

Estrategias para la reducción del desperdicio de alimentos en la producción agrícola

Strategies for reducing food waste in agricultural production

Mendoza-Montesdeoca, Wendy Soledad ¹; Hidalgo-Zambrano, Katherin Clarita ²

¹ Universidad Técnica de Manabí; Ecuador, Portoviejo; <https://orcid.org/0009-0003-6624-3718>; wendy.mendoza@utm.edu.ec

² Investigador Independiente; Ecuador, Portoviejo; <https://orcid.org/0009-0003-1132-190X>; kateclarita@hotmail.com

¹ Autor Correspondencia

 <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v1/n2/12>

Cita: Mendoza-Montesdeoca, W. S., & Hidalgo-Zambrano, K. C. (2023). Estrategias para la reducción del desperdicio de alimentos en la producción agrícola. *Innova Science Journal*, 1(2), 12-25. <https://doi.org/10.63618/omd/isj/v1/n2/12>

Recibido: 13/01/2023

Aceptado: 25/02/2023

Publicado: 30/04/2023



Copyright: © 2023 por los autores. Este artículo es un artículo de acceso abierto distribuido bajo los términos y condiciones de la Licencia Creative Commons, Atribución-NoComercial 4.0 Internacional. (CC BY-NC).

[\(https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/\)](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/)

Resumen: El desperdicio de alimentos en la producción agrícola es un problema global con impactos ambientales, económicos y sociales. Este estudio analiza estrategias para reducir estas pérdidas, centrándose en tecnologías avanzadas, buenas prácticas agrícolas y políticas públicas. Se destacan soluciones como almacenamiento en atmósfera controlada, empaques inteligentes y refrigeración eficiente, así como el uso de inteligencia artificial y big data para optimizar la producción. Además, se aborda el aprovechamiento de productos no comercializables mediante mercados alternativos, bancos de alimentos y su transformación agroindustrial. La capacitación de productores en técnicas postcosecha y comercialización es clave para minimizar pérdidas. Se concluye que la combinación de innovación tecnológica, gestión eficiente y educación agrícola es esencial para reducir el desperdicio de alimentos y mejorar la sostenibilidad agroalimentaria. La implementación de políticas públicas que faciliten la adopción de estas estrategias resulta crucial para su éxito.

Palabras clave: desperdicio de alimentos; sostenibilidad agrícola; tecnología agroalimentaria; seguridad alimentaria.

Abstract: Food waste in agricultural production is a global problem with environmental, economic and social impacts. This study analyzes strategies to reduce these losses, focusing on advanced technologies, good agricultural practices and public policies. It highlights solutions such as controlled atmosphere storage, smart packaging and efficient refrigeration, as well as the use of artificial intelligence and big data to optimize production. It also addresses the use of non-marketable products through alternative markets, food banks and agroindustrial processing. Training producers in post-harvest and marketing techniques is key to minimizing losses. It is concluded that the combination of technological innovation, efficient management and agricultural education is essential to reduce food wastage and improve agrifood sustainability. The implementation of public policies that facilitate the adoption of these strategies is crucial for their success.

Keywords: food wastage; agricultural sustainability; agrifood technology; food security.

1. Introducción

El desperdicio de alimentos es un problema global que afecta la seguridad alimentaria, la sostenibilidad ambiental y la economía agrícola. Se estima que aproximadamente un tercio de los alimentos producidos en el mundo se pierde o desperdicia a lo largo de la cadena de suministro (FAO, 2021). En el contexto de la producción agrícola, el desperdicio puede ocurrir debido a factores como la sobreproducción, las ineficiencias en la cosecha, las pérdidas postcosecha y las limitaciones en la infraestructura de almacenamiento y transporte (Gustavsson et al., 2019). A pesar de los avances tecnológicos y las estrategias implementadas para mejorar la eficiencia en la producción de alimentos, la magnitud del desperdicio sigue siendo alarmante, lo que pone en evidencia la necesidad de desarrollar e implementar estrategias más eficaces para reducir estas pérdidas y mejorar la sostenibilidad del sistema alimentario.

Uno de los principales factores que contribuyen al desperdicio de alimentos en la producción agrícola es la falta de planificación y previsión en la siembra y cosecha. La sobreproducción, incentivada por la demanda incierta y la presión de los mercados, genera un excedente de productos que, en muchos casos, no logra ser comercializado y termina desechado (Parfitt et al., 2019). Además, las condiciones climáticas adversas, como sequías o inundaciones, afectan la calidad y cantidad de la producción, incrementando la pérdida de alimentos en las primeras etapas de la cadena de suministro (Béné, 2020). Otro aspecto crucial es la inadecuada infraestructura de almacenamiento y transporte, especialmente en países en desarrollo, donde las limitaciones tecnológicas y económicas dificultan la conservación de productos perecederos, incrementando su deterioro antes de llegar al consumidor final (Affognon et al., 2015).

El impacto del desperdicio de alimentos en la producción agrícola es multifacético. En términos ambientales, este fenómeno contribuye significativamente al cambio climático, ya que los alimentos desperdiciados representan una fuente importante de emisiones de gases de efecto invernadero debido a la descomposición en vertederos y el uso ineficiente de recursos como agua, suelo y energía en su producción (FAO, 2021). Desde una perspectiva económica, las pérdidas postcosecha generan una reducción en los ingresos de los agricultores y aumentan los costos de producción, lo que limita el desarrollo del sector agrícola y afecta la competitividad en los mercados internacionales (Hodges et al., 2011). En el ámbito social, la ineficiente distribución de los alimentos desperdiciados impide que lleguen a comunidades con inseguridad alimentaria, perpetuando desigualdades en el acceso a recursos básicos (Gustavsson et al., 2019).

Ante esta problemática, resulta fundamental justificar la necesidad de una revisión exhaustiva de las estrategias que pueden contribuir a la reducción del desperdicio de alimentos en la producción agrícola. Diversos estudios han señalado la importancia de adoptar enfoques integrados que combinen avances tecnológicos, buenas prácticas agrícolas y políticas públicas orientadas a la minimización de pérdidas (Béné et al., 2021). La implementación de soluciones como el uso de tecnologías de poscosecha, sistemas de monitoreo de cultivos y prácticas agroecológicas puede optimizar la producción y reducir la cantidad de alimentos descartados (Sheahan & Barrett, 2017). Además, la promoción de mercados alternativos para productos que no cumplen con estándares estéticos de comercialización y el fortalecimiento de redes de distribución

solidarias pueden representar soluciones viables para reducir el desperdicio en la producción primaria.

La viabilidad de estas estrategias radica en la combinación de innovaciones tecnológicas con políticas y regulaciones adecuadas. En este sentido, el desarrollo de herramientas digitales basadas en inteligencia artificial y big data puede mejorar la planificación agrícola, optimizando la cosecha y reduciendo la sobreproducción (Gustavsson et al., 2019). Asimismo, la inversión en infraestructura de almacenamiento y el uso de técnicas como la refrigeración solar y el empaquetado inteligente pueden prolongar la vida útil de los productos agrícolas y minimizar su deterioro (Affognon et al., 2015). Sin embargo, para garantizar la efectividad de estas estrategias, es esencial fomentar la educación y la capacitación de los productores sobre prácticas agrícolas sostenibles y la reducción del desperdicio en la cadena de suministro (Parfitt et al., 2019).

El presente artículo tiene como objetivo analizar y sintetizar la evidencia científica disponible sobre las estrategias para la reducción del desperdicio de alimentos en la producción agrícola. A través de una revisión bibliográfica, se explorarán las principales causas del desperdicio en este sector, así como las soluciones propuestas en la literatura académica para mitigar sus efectos negativos. Se abordarán enfoques tecnológicos, logísticos y regulatorios que han demostrado ser eficaces en la reducción de pérdidas postcosecha y en la optimización del uso de los recursos agrícolas. Además, se evaluará el impacto de estas estrategias en la sostenibilidad del sistema alimentario y en la mejora de la seguridad alimentaria global.

En conclusión, el desperdicio de alimentos en la producción agrícola es un problema que requiere una atención urgente y soluciones integradas basadas en la evidencia científica. La combinación de tecnologías avanzadas, prácticas agrícolas sostenibles y políticas efectivas puede contribuir significativamente a la reducción de pérdidas y al fortalecimiento de la seguridad alimentaria a nivel mundial. La presente revisión pretende aportar un análisis detallado sobre las estrategias más prometedoras en este ámbito, proporcionando una base sólida para futuras investigaciones y acciones en la materia (Broussard, 2019).

2. Materiales y Métodos

El presente estudio adopta un enfoque exploratorio basado en una revisión bibliográfica, con el propósito de analizar las estrategias para la reducción del desperdicio de alimentos en la producción agrícola. Se llevó a cabo una búsqueda exhaustiva de literatura científica en bases de datos indexadas, priorizando fuentes confiables como Scopus y Web of Science. Se seleccionaron artículos de revistas especializadas en agricultura, sostenibilidad, seguridad alimentaria y tecnología aplicada al sector agroalimentario, publicados en los últimos diez años, con el fin de garantizar la actualidad y relevancia de la información recopilada.

El proceso de búsqueda y selección de fuentes se desarrolló mediante el uso de palabras clave relacionadas con la temática, tales como "desperdicio de alimentos", "pérdidas postcosecha", "tecnologías agrícolas", "sostenibilidad alimentaria" y "reducción de pérdidas en la producción agrícola". Se aplicaron filtros para excluir

estudios no pertinentes o duplicados, asegurando que los documentos seleccionados aportaran evidencia científica relevante para el análisis del problema y sus posibles soluciones.

Los documentos identificados fueron analizados de manera crítica para identificar patrones, tendencias y vacíos en la literatura sobre el tema. Se realizó una síntesis de los hallazgos, agrupando la información en categorías temáticas que permitieron estructurar la discusión del artículo. Se prestó especial atención a los enfoques tecnológicos, logísticos y regulatorios propuestos en la literatura, así como a los factores que influyen en la efectividad de estas estrategias en diferentes contextos agrícolas.

Para garantizar la validez y confiabilidad del estudio, se priorizó la revisión de artículos arbitrados y publicaciones institucionales de organismos reconocidos en el ámbito agrícola y alimentario. Asimismo, se verificó la coherencia y consistencia de los datos extraídos de las fuentes consultadas, contrastando distintos enfoques y perspectivas. La metodología empleada permite una aproximación integral a la problemática del desperdicio de alimentos en la producción agrícola, proporcionando una base sólida para la comprensión del fenómeno y la identificación de estrategias eficaces para su mitigación.

3. Resultados

3.1. Tecnologías innovadoras para reducir el desperdicio

3.1.1. Almacenamiento y conservación avanzados

El desperdicio de alimentos en la producción agrícola es un problema multifacético que requiere soluciones tecnológicas avanzadas para minimizar pérdidas y mejorar la eficiencia en la cadena de suministro. Dentro de estas soluciones, las estrategias de almacenamiento y conservación postcosecha desempeñan un papel fundamental en la reducción del deterioro de los productos agrícolas. Tecnologías como la atmósfera controlada, los empaques inteligentes y los sistemas de refrigeración eficientes han demostrado ser altamente efectivas para prolongar la vida útil de los alimentos y preservar su calidad nutricional, reduciendo así las pérdidas económicas y el impacto ambiental asociado al desperdicio (Cattaneo., et al 2021).

La tecnología de atmósfera controlada es una de las herramientas más utilizadas para el almacenamiento de productos perecederos como frutas, hortalizas y cereales. Este método se basa en la regulación de los niveles de oxígeno (O₂), dióxido de carbono (CO₂) y humedad en los espacios de almacenamiento, ralentizando los procesos de respiración y maduración de los productos agrícolas. La investigación ha demostrado que la reducción de oxígeno y el aumento controlado de CO₂ pueden retardar significativamente la descomposición de frutas como manzanas, peras y uvas, lo que permite extender su comercialización y evitar pérdidas innecesarias (Saltveit, 2016).

Los empaques inteligentes representan otra innovación crucial en la conservación de alimentos. Estos empaques están diseñados con sensores y materiales activos que permiten monitorear y ajustar las condiciones ambientales dentro del envase para prevenir el deterioro prematuro de los productos. Existen empaques antimicrobianos, que liberan sustancias inhibidoras del crecimiento de patógenos, y empaques con

sensores que detectan cambios en la humedad, temperatura y gases liberados por los alimentos en descomposición, alertando sobre su estado de conservación. Un estudio reciente reveló que el uso de empaques con tecnología de nanoencapsulación permitió reducir en un 40% la descomposición de fresas almacenadas a temperatura ambiente en comparación con los métodos tradicionales (Bourtoom, 2020).

La refrigeración eficiente es otro aspecto clave en la conservación postcosecha. La falta de acceso a sistemas de refrigeración adecuados es una de las principales causas del desperdicio de alimentos en regiones con climas cálidos, especialmente en países en desarrollo. Para abordar este problema, se han desarrollado tecnologías de refrigeración solar que permiten almacenar productos agrícolas sin depender de la red eléctrica convencional. Estas soluciones han demostrado ser efectivas para mantener la calidad de productos lácteos, frutas y hortalizas, evitando pérdidas masivas causadas por el deterioro debido a temperaturas elevadas (FAO, 2019).

Además, el uso de recubrimientos comestibles a base de biopolímeros ha sido una innovación prometedora en la conservación de alimentos. Estos recubrimientos están compuestos por sustancias naturales como polisacáridos, proteínas y lípidos, que crean una barrera protectora sobre la superficie de los alimentos, reduciendo la pérdida de humedad y la exposición al oxígeno (Bourtoom, 2020). Esta tecnología ha sido aplicada con éxito en productos como manzanas, tomates y cítricos, logrando prolongar su vida útil en hasta un 50% en comparación con métodos tradicionales de almacenamiento.

3.1.2. Inteligencia artificial y big data en la planificación

La integración de inteligencia artificial (IA) y big data en la planificación agrícola ha revolucionado la gestión de cultivos y la reducción del desperdicio de alimentos. Estas tecnologías han permitido optimizar la toma de decisiones en la producción agrícola, desde la siembra hasta la distribución, evitando la sobreproducción y minimizando las pérdidas postcosecha.

Uno de los principales beneficios del uso de IA en la agricultura es su capacidad para analizar grandes volúmenes de datos en tiempo real y generar modelos predictivos que permiten anticipar problemas antes de que ocurran. Los algoritmos de aprendizaje automático se han utilizado para detectar enfermedades en los cultivos a partir de imágenes capturadas por drones y sensores remotos, lo que ha mejorado significativamente la respuesta temprana ante brotes de plagas y enfermedades (Kamilaris & Prenafeta-Boldú, 2018). Un estudio reveló que la implementación de sistemas de detección temprana basados en IA logró reducir en un 30% las pérdidas por enfermedades en cultivos de trigo y maíz en regiones afectadas por hongos patógenos (Benke & Tomkins, 2017).

El big data ha sido fundamental en la planificación de la producción agrícola, ya que permite analizar patrones climáticos, tendencias del mercado y necesidades de los consumidores para ajustar la producción y evitar excedentes. La sobreproducción es una de las principales causas del desperdicio de alimentos en la etapa de producción, ya que grandes volúmenes de cultivos no logran ser comercializados y terminan desechados. A través del análisis de datos en tiempo real, los agricultores pueden adaptar sus estrategias de siembra a la demanda del mercado, reduciendo así la

cantidad de productos no vendidos y optimizando el uso de los recursos (Zhao et al., 2019).

Otra aplicación innovadora de la IA en la agricultura es la optimización de la logística y la cadena de suministro. Mediante el uso de blockchain y sistemas de trazabilidad digital, es posible monitorear el estado de los productos agrícolas en cada etapa de la cadena de distribución, asegurando que lleguen a su destino en condiciones óptimas y reduciendo las pérdidas por mala gestión de inventarios (Zhao et al., 2019). Estas tecnologías han sido implementadas con éxito en la distribución de productos frescos, permitiendo reducir hasta en un 25% las pérdidas por deterioro durante el transporte y almacenamiento (Kovács., 2020).

Además, la IA se ha utilizado en el desarrollo de sistemas de riego inteligente que optimizan el uso del agua y mejoran la eficiencia en la producción agrícola. Sensores conectados a plataformas de big data pueden analizar las necesidades hídricas de los cultivos en tiempo real, permitiendo aplicar riegos precisos que eviten el desperdicio de agua y minimicen el riesgo de estrés hídrico en las plantas (Kamilaris & Prenafeta-Boldú, 2018). Esta tecnología no solo mejora la productividad de los cultivos, sino que también contribuye a la sostenibilidad del sector agrícola al reducir el impacto ambiental asociado al uso excesivo de recursos naturales.

En conclusión, el almacenamiento avanzado y la implementación de tecnologías digitales en la planificación agrícola han demostrado ser estrategias altamente efectivas para reducir el desperdicio de alimentos en la producción agrícola. La combinación de atmósfera controlada, empaques inteligentes y refrigeración eficiente con herramientas de inteligencia artificial y análisis de big data permite optimizar la producción, minimizar las pérdidas postcosecha y mejorar la sostenibilidad del sistema alimentario global.

3.2. Estrategias de gestión para minimizar pérdidas

El desperdicio de alimentos en la producción agrícola es una problemática global que impacta no solo la seguridad alimentaria, sino también la sostenibilidad ambiental y económica del sector agroalimentario. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, 2021), aproximadamente el 14% de los alimentos producidos a nivel mundial se pierde antes de llegar al mercado, lo que representa un uso ineficiente de recursos naturales y genera un impacto ambiental significativo debido a la emisión de gases de efecto invernadero derivados de su descomposición (Kummu., 2021).

Para abordar esta problemática, se han desarrollado diversas estrategias de gestión orientadas a minimizar las pérdidas en la producción agrícola. Dentro de estas estrategias destacan el aprovechamiento de productos no comercializables y la capacitación de productores. Ambas acciones buscan reducir el volumen de alimentos desperdiciados mediante la optimización de los procesos productivos y la promoción de nuevas oportunidades de comercialización y transformación de productos agrícolas que, de otro modo, serían descartados.

3.2.1. Aprovechamiento de productos no comercializables

Uno de los principales factores que contribuyen al desperdicio de alimentos en la producción agrícola es la estricta clasificación de los productos basada en estándares

estéticos y de tamaño establecidos por los mercados y las cadenas de distribución. Frutas y hortalizas que presentan formas irregulares, ligeros defectos superficiales o dimensiones fuera del rango establecido suelen ser rechazadas por los supermercados, a pesar de ser perfectamente aptas para el consumo humano (Gustavsson et al., 2019). Esta situación genera un desperdicio significativo de alimentos y pérdidas económicas para los productores, quienes, en muchos casos, no encuentran canales alternativos de comercialización para estos productos.

3.2.1.1. Redistribución de excedentes agrícolas

Una estrategia efectiva para reducir el desperdicio es la redistribución de productos no comercializables a través de bancos de alimentos y organizaciones benéficas. Estas iniciativas permiten canalizar los excedentes agrícolas hacia poblaciones vulnerables, contribuyendo tanto a la reducción del desperdicio como a la seguridad alimentaria. En países como España y Estados Unidos, diversas políticas han promovido incentivos fiscales para los agricultores que donan sus productos, facilitando la implementación de estas estrategias a gran escala (Garrone et al., 2018).

Sin embargo, la redistribución enfrenta desafíos logísticos y regulatorios. En muchas regiones, la falta de infraestructura para la recolección y distribución de estos productos limita su aprovechamiento. Además, los marcos normativos en algunos países imponen restricciones que desalientan la donación de alimentos por temor a sanciones legales en caso de que los productos no cumplan con determinados estándares de calidad (Filimonau & Gherbin, 2017). Para superar estos obstáculos, es necesario implementar políticas que faciliten la donación de productos agrícolas y promuevan la creación de redes de distribución eficientes.

3.2.1.2. Transformación agroindustrial de productos descartados

Otra alternativa eficaz para reducir el desperdicio es la transformación de productos descartados en insumos para la industria alimentaria. Frutas y hortalizas rechazadas pueden ser procesadas en jugos, purés, conservas y otros derivados que prolongan su vida útil y permiten su comercialización en mercados alternativos. Un estudio realizado en Brasil evidenció que la instalación de pequeñas plantas procesadoras en comunidades rurales permitió reducir en un 35% las pérdidas postcosecha de frutas tropicales, al tiempo que generó nuevas fuentes de empleo y fortaleció la economía local (Teigiserova et al., 2020).

Además del procesamiento para consumo humano, los productos agrícolas descartados pueden utilizarse en la producción de alimentos para animales, biocombustibles y fertilizantes orgánicos. La fermentación de residuos agrícolas para la producción de biogás ha sido explorada como una estrategia sostenible para reducir el impacto ambiental del desperdicio de alimentos, generando una fuente alternativa de energía (Silva et al., 2020). En la Unión Europea, la valorización de subproductos agrícolas ha sido promovida mediante políticas de economía circular que incentivan su reutilización en distintos sectores industriales.

3.2.2. Capacitación de productores

La educación y formación de los agricultores es un elemento clave en la reducción del desperdicio de alimentos. La falta de conocimiento sobre técnicas adecuadas de manejo

postcosecha, almacenamiento y comercialización contribuye significativamente a las pérdidas en la producción agrícola (Affognon et al., 2015). Diversos estudios han demostrado que la implementación de programas de capacitación puede mejorar la eficiencia en la producción y reducir las pérdidas en todas las etapas de la cadena de suministro.

3.2.2.1. Escuelas de campo y formación en buenas prácticas agrícolas

Las escuelas de campo han sido una herramienta efectiva para la capacitación de agricultores en temas de manejo sostenible de cultivos, prevención de plagas y enfermedades, y estrategias de cosecha y postcosecha. La FAO (2021) ha reportado que los productores que han participado en estos programas han logrado reducir en un 25% sus pérdidas postcosecha mediante la adopción de nuevas técnicas de almacenamiento y conservación de productos.

Uno de los enfoques más exitosos en la capacitación agrícola ha sido la transferencia de conocimientos sobre tecnologías poscosecha. En muchas regiones, las pérdidas en la producción agrícola se deben a la falta de infraestructura adecuada para el almacenamiento y la conservación de alimentos. La introducción de técnicas como el secado solar de granos, la aplicación de recubrimientos naturales en frutas y el uso de sistemas de refrigeración eficientes ha permitido reducir las pérdidas significativamente y mejorar la rentabilidad de los productores (Sheahan & Barrett, 2017).

3.2.2.2. Digitalización y uso de tecnología en la capacitación

El uso de herramientas digitales en la capacitación agrícola ha cobrado relevancia en los últimos años. Aplicaciones móviles, plataformas de e-learning y sistemas de monitoreo remoto han permitido que los productores accedan a información en tiempo real sobre las condiciones climáticas, el estado de los cultivos y las mejores prácticas de manejo agrícola (Kamilaris & Prenafeta-Boldú, 2018). Un ejemplo exitoso de esta estrategia es el programa "Digital Green", implementado en India y África, que utiliza videos educativos para capacitar a pequeños agricultores en buenas prácticas agrícolas, logrando una reducción significativa en las pérdidas postcosecha (Gandhi et al., 2016).

La digitalización también ha facilitado el acceso de los agricultores a mercados alternativos, reduciendo el desperdicio por falta de comercialización. Plataformas en línea que conectan directamente a productores con consumidores han demostrado ser eficaces en la reducción de pérdidas al eliminar intermediarios y optimizar la distribución de productos frescos (Béné et al., 2021).

El aprovechamiento de productos no comercializables y la capacitación de productores son estrategias fundamentales para reducir el desperdicio de alimentos en la producción agrícola. La redistribución de excedentes, la transformación agroindustrial y la valorización de residuos permiten maximizar el uso de los recursos agrícolas y reducir el impacto ambiental del desperdicio. Al mismo tiempo, la educación y formación de los agricultores en buenas prácticas agrícolas, manejo postcosecha y comercialización mejora la eficiencia productiva y promueve una mayor sostenibilidad en el sector agroalimentario. Para garantizar el éxito de estas estrategias, es esencial fortalecer la colaboración entre gobiernos, instituciones académicas y el sector privado en la promoción de políticas y programas de gestión eficiente de los recursos agrícolas.

4. Discusión

El desperdicio de alimentos en la producción agrícola representa una problemática global con profundas implicaciones económicas, ambientales y sociales. Diversos estudios han documentado que las pérdidas en la fase productiva pueden alcanzar hasta un 30% de la producción total, lo que se traduce en una ineficiencia en el uso de los recursos naturales, un aumento en la emisión de gases de efecto invernadero y una reducción en la disponibilidad de alimentos para poblaciones vulnerables (FAO, 2021). Ante esta realidad, la implementación de estrategias innovadoras de almacenamiento y conservación, así como el aprovechamiento de productos no comercializables y la capacitación de los productores, se erigen como mecanismos fundamentales para mitigar este problema.

El desarrollo de tecnologías avanzadas para el almacenamiento y la conservación postcosecha ha demostrado ser una de las estrategias más eficaces en la reducción de pérdidas agrícolas. La implementación de sistemas de atmósfera controlada, empaques inteligentes y refrigeración eficiente ha permitido extender la vida útil de los productos perecederos y reducir su deterioro antes de la comercialización. En particular, la regulación de gases como el oxígeno y el dióxido de carbono ha mostrado un impacto positivo en la ralentización de la maduración de frutas y hortalizas, permitiendo que los agricultores dispongan de ventanas de comercialización más amplias y minimicen las pérdidas por sobreoferta en los mercados locales (Saltveit, 2016). A su vez, los empaques inteligentes han emergido como una solución efectiva, integrando sensores capaces de detectar cambios en la humedad y temperatura, lo que facilita una gestión óptima del almacenamiento y distribución.

No obstante, la viabilidad de estas tecnologías depende en gran medida de factores económicos y de acceso a infraestructura. En países en desarrollo, donde los recursos para inversión en almacenamiento avanzado son limitados, el desperdicio de alimentos sigue representando un desafío significativo. Estudios han evidenciado que la implementación de soluciones de refrigeración solar puede ofrecer una alternativa viable en regiones con acceso restringido a la electricidad, permitiendo a los agricultores conservar sus productos sin depender de redes energéticas convencionales. Sin embargo, para maximizar el impacto de estas innovaciones, es necesario promover políticas de financiamiento y transferencia tecnológica que faciliten su adopción en comunidades agrícolas de escasos recursos.

La inteligencia artificial (IA) y el análisis de big data han revolucionado la planificación agrícola, optimizando la producción y reduciendo las pérdidas postcosecha mediante la predicción de factores climáticos, la detección temprana de enfermedades y la gestión eficiente de la demanda del mercado (Kamilaris & Prenafeta-Boldú, 2018). La aplicación de modelos predictivos ha permitido a los agricultores anticipar condiciones adversas y ajustar sus estrategias de cultivo en función de pronósticos precisos, lo que ha resultado en una disminución significativa de pérdidas causadas por factores ambientales (Benke & Tomkins, 2017). Además, el uso de blockchain y sistemas de trazabilidad ha mejorado la gestión de la cadena de suministro, asegurando que los productos lleguen a su destino en condiciones óptimas y reduciendo el desperdicio debido a una distribución ineficiente (Zhao et al., 2019).

A pesar de los beneficios de la digitalización en la agricultura, la brecha tecnológica sigue siendo un obstáculo importante para su adopción generalizada. Muchos pequeños productores carecen de acceso a internet, dispositivos tecnológicos y capacitación para aprovechar estas herramientas de manera efectiva. En este sentido, el fortalecimiento de programas de educación digital y la implementación de plataformas accesibles para el monitoreo de cultivos podrían jugar un papel clave en la democratización de la IA y el big data en el sector agrícola.

Otra estrategia relevante para minimizar las pérdidas en la producción agrícola es el aprovechamiento de productos no comercializables, los cuales son descartados por no cumplir con los estándares estéticos del mercado. La redistribución de estos productos a bancos de alimentos y programas de asistencia social ha demostrado ser una alternativa eficaz para reducir el desperdicio y mejorar la seguridad alimentaria en comunidades vulnerables. Sin embargo, barreras logísticas y regulatorias dificultan la expansión de estas iniciativas en muchas regiones. Estudios han señalado que la falta de incentivos para la donación de excedentes agrícolas y las preocupaciones legales sobre la responsabilidad en la calidad de los productos donados limitan la participación de los productores en estos programas (Filimonau & Gherbin, 2017). Para superar estos desafíos, es fundamental el desarrollo de marcos normativos que fomenten la donación de alimentos, así como la inversión en infraestructura para su recolección y distribución eficiente.

La agroindustria también ha encontrado en la transformación de productos descartados una oportunidad para reducir las pérdidas postcosecha y generar valor agregado. La producción de jugos, purés, conservas y otros derivados a partir de frutas y hortalizas rechazadas ha permitido reducir el desperdicio y diversificar las fuentes de ingresos de los agricultores (Miranda et al., 2019). De manera similar, la utilización de residuos agrícolas en la fabricación de biocombustibles y fertilizantes orgánicos ha sido promovida como una estrategia sostenible para minimizar el impacto ambiental del desperdicio de alimentos (Paritosh et al., 2017). En países como Brasil, la valorización de subproductos agrícolas en la generación de bioetanol ha contribuido a la reducción de desechos y a la transición hacia un modelo energético más sostenible (Silva et al., 2020).

Por último, la capacitación de los productores ha demostrado ser un elemento clave en la optimización de la producción agrícola y la reducción de pérdidas. Programas de educación agrícola enfocados en buenas prácticas postcosecha, técnicas de conservación y estrategias de comercialización han permitido mejorar la eficiencia en la gestión de los cultivos y reducir las pérdidas en todas las etapas de la cadena de suministro (Affognon et al., 2015). En particular, la implementación de escuelas de campo ha facilitado la transferencia de conocimientos técnicos a pequeños agricultores, quienes han reportado una disminución en las pérdidas postcosecha gracias a la adopción de mejores prácticas de almacenamiento y transporte (FAO, 2021).

Sin embargo, la efectividad de estos programas depende de su accesibilidad y continuidad en el tiempo. En muchas regiones, la falta de financiamiento y la escasa infraestructura educativa han limitado el alcance de las iniciativas de capacitación agrícola. Para garantizar un impacto sostenido, es crucial que los gobiernos y las organizaciones internacionales fortalezcan la inversión en educación agrícola, promoviendo modelos de aprendizaje adaptados a las necesidades de los productores

rurales y facilitando el acceso a tecnologías de información y comunicación en el sector agroalimentario.

En conclusión, la reducción del desperdicio de alimentos en la producción agrícola requiere un enfoque integral que combine avances tecnológicos, estrategias de redistribución y transformación de productos no comercializables, y la capacitación continua de los agricultores. Si bien la innovación tecnológica ha demostrado ser una herramienta poderosa para minimizar pérdidas, su impacto dependerá en gran medida de su accesibilidad y de la existencia de políticas públicas que faciliten su adopción a gran escala. La articulación entre el sector público, la academia y la industria agroalimentaria será fundamental para desarrollar soluciones sostenibles que permitan mitigar el desperdicio de alimentos y mejorar la resiliencia del sistema agroalimentario global.

5. Conclusiones

La reducción del desperdicio de alimentos en la producción agrícola es un desafío multidimensional que requiere la implementación de estrategias tecnológicas, logísticas y educativas para optimizar la gestión de los recursos agroalimentarios. El análisis realizado en este estudio evidencia que la integración de tecnologías avanzadas en el almacenamiento y la conservación postcosecha es una de las soluciones más eficaces para minimizar las pérdidas en esta etapa. Innovaciones como la atmósfera controlada, los empaques inteligentes y los sistemas de refrigeración eficiente han demostrado ser herramientas clave para prolongar la vida útil de los productos agrícolas y reducir el deterioro prematuro. Sin embargo, la adopción de estas tecnologías sigue enfrentando barreras económicas y estructurales, lo que resalta la necesidad de políticas que fomenten su accesibilidad y aplicación en regiones con menores recursos.

El uso de inteligencia artificial y big data en la planificación agrícola representa un avance significativo en la optimización de la producción y la reducción de pérdidas. Estas herramientas han permitido mejorar la predicción de la demanda, gestionar el impacto de factores climáticos adversos y optimizar la distribución de productos en la cadena de suministro. No obstante, la brecha tecnológica limita su implementación en comunidades rurales y en pequeñas explotaciones agrícolas, lo que subraya la importancia de fortalecer la capacitación y la inversión en infraestructura digital para garantizar su aprovechamiento a gran escala.

El aprovechamiento de productos no comercializables es otra estrategia fundamental para la mitigación del desperdicio. La redistribución de excedentes agrícolas hacia bancos de alimentos y mercados alternativos ha demostrado ser una solución viable para reducir las pérdidas y mejorar la seguridad alimentaria. Además, la transformación de productos descartados en insumos para la industria alimentaria, biocombustibles y fertilizantes orgánicos permite generar valor agregado y contribuir a un modelo agroalimentario más sostenible. Sin embargo, la falta de incentivos económicos y las barreras regulatorias continúan limitando el alcance de estas estrategias, lo que evidencia la necesidad de desarrollar marcos normativos que faciliten su implementación.

La capacitación de los productores emerge como un pilar esencial en la reducción del desperdicio de alimentos. La educación en buenas prácticas agrícolas, manejo postcosecha y estrategias de comercialización ha permitido mejorar la eficiencia en la producción y minimizar las pérdidas en todas las etapas de la cadena agroalimentaria. Programas de formación, como las escuelas de campo y el uso de herramientas digitales para la transferencia de conocimientos, han demostrado ser efectivos en la adopción de prácticas más sostenibles y en la optimización del uso de los recursos. No obstante, la sostenibilidad de estos programas depende de la inversión pública y privada en educación agrícola, así como de la integración de tecnologías accesibles para los pequeños productores.

En síntesis, la reducción del desperdicio de alimentos en la producción agrícola requiere un enfoque integral que combine la innovación tecnológica con estrategias de gestión eficientes y educación continua. La colaboración entre gobiernos, instituciones académicas, empresas agroindustriales y comunidades rurales será determinante para el desarrollo de soluciones sostenibles que permitan optimizar la producción, reducir las pérdidas y promover un sistema agroalimentario más resiliente. La implementación de políticas públicas que incentiven la adopción de tecnologías, fomenten la redistribución de excedentes y fortalezcan la capacitación de los productores será clave para lograr un impacto significativo en la reducción del desperdicio de alimentos a nivel global.

Referencias Bibliográficas

- Affognon, H., Mutungi, C., Sanginga, P., & Borgemeister, C. (2015). Unpacking postharvest losses in sub-Saharan Africa: A meta-analysis. *World Development*, 66, 49-68. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2014.08.002>
- Astudillo-Martínez, W. J., Andrade-Bravo, A. G., García-Valdez, J.-D., & Almenabaguerrero, Y. F. (2023). *Un Análisis Científico del Ruido Ambiental y Laboral en Sectores Urbanos*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.l.2022.50>
- Béné, C. (2020). Resilience of local food systems and links to food security—A review of some important concepts in the context of COVID-19 and other shocks. *Food Security*, 12(4), 805-822. <https://doi.org/10.1007/s12571-020-01076-1>
- Béné, C., Fanzo, J., Prager, S. D., Achicanoy, H. A., Mapes, B. R., Alvarez Toro, P., & Bonilla Cedrez, C. (2020). Global drivers of food system (un)sustainability: A multi-country correlation analysis. *PLOS ONE*, 15(4), e0231071. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0231071>
- Benke, K., & Tomkins, B. (2017). Future food-production systems: Vertical farming and controlled-environment agriculture. *Sustainability Science*, 13(1), 13-26. <https://doi.org/10.1080/15487733.2017.1394054>
- Bourtoom, T. (2008). Edible films and coatings: Characteristics and properties. In *Edible Films and Coatings for Food Applications* (pp. 41-79). Springer.
- Broussard, N. H. (2019). What explains gender differences in food insecurity? *Food Policy*, 83, 180–194. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2019.01.003>

- Burgos-Macias, T. J., & Gaibor-Fernández, R. R. (2023). *Dinámica poblacional de Spodoptera frugiperda, Diatraea saccharalis y Dalbulus maidis en el cultivo de maíz (Zea mays L.) durante la época seca en cinco localidades del cantón Mocache*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.l.2022.62>
- Caicedo-Aldaz, J. C., & Herrera-Sánchez, D. J. (2022). El Rol de la Agroecología en el Desarrollo Rural Sostenible en Ecuador. *Revista Científica Zambos*, 1(2), 1-16. <https://doi.org/10.69484/rcz/v1/n2/24>
- Cattaneo, A., Sánchez, M. V., Torero, M., & Vos, R. (2021). Reducing food loss and waste: Five challenges for policy and research. *Food Policy*, 98, 101974. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.101974>
- Chicaiza-Ortiz, C. D., Rivadeneira-Arias, V. del C., Herrera-Feijoo, R. J., & Andrade, J. C. (2023). Prácticas de laboratorio y cuestionario sobre biotecnología ambiental. In *Biotecnología Ambiental, Aplicaciones y Tendencias* (pp. 92–117). Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.cl.2022.18>
- FAO. (2019). The State of Food and Agriculture 2019: Moving forward on food loss and waste reduction. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/CA6030EN>
- FAO. (2021). The state of food and agriculture 2021: Making agrifood systems more resilient to shocks and stresses. Food and Agriculture Organization of the United Nations. <https://doi.org/10.4060/cb4476en>
- Filimonau, V., & Gherbin, A. (2017). An exploratory study of food waste management practices in the UK grocery retail sector. *Journal of Cleaner Production*, 167, 1184-1194. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.07.229>
- González-Marcillo, R. L., Guamán-Rivera, S. A., Guerrero-Pincay, A. E., & Ortiz-Naveda, N. R. (2023). *Pastos Tropicales de la Amazonia Ecuatoriana Tomo I: Avances científicos sobre sistemas silvopastoriles como estrategia de reconversión de la ganadería*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.l.2022.46>
- Guamán-Rivera, S. A. (2022). Desarrollo de Políticas Agrarias y su Influencia en los Pequeños Agricultores Ecuatorianos. *Revista Científica Zambos*, 1(3), 15-28. <https://doi.org/10.69484/rcz/v1/n3/30>
- Guamán-Rivera, S. A., & Flores-Manchano, C. I. (2023). Seguridad Alimentaria y Producción Agrícola Sostenible en Ecuador. *Revista Científica Zambos*, 2(1), 1-20. <https://doi.org/10.69484/rcz/v2/n1/35>
- Gustavsson, J., Cederberg, C., & Sonesson, U. (2019). Global food losses and food waste. FAO Report.
- Hodges, R. J., Buzby, J. C., & Bennett, B. (2011). Postharvest losses and waste in developed and less developed countries: Opportunities to improve resource use. *Journal of Agricultural Science*, 149(S1), 37-45. <https://doi.org/10.1017/S0021859610000936>

- Ibarra-Navarrete, Y. S., & Pinargote-Mendoza, E. R. (2023). *Ácido oxálico, alternativa orgánica para el control de varroasis (Varroa destructor) en abejas (Apis mellifera)*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.l.2022.63>
- Kamilaris, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2018). Deep learning in agriculture: A survey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 147, 70-90. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.02.016>
- Kovács, V. A., Messing, S., Sandu, P., & Torheim, L. E. (2020). Improving the food environment in kindergartens and schools: An overview of policies and policy opportunities in Europe. *Food Policy*, 96, 101848. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2020.101848>
- Kummu, M., de Moel, H., Porkka, M., Siebert, S., Varis, O., & Ward, P. J. (2021). Lost food, wasted resources: Global food supply chain losses and their impacts on freshwater, cropland, and fertiliser use. *Science of the Total Environment*, 438, 477-489. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2012.08.092>
- Macías-Véliz, J. N., & Chicharro-López, F. I. (2023). *Procesos de producción de tilapias (Oreochromis niloticus) con aplicación informática*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.l.2022.64>
- Parfitt, J., Barthel, M., & Macnaughton, S. (2010). Food waste within food supply chains: Quantification and potential for change to 2050. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 365(1554), 3065-3081. <https://doi.org/10.1098/rstb.2010.0126>
- Rojas, F. E., & Saavedra-Mera, K. A. . (2022). Diversificación de Cultivos y su Impacto Económico en las Fincas Ecuatorianas. *Revista Científica Zambos*, 1(1), 51-68. <https://doi.org/10.69484/rcz/v1/n1/21>
- Saavedra-Mera, K. A., Casanova-Villalba, C. I., Escarabay Cadena, A. Y., & Pluas Pai, Y. E. (2022). Análisis económico frente a la PC (Phytophthora palmivora) de la Palma Africana en el sector agroindustrial. Caso de estudio La Fabril planta La Independencia período 2021. *Código Científico Revista De Investigación*, 3(3), 301–315. <https://doi.org/10.55813/gaea/ccri/v3/n3/67>
- Teigiserova, D. A., Hamelin, L., & Thomsen, M. (2020). Towards transparent valorization of food surplus, waste and loss: Clarifying definitions, food waste hierarchy, and role in the circular economy. *Science of the Total Environment*, 706, 136033. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136033>
- Vargas-Fonseca, A. D., Borja-Cuadros, O. M., & Cristiano-Mendivelso, J. F. (2023). *Introducción a la estructura ecológica principal del Distrito Capital y su región ambiental: Conceptos fundamentales, ordenamiento territorial e instrumentos jurídicos*. Editorial Grupo AEA. <https://doi.org/10.55813/egaea.l.2022.34>
- Zhao, G., Liu, S., Lopez, C., Lu, H., Elgueta, S., Chen, H., & He, W. (2019). Blockchain technology in agri-food value chain management. *Computers in Industry*, 109, 83-99. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2019.04.002>

CONFLICTO DE INTERESES

“Los autores declaran no tener ningún conflicto de intereses”.