



Contribución de la máquina automática sembradora de semillas con tecnología IOT para la optimización del tiempo en agricultores

Contribution of the automatic seed sowing machine with IOT technology for the optimization of time in farmers

Contribuição da semeadora automática de sementes com tecnologia IOT para a otimização do tempo nos agricultores

Carlos Acosta ^I

carlos.acosta@intsuperior.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0003-4336-259X>

Alexis Márquez ^{II}

alexis.marquez@intsuperior.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0001-7923-9417>

Alba Flores ^{III}

alba.flores@intsuperior.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0008-4074-051X>

Verónica Valenzuela ^{IV}

carmen.valenzuela@intsuperior.edu.ec
<https://orcid.org/0000-0002-3267-7273>

Correspondencia: carlos.acosta@intsuperior.edu.ec

Ciencias Técnica y Aplicadas
Artículo de Investigación

* **Recibido:** 17 de junio de 2023 * **Aceptado:** 22 de julio de 2023 * **Publicado:** 16 de agosto de 2023

- I. Instituto Tecnológico Superior "Nelson Torres", Ecuador.
- II. Instituto Tecnológico Superior "Nelson Torres", Ecuador.
- III. Instituto Tecnológico Superior "Nelson Torres", Ecuador.
- IV. Instituto Tecnológico Superior "Nelson Torres", Ecuador.

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo general analizar la contribución de la máquina automática sembradora de semillas con tecnología IOT para la optimización del tiempo en agricultores. El proceso metodológico del estudio fue cualitativo, de tipo bibliográfico – documental, experimental. Se analizó las ventajas y desventajas de la utilización de una máquina automática sembradora de semillas con tecnología IOT enfocada en optimización de tiempo de sembrado. Se determinó que al utilizar máquinas automáticas se puede reducir tiempo y costos en el sembrado de semillas en bandejas, dentro de piloneras, además, existen una gran contribución al utilizar máquinas de este tipo ya que los trabajadores de piloneras reducen enfermedades producidas en las manos como es el túnel carpiano, se detectó que al utilizar máquinas de este tipo se disminuye significativamente el empleo de mano de obra, reduciendo los costos de producción. Con la utilización de la tecnología IOT en el sembrado de semillas, los operarios conocen el tiempo real del número de bandejas sembradas. La limitación más notoria en la utilización de internet de las cosas es la cobertura, ya que existen piloneras que están ubicadas en zonas lejanas.

Palabras clave: Contribución; máquina; sembradora; tecnología; IOT; agricultores.

Abstract

The present investigation has as a general objective to analyze the contribution of the automatic seed sowing machine with IOT technology for the optimization of time in farmers. The methodological process of the study was qualitative, bibliographical - documentary, experimental. The advantages and disadvantages of using an automatic seed sowing machine with IOT technology focused on optimizing sowing time were analyzed. It was determined that by using automatic machines, time and costs can be reduced in the sowing of seeds in trays, inside bollards, in addition, there is a great contribution when using machines of this type since the bollard workers reduce diseases produced in the hands such as is the carpal tunnel, it was detected that when using machines of this type, the use of labor is significantly reduced, reducing production costs. With the use of IOT technology in sowing seeds, the operators know the real time of the number of sown trays. The most notorious limitation in the use of the Internet of Things is coverage, since there are pylons that are located in remote areas.

Keywords: Contribution; machine; seeder; technology; IoT; farmers.

Resumo

A presente investigação tem como objetivo geral analisar a contribuição da semeadora automática de sementes com tecnologia IOT para a otimização do tempo nos agricultores. O processo metodológico do estudo foi qualitativo, bibliográfico - documental, experimental. Foram analisadas as vantagens e desvantagens da utilização de uma semeadora automática de sementes com tecnologia IOT com foco na otimização do tempo de semeadura. Constatou-se que com a utilização de máquinas automáticas, pode-se reduzir tempo e custos na semeadura de sementes em bandejas, dentro de cabeços, além disso, há uma grande contribuição ao utilizar máquinas deste tipo, pois os trabalhadores de cabeços reduzem as doenças produzidas nas mãos como é o túnel do carpo, foi detectado que ao utilizar máquinas desse tipo, o uso de mão de obra é significativamente reduzido, diminuindo os custos de produção. Com o uso da tecnologia IOT na semeadura, os operadores sabem em tempo real o número de bandejas semeadas. A limitação mais notória no uso da Internet das Coisas é a cobertura, já que existem postes que estão localizados em áreas remotas.

Palavras-chave: Contribuição; máquina; semeador; tecnologia; IoT; agricultores.

Introducción

En el Ecuador, la agricultura ha sido tradicionalmente una actividad esencial para la economía y el sustento de la población, cuenta con una amplia gama de climas y ecosistemas que permiten el desarrollo de una gran variedad de cultivos. Durante décadas, la producción agrícola se ha centrado en cultivos tradicionales como el banano, el cacao, el café y las flores, todos ellos reconocidos internacionalmente por su calidad (Viteri & Tapia, 2018).

Además, la agricultura familiar juega un papel importante en la producción de alimentos básicos y la preservación de la biodiversidad agrícola. Sin embargo, a lo largo de los años, el sector agrícola ha enfrentado desafíos como la falta de tecnología, infraestructura rural limitada, deforestación y los efectos del cambio climático. Este contexto ha llevado a un mayor enfoque en la promoción de la agricultura sostenible, la promoción de los agronegocios y la diversificación de productos agrícolas para aumentar la seguridad alimentaria, crear empleos en las zonas rurales

y promover el desarrollo económico del país (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2023).

Es importante resaltar que más del 64% de la producción agrícola nacional está en manos de pequeños productores, y la mayoría de los alimentos consumidos en Ecuador provienen de la Agricultura Familiar Campesina, representando aproximadamente el 60% de la producción total. Además, la AFC también contribuye a la oferta de productos de exportación, siendo responsable de aproximadamente el 80% de las UPAs de cacao y el 93% de las UPAs de café (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2023).

En el Ecuador la superficie sembrada de cultivos transitorios en el 2022 fue de maíz duro 372.581, arroz 343.061 maíz suave seco 42.058, frejol seco 26.376, soya 22.163 y otros transitorios 155.515, en este último se encuentra la producción de tomate riñón y pimiento, tomando en cuenta que en la región sierra es el sector propicio para este tipo de producción, con mayor incidencia en la provincia de Imbabura (Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, 2022).

En la provincia de Imbabura se encuentran registrados formalmente 14 establecimientos de mediano tamaño dedicados a la agricultura generando 203 plazas de trabajo, pero a estas cifras se agregan los pequeños productores que según INEC son alrededor de 100.000 formando parte del 25% del total de la población de la provincia (Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2010).

Para la industria agropecuaria se emplean diferentes tecnologías para mejorar los sistemas de producción, una de ellas es la IoT o internet de las cosas, así lo menciona Laverde & Laverde (2021) “El internet de las cosas o por sus siglas en inglés IoT, ha ayudado a transformar y mejorar procesos de las industrias entre las que se encuentra la agricultura” (p.2). Para Tovar et al., (2019), el uso creciente de tecnologías como la robótica, los drones, la inteligencia artificial y los sistemas de información geográfica ha permitido a los agricultores optimizar sus procesos y aumentar la eficiencia en diversas áreas. Desde la siembra y el riego hasta la cosecha y la gestión de plagas, la automatización ha permitido una mayor precisión y control en cada etapa del ciclo agrícola.

La agricultura ha experimentado una transformación significativa gracias a la incorporación de tecnologías avanzadas como máquinas agrícolas inteligentes, control de plagas basado en la inteligencia artificial, drones para la monitorización de cultivos y ganado, y estaciones que recopilan variables agroclimáticas. Estas innovaciones han revolucionado la manera en que se

abordan los desafíos en la producción agrícola, al permitir la recolección y análisis de grandes cantidades de datos cruciales a un costo relativamente bajo (Espinoza et al., 2019).

El problema que radica en el sector de la agricultura en la provincia de Imbabura de acuerdo a Moreno & Jaramillo (2015), está relacionado a la “falta de innovación tecnológica para las actividades agrícolas” (p.63). La falta de aplicación de tecnología en la agricultura enfrenta un desafío significativo en términos de la escasa aplicación de tecnología en el sector agrícola. A pesar de contar con un gran potencial agrícola y una diversidad de cultivos, la falta de acceso y adopción de tecnologías modernas limita el desarrollo y la productividad agrícola (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, 2020)

La escasez de recursos tecnológicos agrícolas adecuados, como sistemas de riego eficientes, sensores de monitoreo, maquinaria agrícola avanzada y herramientas de gestión de datos, dificulta la implementación de prácticas agrícolas eficientes y sostenibles. Por lo que existe una baja conciencia y capacitación tecnológica.

Los agricultores no están familiarizados con las tecnologías agrícolas modernas y no tienen la capacitación necesaria para utilizarlas de manera efectiva. La falta de conciencia y conocimiento sobre los beneficios y el uso adecuado de la tecnología limita su adopción en la agricultura (Agenda Productiva de Imbabura, 2021).

Además, la adquisición de tecnologías agrícolas puede implicar costos significativos, lo que dificulta su accesibilidad para muchos agricultores, la falta de incentivos financieros y apoyo gubernamental limita la capacidad para invertir en tecnología y modernizar sus operaciones. Sumada a la brecha digital y conectividad limitada en áreas rurales de Imbabura dificulta la implementación y el uso de tecnologías basadas en Internet, como el monitoreo remoto y la gestión de datos en tiempo real. La falta de acceso confiable a Internet limita la capacidad de los agricultores para beneficiarse de las soluciones digitales.

La falta de aplicación de tecnología en la agricultura tiene varios impactos negativos, entre ellos, se puede destacar la baja productividad agrícola, limita la eficiencia productividad y el rendimiento de los cultivos, uso ineficiente de recursos naturales como agua, fertilizantes y pesticidas, repercutiendo también en el medio ambiente (García, 2021).

Para enfrentar estas problemáticas, una de las alternativas de solución es la implementación de tecnologías de Internet de las cosas IOT, permite la conexión y comunicación entre dispositivos, sensores y sistemas en tiempo real, lo que se traduce en una mayor eficiencia y precisión en los

procesos. Uno de los tipos de tecnología IOT es la máquina sembradora automática, por su parte, utiliza sensores y algoritmos para determinar el momento y la profundidad adecuada de siembra, optimizando así el uso de semillas y reduciendo el tiempo de trabajo requerido para la siembra (González et al., 2020).

Esta tecnología no es nueva en la agricultura, sin embargo, su uso se ha limitado en gran medida a grandes empresas y explotaciones agrícolas debido a su alto costo. No obstante, la necesidad de optimizar el tiempo en los agricultores ha llevado a la investigación y desarrollo de nuevas soluciones más accesibles para pequeños y medianos productores.

En este sentido, la contribución de la máquina sembradora automática con tecnología IOT se vuelve relevante en la búsqueda de soluciones prácticas y económicas para mejorar la eficiencia en la siembra y reducir los tiempos de producción en la agricultura. En este trabajo se analizan sus antecedentes, su necesidad e importancia, y se presentan las ventajas y desventajas de su implementación en el campo (González et al., 2020).

Es importante destacar que, aunque existen trabajos anteriores que analizan la implementación de estas tecnologías en la agricultura, muchos de estos estudios se han realizado en contextos específicos y con limitaciones en la muestra de población. Por lo tanto, se necesita una mayor investigación y análisis crítico para determinar la efectividad y viabilidad de estas tecnologías en diferentes contextos y para diferentes tipos de agricultores.

El alcance del problema de la optimización del tiempo en la agricultura se refiere a la necesidad de mejorar la eficiencia y productividad en la siembra de cultivos, mediante el uso de tecnologías como la máquina sembradora automática con tecnología IOT. El problema es de relevancia para los agricultores, ya que puede afectar directamente su rentabilidad y sostenibilidad.

En base a lo establecido la presente investigación tiene como objetivo analizar el aporte de la máquina sembradora automática con tecnología IOT en la optimización del tiempo en la agricultura, identificando las ventajas y desventajas de su implementación en diferentes contextos y para diferentes tipos de agricultores. Además, se pretende analizar las barreras y limitaciones que pueden enfrentar los agricultores para la adopción de estas tecnologías, así como las mejores prácticas para su implementación y uso.

Métodos

El enfoque de investigación para el análisis de la contribución de la máquina automática sembradora de semillas para tomate y pimiento con tecnología IOT fue mixto, debido a que se detallan las características de la máquina, formas de producción y cuantitativo porque se recurrió a la estadística descriptiva para conocer la percepción de los agricultores frente al uso.

Se empleó la investigación descriptiva que permitió detallar el impacto de la máquina sembradora de semillas en la optimización del tiempo en la siembra de tomate riñón y pimiento. Se llevó a cabo una revisión sistemática de la literatura existente sobre la implementación de la máquina sembradora automática con tecnología IOT en la agricultura, se analizaron estudios de casos y se recopiló información a través de encuestas.

Se realizó una encuesta a 25 agricultores de la provincia de Imbabura, misma que estuvo estructurada con preguntas de opción múltiple, para conocer los modos de producción, tiempos de siembra por hectárea, número de trabajadores, impacto y ventajas de utilizar esta máquina sembradora con tecnología IOT.

En cuanto a las limitaciones encontradas durante el desarrollo del proyecto, se enfrentaron desafíos relacionados con el servomotor seleccionado, este generaba aceleraciones cortas en la banda transportadora, lo que causaba problemas en el momento del sembrado, ya que la velocidad de las bandejas se alteraba constantemente. Para abordar este problema, se configuró el Arduino para detener la banda transportadora en cada fila de la bandeja y realizar el sembrado. Además, se implementó un trinquete para evitar que la banda retrocediera entre 5 y 10 mm, lo cual afectaba el proceso de siembra.

La elección del servomotor para el movimiento de la banda transportadora se basó en su precisión y alto freno. Además, la capacidad de ajustar la velocidad, precisión y freno del servomotor permitió una detección adecuada de los sensores y un buen funcionamiento de la máquina. Después de realizar pruebas de velocidad, se estableció una velocidad de 5 rpm como adecuada para el transporte de la carga.

Para asegurar que la máquina absorba solo una semilla, se reguló el caudal de vacío a -0.4 bar con una presión de funcionamiento de 7 bares. La altura óptima de succión de las semillas se determinó en 4 mm para lograr una succión efectiva.

La máquina siembra fila por fila y, cuando se detecta la fila mediante un sensor, la banda transportadora se detiene durante dos segundos y la máquina realiza la siembra de manera

automática. Para lograr una distribución uniforme de las semillas, se utilizaron motores excéntricos que generan una vibración uniforme en toda la base de las semillas, garantizando una distribución adecuada.

Análisis y discusión de resultados

Para poner en marcha la experimentación de la máquina sembradora de semillas con tecnología IOT, se procedió a realizar pruebas de funcionamiento, misma que brindó información valiosa para identificar las posibles fallas y ajustes necesarios en la máquina sembradora. Es importante abordar las fallas identificadas en la estructura mecánica y garantizar un funcionamiento adecuado de la banda transportadora, la absorción de las semillas y el sembrado. Además, se debió tomar medidas para reducir el nivel de ruido y proteger la salud auditiva de los operadores. Estos resultados sirvieron como base para realizar mejoras y optimizar el rendimiento de la máquina sembradora en futuras implementaciones.

Pruebas de la estructura mecánica de la máquina: Se identificaron varias posibles fallas en la estructura mecánica de la máquina, como el rozamiento de la banda transportadora con la estructura, el desalineamiento de los rodillos de la banda, el desnivel de la máquina para el proceso de producción de plántulas, los tornillos flojos debido a la vibración y la suciedad en las boquillas de succión. Estas fallas pueden afectar el funcionamiento adecuado de la máquina y deben ser corregidas para asegurar un rendimiento óptimo.

Las pruebas de sembrado se enfocaron en el funcionamiento del servomotor, el desplazamiento de la banda transportadora, la absorción de las semillas y el sembrado en sí. Se realizaron pruebas de funcionamiento del servomotor para determinar la velocidad adecuada de transporte de carga, obteniendo una velocidad de 5 rpm. Se observó que el desplazamiento de la banda transportadora debe estar nivelado y no debe estirarse más de 7 cm para evitar problemas y daños. La absorción de las semillas dependió de una vibración uniforme y una distancia de succión de 4 mm. La eficiencia de la sembradora automática de semillas fue del 75%, influida por factores como la cantidad de semillas y el estado de las boquillas de succión.

Se utilizó la aplicación de celular Smart Tools para medir el nivel de ruido producido por la máquina sembradora, obteniendo un resultado de 84 dB. Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), el límite de exposición segura para el oído humano es de 55 decibeles. Se

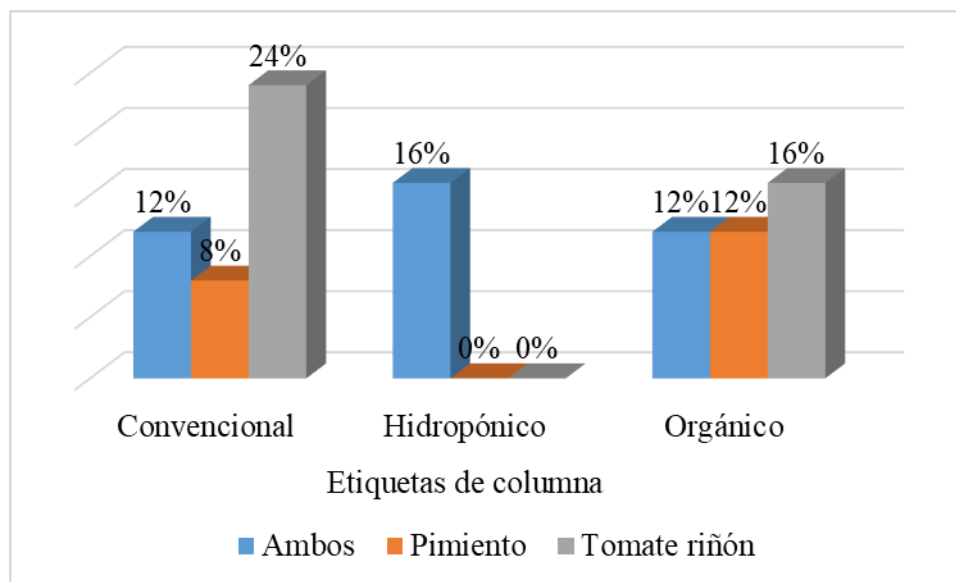
recomienda el uso de protección auditiva, como orejeras, para reducir el riesgo de malestares físicos causados por niveles de ruido superiores a 60 decibeles.

En cuanto a los resultados que reportan la encuesta sobre el uso de la máquina sembradora logró acelerar el proceso de siembra de semillas de tomate y pimiento en las bandejas mediante el distribuidor de succión. Este distribuidor genera un vacío que permite absorber hasta tres semillas y luego las deposita automáticamente en las bandejas. Esto resultó en una reducción del 96% del tiempo requerido para sembrar manualmente cada bandeja. Anteriormente, el proceso manual tomaba 25 minutos, mientras que con la máquina se reduce a 1 minuto.

La implementación de esta máquina sembradora también permite reducir los costos de mano de obra. Anteriormente, se requerían cuatro trabajadoras para sembrar manualmente 3,200 pilones por hora. Con la máquina automática, solo se necesita una persona y se pueden producir 4,000 pilones por hora. Resaltando la importancia del empleo de la tecnología, la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) et al., (2019), menciona que se debe compatibilizar diferentes opciones tecnológicas para mejorar la producción agrícola.

Estos resultados se apegan a la afirmación realizada por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) (2021), que menciona que: “la expansión de la internet industrial, de los sistemas inteligentes, de las cadenas de valor virtuales y de la inteligencia artificial en los procesos productivos aceleran las innovaciones y generan ganancias de productividad, con efectos positivos en el crecimiento económico” (p.12)

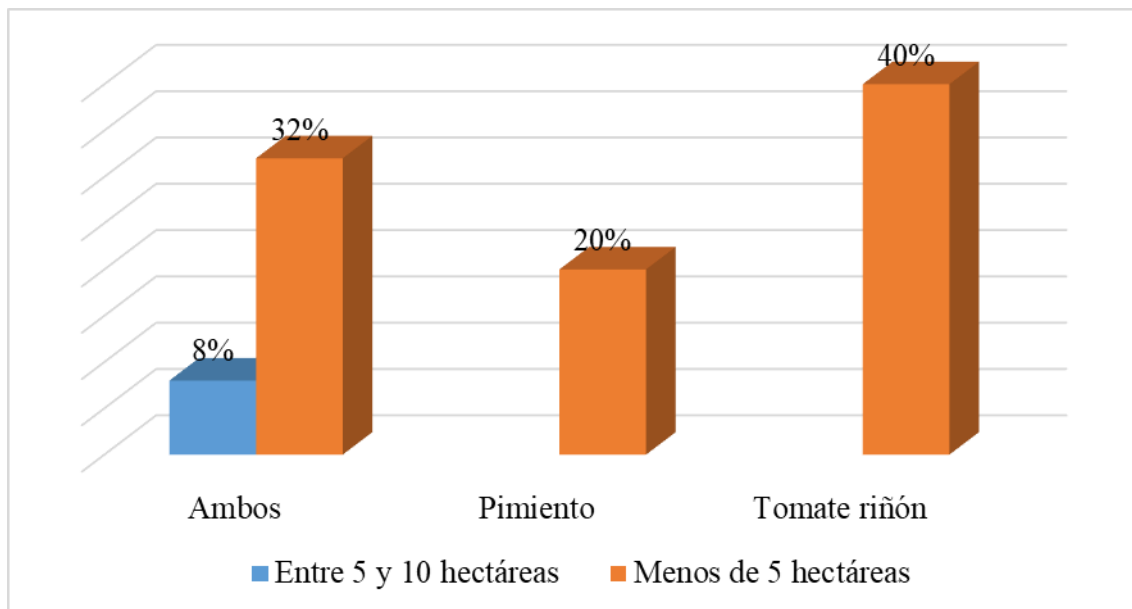
Es importante destacar que la máquina requiere un espacio físico significativo y estable para su funcionamiento adecuado, se debe contar con un lugar con un nivel óptimo para su ubicación.

Figura 1 Tipo de cultivo de acuerdo al modo de producción agrícola

Los resultados muestran que las prácticas de producción agrícola varían según el tipo de cultivo. En el caso del tomate riñón, se observó que el 16% de los agricultores utilizan la hidroponía como medio de producción. La hidroponía es un sistema que permite que las plantas crezcan sin tierra, utilizando una solución nutritiva en lugar de un sustrato tradicional. Por otro lado, el 24% de los productores de tomate riñón eligieron el sistema de producción convencional, donde se cultivan en el suelo con métodos de cultivo tradicionales. Para el pimentón, el 16% de los agricultores también utilizan la hidroponía como medio de producción, al igual que para los tomates rojos. Sin embargo, la proporción de agricultores que utilizan sistemas de producción tradicionales es baja, representando solo el 8% del pimentón. Esto muestra que la hidroponía es más común en el cultivo de pimientos que en los tomates rojos.

Además, se observó que el 12% de los agricultores produce tomates rojos y pimientos utilizando sistemas de producción orgánicos, lo que significa que siguen prácticas agrícolas sin el uso de productos químicos sintéticos, como pesticidas y fertilizantes, y se enfocan en métodos naturales y sostenibles.

Figura 2 Tipo de cultivo de acuerdo al tamaño aproximado de la finca.

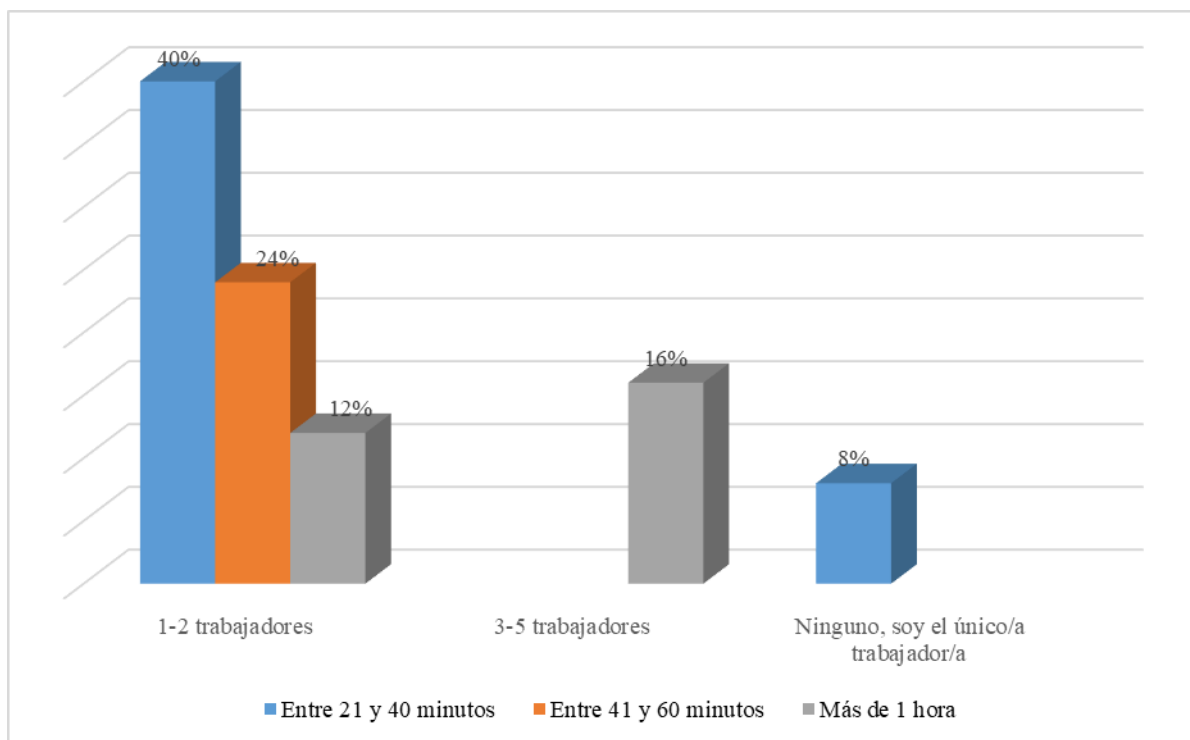


Los resultados mostraron una correlación entre el tamaño estimado de la finca y el tipo de cultivo, con especial énfasis en el cultivo de tomate riñón. Se observe que el 40% de las fincas menores de 5 hectáreas se dedican al tomate riñón, lo que indica que las fincas más pequeñas prefieren este cultivo. Esto puede deberse a varios factores, como la demanda del mercado, la rentabilidad del cultivo o la idoneidad agronómica de los tomates riñón para las pequeñas explotaciones.

En cuanto al cultivo del pimentón, el 20% de las fincas de menos de 5 hectáreas se dedican a este cultivo. Aunque este porcentaje es bajo en comparación con los tomates riñón, todavía hay un número significativo de agricultores que eligen cultivar pimientos en fincas más pequeñas.

Además, cabe destacar que el 40% de las fincas de menos de 5 hectáreas cultivan tanto tomate riñón como pimiento. Esto sugiere que algunos agricultores están optando por diversificar sus cultivos en fincas más pequeñas, aprovechando las oportunidades del mercado y la demanda de ambos cultivos.

Figura 3 Número de trabajadores y promedio dedicado a la siembra de semillas por cada bandeja de 250 plántulas.

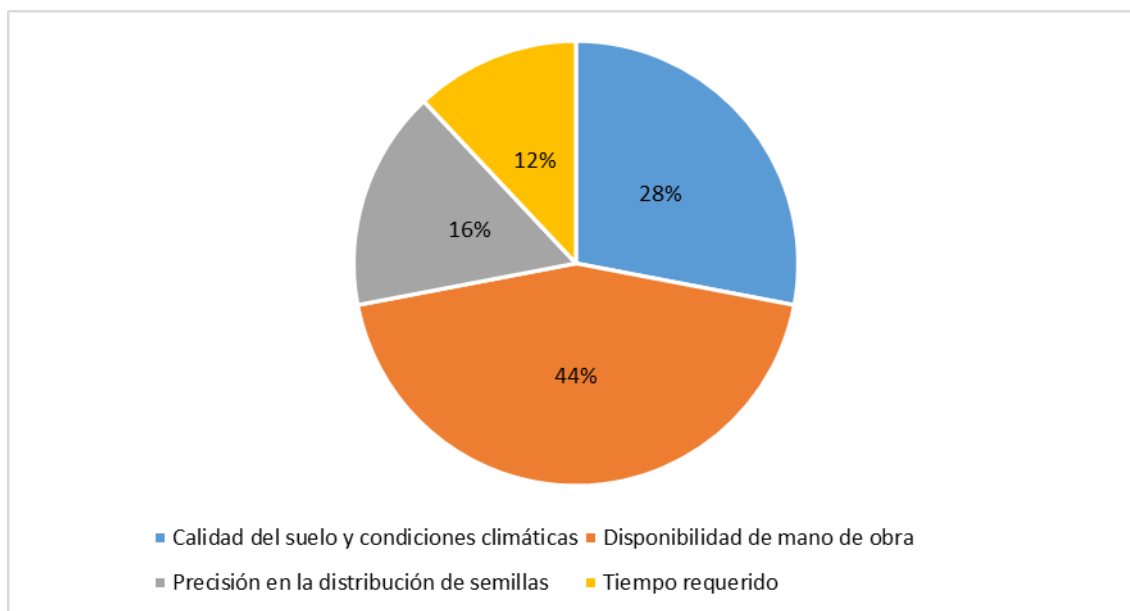


Los resultados revelaron información relevante sobre el tiempo empleado en la siembra de semillas por bandeja de 250 plántulas en función del número de trabajadores. En donde se cuenta con uno o dos trabajadores, el tiempo de siembra varía entre 21 y 40 minutos por bandeja, lo cual representa el 40% de la muestra. En algunos casos, el tiempo puede extenderse hasta 60 minutos debido a las múltiples actividades requeridas para preparar los sustratos utilizados para llenar las bandejas antes de la siembra de las semillas.

Por otro lado, en donde se tiene de 3 a 5 trabajadores, el tiempo de siembra supera una hora por bandeja. Esta demora puede estar relacionada con el hecho de que los trabajadores, además de la siembra, se encargan de todas las labores agrícolas en las granjas. Es posible que la asignación de tareas múltiples limite el tiempo disponible para la siembra y, por lo tanto, provoque una mayor duración del proceso.

En el caso de tener un solo trabajador, se observa que se demora entre 21 y 40 minutos en la siembra de semillas, lo cual representa el 8% de la muestra. Esta demora puede deberse al hecho de que el agricultor tenga una finca muy pequeña y se dedique exclusivamente a la producción de plantines, lo que permite una mayor eficiencia y enfoque en la tarea de siembra.

Figura 4 Principal desafío en el proceso de siembra de semillas



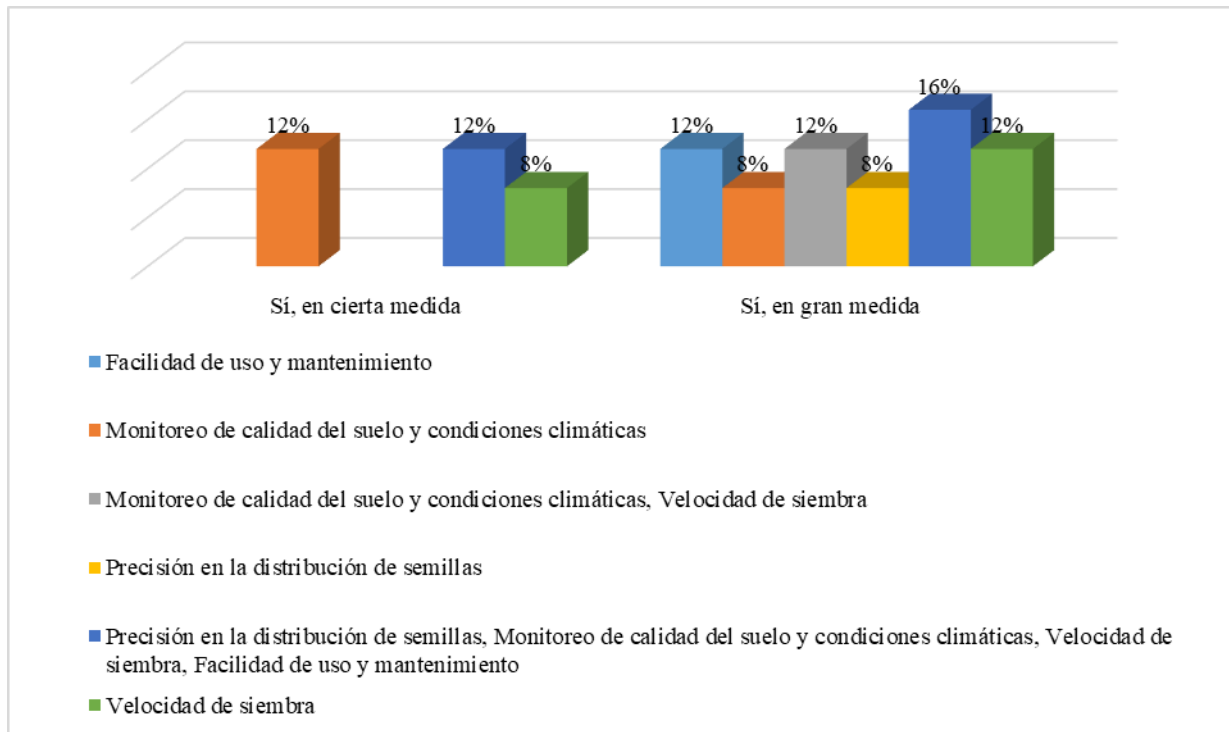
Los resultados mostraron que el principal desafío que enfrentan los productores en el proceso de siembra de semillas es la elevada demanda de mano de obra, ya que representa el 44% de los desafíos identificados. La necesidad de contar con un número suficiente de trabajadores agrícolas para llevar a cabo la siembra de semillas de manera eficiente y oportuna puede ser costosa y difícil de gestionar. Sin embargo, este desafío está inversamente proporcional al tiempo requerido para la siembra de semillas, que representa el 12% de los desafíos identificados. Esto significa que, al aumentar la mano de obra disponible, se puede reducir el tiempo necesario para completar la siembra. Estas dos variables están relacionadas entre sí, ya que un aumento en la mano de obra disponible puede agilizar el proceso de siembra y permitir una mayor eficiencia.

Otro desafío importante que incide en la siembra de semillas es la calidad del suelo y los cambios climáticos, que representa el 28% de los desafíos identificados. El éxito de la siembra depende en gran medida de las condiciones del suelo, incluyendo su fertilidad, drenaje y textura.

La precisión de siembra en la distribución de semillas es otro desafío importante, representando el 16% de los desafíos identificados. La forma en que se distribuyen las semillas durante la siembra puede tener un impacto significativo en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Una distribución imprecisa de las semillas puede dar lugar a un espacio inadecuado entre las plantas,

lo que puede afectar el crecimiento de las raíces y, en última instancia, el rendimiento de los cultivos.

Figura 5 Aporte a la productividad y eficiencia

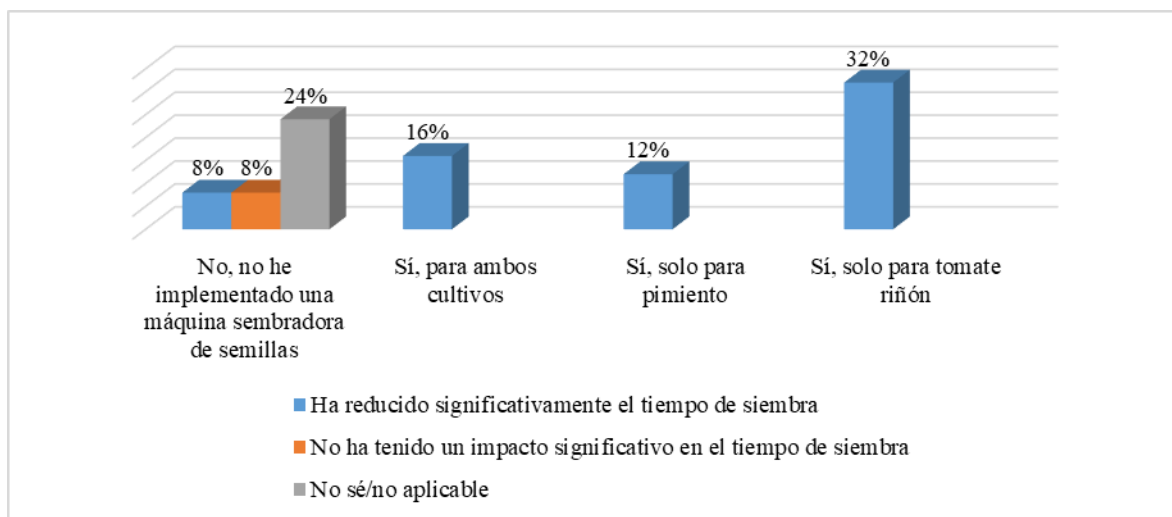


El resultado reveló varios aspectos importantes que los productores consideran en gran medida al seleccionar una máquina sembradora de semillas. En primer lugar, el 16% de los productores destacaron la precisión en la distribución de semillas como un factor importante, además, valoraron la capacidad de monitorear el suelo y las condiciones climáticas, la velocidad de siembra, la facilidad de uso y el mantenimiento.

Por otro lado, el 12% de los productores enfatizaron la importancia de una velocidad de siembra óptima, así como la capacidad de la máquina para monitorear la calidad del suelo y verificar las condiciones climáticas. Asimismo, consideraron esencial que la máquina fuera fácil de usar y mantener.

Por último, un 8% de los productores destacaron la necesidad de que la máquina garantizara una precisión en la distribución de semillas, además de monitorear la calidad del suelo y las condiciones climáticas.

Figura 6 Optimización del tiempo de siembra.



El resultado reveló varios resultados importantes relacionados con el uso de la máquina sembradora de semillas y su impacto significativo en el tiempo de siembra. Se observó que un 32% de los productores utilizan la máquina sembradora de semillas en el cultivo de tomate riñón, una hortaliza ampliamente utilizada para el consumo humano.

Además, se encontró que un 16% de los productores utilizan la máquina sembradora de semillas tanto para el cultivo de pimiento y tomate riñón, se muestra que la máquina es versátil y puede adaptarse a diferentes tipos de cultivos.

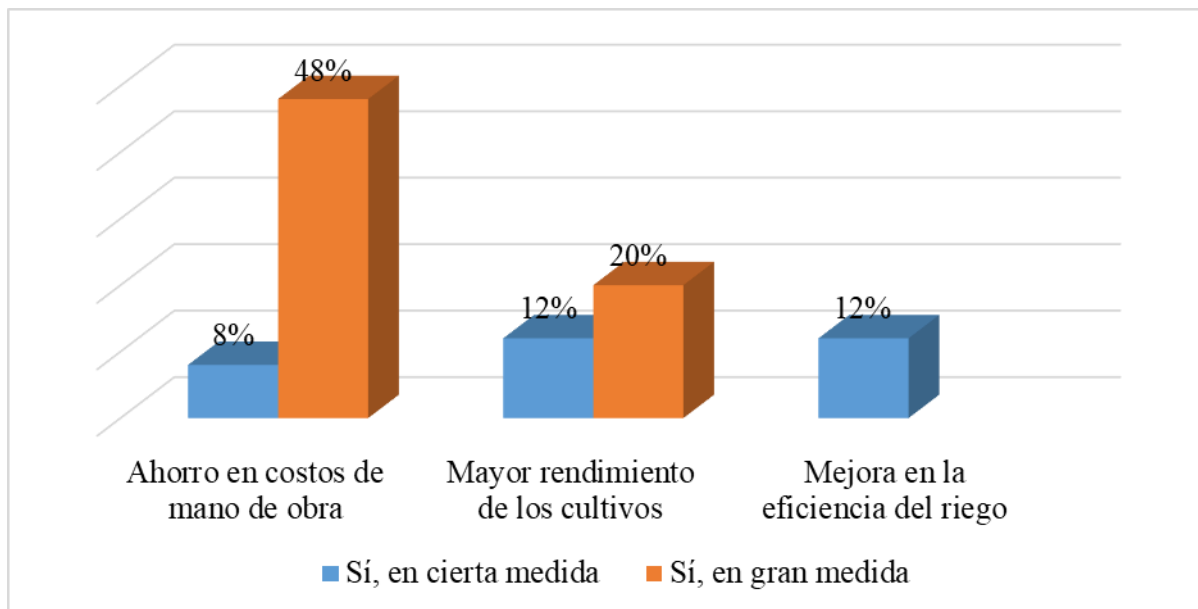
Por otro lado, se identificó que el 12% de los productores utiliza la máquina solo para el cultivo de pimiento. Aunque este porcentaje es menor en comparación con el uso de la máquina en el cultivo de tomate riñón, aún representa una proporción significativa de productores que han optado por utilizar la máquina para este cultivo en particular.

Por último, se destacó que un 24% de los productores no utilizan ninguna máquina sembradora de semillas, lo que significa que no han experimentado un impacto significativo en el tiempo de siembra en sus operaciones. Esto puede deberse a diferentes factores, como el tamaño de la explotación agrícola, la disponibilidad de recursos o las preferencias individuales de los agricultores.

Estos datos se apegan a los resultados obtenidos por Garibaldi et al., (2020), quienes mencionan que la contribución de una máquina sembradora de semillas en la agricultura moderna es

significativa y abarca varios aspectos clave que impactan tanto en la eficiencia como en la productividad de la siembra y el desarrollo de los cultivos.

Figura 7 Ventaja de utilizar la tecnología en el cultivo



Los resultados revelaron importantes ventajas en el uso de tecnología en el cultivo, las cuales contribuyen a mejorar la eficiencia en la explotación agrícola. En gran medida se observó un 48% de ahorro en los costos de mano de obra al utilizar la tecnología en el cultivo, esto indica una disminución significativa de los costos asociados y puede ser especialmente relevante en operaciones agrícolas a gran escala, donde la mano de obra es uno de los mayores gastos.

Además, se encontró un 20% de aumento en el rendimiento de los cultivos al utilizar la tecnología, el uso de maquinaria y equipos especializados puede mejorar la eficiencia en las labores de siembra, riego, cosecha, entre otros, lo que se traduce en un mayor rendimiento de los cultivos.

Por último, se destacó que un 12% de los agricultores reportaron una mejora en la eficiencia del riego al utilizar tecnología en el cultivo. Esto indica que la implementación de sistemas de riego avanzados, como sensores de humedad del suelo, riego por goteo automatizado u otros métodos de irrigación eficientes, ha permitido una utilización más precisa y óptima del agua, reduciendo así el desperdicio y mejorando la eficiencia en general.

Sin embargo, a pesar de las ventajas teóricas y la disponibilidad de tecnología, el informe del Censo Agropecuario Nacional en Argentina (INDEC 2021) muestra que solo alrededor del 4% de las unidades de producción practica la agricultura de precisión. Esto revela una brecha significativa entre el potencial tecnológico y la adopción real de estas herramientas (Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) et al., 2021).

Conclusiones

La implementación de la máquina automática sembradora de semillas con tecnología IoT en la agricultura tiene ventajas significativas en términos de eficiencia en la explotación. Permite reducir el tiempo y los costos asociados al sembrado de semillas en bandejas y piloneras, así como mejorar la eficiencia, precisión de los procesos de siembra, aumento en el rendimiento de los cultivos y mejora en la eficiencia del riego. Además, contribuye a reducir enfermedades laborales como el túnel carpiano y disminuye la necesidad de mano de obra, lo que puede tener implicaciones en el empleo de personal del ámbito agropecuario. Estos particulares respaldan la importancia y el impacto positivo que puede tener la adopción de tecnologías agrícolas avanzadas en la mejora de la productividad y la sostenibilidad en el sector agrícola.

La tecnología IoT aplicada al sembrado de semillas permite a los operarios conocer en tiempo real cuántas bandejas han sido sembradas, lo que facilita el monitoreo y la gestión de la siembra. Sin embargo, es importante tener en cuenta que la cobertura de Internet puede ser limitada en algunas zonas rurales, lo que puede dificultar la implementación y el uso de estas tecnologías en ciertos lugares.

El sector agrícola en la provincia de Imbabura, Ecuador, enfrenta desafíos relacionados con la falta de innovación tecnológica. La baja adopción de tecnologías modernas limita la eficiencia y productividad agrícola, así como el uso eficiente de los recursos naturales. Además, la falta de acceso a tecnologías agrícolas adecuadas, los altos costos de adquisición y la brecha digital dificultan la implementación de soluciones tecnológicas en el sector.

La adopción de la máquina sembradora automatizada con tecnología IoT en el ámbito agrícola presenta perspectivas prometedoras en cuanto a la optimización de la eficiencia y productividad en el proceso de siembra de cultivos. No obstante, se requiere llevar a cabo una mayor indagación e investigación crítica para evaluar de manera precisa su efectividad y viabilidad en diversos contextos y para distintos perfiles de agricultores.

Referencias

1. Agenda Productiva de Imbabura. (2021). *Contratación del servicio de consultoría de la agenda productiva de la provincia de Imbabura*. Gobierno Provincial de Imbabura. <https://www.imbabura.gob.ec/phocadownloadpap/agenda-productiva/diagnostico-y-propuestas-afc/diagnostico-y-propuestas-de-estrategias-sostenibles-agricultura-familiar-campesina-afc.pdf>
2. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). (2021). *Tecnologías digitales para un nuevo futuro*. Naciones Unidas. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/46816/1/S2000961_es.pdf
3. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), & Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2019). *Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas: Una mirada hacia América Latina y el Caribe 2019-2020*. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/45111/1/CEPAL-FAO2019-2020_es.pdf
4. Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL), Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), & Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (2021). *Perspectivas de la agricultura y del desarrollo rural en las Américas Una mirada hacia América Latina y el Caribe*. FAO. https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/47208/1/CEPAL-FAO21-22_es.pdf
5. Espinoza, M., Álvarez, G., & Chora, D. (2019). *La perfecta combinación de la internet de las cosas y la agricultura de precisión*. 3(2), 29-36. https://doi.org/10.26871/killkana_tecnica.v3i2.533
6. García, R. (2021). *Desarrollo agrario sostenible para la protección del medio ambiente*. 4(1), 1-231.
7. Garibaldi-Márquez, F., Martínez-Reyes, E., García-Hernández, R. V., & Galindo-Reyes, M. A. (2020). Sembradora para distribuir semillas a cuatro hileras en camas y captar agua

- de lluvia. *Ingeniería agrícola y biosistemas*, 12(1), 21-40.
<https://doi.org/10.5154/r.inagbi.2018.07.015>
8. González, L., Sofia, A. A. O., Laguía, D., Gesto, E., & Hallar, K. O. (2020). Internet del Futuro – Estudio de tecnologías IoT. *Informe Científico Técnico UNPA*, 12(3), 105-137.
 9. Instituto Nacional de Estadística y Censos. (2010). *Censo Nacional Económico*. Instituto Nacional de Estadística y Censos. <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-nacional-economico/>
 10. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos. (2022). *Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua*. ESPAC. https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Estadisticas_agropecuarias/espac/espac_2022/PPT_%20ESPAC_%202022_04.pdf
 11. Laverde, J., & Laverde, C. (2021). Internet de las cosas aplicado en la agricultura ecuatoriana: Una propuesta para sistemas de riego. *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores*, 8(2). <https://doi.org/10.46377/dilemas.v8i2.2542>
 12. Moreno, P. J., & Jaramillo, M. G. (2015). *Plan De Desarrollo Y Ordenamiento Territorial De La Provincia De Imbabura 2015-2035*. <https://imbabura.gob.ec/phocadownload/K-Planes-programas/PDOT/PDOT%20IMBABURA%202015-2035.pdf>
 13. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2023). *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura: Ecuador en una mirada | FAO en Ecuador | Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura*. <https://www.fao.org/ecuador/fao-en-ecuador/ecuador-en-una-mirada/es/>
 14. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. (2020). *¿Qué es la automatización agrícola?* <https://doi.org/10.4060/cb9479es>
 15. Tovar, J., Solórzano, J., Badillo, A., & Rodríguez, G. (2019). *Internet de las cosas aplicado a la agricultura: Estado actual*. 22, 86-105.
<https://doi.org/10.21501/21454086.3253>

16. Viteri, M., & Tapia, M. (2018). *Economía ecuatoriana: De la producción agrícola al servicio*. 39(32), 1-6.

© 2023 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).