

IMPACTO DE LA DIGITALIZACIÓN EN LA EFICIENCIA OPERATIVA DE AGRICULTORES FAMILIARES: PERSPECTIVA PARA EL DESARROLLO AGRÍCOLA SOSTENIBLE

IMPACT OF DIGITALIZATION ON THE OPERATIONAL EFFICIENCY OF FAMILY FARMERS: PERSPECTIVE FOR SUSTAINABLE AGRICULTURAL DEVELOPMENT

Humberto Alejandro Bravo Moreano ^{1*}

¹ Ingeniero en Comercio Exterior - Integración y Aduanas. Magister en Administración Pública. Universidad Andina Simón Bolívar, Sede Central Bolivia, Sucre, Ecuador. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-9561-7480>. Correo: humberto630@hotmail.com

* Autor para correspondencia: humberto630@hotmail.com

Resumen

La digitalización ha emergido como un catalizador clave para mejorar la eficiencia operativa en la agricultura familiar, ofreciendo beneficios tangibles en términos de productividad, sostenibilidad y resiliencia frente a los desafíos agrícolas actuales y futuros. La digitalización en la agricultura ofrece múltiples beneficios, como la optimización de la gestión de recursos mediante el uso de tecnologías como sensores y sistemas de información geográfica. Estas herramientas permiten a los agricultores monitorear con precisión las condiciones del suelo y del clima, reduciendo el desperdicio de insumos y aumentando la productividad. El objetivo de la investigación es evaluar el impacto de la digitalización en la eficiencia operativa de agricultores familiares, a partir de una perspectiva de desarrollo agrícola sostenible. La metodología del estudio se definió con diseño no experimental, alcance descriptivo y enfoque es cualitativo. Se realizó un análisis bibliométrico, donde se utilizó el análisis documental y el método analítico-sintético. Se obtuvo como resultado una estrategia de desarrollo agrícola sostenible basada en la digitalización, que cuenta con fases y actividades, para propiciar la eficiencia operativa de los agricultores familiares. Esta se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la Organización de Naciones Unidas, contribuyendo a metas como la erradicación de la pobreza, el hambre cero y el trabajo decente. Se concluye que al optimizar la gestión de recursos, facilitar el acceso a información y conocimientos especializados, y abrir nuevas oportunidades de mercado, la digitalización puede contribuir significativamente al desarrollo y la sostenibilidad del sector agrícola en el Ecuador.

Palabras clave: agricultores familiares; desarrollo agrícola; digitalización; eficiencia operativa; sostenibilidad

Abstract

Digitalization has emerged as a key catalyst for improving operational efficiency in family farming, offering tangible benefits in terms of productivity, sustainability and resilience in the face of current and future agricultural challenges. Digitalization in agriculture offers multiple benefits, such as optimizing resource management through the use of technologies such as sensors and geographic information systems. These tools allow farmers to accurately monitor soil and climate conditions, reducing input waste and increasing productivity. The objective of the research is to evaluate the impact of digitalization on the operational efficiency of family farmers, from a sustainable agricultural development perspective. The methodology of the study was defined with a non-experimental design, descriptive scope and qualitative approach. A bibliometric analysis was carried out, where documentary analysis and the analytical-synthetic method were used. The result was a sustainable agricultural development strategy based on digitalization, which has phases and activities, to promote the operational efficiency of family farmers. This is aligned with the Sustainable Development Goals of the United Nations, contributing to goals such as the eradication of poverty, zero hunger and decent work. It is concluded that by optimizing resource management, facilitating access to information and specialized knowledge, and opening new market opportunities, digitalization can contribute significantly to the development and sustainability of the agricultural sector in Ecuador.

Keywords: family farmers; agricultural development; digitization; operating efficiency; sustainability

Fecha de recibido: 19/01/2024

Fecha de aceptado: 21/03/2024

Fecha de publicado: 31/03/2024

Introducción

El impacto de la digitalización en la eficiencia operativa de los agricultores familiares ha surgido como un área de estudio crucial en la intersección de la agricultura y la tecnología (Appleton & Holt, 2024; Gabriel & Gandorfer, 2023). Los antecedentes de este tema se remontan al crecimiento de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC), que han permitido la creación de herramientas digitales específicamente diseñadas para abordar los desafíos a los que se enfrentan los agricultores familiares (Liu & Zhang, 2023; Pérez et al., 2021).

En los últimos años, de acuerdo con Bolfe et al. (2020) y Smidt & Jokonya (2022), la digitalización ha revolucionado la forma en que se gestionan las operaciones agrícolas, proporcionando a los agricultores acceso a información en tiempo real sobre el clima, los precios de los productos, las prácticas agrícolas recomendadas y más. Además, la adopción de tecnologías como los drones, los sensores IoT y el software de gestión agrícola ha permitido una monitorización más precisa de los cultivos, una gestión optimizada de los recursos y una mayor automatización de tareas, lo que ha contribuido significativamente a mejorar la eficiencia operativa en la agricultura familiar (Rotz et al., 2019).

El trabajo de investigación que se presenta analiza el impacto de la digitalización en la eficiencia operativa de agricultores familiares. En este sentido, diversos investigadores han realizado contribuciones en la última década, con relación a los aportes significativos de la digitalización a la eficiencia operativa de los agricultores familiares son múltiples (Abdulai & Fraser, 2023; Xie et al., 2023). En primer lugar, la digitalización ha facilitado el acceso a información crucial que antes era difícil de obtener, permitiendo a los agricultores tomar decisiones más informadas y adaptativas (Costa et al., 2021). Esto ha llevado a una mejor gestión de los cultivos, una optimización de los recursos y una reducción de los riesgos asociados a la agricultura (Naika et al., 2021; Wolfert et al., 2017). Además, la automatización de tareas agrícolas mediante el uso de tecnologías digitales ha mejorado la precisión y la eficiencia de las operaciones, al tiempo que ha reducido la dependencia de la mano de obra manual (Bolfe et al., 2020; Zhou et al., 2022).

A partir de afirmaciones realizadas por Gabriel & Gandorfer (2023) y Smidt & Jokonya (2022), la irrupción de las tecnologías de la información y la comunicación ha posibilitado que los agricultores familiares puedan aumentar su productividad y rentabilidad, lo que conlleva a la optimización de los tiempos y recursos para otras actividades. En este mismo orden de discusión, estos productores ahora pueden acceder de una manera más fácil a información crucial sobre prácticas agrícolas, condiciones climáticas, precios de los productos y técnicas de manejo de cultivos. Esto les permite tomar decisiones más informadas y adaptarse mejor a las condiciones cambiantes (Ramírez et al., 2021; Zhao et al., 2022).

Otros beneficios reportados en la literatura por Hansen et al. (2020), hacen alusión a la automatización de las tareas. Para estos investigadores, la digitalización ha llevado a la automatización de las tareas agrícolas, como la siembra, el riego, la cosecha, el monitoreo de plagas y enfermedades, y la gestión de la logística y el inventario (Dobrojevic & Bacanin, 2022; Hassan et al., 2021). Los agricultores pueden utilizar maquinaria agrícola equipada con sistemas de control automatizado que mejoran la precisión y la eficiencia de estas operaciones, reduciendo la dependencia de la mano de obra manual (Javaid et al., 2022; Liu & Zhang, 2022). En el riego, se puede monitorear la humedad del suelo y aplicar agua de manera precisa y eficiente, evitando tanto el desperdicio de recursos hídricos como la deficiencia hídrica en los cultivos (Smidt & Jokonya, 2022). En la fase de cosecha, el desarrollo de cosechadoras y recolectores posibilitan la identificación, selección y recolección de los cultivos maduros de manera autónoma, reduciendo así la dependencia de la mano de obra manual y mejorando la eficiencia de la cosecha (Bolfe et al., 2020; Wolfert et al., 2017; Zhao et al., 2022).

En otro orden de discusión, el empleo de la tecnología tiene un impacto en el acceso a los mercados, la optimización de recursos, la capacitación y asistencia técnica, y el monitoreo y gestión de los cultivos (Valdés et al., 2021). Para Cepeda et al. (2021), Kamal & Bablu (2023) y Smidt & Jokonya (2022), el empleo de drones, imágenes satelitales y sensores IoT (Internet de las Cosas) proporcionan datos en tiempo real sobre el estado de los cultivos, la salud de las plantas, la humedad del suelo, y otros parámetros, lo que permite una gestión más eficiente y precisa de los cultivos. Así mismo, los datos recopilados a través de sensores y dispositivos IoT permiten la aplicación del agua, fertilizantes y pesticidas de manera más precisa y eficiente, reduciendo costos y minimizando el impacto ambiental (Abdulai & Fraser, 2023; Xie et al., 2023). Por último, el empleo del comercio electrónico y los mercados en línea conectan directamente a los agricultores familiares con los consumidores y compradores de productos agrícolas, eliminando intermediarios y aumentando los márgenes de beneficio. Según Appleton & Holt (2024), esto les permite a estos actores poder llegar a nuevos

mercados y obtener mejores precios por sus productos. En la figura 1 se grafica la contribución de las tecnologías digitales para posibilitar eficiencia operativa a los agricultores familiares.

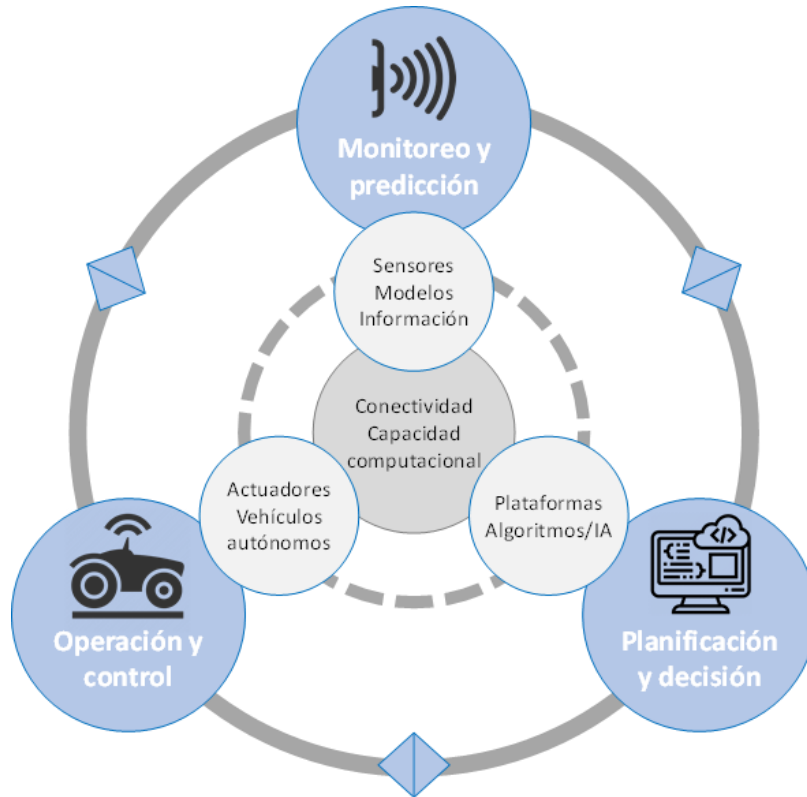


Figura 1. Empleo de tecnologías digitales para propiciar eficiencia operativa de agricultores familiares.

Fuente: (Wolfert et al., 2017).

Investigaciones consultadas en Latinoamérica en la última década evidencian el impacto positivo que ha tenido la digitalización en la agricultura familiar (Coca, 2021; Luiz et al., 2020). Sin embargo, también señalan la necesidad de abordar desafíos como son la brecha digital, el acceso a la tecnología y la capacitación adecuada para garantizar que todos los agricultores puedan beneficiarse de estas innovaciones (Gabriel & Gandorfer, 2023; Rotz et al., 2019).

Algunos de estos estudios son los aplicados por la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), los cuales han examinado cómo la digitalización puede mejorar la eficiencia operativa, aumentar la productividad y fortalecer la resiliencia de los agricultores frente a los desafíos climáticos y económicos (Zhao et al., 2022). Algunas de sus posiciones relevantes, a partir de las estadísticas arrojadas en sus estudios, hacen énfasis en el mejoramiento de la productividad con la inclusión de la digitalización, el fortalecimiento de la resiliencia, la reducción de la pobreza rural, así como la importancia del enfoque participativo de todos los actores en este proceso y la necesidad de la alineación de políticas y programas de apoyo a estas actividades (Kitole et al., 2024).

De igual manera, desde la academia numerosas universidades en la región han llevado a cabo investigaciones sobre el empleo de la digitalización en la agricultura familiar (Appleton & Holt, 2024; Villalba- Eguiluz et al., 2023). Estos estudios han abordado temas como el impacto de las aplicaciones móviles en la gestión de cultivos, la agricultura de precisión, el uso de drones y sensores IoT para el monitoreo de cultivos y la adopción de sistemas de información geográfica (SIG) para la planificación agrícola, como se evidencia en la figura 2, emprendimiento llevado a cabo por Moreno et al. (2024).



Figura 2. Emprendimiento mediante el empleo de la digitalización para propiciar la eficiencia operativa en la agricultura.

Fuente: (Moreno, 2011).

Algunos autores y universidades relevantes en este sentido han sido el Dr. Pedro Poveda de la Universidad de los Andes, en Colombia, con sus estudios sobre la adopción de aplicaciones móviles y la gestión de la información agrícola. Otra autora es la Dra. Claudia Canales de la Universidad de Chile, con sus contribuciones sobre el uso de drones. El Dr. Javier Calatrava de la Universidad Nacional Agraria La Molina de Perú ha trabajado el uso de los sistemas de información geográfica (SIG). Por último, el Dr. Diego Valbuena de la Universidad Nacional de Colombia se ha centrado en la utilización de tecnologías digitales en la agricultura de pequeña escala, investigando su impacto en la productividad, los ingresos y la resiliencia de los agricultores familiares.

Otras iniciativas realizadas en este sentido en Latinoamérica han sido la implementación de proyectos piloto y programas gubernamentales destinados a promover el uso de tecnologías digitales en la agricultura familiar (Coca, 2021; Luiz et al., 2020). Estos proyectos suelen incluir la entrega de dispositivos móviles, la capacitación en el uso de herramientas digitales y el desarrollo de aplicaciones específicas para las necesidades de los agricultores (Baumüller & Addom, 2020; Gabriel & Gandorfer, 2023). Del mismo modo,

se destacan los estudios de casos y experiencias prácticas que enfatizan en los beneficios de la digitalización para los agricultores familiares en la región. Estos estudios se caracterizan por incluir testimonios de agricultores que han adoptado tecnologías digitales y han experimentado mejoras en la eficiencia operativa, la productividad y los ingresos (Kamal & Bablu, 2023; Naika et al., 2021).

En el Ecuador, se constatan contribuciones de gran significación en este apartado, las cuales se corresponden con la evidencia científica y acciones constatadas en la región, por lo que tiene un notable desarrollo. Se destaca el trabajo realizado por el Dr. Juan Pérez y el Dr. María Gómez de la Universidad de las Fuerzas Armadas, donde se hizo uso de drones equipados con cámaras multispectrales para monitorear el estado de los cultivos, identificar áreas con estrés hídrico o problemas de salud de las plantas, y tomar decisiones de manejo basadas en datos (Kitole et al., 2024; Lyall & Colloredo-Mansfeld, 2024). Como conclusiones relevantes de estos investigadores se pudo validar la alta eficacia de los drones como una herramienta efectiva de monitoreo en condiciones ecuatorianas y la generación de recomendaciones prácticas para los agricultores sobre cómo aprovechar esta tecnología.

A su vez, en la investigación liderada por el Dr. Luis Sánchez de la Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) se implementó un sistema de riego automatizados en cultivos hortícolas, utilizando sensores de humedad del suelo y sistemas de control automatizado para optimizar el uso del agua. Entre las aportaciones relevantes de este proyecto de investigación se demostraron los beneficios más significativos de la automatización del riego en términos de ahorro de agua, aumento de la producción y mejora de la calidad de los cultivos.

Además, bajo la supervisión del Dr. Carlos Mendoza, un grupo de estudiantes de la Universidad de Cuenca desarrollaron una aplicación móvil para la gestión agrícola de los agricultores familiares. Esta gestión incluyó información sobre precios de productos, recomendaciones agronómicas y pronósticos climáticos, así como herramientas para la planificación y registro de actividades agrícolas, con el empleo de las tecnologías digitales. Las principales contribuciones de este trabajo abordaron la creación de una herramienta práctica y accesible para mejorar la gestión agrícola de los agricultores familiares y fortalecer su capacidad de toma de decisiones.

En este sentido, una de las principales políticas gubernamentales que se ha aplicado y estimulado para el desarrollo de esta actividad ha sido la promulgación del Plan Nacional de Desarrollo Agrario y Buen Vivir, el cual establece los lineamientos y estrategias para el desarrollo agrícola sostenible en el país, incluyendo el impulso a la adopción de tecnologías digitales en la agricultura familiar, como parte de las medidas para mejorar la productividad, la competitividad y el bienestar de los agricultores (Giunta, 2018; Jurado & Ruiz, 2022). También se destacan los programas de acceso a tecnología, fomento de la innovación agrícola, promoción de la educación y capacitación, así como el apoyo a la creación de plataformas digitales (Morales & Quinteros, 2022).

Tomando en consideración los aspectos antes presentados, el objetivo del presente trabajo es evaluar el impacto de la digitalización en la eficiencia operativa de agricultores familiares, a partir de una perspectiva de desarrollo agrícola sostenible.

Materiales y métodos

El diseño del trabajo de investigación es no experimental con corte transversal, en un solo momento a lo largo del proceso de investigación. Además, el alcance es descriptivo de tipo retrospectivo; mientras que el enfoque es cualitativo, debido a la utilización del análisis documental y el método analítico-sintético (Pérez et al., 2021).

Se realizó un análisis bibliométrico sobre esta temática, para identificar el número de trabajos científicos publicados desde que se tienen registros en Scopus (1984-2024), así como el comportamiento en la producción científica por años, para evaluar su evolución. En la figura 3 se observa el resultado arrojado en dicha búsqueda con las palabras clave “digitalización, eficiencia operativa, agricultores familiares, sostenibilidad y desarrollo agrícola”. Se trabajó estos términos en español e inglés, con la utilización de los operadores lógicos AND y OR, para asegurar una mejor obtención de los resultados. Se obtuvieron 1624 documentos científicos en dicho periodo con la curva creciente de evolución. Se destaca el elevado incremento que han tenido las publicaciones sobre esta temática en la última década, así como el número de trabajos para el periodo 2020-2024 (857 artículos de investigación).

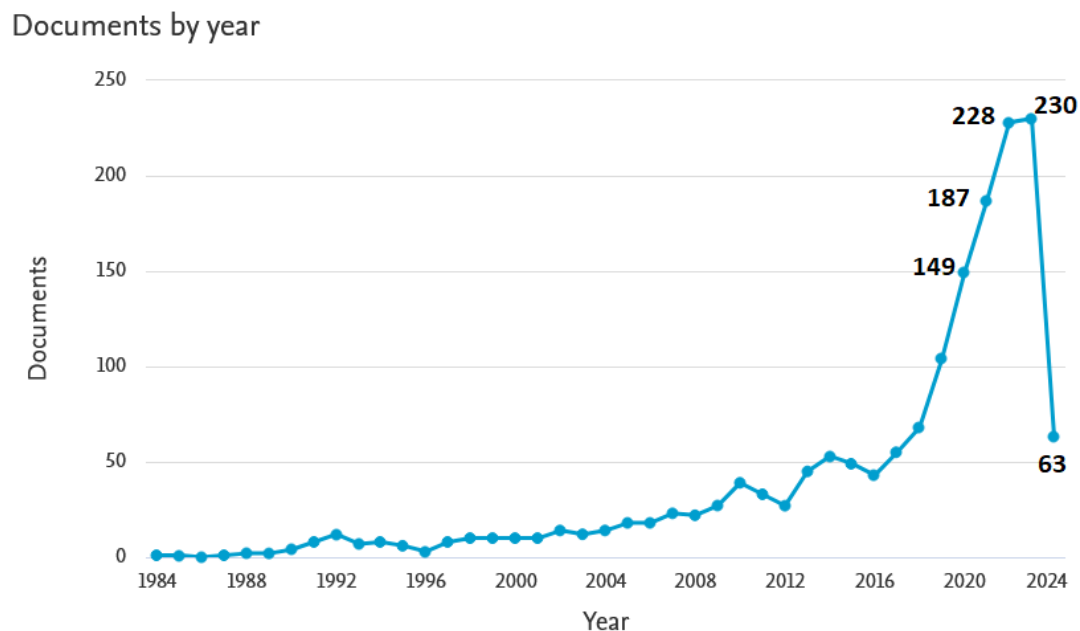


Figura 3. Resultados de la búsqueda por año (2015-2024), con base en Scopus, para los términos “digitalización, eficiencia operativa, agricultores familiares, sostenibilidad y desarrollo agrícola”.

Fuente: elaboración propia con base en Scopus.

Adicionalmente, en la figura 4 se muestran las principales áreas temáticas o de aplicación donde mayor incidencia tienen los trabajos de investigación sobre agricultura familiar y desarrollo agrícola, con un impacto en la sostenibilidad y en la eficiencia operativa. Se constata que, con un 27.6%, las ciencias medioambientales son las que se ven mayormente impactadas, seguida de las ciencias sociales, con un 15.7%, y de las ciencias biológicas y agrícolas, con un 13.5%. Posteriormente, a razón de los 7 puntos porcentuales se encuentran las

ciencias de la tierra, la energía y las ingenierías. Tomando en consideración dicha gráfica, estos trabajos tienen una gran connotación actualmente, a partir de su impacto sobre la sostenibilidad ambiental, económica y alimentaria en el planeta.

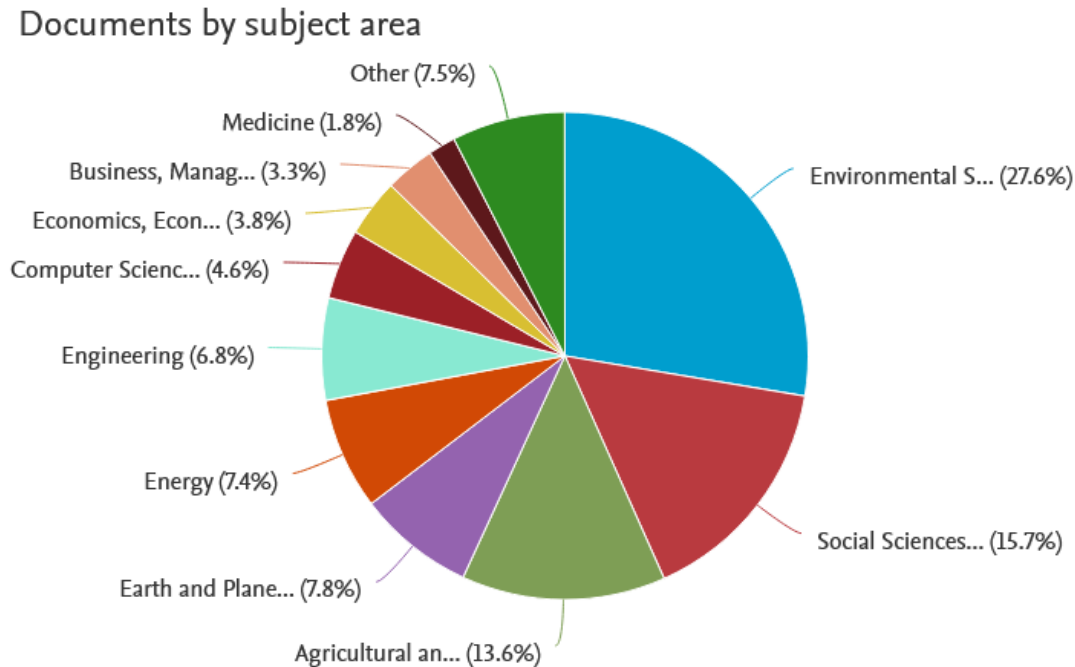


Figura 4. Principales áreas de conocimiento que se ven beneficiadas con los trabajos de investigación en agricultura familiar y desarrollo agrícola.

Fuente: elaboración propia con base en Scopus.

Resultados y discusión

La presente sesión se enfoca en proponer una estrategia de desarrollo agrícola sostenible, basado en la digitalización, que tenga como sujeto centro a los agricultores familiares. Mediante esta estrategia se posibilitará la eficiencia operativa, si bien en secciones anteriores se evidencia el impacto de la agricultura familiar sostenible, de alta relevancia a nivel mundial, latinoamericano y en el Ecuador. En tal sentido, en la tabla 1 se hace énfasis en algunas de las estadísticas relevantes recabadas, donde se evidencia el impacto de la digitalización en la eficiencia operativa de agricultores familiares.

Tabla 1. Estadísticas relevantes sobre el impacto de la digitalización en la eficiencia operativa de agricultores familiares.

Impacto	Estadística
Mejora en la gestión de recursos	La implementación de tecnologías digitales puede reducir el uso de agua hasta en un 20% y el uso de fertilizantes hasta en un 15% (FAO).
Aumento de la productividad	La adopción de tecnologías digitales puede aumentar la productividad agrícola en un 25% en promedio en los países en desarrollo (Banco Mundial).

Reducción de costos	La implementación de tecnologías digitales en la agricultura puede reducir los costos operativos hasta en un 25% (McKinsey).
Acceso a mercados y servicios financieros	El acceso a los mercados digitales puede aumentar los ingresos agrícolas hasta en un 10% (FAO).
Resiliencia frente al cambio climático	La digitalización puede aumentar la resiliencia de los sistemas agrícolas frente al cambio climático hasta en un 20% (FAO).

Fuente: elaboración propia con base en datos de Botello & Izquierdo (2018); Costa et al. (2021).

Seguidamente, en la figura 5, se presenta la propuesta de estrategia de desarrollo agrícola sostenible basada en la digitalización, con cada una de las etapas y actividades consideradas, las cuales son explicadas a continuación:



Figura 5. Estrategia de desarrollo agrícola sostenible basada en la digitalización para propiciar la eficiencia operativa de los agricultores familiares.

Fuente: elaboración propia.

Teniendo en cuenta la figura anterior, se aborda cada fase de la estrategia propuesta, con las actividades consideradas y su explicación. Esta estrategia integral busca aprovechar el potencial de la digitalización para mejorar la eficiencia operativa, aumentar la resiliencia y promover el desarrollo sostenible de los agricultores familiares. Es fundamental asegurar la participación de los agricultores en todas las etapas del proceso, desde el diseño hasta la implementación y la evaluación, para garantizar que las soluciones sean pertinentes y efectivas para sus necesidades específicas.

1. Acceso a tecnologías digitales:

- **Difusión de conocimientos y capacitación:** Implementar programas de capacitación y concientización para agricultores familiares sobre las ventajas y el uso efectivo de tecnologías digitales. Esto puede incluir talleres, demostraciones prácticas y acceso a materiales educativos en línea.
- **Subsidios o Financiamiento:** Ofrecer subsidios o financiamiento accesible para que los agricultores familiares adquieran dispositivos digitales como teléfonos inteligentes, tabletas u ordenadores, así como para acceder a servicios de internet.

2. Gestión eficiente de recursos:

- **Plataformas de gestión agrícola:** Desarrollar o promover plataformas digitales que ayuden a los agricultores familiares a gestionar eficientemente recursos como el agua, los fertilizantes y los pesticidas, incluso, el tiempo de sus trabajadores. Estas plataformas podrían incluir aplicaciones móviles o software en línea que proporcionen recomendaciones personalizadas basadas en datos recopilados localmente.
- **Sensores y monitorización:** Facilitar el acceso a sensores y dispositivos de monitorización para ayudar a los agricultores familiares a realizar un seguimiento preciso de las condiciones del suelo, el clima y los cultivos. Esto permitirá una gestión más precisa y eficiente de los recursos, posibilitando la eficiencia operativa.

3. Mercados y Comercialización:

- **Plataformas de comercialización:** Establecer plataformas digitales que conecten directamente a los agricultores familiares con compradores locales, nacionales e internacionales. Estas plataformas pueden facilitar la comercialización de productos agrícolas frescos y procesados, eliminando intermediarios y aumentando los ingresos de los agricultores.
- **Rastreabilidad y certificaciones:** Implementar sistemas digitales de rastreabilidad que permitan a los agricultores familiares documentar el origen y las prácticas de producción de sus productos. Esto puede ayudar a mejorar la transparencia y la confianza del consumidor, así como facilitar la obtención de certificaciones de agricultura sostenible.

4. Resiliencia al cambio climático:

- **Plataformas de alerta temprana:** Desarrollar sistemas digitales de alerta temprana para ayudar a los agricultores familiares a prepararse y responder a eventos climáticos extremos, como sequías, inundaciones o tormentas. Estas plataformas pueden proporcionar pronósticos meteorológicos precisos y consejos de manejo de cultivos adaptados a las condiciones locales.
- **Asesoramiento basado en datos:** Facilitar el acceso a servicios de asesoramiento agronómico basados en datos y modelos predictivos. Esto puede ayudar a los agricultores familiares a tomar decisiones informadas sobre la selección de cultivos, la planificación de siembras y la gestión de riesgos climáticos.

5. Monitoreo y evaluación:

- **Indicadores de desempeño:** Establecer indicadores de desempeño para evaluar el impacto de las iniciativas de digitalización en la eficiencia operativa y la sostenibilidad de los agricultores familiares. Esto puede incluir métricas como la productividad por hectárea, el ahorro de recursos y la rentabilidad económica.
- **Retroalimentación y mejora continua:** Recopilar regularmente comentarios de los agricultores familiares sobre la efectividad de las herramientas digitales implementadas y utilizar esta retroalimentación para mejorar y adaptar las iniciativas en curso.

Esta estrategia de desarrollo agrícola sostenible, a criterio de los autores de esta investigación, es muy importante. Además, constituye un instrumento a ser implementado para propiciar la eficiencia operativa que requieren los agricultores familiares. Se centra en la digitalización, la cual tiene un alto valor en las condiciones actuales de la sociedad, regida por una profunda penetración de la Cuarta Revolución Industrial, el Internet de las Cosas (IoT), la Robótica, las infraestructuras en la Nube y el Big Data. Para la sociedad ecuatoriana es valiosa, y se alinea con las disposiciones del país en materia de apertura tecnológica y desarrollo agrícola.

Ecuador, con su importante base agrícola, se beneficiaría significativamente de la mejora de la eficiencia en el sector agrícola que ofrecen las tecnologías digitales. Esta estrategia está concebida para fomentar la innovación en el sector, estimulando el desarrollo de soluciones tecnológicas adaptadas a las necesidades de los agricultores familiares ecuatorianos y generando nuevas oportunidades de empleo y crecimiento económico.

Además, la estrategia propuesta se alinea con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de las Naciones Unidas, contribuyendo a metas como la erradicación de la pobreza, el hambre cero y el trabajo decente. También fortalecería la resiliencia de los agricultores frente al cambio climático, mediante la implementación de tecnologías de alerta temprana y asesoramiento basado en datos. Por último, promovería la inclusión digital en áreas rurales, cerrando la brecha digital y brindando acceso a información y servicios tecnológicos a los agricultores familiares y sus comunidades. En conjunto, esta estrategia representaría un avance significativo hacia un desarrollo agrícola más sostenible y próspero para Ecuador.

Tomando en consideración la propuesta presentada, esta se alinea con trabajos de investigación consultados de actualidad. Tal es el caso de la investigación realizada por (Kamal & Bablu, 2023), quienes coinciden en que la digitalización permite una mejor gestión de recursos como agua, fertilizantes y pesticidas. Para ellos y según un informe de la Organización para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la implementación de tecnologías digitales puede reducir el uso de agua hasta en un 20% y el uso de fertilizantes hasta en un 15%, lo que contribuye a una producción más sostenible y eficiente.

Por otro lado, Díaz & Vallejo-Rojas (2022) afirman que los sistemas de monitoreo y gestión basados en datos pueden ayudar a los agricultores familiares a optimizar sus prácticas agrícolas, lo que conduce a un aumento de la productividad. En este sentido, según un estudio del Banco Mundial, la adopción de tecnologías digitales puede aumentar la productividad agrícola en un 25% en promedio en los países en desarrollo (Lyll & Colloredo-Mansfeld, 2024).

Para Coca (2021) la digitalización puede ayudar a reducir los costos operativos al optimizar el uso de insumos agrícolas y al permitir una gestión más eficiente de la maquinaria y el equipo. Un informe de McKinsey encontró que la implementación de tecnologías digitales en la agricultura puede reducir los costos operativos hasta en un 25%. Como parte de la discusión que se lleva a cabo, en la figura 6 se muestra los componentes del proyecto Agro 4.0, la cual se centra en reafirmar la importancia que tiene la digitalización para propiciar una agricultura sostenible e inclusiva en los países en transición (CEPAL, 2011; Villalba-Eguiluz et al., 2023).



Figura 6. Agri 4.0 para propiciar una revolución agrícola sostenible e inclusiva en los países en transición.

Fuente: (CEPAL, 2021).

De la misma manera, otros autores consultados coinciden en que la digitalización puede facilitar el acceso de los agricultores familiares a los mercados agrícolas y a los servicios financieros (Naika et al., 2021; Zhou et al., 2022). Para los anteriores autores, el empleo de plataformas en línea y aplicaciones móviles pueden conectar a los agricultores con compradores y facilitar transacciones comerciales. En este sentido, estadísticas ofrecidas por la FAO refieren que el acceso a los mercados digitales puede aumentar los ingresos agrícolas hasta en un 10% (Abdulai et al., 2023; Kitole et al., 2024).

Por último, en palabras de Zhao et al. (2022), la digitalización puede ayudar a los agricultores familiares a adaptarse y mitigar los efectos del cambio climático. Como refieren los anteriores autores, los sistemas de monitoreo climático y de predicción pueden proporcionar información valiosa para la toma de decisiones agrícolas y la gestión de riesgos. Igualmente, estadísticas ofrecidas por la FAO determinan que la digitalización puede aumentar la resiliencia de los sistemas agrícolas frente al cambio climático hasta en un 20% (Baumüller & Addom, 2020).

Conclusiones

Como se abordó a lo largo de la investigación, la digitalización en el ámbito agrícola es fundamental para impulsar la eficiencia operativa de los agricultores familiares. En el Ecuador es de elevada importancia el fortalecimiento de esta actividad. En este sentido, como se abordó en los resultados, contar con una estrategia de desarrollo agrícola sostenible, basada en la digitalización, permite optimizar la gestión de recursos como el agua, los fertilizantes y los pesticidas. Además, mediante el uso de tecnologías como sensores remotos y sistemas de información geográfica, los agricultores pueden monitorear de manera precisa las condiciones del suelo y del clima, lo que les permite tomar decisiones informadas y reducir el desperdicio de insumos.

De igual manera, basado en los resultados presentados y la discusión realizada, la digitalización facilita el acceso a información y conocimientos especializados, lo que contribuye a mejorar las prácticas agrícolas y aumentar la productividad. Mediante plataformas en línea, los agricultores pueden acceder a recursos educativos, capacitaciones y asesoramiento técnico, lo que les permite adoptar técnicas más eficientes y sostenibles. Esto es especialmente importante para los agricultores familiares, que a menudo tienen acceso limitado a recursos y servicios de capacitación.

Otro aspecto importante recabado es que la digitalización permite a los agricultores acceder a nuevos mercados y aumentar sus ingresos, como se constata en el Ecuador. Al utilizar plataformas de comercio electrónico y aplicaciones móviles, los agricultores pueden llegar a un público más amplio y vender sus productos a precios más justos. Además, la trazabilidad proporcionada por la digitalización puede ayudar a garantizar la calidad y la seguridad de los productos, lo que puede ser un factor clave para acceder a mercados internacionales exigentes. Debido a lo anterior, contar con una estrategia de desarrollo agrícola sostenible basada en la digitalización es crucial para mejorar la eficiencia operativa de los agricultores familiares en Ecuador. Al optimizar la gestión de recursos, facilitar el acceso a información y conocimientos especializados, y abrir nuevas oportunidades de mercado, la digitalización puede contribuir significativamente al desarrollo y la sostenibilidad del sector agrícola en el país.

Referencias

- Abdulai, A. R., Kc, K. B., & Fraser, E. (2023). What factors influence the likelihood of rural farmer participation in digital agricultural services? experience from smallholder digitalization in Northern Ghana. *Outlook on Agriculture*, 52(1), 57-66.
- Appleton, S. W., & Holt, D. (2024). Aligning strategy and digitalisation activity as an incremental or radical innovation in family farms. *International Journal of Entrepreneurial Behavior & Research*, 30(2/3), 498-519.
- Baumüller, H., & Addom, B. K. (2020). The enabling environments for the digitalization of African agriculture. Sustaining Africa's Agrifood System Transformation: The Role of Public Policies. *International Food Policy Research Institute (IFPRI)*, 159-173.
- Bolfe, É. L., Jorge, L. A. D. C., Sanches, I. D. A., Luchiari Júnior, A., da Costa, C. C., Victoria, D. D. C., ... & Ramirez, A. R. (2020). Precision and digital agriculture: Adoption of technologies and perception of Brazilian farmers. *Agriculture*, 10(12), 653.
- Botello, G. A. M., & Izquierdo, D. G. M. (2018). La FAO y los 17 objetivos de desarrollo sostenible. "PATRIMONIO": *Economía Cultural y Educación para la Paz (MEC-EDUPAZ)*, 2(14), 100-117.
- CEPAL. (3 de mayo de 2021). *Agro 4.0. Tecnologías digitales para una revolución agrícola sostenible e inclusiva en los países en transición*. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). Disponible en: <https://www.cepal.org/es/proyectos/agro-40>
- Cepeda, M. D. L. L., Quilambaque, J. V. P., Quispe, A. M. N., Álvarez, E. T. M., & Pérez, J. F. R. (2021). Hermeneutical Analysis of the Determinants of Obesity using Neutrosophic Cognitive Maps. *Neutrosophic Sets and Systems*, 44, 90-99.

- Coca, E. (2021). Food procurement in post-neoliberal countries: examples from South America. *Agrarian South: Journal of Political Economy*, 10(2), 275-295.
- Costa, C. A. D., Gaião, D., Teixeira, D., Esteves Correia, H., Guerra, L. T., & Guiné, R. P. (2021). Pontes entre agricultura familiar e biológica através da formação em contexto de trabalho. *Inovação e tecnologia nas ciências agrárias* 2, 1-12.
- Díaz, J. J. D., & Vallejo-Rojas, V. (2022). Collective action to achieve better production and "good living" The case of the Wiñak association in Napo, Ecuador. *Unasylva*, 73(253), 24-27.
- Dobrojevic, M., & Bacanin, N. (2022). IoT as a backbone of intelligent homestead automation. *Electronics*, 11(7), 1004.
- Gabriel, A., & Gandorfer, M. (2023). Adoption of digital technologies in agriculture—an inventory in a european small-scale farming region. *Precision Agriculture*, 24(1), 68-91.
- Giunta, I. (2018). Soberanía alimentaria entre derechos del buen vivir y políticas agrarias en Ecuador. *Theomai*, (38), 109-122.
- Hansen, B. G., Bugge, C. T., & Skibrek, P. K. (2020). Automatic milking systems and farmer wellbeing—exploring the effects of automation and digitalization in dairy farming. *Journal of Rural Studies*, 80, 469-480.
- Hassan, S. I., Alam, M. M., Illahi, U., Al Ghamdi, M. A., Almotiri, S. H., & Su'ud, M. M. (2021). A systematic review on monitoring and advanced control strategies in smart agriculture. *Ieee Access*, 9, 32517-32548.
- Javaid, M., Haleem, A., Singh, R. P., & Suman, R. (2022). Enhancing smart farming through the applications of Agriculture 4.0 technologies. *International Journal of Intelligent Networks*, 3, 150-164.
- Jurado, J. L. B., & Ruiz, P. P. (2022). El Buen Vivir Rural en el Ecuador: Análisis de las falencias del desarrollo nacional agropecuario y su impacto en la salud. *RECIAMUC*, 6(3), 428-440.
- Kamal, M., & Bablu, T. A. (2023). Mobile Applications Empowering Smallholder Farmers: An Analysis of the Impact on Agricultural Development. *International Journal of Social Analytics*, 8(6), 36-52.
- Kitole, F. A., Mkuna, E., & Sesabo, J. K. (2024). Digitalization and agricultural transformation in developing countries: Empirical evidence from Tanzania agriculture sector. *Smart Agricultural Technology*, 7, 100379.
- Liu, X., & Zhang, X. (2023). The Impact of the Digital Economy on High-Quality Development of Specialized Farmers' Cooperatives: Evidence from China. *Sustainability*, 15(10), 7958.
- Luiz, J. R., de Carvalho, P. D., & Teixeira, M. A. (2020). Cross-Movement in Latin America: lessons from the Mercosur Confederation of Family Farming Organisations (Coprofam). *Moving the Social*, 63, 41-63.
- Lyall, A., & Colloredo-Mansfeld, R. (2024). The evolving force of community: peasant uprisings and post-agrarian aspirations in Ecuador. *The Journal of Peasant Studies*, 1-20.

- Morales, F. A. S., & Quinteros, G. H. (2022). *Acceso a la agricultura digital y tecnologías de información y comunicación para mejorar la comercialización de pequeños productores hortícolas y de berries de la región del Maule* (Doctoral dissertation, Universidad de Talca (Chile). Escuela de Agronomía.).
- Moreno, G. (2011). *Agricultura 4.0 o digitalización de la agricultura: optimización de procesos en el campo*. Kizeoforms. Disponible en: <https://www.kizeo-forms.com/es/agricultura-4-0-optimizacion-procesos-campo/>
- Naika, M. B., Kudari, M., Devi, M. S., Sadhu, D. S., & Sunagar, S. (2021). Digital extension service: quick way to deliver agricultural information to the farmers. In *Food technology disruptions* (pp. 285-323). Academic Press.
- Pérez, J. F. R., López-Torres, V. G., & Morejón-Valdés, M. (2021). Information and Communication Technologies as a competitive performance factor in provider institutions of medical services in Ensenada, Baja California. *Journal of Administrative Science*, 2(4), 31-37.
- Ramírez, J. F., López, V. G., Ramírez, A. R., & Morejón, M. (2021). Tecnologías de la Información y la Comunicación en Salud: Análisis de Componentes Principales en la evaluación del desempeño competitivo. *Entre ciencia e ingeniería*, 15(30), 22-29.
- Rotz, S., Gravely, E., Mosby, I., Duncan, E., Finnis, E., Horgan, M., ... & Fraser, E. (2019). Automated pastures and the digital divide: How agricultural technologies are shaping labour and rural communities. *Journal of Rural Studies*, 68, 112-122.
- Smidt, H. J., & Jokonya, O. (2022). Factors affecting digital technology adoption by small-scale farmers in agriculture value chains (AVCs) in South Africa. *Information Technology for Development*, 28(3), 558-584.
- Valdés, M. M., Pérez, J. F. R., Contreras, E. V., & Ritchie, P. H. (2021). Impacto de los Cuadros de Mando Integral en el control de indicadores de gestión. *Serie Científica de la Universidad de las Ciencias Informáticas*, 14(6), 72-81.
- Villalba- Eguiluz, U., Latorre, S., & Jiménez, J. (2023). Family farmers' strategies to develop autonomy through agroecological and solidarity economy practices: The case of BioVida in the Ecuadorian Andes. *Journal of Agrarian Change*, 23(4), 868-892.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming—a review. *Agricultural Systems*, 153, 69-80.
- Xie, B., Jin, Y., Faheem, M., Gao, W., Liu, J., Jiang, H., ... & Li, Y. (2023). Research progress of autonomous navigation technology for multi-agricultural scenes. *Computers and Electronics in Agriculture*, 211, 107963.
- Zhao, P., Zhang, W., Cai, W., & Liu, T. (2022). The impact of digital finance use on sustainable agricultural practices adoption among smallholder farmers: Evidence from rural China. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(26), 39281-39294.

Zhou, Z., Zhang, Y., & Yan, Z. (2022). Will digital financial inclusion increase Chinese farmers' willingness to adopt agricultural technology? *Agriculture*, 12(10), 1514.