



Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), mayo-junio 2026,
Volumen 10, Número 3.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v10i3

COSTO DE PRODUCCIÓN Y SOSTENIBILIDAD: MODELO AGRICULTURA 4.0 EN EL SECTOR BANANERO DE EL ORO

**PRODUCTION COSTS AND SUSTAINABILITY:
THE AGRICULTURE 4.0 MODEL IN THE BANANA
SECTOR OF EL ORO**

Kerlly Stefania Rodríguez Zambrano
Universidad Técnica de Machala, Ecuador

Priscila Estefania Anchundia Conza
Universidad Técnica de Machala, Ecuador

Blanca Alexandra Baldeón Valencia
Universidad Técnica de Machala, Ecuador

Costo de Producción y Sostenibilidad: Modelo Agricultura 4.0 en el Sector Bananero de El Oro

Kerlly Stefania Rodríguez Zambrano¹krrodrigue9@utmachala.edu.ec<https://orcid.org/0009-0009-0018-822X>Universidad Técnica de Machala
Ecuador**Priscila Estefania Anchundia Conza**panchundi1@utmachala.edu.ec<https://orcid.org/0009-0000-9251-8605>Universidad Técnica de Machala
Ecuador**Blanca Alexandra Baldeón Valencia**bbaldeon@utmachala.edu.ec<https://orcid.org/0000-0001-7183-6161>Universidad Técnica de Machala
Ecuador

RESUMEN

En la provincia de El Oro, la actividad bananera ocupa un papel significativo como una de las principales actividades económicas para el país, apoyando en la creación de empleos y la productividad local, aunque el elevado costo de producción, la calidad de los suelos en relación a la mayor utilización de agroquímicos sumado al limitado uso de la tecnología restringe su capacidad productiva. Desde este contexto, el presente artículo tiene como objetivo analizar la incidencia de las herramientas de la Agricultura 4.0 en la optimización de los costos de producción y la sostenibilidad del cultivo bananero en la provincia de El Oro. El trabajo se enfocó de manera cualitativa con alcance descriptiva y documental, no experimental y longitudinal mediante la revisión literaria científica, de bases académicas e informes técnicos aprobados por organismos gubernamentales. Los resultados reflejan el empleo de drones para mejorar del control de los costos productivos, la optimización el uso de insumos agrícolas y reducir el deterioro del suelo. Además, se identifica que la agricultura 4.0 contribuye a un cambio de paradigma fundamental y continuamente dinámico en los sistemas de producción, sin dejar de lado las dificultades persistentes asociadas al costo de inversión tecnológica y capacitaciones especializadas.

Palabras clave: agroindustria; gestión ambiental; producción agrícola; contabilidad de costes; agricultura

¹ Autor principal.

Correspondencia: krrodrigue9@utmachala.edu.ec

Production costs and sustainability: The agriculture 4.0 model in the banana sector of El Oro

ABSTRACT

In the province of El Oro, banana farming plays a significant role as one of the country's main economic activities, contributing to job creation and local productivity; however, high production costs, soil quality issues related to the increased use of agrochemicals, and limited use of technology restrict its productive capacity. In this context, this article aims to analyze the impact of Agriculture 4.0 tools on optimizing production costs and the sustainability of banana cultivation in the province of El Oro. The study adopted a qualitative approach with a descriptive and documentary scope, non-experimental and longitudinal in nature, through a review of scientific literature, academic databases, and technical reports approved by government agencies. The results reflect the use of drones to improve control over production costs, optimize the use of agricultural inputs, and reduce soil degradation. Furthermore, it is identified that Agriculture 4.0 contributes to a fundamental and continuously dynamic paradigm shift in production systems, without overlooking the persistent difficulties associated with the cost of technological investment and specialized training.

Keywords: agroindustry; environmental management; agricultural production; cost accounting; agriculture

Artículo recibido 25 abril 2026

Aceptado para publicación: 25 mayo 2026



INTRODUCCIÓN

Actualmente, la era digital se posiciona frente a un entorno productivo en constante evolución. La tecnología impulsa transformaciones a nivel global en los sistemas contables con optimizaciones eficaces y eficientes, considerándose como una herramienta fundamental en la gestión organizacional de una entidad con información de divulgación relevante y adaptada a las nuevas competencias de productividad (Fernández, 2021).

A nivel económico, el sector primario agrícola se consolida como una de las principales fuentes de ingresos en Ecuador, generando empleos a la población, moneda extranjera y contribuyendo al desarrollo de zonas rurales (Carrión-Loaiza & Garzón-Montealegre, 2020), donde el banano se sitúa como uno de los principales productos de exportación a nivel nacional, resaltando a la provincia de El Oro como una de las áreas más importantes de producción bananera.

Sin embargo, como todo sector económico, presenta factores que pueden determinar el aumento o disminución en los niveles de producción bananera, relacionados con el incremento de los costos de producción, el uso ineficiente de insumos y la limitada aplicación de herramientas tecnológicas durante el control estratégico de costos y la rentabilidad productiva del cultivo (León Ajila et al., 2023).

La transformación tecnológica ofrece una solución en los procesos de costeo tradicionales en el sector productivo dentro de la agricultura al incorporar técnicas, herramientas y digitalizaciones de la industria 4.0. Para el productor, equivale a otorgar productos de calidad, mejorar el uso de insumos y presentación de estados financieros reales de los costos productivos (Soriano Morales, 2024).

De esta forma, incorporar la tecnología en los sistemas de producción contemporáneos da paso a la evolución de tecnologías emergentes propias del modelo de agricultura 4.0, con el fin de facilitar la toma de decisiones agrícolas en tiempo real a partir de la digitalización de los procesos productivos y la generación de información exacta y oportuna (Tovar-Quiroz, 2023). Al respecto, Mühl & de Oliveira (2022) sostienen que la base de la agricultura moderna es la integración de herramientas tanto tecnológicas y digitales, como internet de las cosas (IoT), almacenamiento en la nube, análisis de big data, la automatización avanzada de riegos e inteligencia artificial en los ciclos productivos del agronegocio.



Desde una perspectiva de costos, la Agricultura 4.0 permite el registro del uso de recursos operativos, medir con precisión el trabajo agrícola y comparar los costos reales con los presupuestados. Por otro lado, el proceso de adaptabilidad e incorporación a este modelo supone un reto para los agricultores a causa de las limitaciones en el acceso a la tecnología, el costo de inversión inicial y la falta de conocimientos teórico-técnicos en la utilización de estas herramientas.

El objetivo de este artículo es analizar la incidencia de las herramientas de la Agricultura 4.0 en la optimización de los costos de producción y la sostenibilidad del cultivo bananero en la provincia de El Oro. Este trabajo se llevó a cabo a través de evidencia teórica acerca de la función de la tecnología en la mejora de los sistemas de costeo en la producción y toma de decisiones mediante una revisión bibliográfica de tipo descriptiva y analítica, consultando bases de datos académicas, además de información relacionada con el sector agroproductivo ecuatoriano y fuentes pertinentes de organismos gubernamentales.

Este artículo se divide en varias partes: introducción, marco teórico, metodología, discusiones y conclusiones. Bajo esta premisa, la teoría sostiene que la Agricultura 4.0 permitirá una gestión más eficaz de los costos de producción, una asignación adecuada de insumos agrícolas y minimizará el daño medioambiental.

MARCO TEÓRICO

Costo de producción

(Casanova et al., 2021) Los costos de producción son un conjunto de gastos financieros donde los insumos utilizados durante el proceso de transformación de la materia prima cubren las operaciones productivas que determinarán el costo de un producto final. Según los autores, los elementos que acompañan este procedimiento son explicados de la siguiente forma:

- Costos directos de materiales: utilizados que participan directamente en la fabricación del producto.
- Mano de obra: de naturaleza directa e indirecta, que se relaciona con la producción.
- Y los costos indirectos: gastos relacionados al alquiler, servicios públicos, salarios y mantenimiento.

Agricultura

La agricultura se lo denomina como conjunto de técnicas y conocimientos esenciales relacionadas con el cultivo de la tierra y optimización de tierras fértiles para su posterior producción de alimentos y comercialización, asegurando su extracción natural y preservación de calidad (Sánchez Palacios et al., 2024), no solo garantizando fuentes de trabajo directos e indirectos, sino impulsando a las economías locales y posicionándose como el eje económico principal de un país.

Sin embargo, la agricultura también conforma parte de un desarrollo social, político y productivo, lo que conlleva el reto de proveer alimentos y materias primas sin comprometer la sostenibilidad medioambiental (Moreno-Ortiz, 2023).

Transformación tecnológica

La transformación tecnológica implica el uso de herramientas digitales o aplicaciones para agilizar procesos, que puede generar situaciones como la resistencia al cambio, dificultando la transición hacia modelos operativos modernos, insuficiente apoyo por parte de la gerencia al valorar otras áreas que comprometan su inversión, sin embargo, adaptarse beneficiará directamente a la visión del mercado y la demanda del producto. Su importancia posee un mayor enfoque a la cuarta revolución industrial, caracterizada en un sistema de producción inteligente y decisiones más precisas durante el proceso de producción, es decir, intervención de la maquina frente a las decisiones de la empresa en cuestión sin la necesidad de la intervención humana (Mosquera Yépez et al., 2022).

Su avance se impulsa en la introducción de una serie de tecnologías relevantes, de impacto y de utilidad, entre ellas se reconoce la Big Data, computación de la nube, internet de las cosas y la inteligencia artificial junto a otras herramientas (Mosquera Yépez et al., 2022).

En costos, el desarrollo de las habilidades tecnológicas para la utilización de softwares especializados sobre los métodos tradicionales de costeo contribuye en la reducción de costos dentro de los procesos productivos, implementar nuevos métodos de consumo y químicos, los precios de venta justos que generen utilidades y una toma de decisiones seguro para su expansión, reducción o reestructuración de actividades que generen pérdidas (Morales-Gutama & Zapata-Sánchez, 2024).



Industria 4.0

La industria 4.0, o también conocida como la cuarta revolución industrial, refleja la transformación sustancial en procesos productivos manufactureros y en los comercios, ante la incorporación de tecnologías avanzadas como los sistemas ciber físicos, computación en la nube y el internet de las cosas, sus siglas en inglés IoT, aportando beneficios innovadores en la eficiencia y sostenibilidad frente a los desafíos actuales de las gestiones organizacionales (Da Costa Pimenta et al., 2025).

Redes globales de producción

Las redes globales de producción, pese a no poseer un enfoque científico, manifiestan que para lograr la capacidad de respuesta óptima en una entidad, es necesario crear una red estratégica de proveedores para apoyar la toma de decisiones y una representación más verídica de las entidades en el mundo real, proponiendo el cambio a nivel de sistema, el cual está vinculado con la incorporación o eliminación de máquinas en el sistema de fabricación; mientras que el cambio a nivel de máquina tiene que ver con la inclusión o supresión de ejes mecanizado y con la modificación de la configuración, para así, alcanzar un control de producción flexible e inteligente por medio de la aplicación de las tecnologías de la comunicación y la información de la industria 4.0 entre proveedores, servicios, herramientas y máquinas (Lanza et al., 2019 como se citó en Alami & ElMaraghy, 2021).

Métodos de costos implementados en la industria 4.0

Según Alami & ElMaraghy (2021) hacen mención de tres métodos que la industria 4.0 utiliza en los métodos de costos, los cuales son:

1. Costeo basado en actividades (ABC), es uno de los métodos más utilizados para el cálculo de costos al medirse con alta precisión en conjunto al desempeño de los recursos usados, para ser evaluados en su efectividad en la entidad (Escobar-Mamani et al., 2021).
2. La teoría de restricciones hace referencia a un pensamiento sistemático donde se lleva a cabo un estudio de las estrategias de una entidad para incrementar las utilidades de los integrantes, e innovaciones que garanticen una ventaja competitiva y viable en el mercado (Zambrano-Silva et al., 2021).
3. El costeo basado en actividades impulsado por el tiempo, lo definen como el método más práctico al valorar solo dos parámetros dispensables en cada grupo de recursos: el costo de unidad de tiempo



y el tiempo usado, con el fin de dar a entender cómo la variación del tiempo puede retrasar en los procesamiento de órdenes, clientes o actividad más concretas (Porporato & Tiepermann Recalde, 2021).

Agricultura 4.0

La agricultura se centra en la producción a gran escala y se ha desarrollado evolutivamente hasta llegar a la industria 4.0 que han tenido un impacto directo en los entornos agrícolas, por lo tanto, surge como un modelo basado en la captación, enfoque y análisis de datos obtenidos a través de sensores y dispositivos tecnológicos instalados en las exploraciones agrícolas, que permitan la toma de decisiones coherentes tanto en tiempo real como en periodos futuros (Tovar-Quiroz, 2023). Además, se integra con buenas prácticas agrícolas que se centran en maximizar la producción y generar beneficios no solo para los productores, sino también para los consumidores y obtener una sostenibilidad ambiental segura (Valenzuela-García et al., 2023).

Según De León López & Victorino Ramírez (2024), estos cambios fomentan beneficios en distintas fases en el aumento productivo del campo agrícola y transforma a los sistemas sociales, es por ellos que la agricultura 4.0 no solo deriva a un avance puramente tecnológico, sino que, representa una reconfiguración estructural que afecta a la organización laboral, la capacitación de trabajadores y las relaciones entre productos y consumidores.

También, emerge como un impulsador clave para la optimización del consumo agrícola, marcando un punto de inflexión en la gestión de recursos al permitir supervisar, a profundidad, el uso de insumos agrícolas como agua, fertilizantes y pesticidas. No solo reduce los costos operativos asociados a la agricultura, sino que también maximiza la rentabilidad al aplicar estos consumibles de forma específica y adaptada a las necesidades reales de cada campo (Murga Roche et al., 2025).

Brini (2023) en su libro *Agricultura Digital*, propone como solución la optimización de los insumos con las siguientes herramientas:

- Sistema de dirección automática, habla del uso de datos de GNSS/GPS (sistema global de navegación por satélite) para controlar automáticamente maquinarias como tractores, cosechadoras y otros varios, para así, aumentar la presión y efectividad de las actividades de campo, reduciendo superposiciones y disminuyendo la compactación del suelo.

- Tecnología de tasa variable, esta puede variar según el uso de los agricultores para el aprovechamiento de insumos como semillas y fertilizantes, en proporción a la dosis utilizada en la hectárea de cultivo, para así, aumentar su productividad y minorizar el impacto ambiental.

Herramientas digitales 4.0

La evolución tecnológica en el mundo ha permitido la optimización en los procesos de producción por medio de herramientas como el internet, la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y la big data, permitiendo un mejor el control industrial debido a la gestión de datos dando como resultado tomas de decisiones más eficaz para las empresas manufactureras (Guerrero & Solís, 2025).

Así mismo Domínguez (2021) indica que este tipo de industria se caracteriza por el uso de herramientas tecnológicas como base en su estructura además con el propósito de dar una tecnificación a las empresas en sus actividades operativas por medio de tecnologías emergentes como el IoT, Cloud computing, impresión 3D entre otros generando un modelo técnico e involucrando a las nuevas tecnologías emergentes.

De hecho, Romero-García et al. (2025) menciona varias de esas herramientas, algunas de ellas:

- Drones, conocidos como vehículos aéreos no tripulados: permite detectar anomalías en toda el área del cultivo, reduciendo el uso de agroquímicos.
- Robots agrícolas (Agribots): equipados con sistemas de visión artificial y sensores infrarrojos, permite controlar el desarrollo del cultivo, detectar enfermedades o plagas y la evolución de la fruta. También la incorporación de la inteligencia artificial llamada el Agriculture TalkBot, un asistente virtual que puede mantener un flujo de conversación y responder según la tecnología que aplique (Calvo-Valverde et al., 2023).
- Modelos predictivos (SARIMAX, LSTM): procesamiento de datos históricos y variables climáticas, examinándolos con mejor rigor para la planificación operativa.

Un punto a resaltar es el avance de la inteligencia artificial en la automatización de procesos complejos que facilita el diseño, planificación y la supervisión de la manufactura avanzada, de la mano de la IA han emergido estrategias para mejorar los procesos aprovechando la digitalización y la recopilación masiva de datos con la objetivo de mejorar la eficiencia operativa y generar nuevas oportunidades que

faciliten un desarrollo estratégico, para que las empresas se mantengan a flote en un mercado que está en constante cambio (Markatos & Mousavi, 2023, como se citó en Guerrero et al., 2025).

Otros métodos 4.0 agroindustriales

Entre los métodos avanzados de la agroindustria 4.0 se encuentran:

- Los gemelos digitales son representaciones virtuales de actividades fijas, facilitando el monitoreo en tiempo real a través sensores del Internet de las cosas; recopilan datos sobre variables climáticas que se analizan en complejos modelos matemáticos, disminuyendo la incertidumbre en la toma de decisiones financieras y agrícolas al anticipar el rendimiento del cultivo basado en las condiciones climáticas (Føre et al., 2024).
- Nanotecnología y agricultura: la aplicación de nanomateriales permite la distribución precisa de insumos agrícolas. La elevada relación superficie-volumen de los nanofertilizantes mejora la absorción de las plantas y reduce la lixiviación de nitratos hacia los acuíferos, un problema crítico en la agricultura convencional (Ghandar et al., 2021).
- The blockchain actúa como un registro estático que garantiza la integridad de la información durante todo el ciclo de suministro, además de que implementa sistemas que dan seguimiento y trazabilidad en tiempo real, aportando una mejor calidad en los productos (Alzate & Giraldo, 2023).

Calidad de suelo en la provincia de El Oro

En la provincia de El Oro se ha introducido el monocultivo, conocido como la siembra de una única especie vegetal en una gran hectárea de suelo (García Rivas & Aguilera Fernández, 2023), donde Zhiminaicela Cabrera et al. (2020) explica que el excesivo uso de químicos por la competencia productiva frente a otros países ha afectado los microorganismos favorables del suelo costero que permiten la fertilidad del cultivo. Además, relatan otros factores negativos en la región costa del país como una deforestación del ecosistema natural, la pérdida de la micro flora, contaminación de aguas subterráneas debido a la inserción de agroquímicos y, en la mano de obra, enfermedades en la salud de los trabajadores.

METODOLOGÍA

La investigación se desarrolló bajo un enfoque cualitativo, con un alcance descriptivo y documental. Este enfoque analiza la importancia de la agricultura 4.0 en el control de costos de producción y la sostenibilidad ambiental del sector bananero de la provincia de El Oro.

El tipo de investigación sustentado es descriptivo y documental debido al análisis de artículos científicos indexados, documentos académicos y fuentes secundarias como informes estadísticos y reportes técnicos.

De esta manera, se diseñó una metodología basada en revisión bibliográfica metódica y técnica de revisión sistemática, no experimental y longitudinal comprendido en estudios desde el 2020 hasta el presente año de este artículo. Para así, contrastar diversos puntos de vistas sobre cómo la incorporación tecnológica de los procesos productivos se presenta como un mecanismo viable para optimizar los sistemas de costos.

Para la recopilación de datos, se ejecutó una estrategia de búsqueda exhaustiva en fuentes científicas de alto impacto, como Scielo, Redalyc, Dialnet, Road, Google Scholar entre otras bases de información; además de recurrir a fuentes académicas especializadas en ciencias agrarias, costos de producción y documentos oficiales emitidos por los organismos gubernamentales.

RESULTADOS Y DISCUSIONES

Para comprender el estudio y determinar si las herramientas de la agricultura 4.0 son viables para optimizar los costos de producción y la sostenibilidad ambiental dentro del sector bananero de la provincia de El Oro, se estudió a varios autores relacionados al tema central junto con la revisión de fuentes secundarias de base de datos estadísticas publicadas por organismos gubernamentales, para así, obtener un análisis preciso de la incidencia de la tecnología en los costos.

Por lo tanto, la última publicación del informe sobre el Índice de Productividad Agrícola (IPA) para el año 2024 evidencia como resultado que el cultivo de banano se posiciona positivamente con un 0,6% de evolución a nivel nacional (MAGP, 2024). A su vez, en la provincia de El Oro, en ese mismo año, el Instituto Nacional Estadística y Censos (2024) sitúa al banano con una producción de 1.336.569,26 y el uso de suelo de 180.965,36 hectáreas, comparado con el año 2023, que fue mayor con 1.484.179,06 en producción y 184.033,85 hectáreas.



Estas cifras manifiestan una producción baja y poca sostenibilidad de los suelos, siendo El Oro una de las provincias con mayor representatividad de las hectáreas sembradas a nivel nacional (León Ajila et al., 2023). Autores como Zhiminaicela Cabrera et al. (2020) mencionan que el uso de insumos químicos afecta a la actividad de microorganismos del suelo para mantener la fertilidad, enfatizando a la región costera como zona principal en el uso de agroquímicos; FAO (2025) en el resultado de análisis de mercados detallan que, los productores bananeros ecuatorianos, tienen márgenes de beneficios bajos debido a los aumentos en los costos de producción pese a la compensación del aumento de su caja de 6,85 a 7,25 USD cada uno para las exportaciones y registrando un 2,8% de aumento.

Los factores mencionados afectan a la producción y generan costos elevados en el mantenimiento y cuidado del suelo. En este sentido, Romero-García et al. (2025) incorporan un diseño de sistemas de producción agrícola donde explican los diversos procesos de cultivo de banano en conjunto con las herramientas del modelo de agricultura 4.0 a aplicarse, de la siguiente manera:

- Proceso de monitoreo del cultivo, se implementa herramientas como drones, que son vehículos aéreos no tripulados y manipulados externamente; robots agrícolas con inteligencia artificial, conocidos como agribots; y los modelos predictivos como SARIMAX, LSTM (Buitrago Bolívar et al., 2024) que predicen cuando aplicar fertilizante y evitar el uso excesivo de los recursos agroquímicos al momento de fumigar.
- En la fertilización y riego, también se adopta un sistema de fertirriego automatizado al permitir medir la dosis de fertilizante en función de las hectáreas de cultivo, beneficiando al suelo con nutrientes y reducir pérdidas por lixiviación (Alvarado-Camarillo et al., 2021).
- Y, en cuanto al control de plagas y enfermedades, optan por integrar los drones pulverizadores, herramienta importante para minimizar el daño ambiental y cubrir grandes cantidades de áreas, por medio de su pilotaje a distancia, aplicando eficazmente pesticidas en las zonas afectadas (Borah et al., 2025).

Al integrar las herramientas tecnológicas se busca recopilar datos precisos para comprender el comportamiento del cultivo bananero y así, mejorar la asignación de los costos de producción en los insumos, mano de obra y los costos indirectos relacionados al producto final. Manejar un control en los

costos operativos reduciendo el uso inapropiado de recursos a tiempo real, garantiza al productor un precio justo y estable, además de promover la sostenibilidad ambiental (Murga Roche et al., 2025).

La incorporación de las herramientas de trabajo no se limita al uso de equipos físicos, también involucra sistemas informáticos por medio de aplicaciones que transmitan datos reales al sistema de control central, softwares de gestión que, en conjunto al sistema de dirección automático, analizará las operaciones del campo midiendo el cantidad exacta y tiempo que genera la producción, contrario al sistema tradicional donde las medidas se basan en aproximaciones.

En relación al monocultivo y el impacto que genera en el suelo, se propone el sistema de asociación de cultivos, que son especies vegetales que están sembrados en una misma área durante su ciclo productivo, con el fin de reducir el riesgo de pérdida de plantaciones para maximizar el uso de la tierra, mejor manejo de plagas y enfermedades, aportando mayor producción y el uso de sensores infrarrojos IoT (Tamayo Ortiz & Alegre Orihuela, 2022). Desde costos, esta propuesta disminuye la dependencia de los agroquímicos, menos riesgos de pérdidas y estabilidad para el productor en el proceso operativo.

Según Feijóo et al. (2024) como se citó en Japón-Jaramillo et al. (2025), hay una cifra significativa en el beneficio de la adopción de las herramientas tecnológicas (TIC) en el sector agrícola del banano, constatando que 177 de 200 pymes encuestadas en la provincia de El Oro en su trabajo “Transformación digital en la contabilidad de las PYMES” mejoraron la información financiera, construyendo una base sólida en el mercado y una mejor calidad en producción.

Además, Japón-Jaramillo et al. (2025) enfatiza que, tras la integración de sistemas como Internet de las cosas (IoT), blockchain y software integrado ERP en el sector bananero permitió que los procesos operativos mejoren la trazabilidad de control de costos y presupuestos, reforzando los mecanismos de control interno. En la encuesta realizada por Espinoza-Merchán et al. (2025) ante la adopción de la agricultura 4.0 en la provincia, la respuesta es positiva, con un 70%, donde los agricultores de empresas pequeñas y medianas manifiestan estar interesados en incorporarlos a la gestión. Y los productores orenses que hacen uso de estas herramientas utilizan los drones para fumigación como alternativa tecnológica al disminuir el 30% del consumo de agroquímicos y fertilizante, favoreciendo a la sostenibilidad y mejorando los recursos financieros ante el menos uso de agroquímicos y la mano de obra, potenciando así la competitividad.



CONCLUSIONES

La ejecución del estudio permitió analizar la incidencia de las herramientas de la Agricultura 4.0 en la optimización de los costos de producción y la gestión ambiental dentro del sector bananero de la provincia de El Oro. Según la revisión de literatura y las recientes investigaciones, el uso de las tecnologías indica una mejora en la productividad y al fortalecimiento del control de los recursos productivos, resaltando la integración de drones como la herramienta tecnológica usada en la actualidad por productores orenses, en concordancia al uso de agroquímicos, también los sistemas como el blockchain, internet de las cosas y el software integrado ERP. Por otro lado, la percepción es positiva dentro de las pequeñas y medianas empresas, reformando el proceso de toma de decisiones productivas. La parte importante del uso de las herramientas tecnológicas, que involucra el modelo de agricultura 4.0, no solo están enfocados en desarrollarse tecnológicamente, sino que produce una transformación crucial ante el sistema tradicional de la producción agrícola.

Sin embargo, durante la investigación se reconoce la persistencia de limitaciones relacionados a los costos de inversión, adaptabilidad ante las nuevas herramientas de apoyo e inclusive a la poca importancia a la capacitación del personal a cargo de las actividades de campo, que hasta la fecha no ha dejado de ser una brecha en términos de conocimientos y digitalización. Estas condiciones dificultan al productor para gestionar los costos de producción con el control de los insumos y la mano de obra. A pesar de las limitaciones, la evidencia sobre el modelo de agricultura 4.0 dentro de la producción es cada vez más aceptada como una estrategia viable y sustentable a lo largo del tiempo para fortalecer tanto económicamente como ambientalmente el sector bananero de la provincia de El Oro. El apoyo a la iniciativa proveniente de los organismos gubernamentales y del acceso a tecnologías adecuadas al entorno agrícola local en conjunto con la formación de nuevos conocimientos, será clave para que el sector agrícola avance a un modelo productivo tecnológicamente más eficiente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alami, D., & ElMaraghy, W. (2021). A cost benefit analysis for industry 4.0 in a job shop environment using a mixed integer linear programming model. *Journal of Manufacturing Systems*, 59. <https://doi.org/10.1016/j.jmsy.2021.01.014>



- Alvarado-Camarillo, D., Valdez Aguilar, L. A., Cepeda-Dovala, J. M., Rubí-Arriaga, M., & Pineda-Pineda, J. (2021). Aplicación fraccionada de fertilizantes vía fertirriego y la eficiencia del nitrógeno, fósforo y potasio en calabacita. *Acta Agrícola y Pecuaria*, 7(1). <https://doi.org/10.30973/aap/2021.7.0071001>
- Alzate, P., & Giraldo, D. (2023). Tendencias de investigación del blockchain en la cadena de suministro: transparencia, trazabilidad y seguridad. *Revista Universidad y Empresa*, 25(44), 1–29. <https://doi.org/10.12804/revistas.urosario.edu.co/empresa/a.12451>
- Borah, S. K., Padhiary, M., Sethi, L. N., Kumar, A., & Saikia, P. (2025). Precision Farming with Drone Sprayers: A Review of Auto Navigation and Vision-Based Optimization. *Journal of Biosystems Engineering*, 50(2), 255–273. <https://doi.org/10.1007/s42853-025-00263-2>
- Brini, M. (2023). Agricultura digital. Una visión general actualizada. (L. Cristalli, Tran.). https://www.researchgate.net/publication/372677286_AGRICULTURA_DIGITAL_SPANISH_VERSION
- Buitrago Bolívar, E., Rico Franco, J. A., & Rojas Amador, S. (2024). Monitoreo de cultivos y suelos en agricultura de precisión con UAV e inteligencia artificial: una revisión. *Tecnura*, 28(82), 75–103. <https://doi.org/10.14483/22487638.22360>
- Calvo-Valverde, L.-A., Kevin Rojas-Salazar, Jose Fabio Hidalgo-Rodríguez, Versalio Mora, Jorge A. Sandoval, Erick Bolaños-Céspedes, & Carlos Quirós. (2023). A study of conversational agent solution technologies for banana farmer assistance. *Revista Tecnología En Marcha*. <https://doi.org/10.18845/tm.v36i4.6242>
- Carrión-Loaiza, J. F., & Garzón-Montealegre, V. J. (2020). Análisis del producto interno bruto agrícola ecuatoriano y sus principales productos en el periodo 2002 – 2019. *Dominio De Las Ciencias*, 6(4), 940–952. <https://doi.org/https://doi.org/10.23857/dc.v6i4.1513>
- Casanova, C., Núñez, R., Navarrete, C., & Proaño, E. (2021). Gestión y costos de producción: Balances y perspectivas. *Revista de Ciencias Sociales*, XXVII(1), 302–314. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7817700>
- Da Costa Pimenta, C. C., Zarzuelo Prieto, D., Balan Garcia, A., Goicochea Calderón, J. A., & Beltrán Sánchez, S. (2025). Industria 4.0: Impacto de la Digitalización y la Automatización en la



- Transformación Social e Industrial. *Revista Inclusiones*, 12(1), 216–243.
<https://doi.org/10.58210/fprc3592>
- De León López, R., & Victorino Ramírez, L. (2024). Implicaciones en Adoptar la Agricultura Digital. Una Visión Genérica. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(2), 6818–6826.
https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i2.11095
- Dominguez, L. (2021). Análisis del modelo de Industria 4.0 para la transformación tecnológica en el sector empresarial. *Redes y Sistemas Integrados (REDSIS)*, 20(2), 3–19.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8577951>
- Escobar-Mamani, F., Argota-Pérez, G., Ayaviri Nina, V. D., Aguilar-Pinto, S. L., Quispe Fernandez, G. M., & Arellano Cepeda, O. E. (2021). Costeo basado en actividades (ABC) en las PYMES e iniciativas innovadoras: ¿opción posible o caduca? *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 23(3), 171–180. <https://doi.org/10.18271/ria.2021.321>
- Espinoza-Merchán, J., Marin-Saldarriaga, H., Zamora-Campoverde, M., & Carmenate-Fuentes, L. (2025). Análisis de las alternativas aduaneras y beneficios del uso de drones en la agricultura de El Oro, 2025. 593 Digital Publisher CEIT, 10(4), 626–635.
<https://doi.org/10.33386/593dp.2025.4.3342>
- FAO. (2026). Banano. Análisis del Mercado. Resultados Preliminares 2025. FAO. [Boletín] P. 19.
<https://openknowledge.fao.org/handle/20.500.14283/cd8079es>
- Fernández, H. (2021). ¿Desaparecerá la profesión de contabilidad a causa de la tecnología? Mitos y realidades contemporáneas. *Actualidad Contable FACES*, (42), 113–124.
<https://doi.org/10.53766/accon/2021.42.04>
- Føre, M., Alver, M. O., Alfredsen, J. A., Rasheed, A., Hukkelås, T., Bjelland, H. V., Su, B., Ohrem, S. J., Kelasidi, E., Norton, T., & Papandroulakis, N. (2024). Digital Twins in intensive aquaculture — Challenges, opportunities and future prospects. In *Computers and Electronics in Agriculture* (Vol. 218). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2024.108676>
- García Rivas, E., & Aguilera Fernández, M. (2023). Antecedentes para una definición formal del concepto “monocultivo forestal”. *Ciencia & Investigación Forestal*, 77–81.
<https://doi.org/10.52904/0718-4646.2023.584>

- Ghandar, A., Ahmed, A., Zulfikar, S., Hua, Z., Hanai, M., & Theodoropoulos, G. (2021). A decision support system for urban agriculture using digital twin: A case study with aquaponics. *IEEE Access*, 9, 35691–35708. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3061722>
- Guerrero Pacheco, J. P., & Solis Muñoz, J. B. (2025). Estrategias de gestión para la reducción de costos de producción en la industria de confecciones. *Religación*, 10(45), e2501461. <https://doi.org/10.46652/rgn.v10i45.1461>
- Instituto Nacional de Estadísticas y Censos del Ecuador. (2024). Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua ESPAC. <https://n9.cl/z6rzra>
- Japón-Jaramillo, E., Ramos-Prieto, A., & Lalangui-Balcázar, M. (2025). Análisis de la normativa contable frente a la Agricultura 4.0 en el sector bananero oreño. *Sociedad & Tecnología*, 8(S3), 1178–1190. <https://doi.org/10.51247/st.v8iS3.689>
- León Ajila, J. P., Espinosa Aguilar, M. A., Carvajal Romero, H. R., & Quezada Campoverde, J. (2023). Análisis de la producción y comercialización de banano en la provincia de El Oro en el periodo 2018-2022. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 7494–7507. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4981
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca. (2024). Informe del índice de productividad agrícola. <https://sipa.agricultura.gob.ec/index.php/informe-del-ipa/informe-ipa-2024>
- Morales-Gutama, F. M., & Zapata-Sánchez, P. E. (2024). Transformación digital en la contabilidad de costos: impactos en el ámbito educativo y empresarial. *CIENCIAMATRIA*, 10(1), 207–235. <https://doi.org/10.35381/cm.v10i1.1218>
- Moreno-Ortiz, A. L. (2023). Importancia de la Actividad Agrícola y la Innovación Social en los Centros Públicos de Investigación: un Análisis Bibliométrico. *Scientia et PRAXIS*, 3(05), 1–31. <https://doi.org/10.55965/setp.3.05.a1>
- Mosquera Yépez, G. G., Espinoza Roca, L. R., & Chancay Quimis, J. D. (2022). Transformación digital e innovación. *RECIAMUC*, 6(3), 736–744. [https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.\(3\).julio.2022.736-744](https://doi.org/10.26820/reciamuc/6.(3).julio.2022.736-744)
- Mühl, D. D., & de Oliveira, L. (2022). A bibliometric and thematic approach to agriculture 4.0. *Heliyon*, 8(5). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09369>



- Murga Roche, A. R., García Godínez, D. R., Rivas Quex, M. R., & Celada Argueta, V. J. (2025a). EFFICIENT FARMING. *Gente Clave*, 9(2), 78–84. <https://doi.org/10.65050/rgc.v9n2a7>
- Ojeda Beltran, A. (2022). Plataformas Tecnológicas en la Agricultura 4.0: una Mirada al Desarrollo en Colombia. *Computer and Electronic Sciences: Theory and Applications*, 3(1), 9–18. <https://doi.org/10.17981/cesta.03.01.2022.02>
- Porporato, M., & Tiepermann Recalde, J. (2021). Costos Basados en las Actividades (ABC): aplicando una herramienta para la gestión estratégica en empresas de servicios. *Cuadernos Latinoamericanos de Administración*, 17(32). <https://doi.org/10.18270/cuaderlam.v17i32.3448>
- Romero-García, C. V., Saraguro-Reyes, C. M., Mazon-Olivo, B. E., & Morocho-Román, R. F. (2025). Agricultura de precisión en la producción de banano. *Revisión sistemática. Ingenium et Potentia*, 7(12), 50–76. <https://doi.org/10.35381/i.p.v7i12.4450>
- Sánchez Palacios, L. E., Martínez Alcivar, F. R., Torres Sánchez, S. T., Lascano Montes, A. C., & Terán Guajala, G. N. (2024). Agricultura de Precisión en El Ecuador. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(1), 1532–1542. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i1.9547
- Soriano Morales, G. F. (2024). Sistemas de producción flexibles basados en la industria 4.0 para la manufactura personalizada. *Ibero-American Journal of Economics & Business Research*, 4(2), 31–37. <https://doi.org/10.56183/iberocb.v4i2.31>
- Tamayo Ortiz, C. V., & Alegre Orihuela, J. C. (2022). Asociación de cultivos, alternativa para el desarrollo de una agricultura sustentable. *Siembra*, 9(1), e3287. <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i1.3287>
- Tovar-Quiroz, A. D. (2023). Agricultura 4.0: uso de tecnológicas de precisión y aplicación para pequeños productores. *Informador Técnico*, 87(2). <https://doi.org/10.23850/22565035.5536>
- Valenzuela-García, J. R., De la Peña-Casas, B. E., & Gaytán-Muñiz, T. (2023). Agricultura 4.0. *Revista Agraria*, (SE1), 3. <https://doi.org/10.59741/agraria.v19iSE1.4>
- Zambrano-Silva, D. H., Soto-Chávez, L. E., & Ugalde-Vicuña, J. W. (2021). Teoría de las restricciones y su impacto en las mejoras de la productividad. 63(11), 398–411. <https://doi.org/10.23857/pc.v6i11.3277>



Zhiminaicela Cabrera, J. B., Quevedo Guerrero, J. N., & García Batista, R. M. (2020). La producción de banano en la Provincial de El Oro y su impacto en la agrobiodiversidad. *Revista Metropolitana de Ciencias Aplicadas*, 3(3), 189–195. <https://doi.org/10.62452/96m1x603>

