

TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN LA CADENA DE VALOR DE LA PAPAYA CV. MARADOL: ESTRATEGIAS PARA LA CONSOLIDACIÓN DEL AGRONEGOCIO EN CHIAPAS, MÉXICO

TECHNOLOGY TRANSFER IN THE VALUE CHAIN OF THE MARADOL PAPAYA VARIETY: STRATEGIES FOR CONSOLIDATING AGRIBUSINESS IN CHIAPAS, MEXICO

Artículo recibido el: 8/29/2025

Artículo aceptado el: 11/28/2025

Juan Alberto Solís Lozano*

*Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5429-9616>

alberto.solis@uaq.mx

José Fernando Vasco Leal*

*Universidad Autónoma de Querétaro, Querétaro, México

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2503-1332>

jose.vasco@uaq.mx

The authors declare that there is no conflict of interest

Resumen

Esta investigación analiza la eficiencia económica y los puntos críticos de control (PCC) en la cadena de valor de la papaya variedad Maradol en Chiapas, México. El objetivo fue cuantificar las pérdidas físicas y económicas en nodos estratégicos para formular estrategias de transferencia tecnológica y competitividad empresarial. Se empleó una metodología no experimental, transversal y descriptiva con enfoque cuantitativo, evaluando tres puntos críticos de control (PCC): unidad de producción, bodega de selección y establecimiento comercial. La calidad se determinó bajo la norma NMX-FF-041-SCFI-2007. Los resultados demuestran una pérdida total acumulada de 6.07 toneladas, equivalentes a \$47,996.90 MXN. Mientras en cosecha predomina el riesgo biológico (86.79% por antracnosis), en el retail prevalece el daño mecánico (91.69%), representando este último el 54% del impacto económico total. Se concluye que un kilogramo perdido en el mercado es 2.7 veces más costoso que en campo. Por lo tanto, es fundamental establecer estrategias de inversión en logística poscosecha y capacitación técnica para reducir ineficiencias y garantizar la consolidación del agronegocio.

Palabras clave: Agroindustria. Competitividad. Eficiencia Económica. Planificación Estratégica. Puntos Críticos de Control.

Abstract

This research analyzes economic efficiency and critical control points (CCPs) in the value chain of the Maradol papaya variety in Chiapas, Mexico. The objective was to quantify physical and economic losses at strategic nodes in order to formulate strategies for technology transfer and business competitiveness. A non-experimental, cross-sectional, and descriptive methodology with a quantitative approach was used, evaluating three critical control points (CCPs): production unit, selection warehouse, and commercial establishment. Quality was determined under the NMX-FF-041-SCFI-2007 standard. The results show a total cumulative loss of 6.07 tons, equivalent to \$47,996.90 MXN. While biological risk predominates during harvest (86.79% due to anthracnose), mechanical damage prevails in retail (91.69%), representing 54% of the total economic impact. It is concluded that one kilogram lost in the market is 2.7 times more expensive than in the field. Therefore, it is essential to establish investment strategies in post-harvest logistics and technical training to reduce inefficiencies and ensure the consolidation of agribusiness.

Keywords: agribusiness. Competitiveness. Economy efficiency. Strategic planning. Critical control points.



1 INTRODUCCIÓN

La papaya (*Carica papaya L.*) cv. Maradol es un fruto tropical con amplia aceptación por los consumidores, gracias al agradable sabor y aroma, así como por sus propiedades nutraceuticas. Este producto en estado de maduración se considera fuente de antioxidantes (carotenos, vitamina C y flavonoides), vitamina B (ácido fólico y ácido pantoténico), minerales (potasio, magnesio, entre otros) y fibra. Adicionalmente, es fuente de papaína (enzima) que es utilizada por su actividad biológica en la industria cárnica, cervecera, farmacéutica y cosmetológica (EVANS & BALLEEN, 2012). De acuerdo con SHAHEEN *et al.*, (2022), debido a su perfil fisicoquímico, rico en carotenoides, enzimas y compuestos bioactivos, posiciona a este cultivo como una opción promisoría. Esto permite bajo el esquema de biorrefinería la valorización integral del fruto y sus subproductos, lo que representa una opción económica agroindustrial.

Según datos de FAOSTAT (2025), para el año 2023 la producción mundial de papaya registra en orden de importancia a la India como el máximo productor por encima de los 5.2 millones de toneladas, seguido de República Dominicana (1.6 millones de ton), Indonesia (1.2 millones ton); México (1.1 millones de ton), Brasil (1.1 millones de ton), y Nigeria (863 mil ton); y el resto del mundo produce aproximadamente 3.7 millones de toneladas. De acuerdo al SIAP (2025) para el caso de México, los cinco principales estados productores de papaya en el año 2024 son Oaxaca (319 mil ton), Colima (204 mil ton), Chiapas (160 mil ton), Michoacán (121 mil ton) y Veracruz (121 mil ton). Lo que representó alrededor de 7 mil 549 millones de pesos mexicanos.

A pesar del incremento en el valor de la producción agrícola en los últimos años, se estiman grandes pérdidas económicas de ésta fruta debido a que se requiere principalmente de un manejo estratégico en la producción agrícola, poscosecha, además de la logística y distribución. ÁLVAREZ-HERNÁNDEZ & TAPIA-VARGAS (2019) mencionan que existen pérdidas por las condiciones biológicas propias de la planta, problemas fitosanitarios, agroecológicos, entre otras, que repercute en pérdidas. Así mismo, algunas pérdidas poscosecha pueden obedecer a la cadena de almacenamiento y transporte inapropiado y daño por frío (PRASAD & PAUL, 2021). A estos problemas se suma la tendencia inherente de los frutos de papaya a deteriorarse y causar enfermedades durante las etapas de transporte y comercialización, las cuales ocasionan pérdidas económicas para las organizaciones agroindustriales (LÓPEZ-NAVARRETE *et al.*,

2011). Por su parte, GRANADOS-RAMÍREZ *et al.*, (2015) consideran que estas pérdidas suceden en las diversas etapas productivas de la cadena agroalimentaria y por lo cual se deberán establecer innovaciones tecnológicas por parte de las organizaciones agroindustriales para generar mayor impacto económico. Bajo esta perspectiva, teniendo en cuenta la perspectiva económica y de competitividad evaluada por VALENCIA-SANDOVAL *et al.*, (2017) los cuales consideran que la cadena agroalimentaria de la papaya en México tiene gran potencial de crecimiento, pero que esto dependerá en gran medida por la capacidad de invertir en tecnología, infraestructura, capacidades laborales e inclusive políticas públicas que beneficien al sector agrícola nacional, para así aumentar competitividad y poder acceder a mercados internacionales.

Por otro lado, CISNEROS-SAGUILÁN *et al.*, (2023a) con base en los resultados de la investigación confirman que además de ser económicamente viable, el cultivo de papaya es una importante fuente de empleo, ya que la demanda de mano de obra es alta en todas las actividades del proceso productivo, lo cual contribuye a mejorar la calidad de vida de los habitantes de la región donde se establece la agroindustria.

Debido a que los mercados cada día aumentan la demanda de productos de alta calidad, la introducción de las frutas tropicales a los mercados especializados ha conducido a la búsqueda de tecnologías para comprender el comportamiento biológico, físico y químico de la fruta y de esta manera conservar por más tiempo la calidad de dichas frutas en estado fresco y reducir las pérdidas poscosecha.

A pesar de que México es uno de los principales productores mundiales de papaya, la competitividad del sector se ve limitada por ineficiencias poscosecha. El problema central no es solo la merma física, sino la destrucción de valor económico acumulado. En la cadena de valor de la papaya cv. Maradol, existe una asimetría de información y una falta de trazabilidad financiera que impide a los productores visualizar como los daños latentes (fitosanitarios) y mecánicos en etapas tempranas se traducen en castigos de precio en el mercado destino. La carencia de cuantificación monetaria de estas pérdidas invisibiliza la urgencia de inversión tecnológica, perpetuando un ciclo de baja rentabilidad y alto desperdicio alimentario.

Esta investigación es crucial porque transita de temas agronómicos a una auditoría financiera de las pérdidas económicas. Al identificar las pérdidas económicas en puntos críticos de control, se provee a los tomadores de decisiones (productores agrícolas y agroindustriales) de una herramienta objetiva para evaluar el retorno de inversión (ROI)

en tecnologías de manejo poscosecha. Por lo anterior, esta investigación tuvo como objetivo cuantificar las pérdidas físicas y económicas en los puntos críticos de control de la cadena de valor de la papaya (*Carica papaya L.*) c.v. Maradol, mediante un estudio de caso en Chiapas (México), para formular estrategias de eficiencia financiera y competitividad empresarial.

2 REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Transferencia tecnológica

Según MENDOZA-GRIMÓN *et al.*, (2024), el cultivo de la papaya representa una inversión de alto riesgo y rentabilidad con un ciclo productivo de 18 meses, posicionándose como una opción estratégica para los pequeños productores. Este sistema dinamiza la economía rural. No obstante, la adopción de innovaciones en este sector no es fácil, lo agricultores suelen ejecutar una adaptación de los paquetes tecnológicos, ajustándolos de manera empírica a sus recursos, conocimientos y estrategias locales.

Por su parte, CISNEROS-SAGUILÁN *et al.*, (2023b) deducen que la edad y escolaridad son determinantes críticos en la adopción de innovaciones agrícolas. Productores jóvenes y con mayor formación académica muestran mayor propensión al cambio tecnológico para optimizar la productividad de sus agroecosistemas.

Conforme a VINHA *et al.*, (2024) los cuales comentan que el sistema productivo de la papaya genera abundantes residuos (frutos descartados por daños) y subproductos (cáscaras y semillas) con alto valor agroindustrial para producir principalmente papaína o pectina. Esta valorización permite mitigar pérdidas económicas y optimizar la competitividad de la cadena de valor.

Al respecto, BABALOLA *et al.*, (2024) concluyen que el horizonte comercial de la *carica papaya* es sumamente prometedor, sustentado por su versatilidad y alta demanda en los sectores médico-farmacéutico e industrial. En un entorno de constantes innovaciones biotecnológicas, la comprensión de las propiedades farmacológicas se vuelve estratégico para maximizar el aprovechamiento integral. Bajo esta lógica, el fortalecimiento de la cadena productiva no sólo garantiza la estabilidad financiera de agricultores y procesadores, sino que se posiciona como un motor de crecimiento macroeconómico para el país. Por tanto, la transición hacia la obtención de subproductos

de alto valor agregado representa la vía idónea para mitigar las ineficiencias económicas detectadas y consolidar la competitividad sistémica del agronegocio.

Bajo esta premisa, la transferencia tecnológica derivada de la investigación aplicada alcanza su mayor trascendencia al articular la teoría y la práctica, facilitando la implementación de soluciones que respondan a problemáticas específicas del sector productivo. Resulta importante consolidar una sinergia entre la academia y el sector productivo para garantizar que los hallazgos científicos se traduzcan en mejoras operativas y ventajas competitivas. Este vínculo no solo valida la utilidad social del conocimiento, sino que fomenta un ecosistema de innovación que responde a los desafíos empresariales y territoriales (CARDONA-CASTAÑO & VASCO-LEAL, 2025; MUÑOZ-GONZÁLEZ *et al.*, 2024; SOLÍS-LOZANO *et al.*, 2022).

2.2 Cadenas de valor

Tomando como referencia a GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ *et al.*, (2025), la cadena de valor constituye un sistema de actores interconectados que ejecutan actividades para añadir valor, abarcando desde la producción primaria hasta el consumo final incluyendo proveedores de insumos, transformación, industrialización, transporte y servicios de apoyo.

De acuerdo a CERROBLANCO-VÁZQUEZ *et al.*, (2021) la cadena de valor es predominantemente estratégica, permite identificar ventajas competitivas sostenibles mediante la identificación de costos, optimización de la productividad, diferenciación estratégica del producto y optimizando la experiencia del consumidor final. Esta metodología facilita una gestión precisa de los componentes del valor y mejora la trazabilidad, asegurando que cada etapa aporte valor tangible bajo rigurosos estándares de calidad, fortaleciendo relaciones comerciales a largo plazo.

Bajo estas premisas, se identifica que las cadenas de valor agroalimentarias en México presentan debilidades estructurales, como la fragmentación y una baja productividad que vuelve vulnerables ante factores externos. Esta fragilidad exige una transición hacia modelos de “agronegocios 4.0”, integrando tecnologías avanzadas como IA, IoT, Big data, para mejorar la planeación rural y la eficiencia en las operaciones empresariales. En este contexto la competitividad de la papaya en México depende de su

capacidad de diferenciación y del aprovechamiento de ventajas comparativas frente a otros productores internacionales (VALENCIA-SANDOVAL *et al.*, 2017).

2.3 Economía de los costos de transacción (ECT)

De acuerdo a BALZA-FRANCO *et al.*, (2022), teniendo en cuenta a COASE (1960) y WILLIAMSON (1985), expone que la ECT, destacan por su robustez conceptual centrada en los vínculos contractuales, los cuales actúan como determinantes fundamentales de la integración vertical. En el ámbito de la investigación agroindustrial, este marco resulta estratégico al permitir modelar la racionalidad económica que rige la arquitectura y operatividad de la cadena. Su aplicación facilita la comprensión de las interacciones institucionales, aportando una base sólida para explicar la estructura organizativa de los agronegocios desde una perspectiva de eficiencia técnica y financiera.

La asimetría de información continúa siendo una causa raíz de los desequilibrios entre la producción, transformación y distribución de alimentos en México. La desigualdad estructural en el acceso a información técnica y financiera genera cadenas frágiles, donde los productores enfrentan riesgos latentes de sanidad sin herramientas de trazabilidad adecuadas. Esta falta de información se traduce en costos de transacción elevados que limitan la capacidad de reinversión en las unidades económicas productivas.

2.4 Gestión de riesgos en la cadena de suministro (SCRM)

La gestión de riesgos ha evolucionado hacia la cuantificación de impacto económico de las pérdidas poscosecha, las cuales pueden alcanzar un gran porcentaje de la producción total en sistemas agrícolas. Las mermas se concentran significativamente en la distribución minorista y el consumo, subrayando que el manejo inadecuado y los empaques inapropiados son los principales catalizadores del deterioro y pérdidas económicas. El enfoque SCRM prioriza la mitigación mediante la identificación de puntos críticos de control (PCC), especialmente en productos altamente perecederos donde la vulnerabilidad biológica se traduce en riesgos financieros directos (FLÓREZ *et al.*, 2009). Al respecto, VILLEGAS-VILCHIS *et al.*, (2025), subrayan la relevancia estratégica de los PCC en la agroindustria de la papaya en México. Su investigación sostiene que la gestión eficiente de estos nodos operativos, fundamentada en la

capacitación y la implementación de buenas prácticas agrícolas es determinante para mitigar riesgos de contaminación. Estas variables determinan competitividad, posicionando a la formación técnica como eje estratégico para reducir ineficiencias operativas.

3 METODOLOGÍA

3.1 Diseño de la investigación

Se implementó un diseño de investigación no experimental, transversal y descriptivo con enfoque cuantitativo. El estudio se estructuró como una auditoría de pérdidas físicas basada en la trazabilidad del producto, analizando el comportamiento de las variables de calidad y valor económico en un punto único en el tiempo a través de eslabones de la cadena de suministro.

VARIABLES DE RESPUESTA:

- **Variable independiente:** etapa de la cadena (unidad de producción, bodega, punto de venta).
- **Variable dependiente:** porcentaje de merma (%) y pérdida económica (MXN)

3.2 Unidad de análisis y zona de estudio

La unidad experimental correspondió a un lote de 1.0 hectárea de papaya (*Carica papaya L.*) cv. Maradol, ubicado en la región del Soconusco, estado de Chiapas, México.

- **Manejo agronómico:** El cultivo se sometió al paquete tecnológico estándar de la región.
- **Rendimiento base:** Para efectos de cálculo, se validó un rendimiento agronómico promedio de 73.23 ton/ha reportado en bitácora de campo.
- **Trazabilidad:** Se aseguró el seguimiento del lote desde la cosecha hasta el punto de venta minorista en el municipio de Tapachula, Chiapas (México), garantizando que los datos recolectados en los eslabones posteriores correspondieran exclusivamente a la unidad de producción inicial.

3.3 Definición de puntos críticos de control (PCC)

Basado en la metodología de análisis de procesos logísticos de FLÓREZ *et al.*, (2009), se establecieron tres nodos de evaluación o puntos de críticos de control (PCC) donde se midieron las variables físicas y económicas:

- **PCC 1: Unidad de producción (cosecha):** evaluación in situ al momento del corte y acopio primario.
- **PCC 2: Bodega de selección/clasificación (empaquete):** evaluación durante la recepción, limpieza y clasificación.
- **PCC 3: Establecimiento comercial (retail):** evaluación en anaquel previo a la compra del consumidor final.







3.4 Instrumento y criterios de evaluación de calidad

La determinación del grado de madurez y calidad se realizó bajo estricto apego a la norma mexicana NMX-FF-041-SCFI-2007, la cual es específica para papaya cv. Maradol y se utiliza como referencia para su acondicionamiento, envasado, comercialización y posterior consumo en fresco en el territorio nacional (Figura 1).

- **Determinación de madurez:** se utilizó la escala visual de maduración de 6 grados de madurez (desde “sazona” hasta “madurez maciza”). El criterio de aceptación para corte fue fijado en los estadios 1 y 2 (“sazona” y “una raya”) para garantizar vida anaquel.
- **Clasificación de daños:** la fruta “no aceptable” se categorizó mediante la inspección visual destructiva y no destructiva en tres etiologías:
 - ✓ **Daño Fitosanitario:** presencia de antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*) u otros patógenos.
 - ✓ **Daño Mecánico:** magulladuras, cortes, abrasiones y aplastamiento por compresión.
 - ✓ **Fisiológico:** sobremadurez no comercial.

Figura 1

Tabla para la clasificación de la papaya de acuerdo al grado de madurez

1	2	3	4	5	6
					
Sazona	Una raya	Dos rayas	Tres rayas	Cuatro rayas	Madura maciza
Verde claro con una incipiente veta amarilla	Verde más claro con una veta amarilla bien definida	Verde claro con un 30% de color amarillo en dos vetas	Verde claro con un 50% de color amarillo repartido en tres vetas	Naranja en un 70% y 30% verde claro	Naranja del 90% al 100% con ligeros tonos de verde claro.

Fuente: adaptado de NMX-FF-041-SCFI-2007

Para la evaluación de los puntos de control de calidad se tuvo en cuenta los criterios de la NMX-FF-041-SCFI-2007, los cuales se describen a continuación (Tabla 1):

Tabla 1

Criterios de calidad en los puntos de control

Punto crítico de control	Aceptable	No Aceptable
Unidad de producción (cosecha)	Fruta que cumple con los criterios de calidad e inocuidad y es apta para trasladarse a Bodega de Selección y Clasificación	Fruta que presenta daños mecánicos, patógenos, y/o sobre madurez
Bodega de selección y clasificación (empaquete)	Fruta que cumple con cualquiera de las siguientes clasificaciones: Premium: Cumple con los estándares de calidad e inocuidad y está dirigida a mercados especializados. Extra: Cumple con criterios mínimos de calidad e inocuidad y está dirigida a mercados de abasto y/o mayoristas. Buena: Cumple con criterios mínimos de calidad e inocuidad y está dirigida a mercados locales.	Fruta que presenta daños mecánicos, patógenos, y/o sobre madurez
Establecimiento comercial (retail)	Fruta que cumple con los criterios de calidad establecidos por el establecimiento comercial.	Fruta que presenta daños mecánicos, patógenos, y/o sobre madurez

Fuente: adaptado de NMX-FF-041-SCFI-2007

3.5 Estimación de las pérdidas económicas en los diferentes puntos de control de calidad

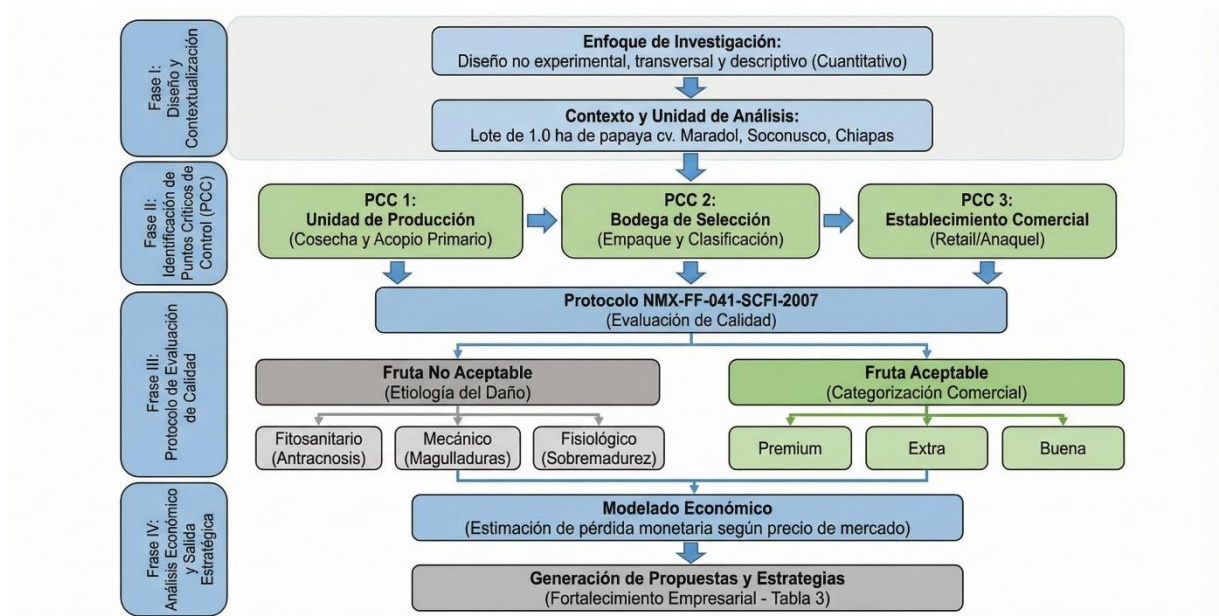
Para estimar la pérdida económica en cada punto de control de calidad, se determinó en primer lugar la media aritmética total del precio del producto, siguiendo los precios de comercialización de la papaya cv. Maradol por parte de la unidad económica productiva evaluada. Los precios establecidos para cada una de las calidades fueron: Premium \$18/kg; Extra \$15.28/kg y Buena a \$7.61/kg.

3.6 Esquema metodológico

La figura 2 detalla la ruta procedimental estructurada orientada a cuantificar las pérdidas físicas y económicas en puntos críticos de control (PCC) específicos: unidad de producción, bodega de selección y establecimiento comercial.

Figura 2

Esquema metodológico



Fuente: elaboración propia

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

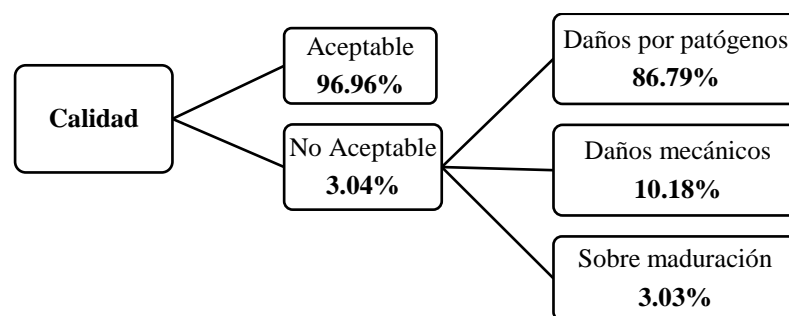
4.1. Análisis de mermas en el PCC 1: Unidad de producción (cosecha)

La revisión en el primer eslabón reveló una pérdida física del 3.04% del volumen total cosechado. Aunque este porcentaje podría considerarse marginal en términos productivos, el análisis de la figura 3 expone una vulnerabilidad crítica en la sanidad vegetal: el 86.79% de los rechazos obedeció a daños patológicos, específicamente antracnosis (*Colletotrichum gloeosporioides*).

Este hallazgo es consistente con lo reportado por VALENZUELA *et al.*, (2015), confirmando que la antracnosis sigue siendo la principal limitante fitosanitaria en el trópico húmedo. Sin embargo, desde una perspectiva financiera, esto indica una ineficiencia en la inversión preventiva. A diferencia del daño mecánico (10.18%) o la sobre madurez (3.03%), que son errores operativos del momento, la alta incidencia patológica sugiere una falla sistémica en el paquete tecnológico aplicado durante las fases fenológicas previas al corte. Al reducir la brecha entre el rendimiento agronómico y el valor comercial, el agronegocio se fortalece, permitiendo una toma de decisiones que facilite su consolidación en mercados globales (PRASAD & PAUL, 2021).

Figura 3

Porcentaje de calidad de fruta aceptable y no aceptable en unidad de producción



Fuente: elaboración propia

Esto obedece especialmente, a la deficiencia en el manejo de buenas prácticas agrícolas y a la falta de estandarización de un plan específico de establecimiento de cultivos que prevea fechas de siembra para la recolección gradual o masiva del producto; al bajo nivel de adopción de tecnologías para monitorear humedad ambiental, temperatura y grado de madurez del fruto. Así como las deficiencias en el manejo de programas de

control y prevención de plagas y enfermedades las cuales prevalecen en los campos agrícolas por tiempos determinados y provocan problemas fitosanitarios. Además de la falta de capacidades técnicas en el personal operativo al momento de la recolección y traslado, los cuales generan daños mecánicos por magulladuras, golpes, rajaduras, aplastamiento, entre otras. Asimismo, existen pocas propuestas para aprovechar la fruta no apta por cuestiones de calidad, lo cual solo genera desperdicios y ser fuente de contaminación.

4.2 Análisis de mermas en el PCC 2: Bodega de selección y clasificación

En este punto de control, se registró una pérdida adicional del 2.72% (1.93 toneladas). Lo relevante en esta etapa no es solo el volumen, sino la persistencia de la infección latente. A pesar del filtro inicial en campo, el 51.83% de la fruta rechazada en bodega presentó nuevamente daños por patógenos.

Esto demuestra que el proceso de selección visual en campo es insuficiente para detectar infecciones asintomáticas que se expresan horas después (post-cosecha inmediata). Adicionalmente, se observa un incremento significativo en los daños mecánicos (39.25%), atribuibles a la manipulación durante la carga y descarga. La bodega, teóricamente diseñada para agregar valor mediante la clasificación (Premium/Extra), está funcionando parcialmente como un centro de costos por ineficiencia operativa, donde se termina descartando producto que ya absorbió costos logísticos de transporte desde la unidad de producción.

Tabla 2

Porcentaje de calidad de fruta aceptable y no aceptable en bodega de selección y clasificación

Parámetro	Descripción			
Calidad	Aceptable	97.28%	Premium	78.19 %
			Extra	15.62 %
			Buena	6.19 %
	No aceptable	2.72%	Daños por patógenos	51.83%
			Daños mecánicos	39.25%
			Sobre maduración	8.92%

Fuente: elaboración propia

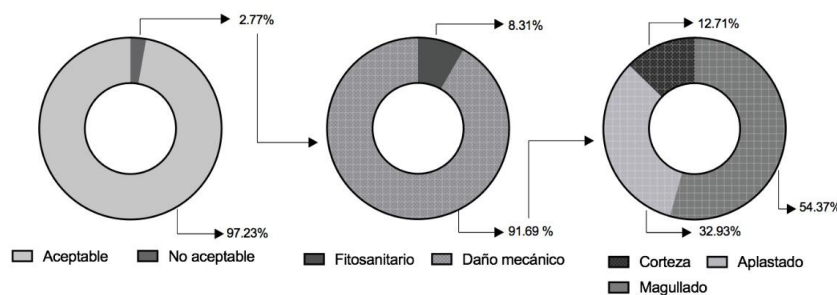
4.3 Análisis de mermas en el PCC 3: Pérdidas en establecimiento comercial (retail)

El punto de venta final presentó el escenario más crítico en términos de degradación de valor. Aunque la merma física fue del 2.77% (similar a las etapas previas), la etiología del daño cambia drásticamente: el 91.69% de las pérdidas fueron causadas por daños mecánicos (magulladuras 54.37%, aplastamiento 32.93% y daños en corteza 12.71%). Lo cual coincide con los resultados de MORALES-PABLO et., al (2025) quienes sostienen que es importante analizar el desperdicio en sitios de venta para diseñar estrategias de mitigación, destacando la maduración acelerada como factor crítico, el cual responde a ineficiencias en el manejo físico y la falta de control en los PCC.

Este resultado evidencia una ruptura en la cadena de suministro. Mientras que en las etapas iniciales el riesgo era biológico (hongos), en la etapa final el riesgo es logístico. La alta incidencia de aplastamiento y magulladuras denota deficiencias graves en el embalaje, estiba y transporte hacia el mercado minorista. Financieramente, este es el punto de mayor importancia, ya que el producto dañado en anaquel tiene el costo acumulado más alto de toda la cadena (producción + empaque + flete).

Figura 4

Porcentaje de fruta aceptable y no aceptable en establecimiento comercial



Fuente: elaboración propia

4.4 Valoración de las pérdidas económicas: Cadena de valor de la papaya cv. Maradol

En la Figura 5, se describen las pérdidas económicas en cada punto de control. La pérdida total acumulada fue de 6.07 toneladas, lo que se traduce en una pérdida

económica directa de \$47,996.90 MXN. El análisis detallado por eslabón (Figura 5) revela una asimetría en el impacto financiero:

- **Unidad de Producción:** Pérdida de \$10,904.70 (Valor promedio \$4,890/ton).
- **Bodega:** Pérdida de \$11,058.90 (Valor promedio \$5,730/ton).
- **Comercialización:** Pérdida de \$26,033.30 (Valor promedio \$13,630/ton).

Estos resultados indican que el 54% de la pérdida económica total se materializa en el último eslabón. Esto demuestra que un kilogramo perdido en el mercado cuesta 2.7 veces más que un kilogramo perdido en el campo. Por tanto, las estrategias de mitigación no deben centrarse únicamente en aumentar el rendimiento agronómico, sino en proteger el valor del fruto a través de la tecnificación de la logística y la cadena de frío. La investigación confirma que la competitividad de la papaya cv. Maradol está siendo comprometida no por falta de producción, sino por una gestión ineficiente de la calidad poscosecha.

Figura 5

Pérdidas económicas en cada punto crítico de control

Punto de control crítico (PCC)	Unidad de producción (cosecha)	Bodega de selección y clasificación (empaque)	Establecimiento comercial (retail)
Cantidad de pérdida (ton)	2.23	1.93	1.91
Porcentaje (%)	3.04	2.72	2.77
Precio promedio (\$ MXN/ton)	4,890	5,730	13,630
Pérdida estimada (\$ MXN)	10,904.70	11,058.90	26,033.30

Fuente: elaboración propia

4.4.1 Análisis de factibilidad económica y retorno de inversión (ROI) de las estrategias de mitigación

La viabilidad financiera de este agronegocio depende de su capacidad para detener las pérdidas del valor económico acumulado a lo largo de la cadena de suministro. La investigación determinó una pérdida total de \$47,996.90 MXN (6.07 toneladas de fruta),

lo que representa una pérdida directa de la rentabilidad que justifica la inversión en tecnologías de mitigación.

1. Priorización del gasto logístico (PCC 3: Retail)

El análisis revela que el 54% de la pérdida económica total se materializa en el establecimiento comercial, con un monto de \$26,033.30 MXN. Desde una perspectiva de negocios, un kilogramo perdido en el mercado minorista cuesta 2.7 veces más que uno perdido en el campo. Por lo tanto, la inversión en reingeniería de embalaje y tecnificación de la cadena frío presenta el ROI más elevado, ya que protege el eslabón donde el producto ha absorbido todos los costos de producción, empaque y flete.

2. Eficiencia en el capital preventivo (PCC 1: Cosecha)

En la unidad de producción, la pérdida económica fue de \$10,904.70 MXN. Debido a que el 86.79% de estos rechazos obedeció a problemas fitosanitarios (antracnosis), la inversión en programas de monitoreo ambiental y buena prácticas agrícolas (BPA) no debe considerarse un gasto, sino una medida de eficiencia operativa. Evitar la cosecha de fruta infectada reduce los costos logísticos de transportar productos que inevitablemente serán descartados en nodos posteriores.

3. Optimización del centro de costos (PCC 2: Bodega)

La bodega registró una pérdida de \$11,058.90 MXN. El hecho de que el 51.83% de los rechazos en este punto sigan siendo por patógenos demuestra que el sistema de selección visual actual es ineficiente. La adopción de tecnologías de detección no destructiva permitiría clasificar la fruta con mayor precisión entre categorías Premium \$18/kg; Extra \$15.28/kg y Buena a \$7.61/kg, maximizando el ingreso por cada kilogramo procesado.

4.5. Estrategias para el fortalecimiento y consolidación empresarial

4.5.1 Matriz de estrategias

A continuación, en la tabla 3 se presentan las propuestas estratégicas para implementar por parte de la unidad económica productiva a través de programas específicos para solventar cada una de las problemáticas identificadas en cada punto de control para aumentar productividad, calidad y ganancias económicas. Su importancia

radica en la capacidad de articular soluciones técnicas y administrativas que responden directamente a la pérdida acumulada de \$47,996.90 MXN identificada en los tres puntos de control.

Tabla 3

Matriz de estrategias para la mitigación de pérdidas y consolidación empresarial en la cadena de valor de la papaya c.v. Maradol.

Punto de control crítico (PCC)	Problemática crítica identificada	Propuesta estratégica/programa	Justificación económica/gestión
PCC 1: Unidad de producción (cosecha).	Alta prevalencia de antracnosis (86.79% de los rechazos) y falta de monitoreo tecnológico de variables ambientales	Implementación de Buenas Prácticas Agrícolas (BPA) y programas de monitoreo de humedad y temperatura. Capacitación técnica en técnicas de corte.	Reducción de la inversión ineficiente en producción. Mitigación de la pérdida de \$10,904.70 MXN en el origen
PCC 2: Bodega de selección y clasificación (empaquetado)	Expresión de infecciones latentes (51.83%) e incremento de daños mecánicos por manipulación en carga y descarga (39.25%)	Optimización de protocolos de selección y clasificación (Premium, Extra, Buena). Uso de tecnologías de detección no destructiva para infecciones asintomáticas.	Evitar que el centro de acopio funcione como un centro de costos por ineficiencia operativa al procesar fruta que será descartada.
PCC 3: Establecimiento comercial (retail)	Punto de mayor vulnerabilidad logística: 91.69% de pérdidas por daños mecánicos (magulladuras y aplastamiento)	Reingeniería de embalajes, estibas y transporte. Fortalecimiento de la logística y la cadena de frío.	Protección del eslabón con mayor valor acumulado (\$ 13,630/ton). Recuperación del 54% de la pérdida económica total.
Gestión de negocio	Falta de aprovechamiento de subproductos y asimetría de información financiera.	Desarrollo de programas de capacitación continua para el personal. Creación de líneas de procesamiento agroindustrial para fruta no apta para fresco.	Fortalecimiento de la consolidación empresarial y mejora del retorno de inversión (ROI) en tecnologías poscosecha.

Fuente: elaboración propia

4.5.2 Transferencia tecnológica para la competitividad

La tabla 4 detalla acciones en capacitación, tecnología, transporte y logística e infraestructura, permitiendo priorizar inversiones que reduzcan ineficiencias y beneficien la consolidación del agronegocio.

Tabla 4

Propuesta de transferencia tecnológica para la competitividad del agronegocio de la papaya

Área temática	Propuesta específica de inversión	Objetivo de la inversión
Capacitación	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Programas certificados en Buenas Prácticas Agrícolas (BPA). ▪ Técnicas de cosecha/pos cosecha para operarios. ▪ Norma NMX-FF-041-SCFI-2007 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reducir el daño mecánico inicial y mejorar la selección en campo para garantizar la vida anaquel. ▪ Profesionalizar el manejo técnico y administrativo.
Inversión en tecnología	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sistemas de monitoreo digital de humedad relativa, temperatura en tiempo real y sensores de grado de madurez del fruto. ▪ Estaciones meteorológicas para el monitoreo en tiempo real 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Prevenir la proliferación de patógenos como la antracnosis. ▪ Estandarizar la recolección.
Transporte y logística	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Implementación de unidades con control de temperatura. ▪ Contratación de fletes especializados y control de etileno. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Proteger el valor acumulado en el retail. ▪ Evitar la ruptura de la cadena
Infraestructura agroindustrial	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Adecuación de bodegas de selección climatizadas ▪ Centro de procesamiento para aprovechamiento de desperdicios en subproductos. 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Transformar la bodega en un contexto de biorefinería. ▪ Implementar un modelo de economía circular

Fuente: elaboración propia

5 CONCLUSIONES

Esta investigación cumplió satisfactoriamente el objetivo de cuantificar las pérdidas físicas y económicas en los puntos críticos de control (PCC) de la cadena de valor de la papaya cv. Maradol en Chiapas, México. Los resultados demuestran una pérdida total acumulada de 6.07 toneladas de fruta, lo que representa una pérdida directa de \$47,996.90 MXN. Se identificaron las mermas desde la unidad de producción (86.79% por antracnosis), mientras que en el establecimiento comercial (retail) predomina el daño mecánico (91.69%). Dado que el último eslabón concentra el 54% del impacto económico total, siendo 2.7 veces más costoso perder un kilogramo en anaquel que en campo, resulta imperativo establecer estrategias tecnológicas, productivas y de inversión en los puntos de control.

Se concluye que la consolidación del agronegocio depende de una gestión integral que transite del rendimiento agronómico hacia la eficiencia poscosecha. El control riguroso de los PCC, constituye la vía idónea para garantizar la rentabilidad y competitividad de las organizaciones agrícolas en mercados especializados.

REFERENCIAS

- ÁLVAREZ HERNÁNDEZ, J. C., & TAPIA-VARGAS, L.M. Selección de plantas de papaya sobresalientes en ambientes comerciales con fines de mejoramiento. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, v.10, n.SPE23, p.303-311, 2019. DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v0i23.2029>
- BABALOLA, B. A.; AKINWANDE, A. I.; OTUNBA, A. A.; ADEBAMI, G. E.; BABALOLA, O. & NWUFO, C. Therapeutic benefits of *Carica papaya*: A review on its pharmacological activities and characterization of papain. *Arabian Journal of Chemistry*, v.17, n.1, p.105369, 2024 DOI: <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2023.105369>
- BALZA, F. V.; CARDONA, D. & ROMERO, Z. La economía de costos de transacción: una perspectiva teórica para la investigación en gestión de operaciones y cadenas de suministro. Revisión crítica y conceptual. *FACE: Revista De La Facultad De Ciencias Económicas Y Empresariales*, v.22, n.1, p. 296-309, 2022. DOI: <https://doi.org/10.24054/face.v22i1.1494>
- CARDONA CASTAÑO, J. C., & VASCO-LEAL, J. F. Desafíos de la sustentabilidad y el desarrollo local: análisis en Cadereyta de Montes, Querétaro, México. *Territorios*, n.53, p. 1-29, 2025. Disponible: <https://revistas.urosario.edu.co/index.php/territorios/article/view/14523/13573>
- CERROBLANCO-VÁZQUEZ.; LÓPEZ-MATEO, C. & VEGA MACÍAS, D. Asociatividad y cadenas de valor: estudio de caso de una marca colectiva de mezcal en Guanajuato, México. *RAN - Revista Academia & Negocios*, v. 7, n.2, 2021. DOI: <https://doi.org/10.29393/RAN7-2ACCL20002>
- CISNEROS-SAGUILÁN, P.; VELASCO-GALEANA, B.R.; HERNÁNDEZ-BERNARDINO, A.A.; ANTONIO-MÉNDEZ, I. & VÁZQUEZ-ALFARO, M. Social and Economic Analysis of the Production of Maradol Papaya (*Carica papaya* L.): Case study in the coast of Oaxaca, México. *Agroproductividad*. v.16, n.4 2023a. DOI: <https://doi.org/10.32854/agrop.v16i4.247>
- CISNEROS-SAGUILÁN, P.; MERINO-ÁVILA, I.G.; VALENZUELA-LAGARDA, J.L.; ANTONIO-MÉNDEZ, I.; OCHOA-JIMÉNEZ, L. C. & PELÁEZ-ESTRADA, U.V. Tipología de productores y diferenciación de los agroecosistemas con papaya (*Carica papaya* L.) en Oaxaca, México. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, v.26, n.3, 2023b. DOI: <http://doi.org/10.56369/tsaes.4643>
- COASE, R. H. The problem of social cost. *The Journal of Law & Economics*, v.3, p.1-44, 1960. DOI: <https://doi.org/10.1086/466560>
- EVANS, E. A. & BALLEEN, F.H. Una mirada a la producción, el comercio y el consumo de papaya a nivel mundial. Gainesville: Universidad de la Florida. 2012. Disponible: <http://edis.ifas.ufl.edu/fe917>
- FAOSTAT (2025). Detailed Trade Data. Disponible: <http://faostat.fao.org/site/535/default.aspx#ancor>

FLÓREZ, O. A.; MARÍN, H.F. & ZAPATA, J.A. Estudio de las prácticas cosecha y poscosecha de la papaya (*Carica papaya* cv. Maradol), en el Departamento del Huila. Colombia. *Revista de Investigación Agraria y Ambiental – RIAA*, n.1, p. 29-36, 2009. DOI: <https://doi.org/10.22490/21456453.891>

GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ M.S.; BRAMBILA-PAZ J.J.; MATUSGARDEA J.A.; ROJAS-ROJAS M.M.; ALMERAYA-QUINTERO S.X. & PÉREZ-CERECED V. Caracterización del proceso productivo, poscosecha y comercial de la cadena de valor del plátano en Cerro de Ortega. *Revista Agricultura, Sociedad y Desarrollo*, v.22, n.2, 2025. DOI: <https://doi.org/10.22231/asyd.v22i2.1676>

GRANADOS-RAMÍREZ, R.; SALCEDA-LÓPEZ, R. & LONGAR-BLANCO, M.P. Situación actual y perspectivas tecnológicas para la papaya (*Carica papaya* L.) en el distrito de Veracruz, Veracruz. *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, v.6, n.4, p.749-761, 2015. Disponible: <https://www.scielo.org.mx/pdf/remexca/v6n4/v6n4a7.pdf>

LÓPEZ-NAVARRETE, M. C.; ARÉVALO-GALARZA, M.D.L.C. & NIETO-ÁNGEL, D. Uso de fungicidas y tratamiento térmico poscosecha para control de antracnosis en frutos de papaya Maradol (*Carica papaya*). *Agroproductividad*, v.4, n.3, p. 24-29, 2011. Disponible: <https://revista-agroproductividad.org/index.php/agroproductividad/article/view/580>

MENDOZA-GRIMÓN, V.; AMORÓS, R.; FERNÁNDEZ-VERA, J.R.; LOPES DA VEIGA, E. & PALACIOS-DÍAZ, M.D.P. Utilising Reclaimed Water for Papaya (*Carica papaya* L.) Cultivation in Cape Verde: A Detailed Case Study. *Agronomy*, v.14, n.11, p.2726, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/agronomy14112726>

MORALES PABLO, R.; CRUZ MARTÍNEZ, B.B.; AGUILAR GUTIÉRREZ, G.; SÁEZ TONACCA, L. & RAMÍREZ MARTÍNEZ, A. Estudio de caso: Desperdicios de papaya en diferentes puntos de venta de la región centro de Veracruz, México. *RIVAR revista iberoamericana de viticultura, agroindustria y ruralidad, Santiago*, v.12, n.36, p.76-93, 2025. DOI: <https://doi.org/10.35588/zr1n1x07>

MUÑOZ-GONZÁLEZ, A. E.; VIVANCO-VARGAS, M.; BRAVO-VINAJA, Á.; MÉNDEZ-GALLEGOS S. DE J.; VASCO-LEAL, J. F. Knowledge management for small-scale agricultural producers: a thematic proposal for strengthening rural economic units. *Agro Productividad*. v.17 n.4, p.151-166, 2024. DOI: <https://doi.org/10.32854/agrop.v17i4.2714>

NMX-FF-041-SCFI-2007. Productos alimenticios no industrializados para consumo humano fruta fresca – papaya (*Carica papaya* L.). Secretaría de Economía (Dirección General de Normas). Diario Oficial de la Federación, 2007.

PRASAD, K. & PAUL, J.R. Postharvest Losses of Papaya and Practice for Management. *Food and Scientific Reports*, v.2, n.1, p. 7-11, 2021. Disponible: <https://foodandscientificreports.com/details/postharvest-losses-of-papaya-and-practice-for-management.html>

SHAHEEN, S.; GALANAKIS, C.M. & FARAG, M.A. Carica papaya biowaste valorization: Biorefinery advances and extraction optimization. *Food Reviews*

International, v.39, n. 7, p.4745-4760, 2023. DOI:
<https://doi.org/10.1080/87559129.2022.2057527>

SIAP. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON). Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER).

SOLÍS-LOZANO, J.A.; CUELLAR-NÚÑEZ, L.; VIVANCO-VARGAS, M.; MÉNDEZ-GALLEGOS, S. DE J.; & VASCO-LEAL, J.F. Strategic and competitive advantages of the agricultural sector in Querétaro, Mexico. *Agro Productividad*. v.15 n.2, p.99-108, 2022. DOI: <https://doi.org/10.32854/agrop.v15i2.2099>

VALENCIA-SANDOVAL, K.; ÁVILA, D. D. & GRACIA, T.J.H. Estudio del mercado de papaya mexicana: un análisis de su competitividad (2001-2015). *Suma de Negocios*, v.8, n.18, p.131-139, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.sumneg.2017.10.002>

VALENZUELA, N. L.; ANGEL, D. N.; ORTIZ, D. T.; ROSAS, R. A.; GARCÍA, C. F. O. & SANTOS, M.O. Biological control of anthracnose by postharvest application of *Trichoderma* spp. on Maradol papaya fruit. *Biological Control*, v.91, p. 88-93, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2015.08.002>

VILLEGAS-VILCHIS, A.; GALAVIZ-VILLA, I.; AMARO-ESPEJO, I.A.; GARCÍA-SALDAÑA, A. & TOGA-ISLAVA, A.Y. Variables estratégicas MicMac para reducir la contaminación en el cultivo de papaya en Cotaxtla. *Revista Mexicana De Ciencias Agrícolas*, v.16, n.3, e3650, 2025 DOI: <https://doi.org/10.29312/remexca.v16i3.3650>.

VINHA, A. F.; COSTA, A. S. G.; ESPÍRITO SANTO, L.; FERREIRA, D. M.; SOUSA, C.; PINTO, E.; ALMEIDA, A. & OLIVEIRA, M.B.P.P. 2024. High-Value Compounds in Papaya By-Products (*Carica papaya* L. var. Formosa and Aliança): Potential Sustainable Use and Exploitation. *Plants*, v.13, n.7, 1009, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants13071009>

WILLIAMSON, O.E. *The Economic Institutions of Capitalism*. New York:Free Press, 1985.

Contribución de los autores

Todos los autores contribuyeron por igual al desarrollo de este artículo.

Disponibilidad de datos

Todos los conjuntos de datos relevantes para los resultados de este estudio están disponibles en su totalidad en el artículo.

Cómo citar este artículo (APA)

Lozano, J. A. S., & Leal, J. F. V. TRANSFERENCIA TECNOLÓGICA EN LA CADENA DE VALOR DE LA PAPAYA CV. MARADOL: ESTRATEGIAS PARA LA CONSOLIDACIÓN DEL AGRONEGOCIO EN CHIAPAS, MÉXICO. *Veredas Do Direito*, e234338. <https://doi.org/10.18623/rvd.v23.n2.4338>