

Reducing Losses in the Supply Chain of Tangerines for Export Through Digital Transformation Strategies: The Peruvian Case

Daniella Fernanda Fuentes-Castro-Moscoso¹; Andrea Salvador-Caravedo¹; Juan Carlos Quiroz-Flores¹;
Marcos Fernando Ruiz-Ruiz¹; Marcos Antonio Albarracin-Manrique²

¹Carrera de Ingeniería Industrial, Universidad de Lima, Perú,
20200830@aloe.ulima.edu.pe, 20201919@aloe.ulima.edu.pe, jcquiroz@ulima.edu.pe, mruiz@ulima.edu.pe



²Instituto de Física, Universidade de São Paulo, Brasil, sagret10@usp.br

Abstract– This descriptive, non-experimental research project with a qualitative approach aimed to propose digital transformation strategies to reduce losses in the export supply chain of tangerines. A systematic literature review was conducted, along with the use of tools such as the Ishikawa diagram and expert interviews to identify the critical factors contributing to the problem. The findings revealed a loss rate of approximately 40% to 50%, primarily during the cultivation and harvesting stages. Additionally, through the use of MICMAC and Regnier's Abacus tools, the most significant root cause identified was poor control of agroclimatic conditions—specifically, temperature and humidity. Using a SIPOC Turtle Diagram and a conceptual model, the study proposed an integrated system of temperature and humidity sensors during the cultivation stage. This solution demonstrated a reduction in tangerine losses by 10% to 15% and an economic benefit between 3 to 5 million dollars. The study presents a viable, adaptable, and cost-effective solution that not only reduces losses but also enhances the competitiveness of the tangerine export sector by improving fruit quality through the integration of technology and technical training.

Keywords– Tangerines, losses, supply chain, digital transformation

Reducción de Mermas en la Cadena de Suministro de Mandarinas de Exportación a partir de Estrategias de Transformación Digital: El Caso Peruano

Daniella Fernanda Fuentes-Castro-MoscOSO¹; Andrea Salvador-Caravedo¹; Juan Carlos Quiroz-Flores¹

Marcos Fernando Ruiz-Ruiz¹; Marcos Antonio Albarracin-Manrique²

¹Carrera de Ingeniería Industrial, Universidad de Lima, Perú,

20200830@aloe.ulima.edu.pe, 20201919@aloe.ulima.edu.pe, jcquiroz@ulima.edu.pe, mruiz@ulima.edu.pe

²Instituto de Física, Universidade de São Paulo, Brasil, sagret10@usp.br

Resumen– Este proyecto de investigación descriptivo no experimental con un enfoque cualitativo buscó proponer un modelo de gestión para la reducción de mermas en la cadena de suministro de mandarinas para exportación a partir de herramientas de transformación digital. Llevamos a cabo una revisión sistemática de literatura, la utilización de herramientas como el diagrama de Ishikawa y la recopilación de opiniones de expertos para identificar los factores críticos del problema. Con ello, diagnosticamos una pérdida de entre el 40% y 50%, principalmente en las etapas del cultivo y la cosecha. Asimismo, mediante el uso de herramientas MICMAC y el Ábaco de Regnier identificamos que la causa más relevante del problema es el control inadecuado de condiciones agroclimáticas, específicamente de la temperatura y humedad. Utilizando un diagrama SIPOC de Tortuga y un modelo conceptual propusimos implementar un modelo integrado de sensores de temperatura y humedad durante la etapa de cultivo donde buscaríamos una reducción del 10-15% de mermas de mandarinas y un beneficio económico aproximado de entre 3 a 5 millones de dólares. Este estudio propone una solución viable, adaptable y de bajo costo que reduce mermas y mejora la competitividad del sector agroindustrial de mandarinas al combinar tecnología y formación técnica.

Palabras clave– Mandarinas, mermas, cadena de suministro, transformación digital

I. INTRODUCCIÓN

El sector agroindustrial en el Perú ha experimentado un crecimiento sostenido en los últimos años. En el Perú, este sector es pieza clave en la economía, ya que representa el 4.9% del Producto Bruto Interno (PBI) [1] y se ubica entre los países líderes en agroexportación [2]. Perú se ha posicionado como el principal exportador de mandarinas de Sudamérica generando 287 millones de dólares libre a bordo (FOB, por sus siglas en inglés) siendo Estados Unidos uno de los principales importadores. Asimismo, ocupa el octavo lugar a nivel mundial por su alta calidad y precios competitivos [2].

Sin embargo, el sector presenta distintos desafíos, problemas e ineficiencias que afectan directamente su productividad. En particular, la generación de residuos es uno de los mayores problemas en la industria de frutas y hortalizas [3]. Además, existe una necesidad de mano de obra calificada para manejar las distintas variedades de fruta emergentes. De igual manera, están presentes otros problemas como la falta de infraestructura vial, la escasa inversión pública y privada; y la

creación de nuevas leyes arancelarias o restrictivas de exportación e importación.

A continuación, en la Tabla 1, se presentan los principales indicadores clave de rendimiento del sector con sus respectivos datos reales y objetivos.

TABLA I. PRINCIPALES KPIs DEL SECTOR PERUANO

Descripción	KPI objetivo	KPI real
Rendimiento por hectárea (ton/hectárea)	50 - 60	25 - 30
Tasa de mermas	20-25%	40%-50%
Volumen de exportación de mandarinas (FOB)	USD 50 MM	USD 25MM

La productividad del sector se mide principalmente por el rendimiento por hectárea. En promedio, en el Perú, la productividad se encuentra entre las 50 a 60 toneladas por hectárea; sin embargo, para la exportación solo es apta unas 25 a 30 toneladas [4], un 50% por debajo del estándar.

La tasa de mermas de mandarinas en el Perú se encuentra actualmente entre el 40% y 50%. Sin embargo, el objetivo del sector es reducir a un rango de entre el 20% y 25%. Los indicadores actuales reales demuestran que existe una pérdida de rentabilidad significativa real latente para el sector peruano y por ende para las empresas involucradas. El volumen exportable resulta generar ingresos solamente por 25 millones de dólares cuando si es que el sector redujera las mermas a la tasa objetivo podría generar ingresos por el doble.

Con base a lo anterior, planteamos la siguiente pregunta de investigación: ¿Qué estrategias de transformación digital son apropiadas para la reducción de mermas en la cadena de suministro de mandarinas peruanas para exportación? Para ello, es importante conocer la cadena de suministro que se muestra en la Fig. 1 a continuación.

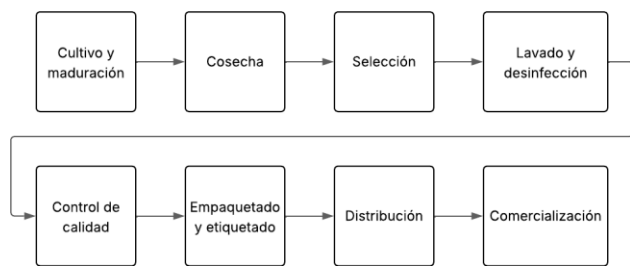


Fig. 1 Cadena de suministro

La brecha técnica se manifiesta como indicador del porcentaje de mermas generadas en la cosecha de frutas. En Latinoamérica es del 20% [5], mientras que, en el Perú se estima en un 35% [6]. Por lo tanto, existe una brecha técnica del 15% como oportunidad de mejora para el sector. Asimismo, los expertos entrevistados señalan que se pierde el 50% en la etapa de cultivo y cosecha y, de ese restante, el 60% es exportable, es decir, el 30% de lo producido. Por ello, el impacto económico de no reducir las mermas se estima en 30 millones de dólares.

Entre las razones de estas pérdidas se incluyen prácticas inadecuadas después de la cosecha, malas condiciones de almacenamiento y transporte, entre otras. [7]. Asimismo, Khanal et al. [8] descubrieron que entre las razones de las pérdidas de mandarinas se incluyen prácticas inadecuadas después de la cosecha, malas condiciones de almacenamiento y transporte.

Quintana [9] señala que, en la etapa de cultivación y cosecha, las enfermedades causadas por plagas y la falta de fertilización adecuada afectan el volumen de exportación. Asimismo, Quispe [10] recalca la importancia de controlar la temperatura durante el almacenamiento y transporte.

Asimismo, Gupta et al. [11] proponen el Programa Lineal Multiobjetivo Difuso (FMOLP) logrando reducciones del 15% al 30% en las pérdidas de alimentos y un 20% en los costos operativos. Asimismo, Abiri et al. [12], rescatan la importancia de una “agricultura digital” para tener abundancia de datos, mejor potencia para utilizar inteligencia artificial, mejor gestión de soporte para tomar decisiones, conectividad e interfaces de intercambio de información y automatización.

II. METODOLOGÍA

Esta investigación fue categorizada como un estudio de caso sectorial de alcance descriptivo y de diseño no experimental, cuya estructura metodológica fue planteada en las cuatro fases consecutivas que se detallan a continuación.

En la primera fase realizamos el diagnóstico e identificación de factores clave vinculados a la problemática planteada. Identificamos las causas raíz y los factores asociados utilizando un diagrama de Ishikawa con la información validada a partir de entrevistas estructuradas a representantes del sector. Los expertos fueron seleccionados a partir de un muestreo no probabilístico e intencional y de variación máxima para validar la información recabada.

En la segunda fase seleccionamos los factores clave a partir del consenso de los expertos para atender la problemática del sector a través de un análisis estructural mediante el uso de la Matriz de Impactos Cruzados Multiplicación Aplicada a una Clasificación (MICMAC), la cual mide la relación de motricidad y dependencia de factores.

En la tercera fase, identificamos los actores sociales, su jerarquía e impactos a través de una matriz de Poder-Interés y un Ranking de Jerarquía para determinar la interdependencia entre *stakeholders*.

Finalmente, en la cuarta fase diseñamos y validamos estrategias para plantear una propuesta basada en transformación digital. Utilizamos un diagrama de Proveedores, Entradas, Proceso, Salidas, Clientes (SIPOC, por su acrónimo en inglés), el Ábaco de Régner y la matriz de Importancia y Gobernabilidad (IGO) para jerarquizar las propuestas y plantear el Modelo Conceptual de la solución.

III. RESULTADOS

La matriz relacional del análisis estructural (MICMAC) busca identificar el impacto directo que tiene un factor o variable con la otra. Identificamos los factores clave, analizamos la influencia en las demás y se asigna un valor del 1 al 4 reflejando el impacto. Con la matriz completa determinamos los niveles de influencia y dependencia por los vectores de motricidad y dependencia. En la Tabla II se presentan las variables clave y en la Fig. 2 se observa que la variable más significativa es la V13, el control inadecuado de la temperatura y humedad.

TABLA II. VARIABLES CLAVE PARA EL SECTOR

Variables clave	Etiqueta
Uso inadecuado de aplicativos en la fruta	V1
Control ineficiente de plagas y enfermedades	V2
Manipulación inadecuada del producto	V3
Falta de supervisión	V4
Sobrecarga laboral	V5
Falta de personal capacitado	V6
Daño mecánico	V7
Infraestructura inadecuada	V8
Embalaje inadecuado	V9
Ausencia de tecnología para controlar parámetros	V10
Inicio tardío de campaña	V11
Cosecha temprana	V12
Control inadecuado de la temperatura y humedad	V13
Contaminación cruzada en el transporte	V14
Aplicación inadecuada de nutrientes	V15

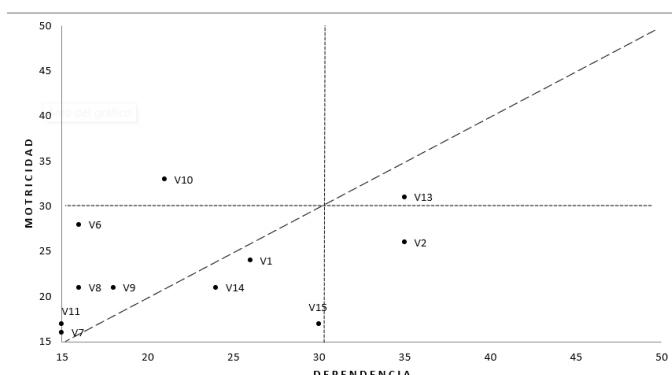


Fig. 2 Proyección de variables de impactos indirectos

Para determinar la importancia relativa de los actores sociales, utilizamos la herramienta Ranking de Factores en la que se les asigna un peso a cada variable según su importancia en el impacto del problema de estudio. En la Tabla III, mostramos los resultados de las variables latentes: los agricultores ocupan la posición predominante debido a su papel central en la cadena de suministro, a su conocimiento práctico y a su participación. Les siguen las empresas exportadoras por su influencia directa en las decisiones operativas y estratégicas. Finalmente, se encuentra el Gobierno porque son impulsores de alianzas estratégicas y financian inversiones necesarias para el desarrollo continuo del sector.

TABLA III. VARIABLES LATENTES

Stakeholder	Ranking final
Agricultores	12
Empresas exportadoras	11
Procitrus	10
Gobierno	9
Agrónomos	8
Proveedores de insumos	7
Operadores logísticos	6
Certificadoras	5
Sociedad	4
Clientes internacionales	3
Consumidores	2
Comunidades	1

El método de validación funcional escogido fue el Ábaco de Régner, el cual permite comparar opiniones dentro de un grupo y reduce sesgos para evitar la imposición de ideas por parte de expertos [13]. Estos datos los recopilamos a lo largo de las conversaciones con expertos a través de entrevistas virtuales y presenciales.

Se seleccionaron las variables de mayor impacto identificadas con el MICMAC para luego definir escenarios

para cada variable puntuados del 0 al 4. Cada puntuación indica la situación actual de la variable. Con este puntaje, desarrollamos la matriz para comparar opiniones y utilizando colorimetría se identifica la variable que mayor impacto tienen según los expertos en la generación de mermas. A continuación, en la Fig. 4, se presenta el resultado de la matriz elaborada que muestra que la variable “Control inadecuado de temperatura y humedad” es la más significativa en cuanto a la generación de mermas.

Variable/Experto	1	2	3	4	5	6
Uso inadecuado de aplicativos en la fruta						
Control ineficiente de plagas y enfermedades						
Ausencia de tecnología para controlar parámetros						
Control inadecuado de temperatura y humedad						
Aplicación inadecuada de nutrientes						

Fig. 4 Matriz Ábaco de Régner

En línea con esto, planteamos el diagrama SIPOC de Tortuga que se muestra en la Fig. 5. Este permite representar de manera completa el entorno del proceso, permitiendo identificar las entradas, salidas y recursos involucrados para, a partir de estos, plantear controles. Diagramamos la etapa crítica y la dividimos en subetapas para analizar a detalle los factores críticos y proponer los controles respectivos.

El proceso inicia con la evaluación de condiciones climáticas, donde se analiza el tipo de suelo, la disponibilidad de agua y clima indicado para el cultivo de mandarinas. Luego, se realiza la siembra asegurando un adecuado distanciamiento entre cada árbol. Seguidamente se realiza el riego, fertilización, poda y control fitosanitario para garantizar el desarrollo óptimo del cultivo. A medida que el fruto madura, se monitorea el tamaño, color y contenido. Finalmente, se lleva a cabo la cosecha, cuidando de no dañar la piel para mantener la calidad postcosecha.

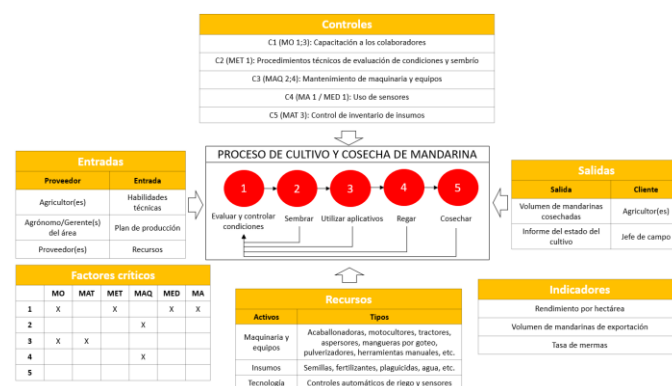


Fig. 5 Diagrama SIPOC de Tortuga

A partir de este resultado, en la Tabla 4 planteamos seis propuestas de solución con el objetivo de reducir las mermas, mejorar la productividad y fortalecer la competitividad del sector mediante la implementación de la transformación digital.

TABLA IV. PROPUESTAS DE SOLUCIÓN

Propuesta	Etiqueta
Implementación de estaciones meteorológicas en el campo para anticipar cambios climáticos que afecten la calidad de la mandarina	A
Implementación de sensores de temperatura y humedad en el campo para monitorear condiciones micro climáticas en tiempo real	B
Uso de drones con cámaras térmicas y multispectrales para detectar zonas con estrés hídrico o problemas de maduración	C
Implementación de sensores de humedad en el suelo para ajustar el riego según las necesidades de la planta	D
Uso de maquinaria agrícola guiada por GPS para realizar labores de cultivo y cosecha con mayor precisión y menor daño a la mandarina	E

Para determinar la propuesta de solución a priorizar utilizamos la herramienta de la matriz IGO. Esta matriz evalúa cada estrategia en términos de impacto (beneficios que brinda al proyecto) y gobernabilidad (capacidad de acción que tiene el sector sobre la solución) lo que permite definir la más efectiva y viable para el presente proyecto.

En base al resultado de la matriz IGO mostrado en la Fig. 6, observamos que la propuesta B, al estar ubicada en el primer cuadrante, presenta una mayor importancia y gobernabilidad. Es por eso que, se debe priorizar su implementación para solucionar el problema de alta merma en la cosecha de mandarinas.

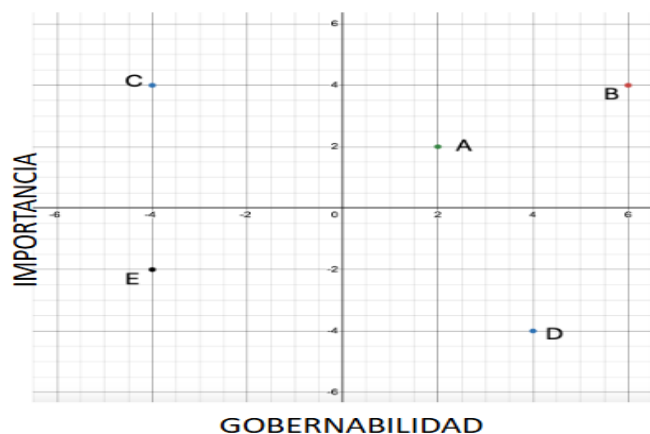


Fig. 6 Matriz IGO

Por ello, planteamos el uso de sensores de temperatura y humedad con el objetivo de mantener las condiciones adecuadas de la mandarina para preservar su frescura y calidad, así como evitar daños a la fruta. Estos sensores son dispositivos electrónicos diseñados para medir en tiempo real las condiciones ambientales a las que están expuestas las mandarinas durante la etapa agrícola, lo que permite anticiparse a riesgos como plagas, enfermedades o cambios climáticos,

optimizando el uso de recursos y asegurando una cosecha saludable.

Los sensores permiten un monitoreo constante del microclima en el campo al estar conectados a sistemas de monitoreo inalámbricos. La información recolectada se almacena automáticamente y puede ser visualizada y analizada en tiempo real. Esto permite una supervisión continua de las condiciones ambientales, facilitando la toma de decisiones oportunas y basadas en datos.

Con el fin de hacer accesible esta tecnología a pequeños y medianos productores, proponemos la implementación de sensores sencillos y de bajo costo. Esta propuesta de solución mejoraría la situación real del sector, ya que impactaría directamente en la mejora de la productividad, en la mejora de la calidad resultando en una mayor competitividad y rentabilidad del sector.

Actualmente, como se menciona en el primer capítulo, la situación del sector es que existe una tasa de merma de entre 40% a 50%, mostrando un rendimiento por hectárea de entre 25 a 30 toneladas por hectárea generando un volumen de exportación de 20 millones de dólares FOB. Sin embargo, según los expertos, al implementar correctamente la solución propuesta se podría reducir esta tasa de mermas en 10% a 15% obteniendo un rendimiento por hectárea de 30 a 35 toneladas por campaña y los ingresos por exportación incrementarían en 3 millones de dólares aproximadamente.

IV. DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos demuestran que implementar sensores en la etapa de cultivo y cosecha de mandarinas es capaz de monitorear las condiciones del fruto en tiempo real para poder tomar acciones preventivas y/o reactivas.

Por ejemplo, se encontraron investigaciones como las de Cruz [14] y Cortez y García [15] que confirman que una agricultura de precisión basada en el internet de las cosas y en la recolección de datos es crucial en el contexto actual en el que se encuentra la agricultura.

Por otro lado, Díaz y Rodríguez [16], instalaron una estación meteorológica portátil con sensores programados con Arduino que permitieron monitorear en tiempo real el ambiente de una comunidad, evidenciando la necesidad de mejorar las condiciones ambientales.

Asimismo, la propuesta planteada de la presente investigación coincide con el estudio de Cruz y Maguiña [17] quienes aplicaron diferentes herramientas de Internet de las Cosas como lo son los transmisores, microcontroladores y sensores en el proceso de fertilización de mandarinas. Además, Lino [18] aplicó un modelo similar, pero en la acuicultura para monitorear con sensores la temperatura del agua.

Sin embargo, los expertos coinciden con Orozco y Llano [19] en que puede haber errores en la medición con sensores por diversas variables involucradas como, por ejemplo, la curva de absorción de nutrientes.

Asimismo, se encontró que diversos autores como Santos [20], Pino [21] y Cabrera [22] coinciden en que los desafíos más

importantes en implementar este tipo de tecnología en el sector son la inversión inicial, la complejidad de uso o gestión de datos, la falta de infraestructura, el desconocimiento, la resistencia al cambio y la falta de reglamentación. A una pequeña o mediana empresa con poca capacidad de inversión, mano de obra o capacitación le es complicado implementar nuevas tecnologías. Estas requieren seguimiento constante, actualización y un correcto manejo para aprovecharlas y tomar decisiones. Como demostró, Ticona et al. [23] existe una relación entre la innovación de procesos agrícolas y el desempeño exportador de empresas productoras, en su caso de estudio, fueron uvas frescas de Ica. Por ello, se requieren campañas de capacitación, sensibilización y empoderamiento para impulsar a las empresas a decidir tomar iniciativas como estas para salir al mercado internacional y competir. Además, les es difícil acceder a la información pública que puede existir, como, por ejemplo, la del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú (SENAMHI), ya sea por falta de conectividad o desconocimiento.

En el caso de los sensores propuestos, se concreta la necesidad de implementar una herramienta de transformación digital accesible que permita un monitoreo ágil y constante de la producción de mandarinas de exportación. Esta solución tecnológica permite anticiparse a riesgos como plagas, enfermedades o cambios climáticos, optimizando recursos y mejorando la calidad del fruto. Al facilitar una toma de decisiones basada en datos, se espera reducir significativamente la tasa de mermas de un 40% a 50% a un 25% a 35%, aumentar el rendimiento por hectárea y elevar los ingresos por exportación, acercándose así a los KPIs del sector. Esto permitiría tener mayores volúmenes de calidad exportable que se pueda vender a mayores precios ayudando al crecimiento del sector.

Observamos con toda la investigación que los sensores, así como otras herramientas de transformación digital, se pueden replicar en otros sectores para reducir costos y mejorar la productividad. Finalmente, cada día más estas nuevas tecnologías van a ser parte de las empresas y los negocios del mundo por lo que adaptarse al cambio y aceptarlas como necesarias para crecer va a ser primordial. Esta investigación invita a que surjan nuevas investigaciones sobre más utilidades de herramientas de transformación digital en el sector agroindustrial en el Perú.

V. CONCLUSIONES

En conclusión, el modelo propuesto, basado en estrategias de transformación digital, demostró ser una solución viable para reducir las mermas en la cadena de suministro de mandarinas para exportación entre un 10% a 15%, enfocándose principalmente en los colaboradores y el uso de la tecnología durante la etapa de cultivo.

Asimismo, mediante la implementación de sensores, junto con un proceso continuo de capacitación y formación técnica, se logra un incremento en el rendimiento por hectárea, así como un mayor volumen de mandarina destinada a la exportación.

Este modelo permitiría al sector agroindustrial incrementar su disponibilidad de mandarinas, mejorar su productividad y aumentar su competitividad a nivel global.

Asimismo, la presente investigación propone un modelo significativo para la ingeniería industrial, ya que no solo mejora la eficiencia y la rentabilidad a lo largo de la cadena, sino que responde a una necesidad tangible del sector agroindustrial y agroexportador en donde la calidad, la estandarización y la perecibilidad de la fruta son factores críticos.

La propuesta busca motivar al sector y a los grupos de interés a sistematizar prácticas a través de herramientas de transformación digital que son sencillas, de bajo costo y adaptables. Igualmente, este enfoque busca que comprenda a nivel cuantitativo el impacto de la utilización de estas para mejorar en ingresos, en eficiencias y en la toma de decisiones.

Además, esta investigación cubre un vacío en la literatura brindando un modelo enfocado en el sector agroindustrial de mandarinas peruanas de exportación la cual posee un nivel significativo de generalización, transferibilidad y replicabilidad. La estructura de la propuesta que incluye herramientas estándares permite que sea adaptable a cadenas agroindustriales con características similares y facilita investigaciones futuras para nuevas prácticas en contextos afines. Esto debido a que las tecnologías aplicadas no representaron altos costos de inversión y demostraron un retorno significativo en términos de productividad, competitividad y reducción de mermas, lo que significa una oportunidad para el agro peruano.

Para futuras investigaciones, recomendamos investigar nuevas herramientas o métodos de financiamiento que faciliten la inversión y que impulsen el crecimiento del sector y que por desconocimiento o desinterés no se aprovechan lo suficiente. Asimismo, recomendamos profundizar en la adaptación hacia un modelo de la agroindustria ágil debido a la resistencia al cambio del personal que enfrenta el sector, especialmente en contextos marcados por prácticas tradicionales. Esta línea de investigación permitiría identificar estrategias para facilitar la adopción de nuevos procesos y tecnologías actuales, promoviendo una cultura organizacional orientada a la innovación, con mayor apertura al cambio constante y capacidad de respuesta ante los desafíos del sector. Finalmente, sugerimos realizar investigaciones con escenarios futuros simulados relacionados a los cambios climáticos y contingencias que puedan aparecer a lo largo del tiempo.

REFERENCIAS

- [1] Banco Central de Reserva del Perú. "Reporte de Inflación, marzo 2025: Panorama Actual y Proyecciones Macroeconómicas 2025-2026", 2025.
- [2] Ministerio de Comercio Exterior y Turismo. "Perú Llegaría a ser el Octavo Exportador Mundial de Fruta en el 2024, Gobierno del Perú, 2024.
- [3] S. Mercado and J.A. Collazos, "Contexto del Impacto Ambiental Generado por la Agroindustria en el Perú", *Innova Biology Sciences*, vol. 2, pp. 13-22, 2022.
- [4] Asociación de Productores de Cítricos del Perú, "Sin Nuevas Plantaciones de Mandarina 2025-2026, las Exportaciones de Cítricos Podrían Estancarse en Tres Años", 2025.
- [5] Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, "El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación:

Progresos en la Lucha Contra la Pérdida y el Desperdicio de Alimentos, 2019.

- [6] Agencia Agraria de Noticias (2022, 19 de septiembre). Perú Pierde el 35% de su Producción de Frutas y Hortalizas para el Mercado Interno por Fallas en la Cadena de Producción. Disponible: <https://agraria.pe/noticias/peru-pierde-el-35-de-su-produccion-de-frutas-y-hortalizas-pa-29326>
- [7] V. Magalhães, L. Ferreira and C. Silva, “Using a methodological Approach to Model Causes of Food Loss and Waste in Fruit and Vegetable Supply Chains”, *Journal of Cleaner Production*, vol. 283, febrero 2021
- [8] A. Khanal, S. Timilsina. and S. Aryal, “Post-Harvest Study of Mandarin in Cold Storage Condition and Ambient Condition at Syangja, Nepa”, *International Journal of Horticulture and Food Science*, vol. 5, no.2, pp. 17-22, diciembre 2023.
- [9] J. Quintana, “Evaluación de la Competitividad de la Exportación de Mandarina Peruana al Mercado Europeo”, Tesis para optar el título profesional, UPC, Lima, Perú, 2024.
- [10] Y.-C. Quispe, “Proyecto de Exportación de Mandarinas Satsuma Frescas a Estados Unidos”, Tesis para optar por el título profesional, Universidad Alas Peruanas, Lima, Perú, 2022.
- [11] M. Gupta, H. Kaur and S. Singh, “Multi-echelon Agri-food Supply Chain Network Design Integrating Operational and Strategic Objectives: A Case of Public Distribution System in India”, octubre 2021.
- [12] R. Abiri, N. Rizan, S.-K. Balasundram, A.-B. Shahbazi, H. Abdul-Hamid, “Application of Digital Technologies for Ensuring Agricultural Productivity”, *Heliyon*, vol. 9, no.12, diciembre 2023.
- [13] J. Correa, “Examinado el Futuro: Metodología Propuesta para el Estudio Prospectivo y Estratégico de la Universidad de Cundinamarca (2010-2019)”, *Esquemas Pedagógicos*, vol. 9, pp. 9-23, octubre 2011.
- [14] J.-A. Cruz, “Aplicación de Tecnología Satelital en Cultivos de Exportación del Valle de Ica, como Herramienta para la Gestión Agrícola”, Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria, Lima, Perú, 2023.
- [15] A.-P. Cortez, N.-E. Cortez and R.-U. García Conde, “Impacto del Uso de las Tecnologías de la Información en la Agricultura de Precisión”, *Perfiles De Ingeniería*, vol. 19, no. 20, pp. 201–219, diciembre 2023.
- [16] J. Díaz and J. Rodríguez, “Ensamble de una Estación Meteorológica con Sensores para Monitorear Parámetros Ambientales”, *Aibi Revista de Investigación, Administración e Ingeniería*, vol. 13, no. 1, pp. 52-59, enero 2025.
- [17] L. Cruz and E. Maguiña, “Aplicación de IoT en el Proceso de Fertilización de Mandarinas Mediante un Sistema de Red de Sensores”, Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Informático y de Sistemas, USIL, Lima, Perú, 2021.
- [18] A.-E. Lino, “Sistema de Monitoreo de Ambiente Para el Control de las Condiciones Ambientales de las Granjas Acuícolas de la Selva del Perú basado en Internet de las Cosas”, *Interfases*, vol. 16, no. 016, pp. 140-167, 2021.
- [19] O. Orozco and G. Llano, “Sistemas de Información Enfocados en Tecnologías de Agricultura de Precisión y Aplicables a la Caña de Azúcar, una Revisión”, *Revista Ingenierías Universidad de Medellín*, vol. 15, no. 28, pp. 103-124, 2016.
- [20] L. Santos, “El Uso de la Tecnología en la Agricultura”, *Pro Sciences: Revista de Producción*, vol. 2, no. 14, pp. 25-32, septiembre 2018.
- [21] E. Pino, “Drones a Tool for Efficient Agriculture: A High-Tech Future”, *Idesia (Arica)*, vol. 37, no. 1, pp. 75-84, marzo 2019.
- [22] C. Cabrera, D. Salvatierra and G. Navarro, “Servicios de Agricultura de Precisión Aplicados a Cultivos de Agroexportación en la Costa Peruana”, Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Agrónomo, Universidad Nacional Agraria, Lima, Perú, 2024.
- [23] J. Ticona and G. Beraun, “Relación Entre la Innovación de Procesos Agrícolas y el Desempeño Exportador de las Empresas Productoras de Uva Fresca de la Región Ica periodo 2018-2022”, Tesis para optar el título profesional de Licenciado en Negocios Internacionales, UPC, Lima, Perú, 2024.