramientas digitales y prevalencia de prácticas tradicionales. Las principales barreras son los altos costos, la falta de capacitación técnica y el escaso soporte institucional, lo que limita la modernización del sector agrícola.

Palabras clave: inteligencia artificial, internet de las cosas, modelo de adopción de tecnologías, producción de cacao

Abstract

This study proposes an Integrated Model for Technology Adoption in Agriculture (MIATA), highlighting the importance of Artificial Intelligence and the Internet of Things. Validated in cacao production in El Oro, Ecuador, results show a low level of technology adoption, with limited use of digital tools and a persistence of traditional practices. The main barriers identified include high costs, lack of technical training, and limited institutional support, which hinder the modernization of the agricultural sector.

Key words: artificial intelligence, internet of things, technology adoption model, cocoa production

1. Introducción

A nivel mundial, el cacao representa un cultivo de relevancia económica. En este contexto, la producción ecuatoriana se distingue por su calidad, lo que permite el acceso a mercados con altos estándares de exigencia (Gómez *et al.*, 2025). La mayor concentración del cultivo se localiza en la región Costa y en algunas zonas del Oriente, donde los factores como la amplia distribución geográfica junto con el aroma, el sabor y la excelencia del grano han consolidado su posicionamiento

¹ Ingeniero en Tecnologías de la Información. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Técnica de Machala. Ecuador. jizquierd2@utmachala.edu.ec. <https://orcid.org/0009-0009-5462-3418>

² Ingeniero en Tecnologías de la Información. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Técnica de Machala. Ecuador. jaramill20@utmachala.edu.ec. <https://orcid.org/0009-0009-5278-0436>

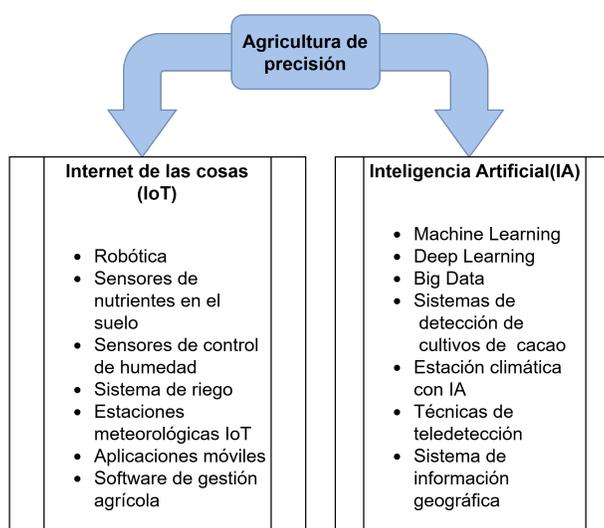
³ Ingeniera en Sistemas Informáticos y Computación. Magíster en Gestión Estratégica de Tecnologías de la Información. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Técnica de Machala. Ecuador. nmloja@utmachala.edu.ec. <https://orcid.org/0000-0002-5583-4278>

⁴ Ingeniera en Sistemas. Magíster en Informática Aplicada. Doctora en Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. Facultad de Ingeniería Civil. Universidad Técnica de Machala. Ecuador. bmazon@utmachala.edu.ec. <https://orcid.org/0000-0002-2749-8561>

internacional. Según el Banco Central del Ecuador (2024), durante el segundo semestre de 2024, se registró un valor total exportado de USD 756,2 millones y 84,2 miles de TM, alcanzando un nuevo récord en exportaciones de cacao; y mostrando un incremento trimestral en valor (48,0%), mientras que en volumen se observa una baja (16,9%).

Para mantener esta ventaja competitiva y garantizar un desarrollo sostenible en la producción de cacao, es imprescindible incorporar nuevas herramientas, tecnologías y estrategias. Principalmente, las tecnologías han comenzado a desempeñar un papel clave en la modernización del sector agrícola. La agricultura de precisión, por ejemplo, ofrece soluciones innovadoras para optimizar el manejo de cultivos y afrontar los desafíos actuales, como el cambio climático y la eficiencia en el uso de recursos (Piedad *et al.*, 2020). Frente a estos desafíos, la inteligencia artificial (IA) y el Internet de las Cosas (IoT) están transformando radicalmente la administración de la agroindustria. Estas tecnologías no solo simplifican la recolección y el análisis de datos en tiempo real, también fomentan la automatización de procesos, incrementando la productividad y asegurando una gestión más eficaz y sustentable de los sistemas productivos (Taramuel *et al.*, 2024).

Figura 1
Tecnologías de Agricultura de Precisión



Fuente: Elaboración de los autores

La Figura 1 ilustra cómo la agricultura de precisión integra tecnologías como el Internet de las Cosas (IoT) y la Inteligencia Artificial (IA) con el propósito de maximizar la productividad de los cultivos (Mosquera, 2023; Porrúa, 2020). El IoT posibilita la automatización a través de redes de sensores, sistemas inteligentes de riego, dispositivos inteligentes, drones, robots, maquinaria inteligente, entre otros; simplificando la supervisión en tiempo real (Dhanaraju *et al.*, 2022; Duguma & Bai, 2024; Larrea *et al.*, 2024); así también, la teledetección facilita la recolección remota de información sobre el terreno y el cultivo, contribuyendo a su monitoreo eficiente (Piedad *et al.*, 2020). Así mismo el uso de aplicaciones móviles para ver el estado del cacao y software para la gestión de datos con o sin internet (Calero, 2022; Vivanco *et al.*, 2024). Por su parte la IA, a través de técnicas como el aprendizaje automático, *Big Data* y *Deep Learning*, permite el análisis de grandes volúmenes de información para identificar patrones, optimizar la toma de decisiones y mejorar la eficiencia del manejo agronómico (Gutiérrez *et al.*, 2024; Ortega *et al.*, 2019; Piña-Ferrer, 2024). Además, las estaciones climáticas proporcionan datos precisos y en tiempo real que fortalecen la adaptabilidad del cultivo de cacao ante variaciones climáticas (Cabezas *et al.*, 2024; Ríos, 2024). De igual forma, los sistemas de información geográfica (SIG) permiten analizar variables espaciales y tomar decisiones basadas en datos georreferenciados.

1.1. Trabajos relacionados

Entre las investigaciones previas diversos estudios han abordado la adopción de tecnologías en la agricultura, destacando la revisión de Leutenegger & López (2022), quienes identifican barreras económicas, sociales y tecnológicas en los sistemas agroalimentarios, así como modelos teóricos como la difusión de innovaciones y el Modelo de Aceptación Tecnológica (TAM)

(Patiño *et al.*, 2020). En Colombia, se ha resaltado la importancia de la compatibilidad de las tecnologías de agricultura de precisión con las prácticas actuales, la facilidad de uso y los beneficios percibidos por los productores. Además, factores como la calidad de los datos, el respaldo técnico y la capacitación inciden directamente en la adopción (Pérez *et al.*, 2022). En cuanto a tecnologías específicas, estudios sobre IoT en agricultura destacan el uso de sensores y dispositivos como ESP8266 y Arduino para monitoreo de suelo, control de riego y protección de cultivos (Alay *et al.*, 2023). De forma complementaria, una revisión sistemática bajo el método PRISMA analizó 906 investigaciones sobre inteligencia artificial en el sector agrícola, identificando el aprendizaje automático, IoT, *big data* y robótica como tendencias clave, especialmente relevantes para el cultivo del cacao (Oliveira & Silva, 2023; Sanchez-Calle & Armas, 2022).

Asimismo, el trabajo titulado “*Role of IoT Technology in Agriculture*” ofrece un análisis técnico sobre sensores, protocolos y redes, proponiendo un esquema para la implementación de IoT en el sector (Riaz *et al.*, 2020). Por otra parte, Quinde y Rivera (2023), desarrollaron un sistema de monitoreo de nutrientes en cultivos de cacao, que mejora la productividad y sostenibilidad mediante la visualización de datos en tiempo real.

1.2. Planteamiento del problema y objetivo

El cultivo del cacao se enfrenta a diversos retos que limitan su productividad y calidad; por ejemplo, plagas, enfermedades y el impacto del cambio climático (Ferrer *et al.*, 2022). La IA e IoT tienen potencial para mitigar dichos problemas y optimizar recursos; pero, su implementación es limitada debido a la falta de conocimiento y recursos financieros (Alzubi & Galyna, 2023).

El objetivo de este trabajo se centró en desarrollar un modelo de adopción de tecnologías como la Agricultura de Precisión, la Inteligencia Artificial y el Internet de las Cosas para la producción de cacao. Primero se realizó el análisis de modelos teóricos previos para proponer nuestro modelo. Luego, se aplicó entrevistas a agricultores del sector cacaotero para evaluar su nivel de adopción de tecnologías, con el fin de identificar oportunidades, retos y factores críticos que influyen en su implementación efectiva.

2. Metodología

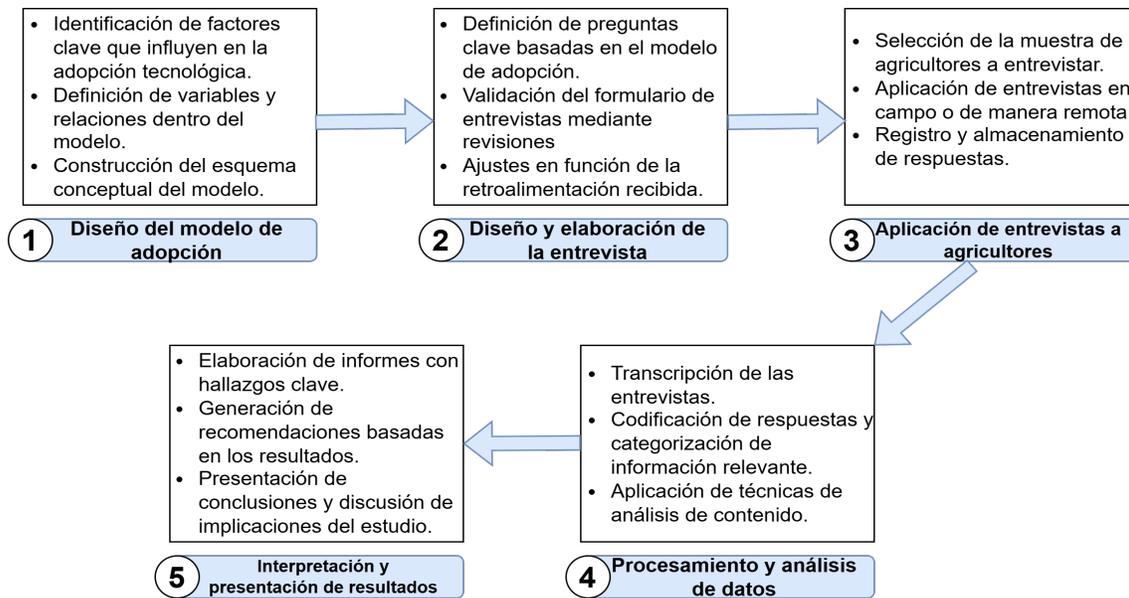
En esta investigación se adopta un enfoque cualitativo, con un alcance exploratorio y descriptivo; con el propósito de comprender los factores que influyen en la adopción de tecnologías por parte de los productores de cacao. Se busca analizar sus percepciones, barreras y facilitadores, en el proceso de incorporación de innovaciones tecnológicas en sus cultivos. El diseño metodológico incluye entrevistas a los agricultores para obtener información contextualizada sobre su experiencia con el uso de tecnologías; y luego, se identifican patrones y tendencias clave en el comportamiento de la adopción tecnológica en el sector.

Como aporte principal, se desarrolla un modelo de adopción tecnológica para el contexto del cultivo de cacao, integrando elementos teóricos sobre la adopción de innovaciones. El modelo contempla factores como la utilidad percibida, la facilidad de uso, el contexto socioeconómico de los agricultores y las barreras estructurales para la implementación tecnológica. Su construcción se basa en la información obtenida mediante entrevistas semiestructuradas, diseñadas para explorar el uso actual de tecnologías, percepciones sobre su efectividad, obstáculos enfrentados y factores que favorecen la adopción. Las entrevistas aplicadas permitieron identificar patrones, categorías temáticas y relaciones entre variables de acuerdo con los objetivos de la investigación. Además, se empleó software para organizar y sistematizar la información recolectada, contribuyendo a la formulación del modelo propuesto.

En la Figura 2, se muestra la metodología estructurada en cinco etapas principales. En la primera etapa, se diseñó un modelo de adopción identificando factores clave, variables y sus relaciones, construyendo un esquema conceptual. En la segunda etapa, se elaboró un cuestionario de entrevistas basado en dicho modelo, validado mediante revisiones y ajustado según la retroalimentación recibida. En la tercera etapa, se aplicó las entrevistas, seleccionando una muestra de agricultores y registrando sus respuestas de manera presencial. La cuarta etapa consistió en el procesamiento y análisis de datos, mediante la transcripción de entrevistas, codificación de respuestas, categorización de la información y aplicación de técnicas de análisis de contenido. Finalmente, en la quinta etapa, se interpretaron los resultados, generando informes, recomendaciones y conclusiones que discuten las implicaciones del estudio en la adopción tecnológica en la agricultura.

A continuación, se presenta la descripción de cada etapa.

Figura 2
Etapas de la metodología aplicada



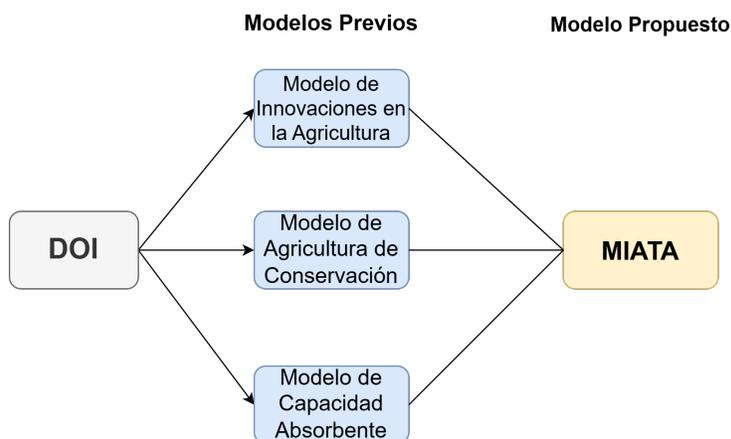
Fuente: Elaboración de los autores.

2.1. Diseño del modelo de adopción

De la literatura, se han seleccionado algunos modelos de adopción de Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) aplicados en la agricultura; luego se realizó un mapeo de los factores clave (Cuadro 1), que sirvieron de base para desarrollar nuestra propuesta de modelo de adopción tecnológica para el contexto del cultivo de cacao; sin embargo, el modelo propuesto tiene un enfoque genérico aplicable a otros tipos de cultivos.

En la Figura 3, se muestra la relación entre los modelos previos y el propuesto “Modelo Integrado de Adopción de Tecnologías en la Agricultura (MIATA)”, que asocia los factores que influyen en la adopción de tecnologías por parte de los agricultores. Este nuevo modelo integra los aspectos relevantes de la adopción con enfoque integral, transformación e innovación tecnológica en la agricultura.

Figura 3
Dependencia de modelos previos



Fuente: Elaboración de los autores.

El Modelo de Difusión de Innovaciones (DOI) se establece como el punto de partida, explicando cómo las tecnologías se propagan y son aceptadas en el entorno agrícola (Manzano & Pérez, 2023). Su impacto se refleja en la Adopción de

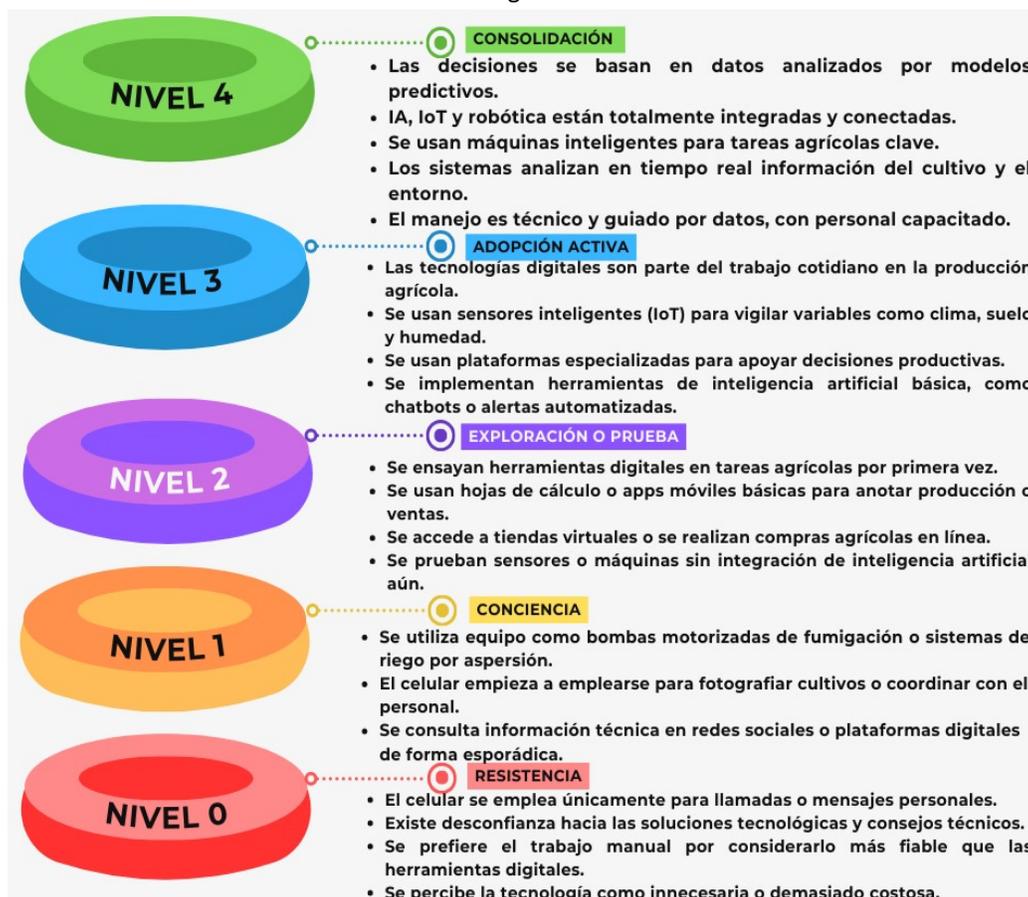
clave: características del agricultor, factores tecnológicos, entorno y contexto, proceso de adopción, impacto en la producción y sostenibilidad, y riesgos y percepciones.

La integración de estos elementos en MIATA permite una visión holística de los factores que influyen en la adopción de tecnologías en el sector cacaotero. En particular, el modelo propuesto destaca por incorporar dimensiones críticas como los niveles de adopción tecnológica, la mejora en la calidad del cacao, y una evaluación más detallada de los riesgos asociados a la inversión tecnológica. Con esto, se proporciona un marco robusto para comprender las interrelaciones entre adopción tecnológica, sostenibilidad y capacidad de aprendizaje, estableciendo las bases para impulsar una transformación digital progresiva, efectiva y sostenible en la agricultura.

2.2. Niveles de Adopción de Tecnologías en la Agricultura propuesto en MIATA

La Figura 4 presenta los niveles de adopción tecnológica propuesto en MIATA para el sector cacaotero; están organizados en cinco etapas: resistencia, conciencia, exploración, adopción activa y consolidación. Esta representación permite visualizar de manera estructurada la progresión en la incorporación de tecnologías digitales, desde su uso nulo o mínimo hasta la integración avanzada de sistemas inteligentes. El propósito de este modelo es servir de guía para evaluar el grado de madurez tecnológica en fincas cacaoteras y orientar estrategias de transformación digital sostenibles y contextualmente pertinentes.

Figura 4
Niveles de Adopción de Tecnologías
en la Agricultura



Fuente: Elaboración de los autores.

Cada nivel del MIATA está caracterizado por la presencia de tecnologías específicas, organizadas en dimensiones clave como infraestructura, aplicaciones digitales, inteligencia artificial y sistemas de gestión. Los niveles se describen a continuación:

- **Nivel 0 - Resistencia:** Rechaza el uso de tecnologías por desconfianza o desconocimiento. Se pueden identificar frases dichas por agricultores en entrevistas, tales como: “No uso sensores, no los entiendo”; “Es mejor hacer todo a mano”; “No confío en las aplicaciones informáticas para el campo”.
- **Nivel 1 - Conciencia:** El agricultor ha escuchado sobre tecnologías que pueden ayudar en sus cultivos, pero no las ha utilizado aún. Dispone de tecnologías básicas como el celular. Ej. de frases: “He escuchado hablar de sensores, pero no sé para qué sirven”; “A veces busco videos sobre el cacao en internet”.
- **Nivel 2 - Exploración o prueba:** El agricultor empieza a utilizar tecnologías a pequeña escala. Estas incluyen maquinarias y aplicaciones no tan inteligentes. Ej. “Estoy usando una aplicación informática para llevar los gastos de la finca”.
- **Nivel 3 - Adopción activa:** El agricultor utiliza la tecnología de forma habitual y estratégica. Integra herramientas con sensores, inteligencia artificial básica e IoT. Existe mayor autonomía y monitoreo digital. Ej. “El sensor me avisa cuando regar”; “Uso una plataforma informática que me ayuda con la planificación de la siembra y la gestión del cultivo”.
- **Nivel 4 – Consolidación:** Las tecnologías implementadas son de nivel avanzado y están completamente integradas en las actividades agrícolas. Las decisiones se toman con base en el análisis de datos generados por sistemas tecnológicos (sensores, plataformas digitales, imágenes satelitales, entre otros), lo que permite optimizar los procesos, mejorar el rendimiento y fomentar la innovación continua en la gestión agrícola. Ej. “Tengo un sistema que analiza datos y me predice el rendimiento del cacao”; “Los sensores, clima y maquinaria están todos conectados a la plataforma de gestión agrícola”.

2.3. Diseño y elaboración de la entrevista

Se elaboró un cuestionario semiestructurado dirigido a agricultores de cacao de la provincia de El Oro, Ecuador, con el objetivo de evaluar el grado de adopción de tecnologías en el ámbito productivo. El instrumento fue diseñado considerando las variables contempladas en el modelo de adopción propuesto, incorporando factores económicos, percepción tecnológica y respaldo institucional. La estructura del cuestionario permite recolectar información cualitativa detallada, facilitando un análisis integral de los elementos que inciden en la adopción de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) en la agricultura. En el Cuadro 2 se presentan las secciones temáticas abordadas en la entrevista, junto con sus respectivos objetivos analíticos dentro del estudio.

Cuadro 2
Secciones y objetivos de la entrevista

Sección	Objetivo
Percepción de la Eficiencia y Rendimiento	Evaluar la percepción de los agricultores sobre el impacto de las TIC en la productividad y eficiencia de sus cultivos
Desafíos y Limitaciones	Identificar los obstáculos técnicos, económicos o de conocimiento que dificultan la adopción de tecnologías en la agricultura.
Sostenibilidad	Analizar la percepción de los agricultores sobre el papel de la agricultura de precisión en la optimización de recursos y la reducción del impacto ambiental.

2.4. Aplicación de entrevistas a agricultores

La recolección de datos se llevó a cabo a 41 agricultores de cacao de la provincia de El Oro, Ecuador, durante un periodo de mes y medio. La selección de la muestra se basó en un muestreo intencional, considerando como criterio de inclusión que la unidad productiva esté dedicada al cultivo de cacao. A cada agricultor se le aplicó un cuestionario semiestructurado diseñado para recabar información cualitativa sobre el grado de adopción tecnológica. La Figura 5 muestra un mapa con la ubicación geográfica de los cantones en los que se realizaron las entrevistas.

Figura 5
Distribución de encuestas en El Oro - Ecuador



Fuente: Elaboración de los autores.

2.5. Procesamiento y análisis de datos

En esta etapa se transcribieron las respuestas obtenidas en las entrevistas realizadas a actores del sector agrícola cacaotero en la provincia de El Oro, Ecuador. Posteriormente, se llevó a cabo un proceso de codificación y categorización temática de las respuestas, con el fin de organizar la información según los ejes analíticos definidos en el estudio. Este procedimiento permitió identificar patrones recurrentes, percepciones compartidas y factores clave relacionados con la adopción tecnológica. Adicionalmente, se aplicaron técnicas de análisis estadístico descriptivo para complementar la interpretación cualitativa de los datos.

2.6. Interpretación y presentación de resultados

A partir del análisis de las categorías emergentes, se elaboraron conclusiones que sintetizan los hallazgos principales del estudio, destacando barreras, motivaciones y condiciones que influyen en la adopción de tecnologías en las fincas cacaoteras. Estos resultados permitieron formular recomendaciones dirigidas a actores clave del sector agrícola, orientadas a fortalecer los procesos de innovación y modernización tecnológica. Asimismo, se discutieron las implicaciones teóricas y prácticas de los hallazgos, incluyendo una reflexión crítica sobre las limitaciones del estudio y posibles líneas de investigación futura. En la Sección 3, se describen los resultados obtenidos.

3. Resultados y Discusión

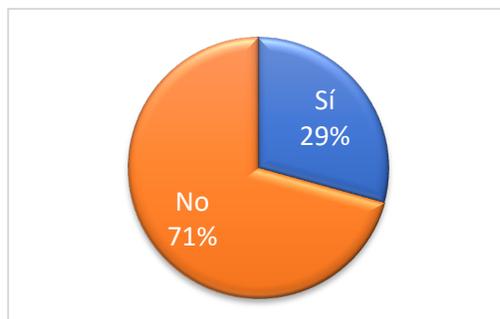
3.1. Resultados

Con base en la aplicación de entrevistas a los agricultores de cacao de la provincia de El Oro, se obtuvieron resultados que permitieron validar el modelo MIATA, identificando los factores críticos que inciden en la adopción de tecnologías basadas en IA e IoT. A continuación, se describen los resultados más significativos del procesamiento de datos. En el Gráfico 1 muestra que el 70.7% de los agricultores entrevistados no utiliza tecnología en sus fincas, mientras que solo el 29.3% ha incorporado herramientas tecnológicas básicas en su producción.

En el Gráfico 2 a), se muestra que entre los agricultores que afirmaron utilizar tecnología en sus fincas, la gran mayoría (92,3 %) emplea sistemas de riego, lo que sugiere que esta es la tecnología más accesible, conocida o considerada útil en el contexto agrícola local.

Gráfico 1

Uso de tecnologías en las fincas cacaoteras

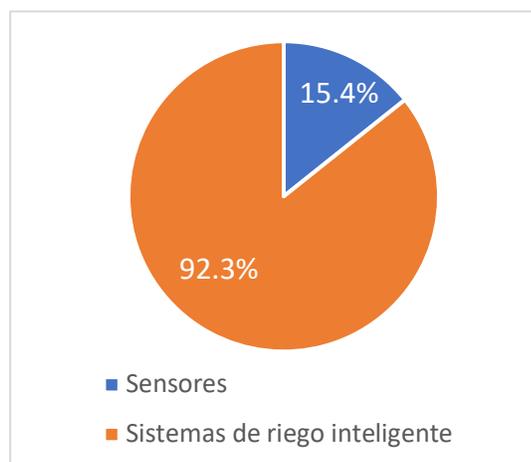


Fuente: Elaboración de los autores.

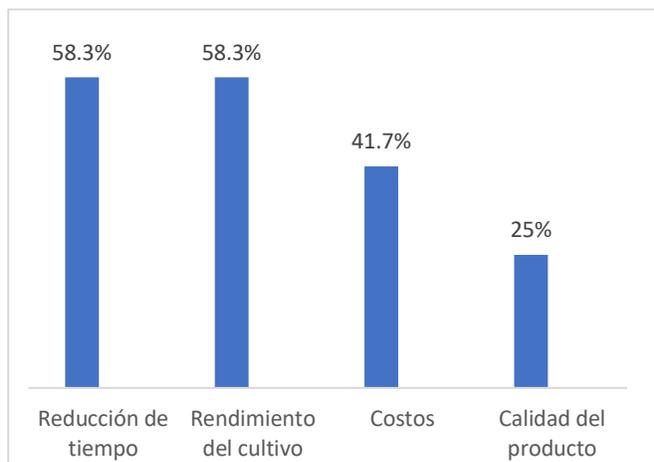
Gráfico 2

Tecnologías utilizadas en la producción de cacao

a) Distribución de porcentaje



b) Beneficios percibidos en el rendimiento de la producción de cacao al implementar tecnologías



Fuente: Elaboración de los autores

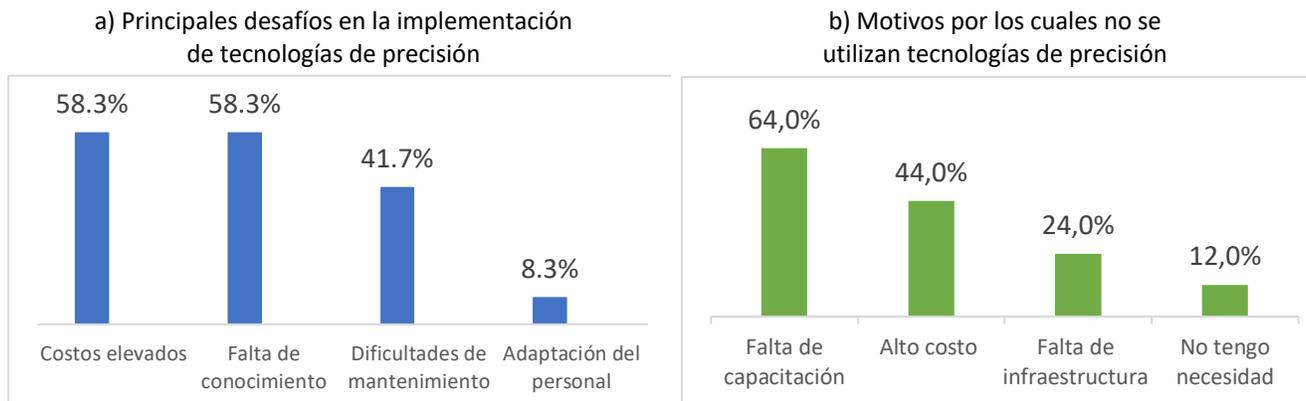
Por otra parte como se muestra en el Gráfico 2 b), el 58.3% de los encuestados notó una reducción de tiempo y un mayor rendimiento del cultivo tras implementar tecnologías en sus cultivos. Un 41.7% percibió una disminución de costos, mientras que el 25% destacó mejoras en la calidad del producto. Esto indica un impacto positivo principalmente en eficiencia y productividad.

En el Gráfico 3 se presentan las barreras y desafíos en la adopción de Tecnologías de Precisión. En Gráfico 3 a), el 58,3% de encuestados indican que los desafíos son los costos elevados y la falta de conocimiento técnico. El 41.7% enfrentó dificultades de mantenimiento, mientras que solo el 8.3% reportó problemas con la adaptación del personal. En el Gráfico 3 b), el 64% de los encuestados mencionan que no utilizan tecnologías debido principalmente a la falta de conocimiento o capacitación; mientras que el 44% indicó que es debido al alto costo de implementación; por otra parte, el 24% indican que es por la falta de infraestructura adecuada. Esto resalta la importancia de la formación técnica y el apoyo económico para fomentar su adopción. Tan solo un 12% de encuestados, manifiestan no tener necesidad de usar las tecnologías en sus cultivos de cacao.

En este sentido, el uso de herramientas de inteligencia de negocios y minería de datos puede ser clave para superar dichas barreras, ya que permiten transformar los datos agrícolas en información útil para la toma de decisiones estratégicas. Como indican Mazón *et al.*, (2018) “obtener información a partir de los datos en bruto de procesos operativos, puede ser útil para

diagnosticar problemas, detectar patrones o identificar tendencias o simplemente generar ventajas frente a la competencia”.

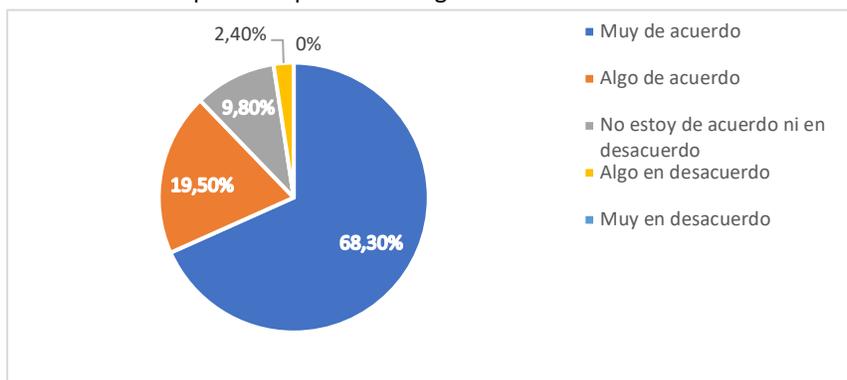
Gráfico 3
Barreras y Desafíos en la Adopción de Tecnologías de Precisión



ente: Elaboración de los autores.

El Gráfico 4 muestra la percepción de los agricultores encuestados sobre el papel de la agricultura de precisión en la sostenibilidad de la producción agrícola. Un 68,3 % de los participantes manifestó estar muy de acuerdo con que estas tecnologías contribuyen significativamente a una producción más sostenible, mientras que un 19,5 % indicó estar algo de acuerdo. Un 9,8 % adoptó una postura neutral, sin inclinarse ni a favor ni en contra, y un 2,4 % expresó estar algo en desacuerdo. Cabe destacar que no se registraron respuestas en la categoría muy en desacuerdo. Estos resultados reflejan una aceptación generalizada del potencial de la agricultura de precisión para optimizar el uso de recursos, reducir el impacto ambiental y mejorar la sostenibilidad en el cultivo de cacao, aunque aún persisten niveles mínimos de escepticismo o desconocimiento entre algunos productores.

Gráfico 4
Percepción sobre la agricultura de precisión como herramienta para una producción agrícola más sostenible



Fuente: Elaboración de los autores.

3.2. Discusión

Los resultados obtenidos a partir de las entrevistas realizadas a productores de cacao en la provincia de El Oro permitieron validar el modelo MIATA, al identificar los factores que influyen en la adopción de tecnologías basadas en Inteligencia Artificial (IA) e Internet de las Cosas (IoT). Las entrevistas revelaron que dicha adopción se encuentra en una etapa temprana, correspondiente a los niveles 0 y 1 del modelo propuesto. La mayoría de los agricultores (70,7 %) no utiliza tecnologías en sus fincas, mientras que solo el 29,3 % ha incorporado herramientas básicas, como sistemas de riego, que destacan por ser accesibles y ampliamente conocidos.

Entre quienes han implementado tecnología, el 58,3 % percibe mejoras en el rendimiento y reducción del tiempo de trabajo, el 41,7 % reporta disminución de costos, y el 25 % señala mejoras en la calidad del producto. Estos beneficios percibidos refuerzan la utilidad de las tecnologías para mejorar la eficiencia productiva. Sin embargo, persisten barreras significativas, como la falta de conocimiento técnico (64 %), los altos costos de implementación (44 %) y la insuficiencia de infraestructura (24 %).

Pese a estas limitaciones, se evidencia una actitud positiva hacia la innovación: el 68,3 % de los encuestados manifestó estar muy de acuerdo en que la agricultura de precisión contribuye a una producción más sostenible. Este escenario representa una oportunidad estratégica para fomentar la adopción tecnológica mediante programas de capacitación, financiamiento y asistencia técnica. Tal como señala Mazón (2018), el uso de herramientas como la inteligencia de negocios y la minería de datos puede facilitar la conversión de datos agrícolas en conocimiento útil para la toma de decisiones, promoviendo así una transformación digital sostenible en el sector cacaotero.

4. Conclusiones

El presente estudio desarrolló y validó el Modelo Integrado de Adopción de Tecnologías en la Agricultura (MIATA), orientado a comprender y guiar la incorporación de tecnologías basadas en Inteligencia Artificial (IA) e Internet de las Cosas (IoT) en la producción de cacao. A partir de entrevistas a agricultores de la provincia de El Oro, se identificaron los factores clave que inciden en la adopción tecnológica, considerando variables técnicas, económicas, formativas, sociales e institucionales.

Los resultados revelan que, la adopción tecnológica en la mayoría de los agricultores de cacao de la provincia de El Oro, se encuentra en niveles iniciales (niveles 0 y 1 del modelo), con un predominio de prácticas tradicionales y un uso limitado de herramientas digitales. Un 70,7 % de productores que no emplea tecnologías en sus fincas. Entre quienes han adoptado alguna tecnología, el uso más frecuente corresponde a sistemas de riego y equipos de fumigación (bombas a motor y drones), debido a su accesibilidad. Entre los pocos productores que usan tecnologías, reportan beneficios significativos: el 58,3 % de los agricultores destacan mejoras en el rendimiento y reducción del tiempo de trabajo, el 41,7 % percibe disminución de costos, y el 25 % destaca mejoras en la calidad del producto.

Las principales barreras identificadas fueron la falta de conocimiento técnico (64 %), el alto costo de implementación (44 %) y la insuficiencia de infraestructura (24 %). A pesar de estas limitaciones, los agricultores manifestaron una actitud positiva hacia la innovación, especialmente en relación con el papel de la agricultura de precisión en la sostenibilidad, como lo indica el 68,3 % de encuestados que se mostró muy de acuerdo con esta afirmación.

En este contexto, el modelo MIATA se presenta como una herramienta útil para diagnosticar el grado de madurez digital en el sector agrícola y para diseñar estrategias de intervención que fomenten una transformación tecnológica progresiva, sostenible y adaptada al entorno rural. Su aplicación puede extenderse a otros cultivos y regiones, aportando valor en la transición hacia una agricultura más inteligente, resiliente, sostenible y eficiente.

Referencias bibliográficas

- Alay, M. C. A., García, M. A. M., & Moreta, O. E. (2023). Tecnología de Internet de las Cosas en el monitoreo de cultivos agrícolas. *REVISTA ODIGOS*, 4(3), 69-93. <https://doi.org/10.35290/ro.v4n3.2023.939>
- Alzubi, A. A., & Galyna, K. (2023). Artificial Intelligence and Internet of Things for Sustainable Farming and Smart Agriculture. *IEEE Access*, 11, 78686-78692. IEEE Access. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3298215>
- Banco central del Ecuador. (2024). *Boletín Analítico Trimestral de Comercio Exterior*.
- Cabezas, D., Jiménez, M. Y., Torres-Castillo, R. M., & Bustamante Cuenca, J. C. (2024). Huella de carbono en residuos postcosecha de *Theobroma cacao* L. y la economía circular. *Agroecología Global. Revista Electrónica de Ciencias del Agro y Mar*, 6(11), 30-46. <https://doi.org/10.35381/a.g.v6i11.4143>
- Calero, R. G. (2022). *Desarrollo de una aplicación móvil para determinar el grado de fermentación de los granos de cacao (Theobroma Cacao L.) aplicando técnicas de visión artificial basadas en deep learning*. <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/8436>
- Cañizares, J. A. M., González, A. R., Barreiro, M. W., & Estrella, O. C. (2022). Análisis inicial para la implementación de la agricultura de conservación en tres sitios del país. *Revista Ingeniería Agrícola*, 12(3). <https://www.redalyc.org/journal/5862/586272871010/html/>

- Dhanaraju, M., Chenniappan, P., Ramalingam, K., Pazhanivelan, S., & Kaliaperumal, R. (2022). Smart Farming: Internet of Things (IoT)-Based Sustainable Agriculture. *Agriculture*, 12(10), Article 10. <https://doi.org/10.3390/agriculture12101745>
- Duguma, A. L., & Bai, X. (2024). How the internet of things technology improves agricultural efficiency. *Artificial Intelligence Review*, 58(2), 63. <https://doi.org/10.1007/s10462-024-11046-0>
- Ferrer, Y., Mafaldo-Sajami, A. A., Plasencia-Vázquez, A. H., & Urdánigo-Zambrano, J. P. (2022). Riesgo para el cultivo de cacao por los cambios en la distribución potencial del fitopatógeno *Moniliophthora perniciosa* bajo escenarios de cambio climático en Ecuador continental. *REVISTA TERRA LATINOAMERICANA*, 40. <https://doi.org/10.28940/terra.v40i0.1338>
- Gómez, J. G., Urueta, C. A. P., & Pineda, J. J. G. (2025). Sistema de trazabilidad de cacao soportado en Internet de las cosas. *REVISTA COLOMBIANA DE TECNOLOGIAS DE AVANZADA (RCTA)*, 1(45), Article 45. <https://doi.org/10.24054/rcta.v1i45.3283>
- Gutiérrez, L., De León, C. H., (2024). La aversión natural a los avances tecnológicos: El comportamiento del estudiante universitario guatemalteco hacia la influencia de la inteligencia artificial en las aulas. *Revista Espacios*, 45(3), 64-83. <https://doi.org/10.48082/espacios-a24v45n03p06>
- Larrea, J. W. H., Bermúdez, M. J. V., Balarezo, L. C. B., & Holguin, J. M. Y. (2024). Monitoreo IOT utilizando una red de sensores inalámbricos para el cultivo de cacao. *Polo del Conocimiento*, 9(11), Article 11. <https://doi.org/10.23857/pc.v9i11.8343>
- Leutenegger, M. R., & López, P. V. (2022). Adopción de tecnologías en sistemas de producción agroalimentario: Una revisión de literatura. *RIVAR*, 9(26), Article 26. <https://doi.org/10.35588/rivar.v9i26.5575>
- Manzano, R. M., & Pérez, J. E. (2023). Marco teórico y métodos para el análisis de la adopción-difusión de innovaciones en la agricultura: Una revisión bibliométrica. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 96, Article 96. <https://doi.org/10.21138/bage.3336>
- Mardiana, H., & Kembauw, E. (2021). The Role of Diffusion of Innovation in Agricultural to Compete in Asean Community. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 755(1), 012074. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/755/1/012074>
- Mazón, B. (2023). *Una arquitectura para la recopilación, integración y análisis de información en el contexto de la Internet de las Cosas. Caso estudio: Aplicaciones en el sector agrícola* [Doctoral thesis]. <https://ruc.udc.es/dspace/handle/2183/33729>
- Mazon, B., Jaramillo, M., Romero, O., Aguirre, M., Ruiz, J., & Eras, J. (2018). Modelo de Preparación de las TIC y Adopción del E-commerce en el Sector Comercio (PTACE). *Revista ESPACIOS*, 39(24). <https://www.revistaespacios.com/a18v39n24/18392415.html>
- MAZÓN, B., JARAMILLO-Paredes, M., ROMERO-Hidalgo, O., Borja, A., AGUIRRE-Benalcazar, M., & CONTENTO-Segarra, M. (2018). *Tecnologías de Inteligencia de Negocios y Minería de datos para el análisis de la producción y comercialización de cacao*.
- Mosquera, B. R. (2023). Plataforma IoT para el monitoreo de parámetros en una agricultura de precisión. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 16(12), Article 12.
- Oliveira, R. C. de, & Silva, R. D. de S. e. (2023). Artificial Intelligence in Agriculture: Benefits, Challenges, and Trends. *Applied Sciences*, 13(13), Article 13. <https://doi.org/10.3390/app13137405>
- Ortega, R. C., García, A. P., & Bautista, O. M. (2019). El cultivo de cacao. Su optimización empleando analítica de datos e inteligencia artificial para el mejoramiento su producción y comercialización. *Infometric@ - Serie Ingeniería, Básicas y Agrícolas*, 2(2), 80-92.
- Patiño, O. N., Bermeo-Giraldo, C., Valencia-Arias, A., & Garcés-Giraldo, L. F. (2020). Factores que inciden en el aprendizaje en gestión tecnológica e innovación en estudiantes de administración mediante el modelo de aceptación tecnológica. *Formación universitaria*, 13(5), 77-86. <https://doi.org/10.4067/S0718-50062020000500077>

- Pérez, D. J., Bolaños-Alomia, F. A., & Silva, A. M. da. (2022). Variables que influyen en la aplicación de la agricultura de precisión en Colombia: Revisión de estudios. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 23(1), Article 1. https://doi.org/10.21930/rcta.vol23_num1_art:2298
- Piedad, A. M., Hernández López, D. R., Lárraga Altamirano, H., & Zacarías González, E. (2020). Teledetección en la agricultura de precisión: Estado del arte de los índices de vegetación. *TECTZAPIC: Revista Académico-Científica*, 6(2), 46-58.
- Piña-Ferrer, L. S. (2024). Nuevos enfoques investigativos ante la inteligencia artificial. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria Koinonía*, 9(17), 2-3. <https://doi.org/10.35381/r.k.v9i17.3231>
- Porrúa, J. A. (2020). De la agricultura precisa a la agricultura de precisión. *Revista Ingeniería Agrícola*, 10(3). <https://www.redalyc.org/journal/5862/586264607009/html/>
- Quinde, S., & Rivera, M. (2023). *Diseño de un sistema basado en IOT para monitorear la nutrición del suelo en cultivos de cacao*.
- Riaz, S., Abid, A., Umer, T., Yousaf, Z., & Farooq, M. (2020). *Role of IoT Technology in Agriculture: A Systematic Literature Review*. https://www.mdpi.com/2079-9292/9/2/319?utm_source=chatgpt.com
- Rios, A. A. (2024). Mejora del sistema productivo del cacao basado en el diseño e implementación de una estación climática automática y vehículo aéreo no tripulado. *Universidad Nacional de Ingeniería*. <https://repositorio.uni.edu.pe/handle/20.500.14076/27833>
- Sánchez, M. I., & Acosta, B. F. (2020). Capacidad de absorción: Integración estratégica entre aprendizaje tecnológico, resiliencia y competitividad empresarial. *Revista Venezolana de Gerencia: RVG*, 25(Extra 4), 528-547.
- Sanchez-Calle, J. E., & Armas, G. P. C. (2022). Algoritmos y su efecto en la agricultura: Automatización de procesos. *Revista Científica de Sistemas e Informática*, 2(2), e386-e386. <https://doi.org/10.51252/rcsi.v2i2.386>
- Taramuel, J. P., Jiménez-Hernández, C. N., & Barrios, D. (2024). Precision agriculture in avocado production: Mapping the landscape of scientific and technological developments. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 18(2), Article 2. <https://doi.org/10.17584/rcch.2024v18i2.17428>
- Vivanco, J. M. C., Iza, Á. D. A., Sailema, W. G. C., & Encarnación, P. S. A. (2024). Aplicación web progresiva para gestionar pronósticos agrícolas en las plantaciones de cacao en Orellana. *Mikarimin. Revista Científica Multidisciplinaria*, 10(2), Article 2. <https://doi.org/10.61154/mrcm.v10i2.3211>



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial 4.0 Internacional