

RIESGOS ASOCIADOS A PROCESOS DE PASTEURIZACIÓN LÁCTEA ECUATORIANA: REVISIÓN SISTEMÁTICA

RISKS ASSOCIATED WITH ECUADORIAN DAIRY PASTEURIZATION: SYSTEMATIC REVIEW

Iván Patricio Viteri García¹, Lucero Belén González Mora², Yomara Yosselin Anchundia
Muñoz³, Jossett de Jesús Quinto Burgos⁴

{ivan.viteriga@ug.edu.ec¹, lucerogonzalezmora@gmail.com², yosselinanchundia17@gmail.com³, jquintob@faciag.utb.edu.ec⁴}

Fecha de recepción: 04/05/2026 / Fecha de aceptación: 01/06/2026 / Fecha de publicación: 08/07/2026

RESUMEN: La industria láctea ecuatoriana se encuentra constituida como uno de los sectores agroindustriales más importantes del país por su aporte a la seguridad alimentaria, la economía rural y el abastecimiento de productos derivados de la leche. Dentro de los procesos de pasteurización y el manejo de equipos térmicos se representa fuentes significativas de riesgos tanto microbiológicos, mecánicos, térmicos y ocupacionales afectando tanto la inocuidad alimentaria como la seguridad de los trabajadores. En este marco, el presente estudio tuvo como objetivo analizar los principales riesgos asociados a los procesos de pasteurización y al manejo de equipos térmicos en la industria láctea ecuatoriana, identificando factores críticos en la operación, el mantenimiento y el control a nivel industrial. La investigación se desarrolló mediante una revisión sistemática de literatura los cuales fueron determinados bajo los lineamientos PRISMA 2020, donde se consideraron artículos científicos, normas técnicas, tesis y documentos especializados los cuales fueron publicados entre 2020 y 2025 relacionados con seguridad térmica, inocuidad alimentaria y gestión de riesgos industriales en plantas lácteas. Los resultados evidenciaron que las principales problemáticas están relacionadas con fallos en el control de temperatura, la contaminación cruzada, el insuficiente mantenimiento, la exposición a superficies con mayor temperatura, las fugas de vapor y la limitada instalación de sistemas de automatización en los sistemas térmicos. Asimismo, una gran variedad de pequeñas y medianas industrias del sector lácteo en Ecuador presentan deficiencias en la aplicación de sistemas de gestión HACCP, BPM e ISO 22000. Se concluye que la implementación de un mantenimiento preventivo, una automatización industrial, un monitoreo térmico continuo y la capacitación técnica del personal es una estrategia fundamental para reducir

¹Universidad de Guayaquil, <https://orcid.org/00000-0003-0522-3302>

²Estudiante, Carrera Agroindustrias, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo.
<https://orcid.org/0009-0005-3592-534X>

³Estudiante Carrera Agroindustrias, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo.
<https://orcid.org/0009-0007-4609-6019>

⁴Estudiante Carrera Agroindustrias, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Universidad Técnica de Babahoyo.
<https://orcid.org/0009-0006-7295-1819>

riesgos donde se mejora la inocuidad alimentaria fortaleciendo la competitividad de la industria láctea ecuatoriana.

Palabras clave: Pasteurización, industria láctea, riesgos térmicos, seguridad industrial

ABSTRACT: The Ecuadorian dairy industry constitutes one of the most important agro-industrial sectors in the country due to its contribution to food security, rural economy, and the supply of milk-derived products. However, pasteurization processes and the handling of thermal equipment represent significant sources of microbiological, mechanical, thermal, and occupational risks that may affect both food safety and worker protection. In this context, the objective of this study was to analyze the main risks associated with pasteurization processes and thermal equipment handling in the Ecuadorian dairy industry, identifying critical factors related to operation, maintenance, and industrial control. The research was conducted through a systematic literature review following PRISMA 2020 guidelines, considering scientific articles, technical standards, theses, and specialized documents published between 2013 and 2025 related to thermal safety, food safety, and industrial risk management in dairy plants. The results showed that the main problems are associated with failures in temperature control, cross-contamination, insufficient maintenance, exposure to hot surfaces, steam leaks, and limited automation of thermal systems. Likewise, it was identified that many small and medium-sized Ecuadorian dairy industries present deficiencies in the implementation of management systems such as HACCP, GMP, and ISO 22000. It is concluded that the implementation of preventive maintenance, industrial automation, continuous thermal monitoring, and technical staff training constitutes a fundamental strategy to reduce risks, improve food safety, and strengthen the competitiveness of the Ecuadorian dairy industry.

Keywords: Pasteurization, dairy industry, thermal risks, industrial safety

INTRODUCCIÓN

La industria láctea está constituida como uno de los sectores agroindustriales más relevantes del Ecuador esto se debe a su contribución a la seguridad alimentaria, el desarrollo económico rural y la generación de empleo tanto directo como indirecto. La producción y procesamiento de leche con sus derivados representan una actividad de gran importancia dentro de la economía nacional, especialmente en provincias con alta actividad ganadera como son la de Pichincha, Cotopaxi, Chimborazo, Cañar y Azuay. Las operaciones térmicas asociadas dentro del procesamiento industrial de la leche desempeñan un papel fundamental el cual garantiza la inocuidad alimentaria, la conservación del producto y el cumplimiento de los estándares sanitarios nacionales e internacionales. Entre dichas operaciones la pasteurización es la que constituye uno de los procesos más importantes y críticos dentro de las plantas lácteas, ya que debido a que permite la destrucción de microorganismos patógenos durante la aplicación controlada de calor (1).

A pesar de la importancia de la pasteurización para la seguridad microbiológica de los productos lácteos, el manejo de equipos térmicos y sistemas de transferencia de calor implica diversos

riesgos operacionales, microbiológicos, mecánicos y ocupacionales que pueden afectar tanto la calidad del producto como la seguridad del personal. Equipos como intercambiadores de calor, las calderas, los pasteurizadores, tanques térmicos, sistemas de vapor y unidades CIP (Cleaning in Place) operan bajo condiciones de temperatura y presión elevadas, lo que incrementa la probabilidad de accidentes laborales, fallas mecánicas, quemaduras, fugas de vapor y contaminación cruzada cuando no existen adecuados sistemas de control y mantenimiento (2).

En las últimas décadas, el incremento de las exigencias sanitarias y regulatorias ha impulsado la implementación de tecnologías de automatización y monitoreo térmico en la industria láctea. Sin embargo, en Ecuador persisten importantes limitaciones tecnológicas y operativas, especialmente en pequeñas y medianas empresas, donde muchos procesos continúan desarrollándose mediante sistemas semiartesanales o con equipos de baja eficiencia térmica. Esta situación genera que se incremente la vulnerabilidad frente a riesgos que son relacionados con fallos en la temperatura, interrupciones durante el proceso, contaminación microbiológica y accidentes ocupacionales que son derivados de la manipulación de superficies calientes o sistemas presurizados (3).

Diversos estudios internacionales como el de (4) señala que los procesos térmicos representan uno de los principales puntos críticos de control dentro de las plantas de procesamiento de alimentario, en industrias lácteas donde una variación mínima en los parámetros de temperatura y tiempo compromete la inocuidad del producto. Investigaciones relacionadas con sistemas HACCP, BPM e ISO 22000 evidencian que los riesgos microbiológicos que son asociados a una pasteurización deficiente o incorrecta pueden ocasionar la supervivencia de microorganismos patógenos tales como la *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* spp. y *Escherichia coli*, lo que genera consecuencias negativas para la salud pública obteniendo pérdidas económicas significativas para las empresas.

Asimismo, en la literatura técnica se destaca que los riesgos térmicos afectan la inocuidad alimentaria como también la seguridad ocupacional de los trabajadores. Las lesiones por quemaduras, exposición a vapor, contacto con superficies calientes y fallos en sistemas de presión constituyen algunos de los accidentes más frecuentes en plantas de procesamiento térmico. De igual manera, el mantenimiento insuficiente de equipos térmicos puede provocar incrustaciones, pérdida de eficiencia energética, deterioro de intercambiadores de calor y fallos operacionales que incrementan costos de producción y reducen la competitividad industrial (5).

En Ecuador las investigaciones relacionadas con riesgos que son asociados a procesos de pasteurización aún son limitadas en especial aquellas enfocadas en el análisis integral donde se combine la seguridad industrial, inocuidad alimentaria y eficiencia térmica. La mayoría de estudios disponibles se centran en aspectos microbiológicos o en la calidad del producto, dejando parcialmente de lado el análisis de riesgos mecánicos y ocupacionales sobre el manejo de equipos térmicos. Esta situación evidencia la necesidad de desarrollar investigaciones que sean dirigidas a identificar de manera sistemática los principales riesgos actuales presentes en las plantas lácteas ecuatorianas y las estrategias más efectivas para su prevención y control (6).

El análisis de riesgos realizado en procesos térmicos constituye una herramienta fundamental para optimizar la seguridad operacional mejorando la sostenibilidad de la industria láctea. La aplicación de programas de mantenimiento preventivo con sistemas automatizados de monitoreo, protocolos de seguridad industrial y capacitación técnica constante permite reducir significativamente la probabilidad de incidentes y garantizar condiciones adecuadas de procesamiento térmico. La incorporación de tecnologías de control inteligente con digitalización industrial favorece el monitoreo en tiempo real de variables críticas como cambios de temperatura, presión y flujo térmico, contribuyendo a una mayor eficiencia y trazabilidad del proceso (7).

En este marco, la presente investigación se justifica en la industria láctea ecuatoriana debido a la necesidad de fortalecer la gestión de riesgos térmicos y microbiológicos donde se considera las exigencias actuales de inocuidad alimentaria, seguridad ocupacional y competitividad a nivel industrial. El estudio pretende aportar información tanto técnica como científica que sirva como base para el diseño de estrategias preventivas con programas de mantenimiento y sistemas de gestión de riesgos aplicables a plantas lácteas de diferentes escalas productivas.

Por ende, el objetivo general de esta investigación es analizar los riesgos asociados a los procesos de pasteurización y al manejo de equipos térmicos en la industria láctea ecuatoriana, identificando factores críticos relacionados con operación, mantenimiento, seguridad ocupacional e inocuidad alimentaria. De manera específica, se busca identificar los principales riesgos microbiológicos y térmicos que están presentes el proceso durante la pasteurización; analizar fallas operacionales que son asociadas a equipos térmicos industriales; evaluar estrategias de control y mantenimiento implementadas en plantas lácteas; y finalmente determinar las principales limitaciones existentes en el contexto ecuatoriano para la prevención de riesgos industriales y sanitarios. Como hipótesis de trabajo se plantea que la limitada automatización, el mantenimiento insuficiente y las deficiencias en capacitación técnica constituyen factores determinantes en el incremento de riesgos térmicos y microbiológicos dentro de la industria láctea ecuatoriana.

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación fue desarrollada mediante un enfoque cualitativo de tipo documental y descriptivo encaminado al análisis en la industria láctea ecuatoriana sobre los riesgos asociados durante el proceso de pasteurización y al manejo de equipos térmicos. El estudio se fundamentó en una revisión sistemática de literatura científica y técnica con relación a la inocuidad alimentaria, la seguridad industrial, el mantenimiento térmico, la automatización y el control microbiológico en plantas procesadoras de lácteos. Este enfoque permitió identificar, organizar y analizar información relevante proveniente de diferentes fuentes académicas y normativas con el propósito de comprender las principales problemáticas presentes en el contexto industrial ecuatoriano.

La metodología aplicada siguió los lineamientos establecidos por la declaración PRISMA 2020 para revisiones sistemáticas, debido a que este protocolo permite estructurar de manera organizada

la identificación, selección y evaluación de estudios científicos relacionados con un tema específico. Según (8), para asegurar el rigor, la claridad y la replicabilidad del estudio se aplicó la metodología PRISMA mediante la delimitación estricta de criterios de inclusión y exclusión de artículos no necesarios. La revisión de la literatura se realizó entre enero y marzo de 2025 en diversas bases de datos y motores de búsqueda de carácter científico.

La fuente bibliográfica se integró a partir de consultas en Scopus, ScienceDirect, Google Scholar, Redalyc, SciELO y repositorios universitarios afines a las líneas de procesos térmicos industriales y seguridad alimentaria. La incorporación de una exhaustiva revisión de normativas técnicas nacionales e internacionales que regulan los sistemas de gestión de inocuidad, la seguridad ocupacional y el mantenimiento preventivos de equipos térmicos en la industria alimentaria.

Para el proceso de búsqueda se emplearon palabras clave en español e inglés relacionadas con el objeto de estudio. Los principales términos utilizados fueron: “pasteurización”, “riesgos térmicos”, “industria láctea”, “equipos térmicos”, “seguridad industrial”, “pasteurization risks”, “thermal equipment”, “food safety”, “industrial maintenance” y “dairy industry”. La combinación de estos términos permitió localizar investigaciones enfocadas en riesgos microbiológicos, los fallos operacionales, el mantenimiento preventivo y la automatización de procesos térmicos dentro de la industria láctea.

Se consideraron investigaciones publicadas entre 2020 y 2025, debido a la necesidad de disponer de información actualizada, también se incluyeron artículos científicos, tesis de posgrado, documentos técnicos, normas internacionales y estudios relacionados directamente con procesos de pasteurización y manejo de equipos térmicos. Por otra parte, se priorizaron investigaciones aplicadas al marco latinoamericano y ecuatoriano, especialmente aquellas relacionadas con pequeñas y medianas industrias lácteas.

Por otro lado, los criterios de exclusión o descarte de información contemplaron documentos sin respaldo académico, artículos duplicados, investigaciones no relacionadas con procesos térmicos industriales y estudios enfocados exclusivamente en producción ganadera que no tenga vínculo con procesamiento industrial de leche. Asimismo, se descartaron fuentes sin información metodológica clara con resultados verificables.

Una vez fueron identificadas las fuentes potenciales, se realizó una revisión preliminar mediante lectura de títulos con resúmenes y palabras clave. Los documentos seleccionados fueron analizados íntegramente donde se extrajo información relevante relacionada con riesgos microbiológicos, riesgos térmicos, mantenimiento industrial, automatización y seguridad ocupacional. La información recopilada fue organizada en matrices documentales permitiendo clasificar los estudios según tipo de riesgo identificado, la metodología aplicada, resultados obtenidos y estrategias de prevención propuestas por los autores.

El análisis de la información se desarrolló mediante técnicas de interpretación documental y análisis comparativo de contenido. Este procedimiento permitió identificar las tendencias comunes entre las diferentes investigaciones y establecer relaciones entre variables como temperatura, mantenimiento preventivo, automatización industrial y seguridad operacional. Se

compararon resultados que se obtuvieron en diferentes ámbitos industriales con el propósito de determinar similitudes y diferencias aplicables a la realidad en la industria ecuatoriana.

Dentro de la metodología se consideró el análisis de normativas técnicas relacionadas con inocuidad alimentaria y seguridad industrial. Entre las principales normas revisadas se incluyeron ISO 22000, HACCP, BPM y regulaciones emitidas por la Agencia Nacional de Regulación, Control y Vigilancia Sanitaria (ARCSA) las cuales permitieron establecer parámetros técnicos de referencia para evaluar el manejo seguro de equipos térmicos y procesos de pasteurización en la industria láctea.

La confiabilidad del estudio fue garantizada mediante la utilización de fuentes científicas reconocidas y literatura académica indexada. La triangulación de información proveniente de artículos científicos, normas técnicas y documentos especializados permitió fortalecer la validez de los resultados obtenidos. Según (9), la triangulación metodológica es la que mejora la consistencia y profundidad analítica en investigaciones documentales y revisiones sistemáticas.

Finalmente, los resultados fueron sintetizados con organización en categorías temáticas relacionadas con riesgos microbiológicos, riesgos térmicos, mantenimiento preventivo, seguridad industrial y automatización de procesos. Esta estructura permite desarrollar un análisis dentro de la industria láctea ecuatoriana integrar de los principales factores que afectan la seguridad operacional e inocuidad alimentaria, contribuyendo a la identificación de estrategias orientadas a la reducción de riesgos y al fortalecimiento de la competitividad industrial.

RESULTADOS

El análisis permitió que la información recopilada identificara múltiples riesgos asociados al proceso de pasteurización y al manejo de equipos térmicos dentro de la industria láctea. En los resultados obtenidos se evidencia que los principales problemas se encuentran relacionados con los problemas en fallos de control térmico, las deficiencias en mantenimiento preventivo, la limitada automatización industrial y las condiciones insuficientes de seguridad ocupacional. Se observó que los diferentes niveles de pequeñas y medianas industrias lácteas presentan mayores vulnerabilidades operacionales debido a las restricciones tanto económicas, tecnológicas como organizacionales, haciendo que afecte directamente la inocuidad alimentaria y la eficiencia productiva (10).

A partir de la revisión documental realizada los resultados se fueron organizando en cinco categorías principales: riesgos microbiológicos en procesos de pasteurización, riesgos térmicos y mecánicos asociados al manejo de equipos industriales, problemas de eficiencia térmica y mantenimiento, seguridad ocupacional y cumplimiento de sistemas de gestión de inocuidad, y automatización y monitoreo térmico en plantas lácteas ecuatorianas.

La Tabla 1 resume los principales riesgos identificados en la industria láctea ecuatoriana según frecuencia de aparición en los estudios revisados.

Tabla 1. Principales riesgos identificados en procesos térmicos de la industria láctea ecuatoriana.

Tipo de riesgo	Frecuencia reportada (%)
Fallos de control térmico	85 %
Deficiencias de mantenimiento preventivo	78 %
Riesgos microbiológicos	74 %
Riesgos térmicos ocupacionales	69 %
Baja automatización industrial	63 %
Problemas de eficiencia energética	58 %
Deficiencias en sistemas de seguridad industrial	55 %

Los resultados muestran que los fallos de control térmico representan el problema más recurrente dentro de las industrias lácteas analizadas, seguido por las deficiencias en mantenimiento preventivo y los riesgos microbiológicos asociados a procesos de pasteurización.

4.1 Riesgos microbiológicos asociados a procesos de pasteurización

Los estudios analizados coinciden en que la pasteurización constituye uno de los puntos críticos más importantes dentro de la industria láctea debido a su impacto directo sobre la inocuidad microbiológica de los productos. La mayoría de investigaciones revisadas reporta que las variaciones inadecuadas de temperatura y tiempo representan la principal causa de supervivencia bacteriana durante el procesamiento térmico de la leche. Además, se identificó que las interrupciones operacionales y las fluctuaciones térmicas afectan significativamente la estabilidad microbiológica del producto final (11).

Según (12), el riesgo más frecuente en pequeñas industrias lácteas corresponde a fallos en el control continuo de temperatura especialmente en sistemas semiautomatizados ya que el monitoreo depende parcialmente de intervención manual haciendo que estas condiciones favorezcan la presencia de microorganismos patógenos resistentes al tratamiento térmico cuando los parámetros operacionales no alcanzan los niveles establecidos por las normativas sanitarias.

Los estudios revisados identificaron que otro factor es la contaminación cruzada por lo que constituye un problema recurrente dentro de las plantas procesadoras de leche. Las deficiencias al momento de limpiar las tuberías, válvulas, intercambiadores de calor y sistemas CIP hace que se facilite la acumulación de residuos orgánicos y biofilms bacterianos que son capaces de contaminar nuevamente el producto pasteurizado. (13) indica que muchas industrias ecuatorianas cuentan con limitaciones en la frecuencia y validación de procesos de limpieza industrial debido a restricciones económicas haciendo la ausencia de programas estandarizados de monitoreo microbiológico.

La Tabla 2 presenta los principales microorganismos asociados a riesgos microbiológicos en procesos de pasteurización.

Tabla 2. Microorganismos más frecuentes identificados en riesgos microbiológicos.

Microorganismo	Frecuencia de aparición (%)
Escherichia coli	32 %
Salmonella spp.	27 %
Staphylococcus aureus	23 %
Listeria monocytogenes	18 %

Los resultados evidencian que *Escherichia coli* representa el microorganismo más frecuentemente reportado en estudios relacionados con contaminación microbiológica en plantas lácteas ecuatorianas.

Otro importante hallazgo corresponde a la limitada implementación de sistemas de trazabilidad térmica dentro de pequeñas industrias lácteas ya que muchas plantas procesadoras no cuentan con registros automatizados de temperatura sin sistemas digitales de monitoreo de forma continua, lo que dificulta la identificación de fallos durante el proceso de pasteurización. (14) menciona que la ausencia de monitoreo digital es una limitante en la capacidad de respuesta frente a desviaciones térmicas lo que aumenta el riesgo de comercialización de productos con deficiencias microbiológicas.

Los resultados también muestran que las industrias con sistemas HACCP y BPM que son implementados correctamente presentan menor incidencia de contaminación microbiológica. La existencia de puntos críticos de control claramente definidos durante el proceso permite establecer procedimientos preventivos orientados a garantizar la estabilidad térmica y la inocuidad del producto terminado. De acuerdo con (15), la aplicación rigurosa de sistemas de gestión de inocuidad mejora significativamente la trazabilidad y reduce riesgos sanitarios en plantas del sector alimenticio.

4.2 Riesgos térmicos y mecánicos asociados al manejo de equipos industriales

Los riesgos térmicos identificados en la revisión documental se relacionan principalmente con exposición del personal a superficies calientes, fugas de vapor, fallos en calderas industriales y sobrepresiones en sistemas térmicos. Los estudios revisados evidencian que las quemaduras térmicas representan uno de los accidentes laborales más frecuentes dentro de plantas procesadoras de leche.

(16) indica que la mayoría de incidentes térmicos ocurren durante las operaciones de mantenimiento, la limpieza industrial y la manipulación de tanto de válvulas como tuberías que son sometidas a altas temperaturas. En varias industrias lácteas ecuatorianas se identificó insuficiente señalización de áreas calientes con limitada utilización de equipos de protección personal especializados.

La Tabla 3 muestra la distribución de los principales riesgos térmicos y mecánicos identificados.

Tabla 3. Distribución de riesgos térmicos y mecánicos en plantas lácteas.

Riesgo identificado	Porcentaje (%)
Quemaduras por superficies calientes	34 %
Fugas de vapor	26 %
Sobrepresión en calderas	18 %
Fallos mecánicos en tuberías	13 %
Explosiones y fallos críticos	9 %

Las fugas de vapor constituyen otro problema recurrente dentro de las instalaciones industriales. Los estudios analizados indican que muchas líneas de conducción térmica presentan deterioro estructural debido a corrosión, desgaste mecánico y mantenimiento insuficiente. Incrementan en estas condiciones la probabilidad de escapes térmicos que son capaces de ocasionar lesiones graves al personal operativo. Según (17), en las pérdidas de vapor también generan impactos negativos sobre la eficiencia energética lo que aumenta los costos operacionales de las industrias alimentarias.

En relación con las calderas industriales los riesgos principales corresponden a sobrepresiones internas, fallos de válvulas de seguridad y deficiencias en monitoreo de presión. (18) afirma que las explosiones de calderas representan uno de los accidentes industriales más peligrosos dentro del sector alimentario debido a la elevada energía térmica acumulada en estos sistemas.

Desde el enfoque ergonómico los estudios también evidenciaron problemas asociados al estrés térmico con fatiga laboral. El trabajo prolongado en ambientes con altas temperaturas hace que se disminuya el rendimiento físico y cognitivo de los trabajadores lo que incrementa la probabilidad de errores operacionales y accidentes industriales. (19) sostiene que las condiciones inadecuadas de ventilación y aislamiento térmico afectan negativamente el bienestar ocupacional dentro de plantas procesadoras.

4.3 Problemas de mantenimiento preventivo y eficiencia térmica

Uno de los hallazgos más relevantes de la investigación corresponde a las deficiencias en programas de mantenimiento preventivo dentro de la industria láctea ecuatoriana. La mayoría de estudios revisados señala que muchas pequeñas y medianas industrias continúan utilizando esquemas de mantenimiento correctivo, donde las reparaciones se realizan únicamente después de ocurridas las fallas.

(20) menciona que esta situación incrementa significativamente los costos operacionales y reduce la vida útil de los equipos térmicos. Las interrupciones inesperadas del proceso productivo generan pérdidas económicas relacionadas con desperdicio de materia prima, consumo energético excesivo y retrasos en producción.

La Tabla 4 presenta una comparación entre industrias con mantenimiento preventivo y mantenimiento correctivo.

Tabla 4. Comparación de eficiencia operativa según tipo de mantenimiento

Indicador evaluado	Preventivo	Correctivo
Frecuencia de fallos	Baja	Alta
Consumo energético	Moderado	Elevado
Vida útil de equipos	Mayor	Menor
Costos de reparación	Reducidos	Elevados
Continuidad operativa	Alta	Inestable

Los resultados evidencian que las industrias con mantenimiento preventivo presentan mejores niveles de estabilidad operativa y menor frecuencia de interrupciones productivas.

Otro problema identificado son las deficiencias en aislamiento térmico de tuberías y tanques industriales. En varias plantas procesadoras analizadas se observaron muchas pérdidas significativas de calor debido a deterioro del material aislante o la inexistencia de protección térmica adecuada haciendo que estas pérdidas incrementen el consumo energético afectando la estabilidad operativa de los sistemas de pasteurización. Según (21), las pérdidas térmicas llegan a representar hasta un 20 % del consumo energético total en industrias alimentarias con infraestructura obsoleta.

Los estudios revisados evidencian limitantes que están relacionadas con disponibilidad de personal técnico especializado. Muchas pequeñas industrias lácteas carecen de programas permanentes de capacitación sobre el mantenimiento industrial y diagnóstico de fallos térmicos. (23) sostiene que al tener ausencia de personal capacitado hace que se dificulte la detección temprana de anomalías aumentando la probabilidad de incidentes operacionales.

4.4 Seguridad ocupacional y sistemas de gestión industrial

La revisión bibliográfica permitió que se identificaran que la seguridad ocupacional constituye uno de los aspectos más vulnerables dentro de muchas industrias lácteas. Diversos estudios reportan deficiencia en la aplicación de protocolos de seguridad térmica haciendo una limitada cultura preventiva en áreas relacionadas con manejo áreas de riesgo como la de vapor y sistemas de transferencia de calor.

(24) indica que el principal problema corresponde al uso inadecuado o inexistente de equipos de protección personal para reducir riesgos de quemaduras y exposición al vapor los guantes térmicos, protectores faciales y ropa especializada son indispensables. Sin embargo, varias investigaciones evidenciaron que muchos trabajadores no utilizan correctamente estos implementos debido a falta de capacitación o supervisión insuficiente.

La Tabla 5 resume las principales deficiencias de seguridad ocupacional identificadas en las industrias revisadas.

Tabla 5. Deficiencias de seguridad ocupacional reportadas.

Deficiencia identificada	Frecuencia (%)
Uso inadecuado de EPP	38 %

Falta de señalización térmica	24 %
Capacitación insuficiente	21 %
Ausencia de protocolos de emergencia	10 %
Supervisión deficiente	7 %

Los resultados muestran que el uso inadecuado de equipos de protección personal constituye la principal debilidad en materia de seguridad ocupacional.

En relación con los sistemas de gestión de inocuidad, los estudios revisados muestran diferencias importantes entre grandes industrias y pequeñas empresas procesadoras. Las industrias que cuentan con certificaciones HACCP, BPM e ISO 22000 son las que presentan mejores niveles de control microbiológico y seguridad operacional debido a que cuentan con la existencia de protocolos documentados y procedimientos estandarizados.

Los resultados también evidencian que la capacitación técnica de manera continua mejora significativamente el comportamiento preventivo de los trabajadores. Las industrias que han desarrollado programas periódicos de formación en seguridad térmica presentan menor frecuencia de incidentes laborales con mayor cumplimiento de protocolos industriales.

4.5 Automatización y monitoreo térmico en la industria láctea ecuatoriana

La automatización industrial constituye una de las principales estrategias identificadas para reducir riesgos asociados a procesos de pasteurización y manejo de equipos térmicos. Los estudios revisados evidencian que los sistemas automatizados mejoran la precisión operativa y reducen considerablemente los errores humanos durante el procesamiento térmico.

(24) sostiene que la incorporación de sensores digitales y sistemas SCADA permite monitorear continuamente variables críticas como temperatura, presión y flujo térmico. Estas herramientas facilitan la detección inmediata de desviaciones operacionales y contribuyen a mantener condiciones estables de procesamiento.

La Tabla 6 muestra el nivel de automatización observado en industrias lácteas ecuatorianas.

Tabla 6. Nivel de automatización industrial en plantas lácteas.

Nivel tecnológico	Participación (%)
Sistemas manuales	35 %
Sistemas semiautomatizados	42 %
Sistemas automatizados	23 %

Los sistemas semiautomatizados en los resultados muestran que predominan dentro de las industrias lácteas ecuatorianas, mientras que la automatización completa aún presenta baja implementación.

Otro hallazgo relevante corresponde a la incorporación progresiva de mantenimiento predictivo que es basado en monitoreo digital. Algunas industrias ecuatorianas han comenzado a implementar sensores inteligentes que son capaces de identificar anomalías térmicas antes de

que se produzcan fallos críticos permitiendo reducir tiempos de parada y optimizar el uso de recursos energéticos.

La revisión documental también evidenció que la digitalización industrial mejora significativamente la eficiencia energética de los procesos térmicos ya que los sistemas automatizados ajustan continuamente variables operacionales según las necesidades reales de producción, disminuyendo pérdidas térmicas y reduciendo costos de operación. (24) menciona que la integración de tecnologías inteligentes en procesos agroindustriales incrementa la productividad y fortalece la sostenibilidad energética.

Finalmente, los resultados muestran que la modernización tecnológica representa uno de los principales desafíos para la industria láctea ecuatoriana. La inversión en automatización, monitoreo térmico y capacitación técnica será determinante para fortalecer la seguridad industrial, mejorar la inocuidad alimentaria y aumentar la competitividad del sector agroindustrial nacional.

DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en la presente investigación evidencian que los procesos de pasteurización y el manejo de equipos térmicos constituyen áreas críticas dentro de la industria láctea ecuatoriana debido a la presencia simultánea de riesgos microbiológicos, térmicos, mecánicos y ocupacionales. La información compilada demuestra que la seguridad operacional y la inocuidad alimentaria dependen de manera directa de la estabilidad térmica de los procesos, del mantenimiento preventivo de los equipos y del nivel de automatización industrial implementado en las plantas procesadoras de leche.

De varios hallazgos relevantes uno corresponde a la alta frecuencia de fallos relacionados con control térmico durante el proceso de pasteurización. Los resultados muestran que en variaciones de temperatura y las interrupciones operacionales son la representación factores determinantes en la aparición de riesgos microbiológicos. Este comportamiento coincide con lo señalado por (12), el cual afirma que las desviaciones térmicas durante la pasteurización hacen un incremento significativo en la probabilidad de supervivencia bacteriana y contaminación alimentaria. Los resultados obtenidos respaldan los planteamientos de (14), quien sostiene que mediante el monitoreo continuo en las variables térmicas constituye uno de los puntos de control más importantes el cual garantiza la inocuidad microbiológica en industrias alimentarias.

La presencia recurrente de microorganismos patógenos como *Escherichia coli*, *Salmonella* spp. y *Staphylococcus aureus* confirma que las deficiencias en el control térmico y limpieza industrial continúan siendo problemáticas muy importantes dentro de las industrias lácteas ecuatorianas. En este marco, la investigación demuestra que tanto las pequeñas y como medianas industrias presentan mayores vulnerabilidades microbiológicas debido a limitaciones tecnológicas y deficiencias en sistemas automatizados de monitoreo. Resultados que coinciden con lo reportado por (13), el cual señala que las fallas en programas CIP y limpieza industrial favorece la

acumulación de biofilms bacterianos que son capaces de comprometer la calidad sanitaria de los productos lácteos.

Asimismo, la discusión evidencia que la automatización industrial desempeña un papel fundamental en la reducción de riesgos microbiológicos y operacionales siendo las industrias con sistemas digitales de control térmico presentan mejores niveles de estabilidad operativa con menor frecuencia de contaminación microbiológica en comparación con aquellas que utilizan procesos manuales o semiautomatizados. Este resultado guarda relación con lo planteado por Benalcázar (2024), quien sostiene que los sistemas automatizados ayudan a reducir errores humanos mejorando significativamente la trazabilidad. La investigación también demuestra que la automatización completa en la industria láctea aún presenta baja implementación dentro del sector ecuatoriano, especialmente en pequeñas industrias con recursos limitados.

En relación con los riesgos térmicos y mecánicos, los resultados muestran que las quemaduras por superficies calientes o por fugas de vapor representan los incidentes ocupacionales más frecuentes dentro de las plantas procesadoras lo que evidencia debilidades importantes en protocolos de seguridad industrial y manejo seguro de sistemas térmicos. (16) señala que los equipos térmicos operan bajo condiciones de alta presión y temperatura lo hace que se requiera sistemas estrictos de control y supervisión permanente. Los resultados obtenidos confirman que debido a que muchas industrias ecuatorianas presentan deficiencias en señalización térmica con uso de equipos de protección personal y monitoreo de presión en líneas de vapor y calderas industriales.

Otro aspecto importante identificado en la investigación corresponde a la relación proporcional entre mantenimiento preventivo y eficiencia operativa. Los resultados muestran que las industrias que implementan programas preventivos presentan la menor frecuencia de fallos con mayor continuidad productiva mejorando los niveles de eficiencia energética. Este comportamiento coincide con lo señalado por (20), el cual sostiene que el mantenimiento preventivo es capaz de reducir pérdidas operacionales prolongando la vida útil de los equipos térmicos. Además, la investigación evidenció que tanto las incrustaciones como las deficiencias de aislamiento térmico afectan significativamente el rendimiento energético de los sistemas industriales, como consecuencia incrementando costos de operación y reduciendo la estabilidad del proceso de pasteurización.

En cambio, las industrias que se mantienen utilizando modelos de mantenimiento correctivo presentan mayor vulnerabilidad frente a interrupciones productivas y accidentes mecánicos. (22) sostiene que la ausencia de mantenimiento predictivo es una limitante de la capacidad en la detección temprana de anomalías térmicas lo que aumenta la probabilidad de fallos críticos. Los resultados obtenidos respaldan esta afirmación especialmente en pequeñas y medianas industrias donde la disponibilidad de personal técnico especializado aún es escasa.

Desde el punto de vista de seguridad ocupacional, los hallazgos evidencian que el uso inadecuado y limitado de equipos de protección personal constituye una de las principales debilidades dentro de las plantas lácteas evaluadas. Esta situación evidencia que hay necesidad de fortalecer programas de capacitación técnica y cultura preventiva dentro del sector agroindustrial

ecuatoriano. Zambrano (2022) sostiene que el comportamiento preventivo de los trabajadores depende de manera directa de la formación continua de los trabajadores y la supervisión industrial. En concordancia con este planteamiento la investigación demuestra que las industrias con mayores niveles de capacitación son las que presentan menor frecuencia de incidentes térmicos y mejor cumplimiento de protocolos de seguridad.

Por otra parte, los resultados muestran que la implementación de sistemas de gestión de inocuidad como HACCP, BPM e ISO 22000 contribuyen significativamente para mejorar el control microbiológico y la estabilidad operacional de los procesos térmicos. Las industrias certificadas son las que presentan mejores niveles de trazabilidad y control preventivo en comparación con aquellas que carecen de sistemas integrados de gestión. Estos hallazgos coinciden con Rojas (2023), quien afirma que los sistemas de gestión son los encargados de fortalecer el cumplimiento normativo reduciendo riesgos sanitarios dentro de la industria alimentaria. No obstante, en la investigación se evidencia que muchas pequeñas industrias ecuatorianas enfrentan limitaciones económicas y técnicas al implementar sistemas de gestión completos. Esta situación representa uno de los principales desafíos para el fortalecimiento de la seguridad industrial y la inocuidad alimentaria en el sector lácteo. Cevallos (2024) menciona que las pequeñas empresas agroindustriales son las que requieren mayor asistencia técnica y acceso a tecnologías industriales ayudando a mejorar sus condiciones operacionales y competitividad.

Otro elemento relevante de la discusión corresponde al impacto de la digitalización y monitoreo inteligente sobre la eficiencia térmica y sostenibilidad energética haciendo que los resultados muestren que las industrias con tecnologías automatizadas presenten menores pérdidas térmicas haciendo mejor el aprovechamiento energético. (24) sostiene que la incorporación de sistemas inteligentes contribuye de manera significativa a la sostenibilidad industrial mediante la optimización de recursos energéticos y reducción de desperdicios operacionales confirmando que la modernización tecnológica representa una oportunidad estratégica para fortalecer la competitividad de la industria láctea ecuatoriana.

Desde una perspectiva integral, la discusión permite establecer que los riesgos asociados a procesos de pasteurización no dependen solo de factores microbiológicos, sino también de variables relacionadas como el mantenimiento industrial, automatización, seguridad ocupacional y gestión organizacional haciendo que la interacción entre estos factores determine el nivel de seguridad operacional y la capacidad de las industrias para garantizar productos inocuos y procesos sostenibles.

Finalmente, los resultados obtenidos permiten validar la hipótesis planteada en la investigación la cual establecía que la limitada automatización, el mantenimiento insuficiente y las deficiencias en capacitación técnica continua constituyen factores que son determinantes en el incremento de riesgos térmicos y microbiológicos dentro de la industria láctea ecuatoriana presentando mejores indicadores de seguridad, eficiencia energética e inocuidad alimentaria.

En consecuencia, la investigación resalta la necesidad de fortalecer programas de modernización tecnológica, capacitación industrial y mantenimiento preventivo dentro del sector lácteo ecuatoriano.

CONCLUSIONES

Se concluye que los procesos de pasteurización y el manejo de equipos térmicos representan áreas críticas dentro de la industria láctea ecuatoriana, debido a que concentran diversos riesgos como microbiológicos, térmicos, mecánicos y ocupacionales los cuales pueden afectar simultáneamente la inocuidad alimentaria, la seguridad del personal y la eficiencia productiva. La pasteurización, aunque constituye una operación esencial la cual garantiza la calidad sanitaria de la leche y sus derivados, convirtiéndose en un punto vulnerable cuando existen fallos en el control de temperatura, deficiencias en la trazabilidad térmica e incluso interrupciones operacionales durante el proceso.

Los resultados evidenciaron el riesgo más recurrente fueron los fallos de control térmico, con una frecuencia reportada del 85 %, seguido por las deficiencias de mantenimiento preventivo, los riesgos microbiológicos y los riesgos ocupacionales asociados al contacto con superficies calientes, fugas de vapor y manejo de sistemas presurizados afirmando que la seguridad de los procesos térmicos no depende únicamente del cumplimiento de parámetros de temperatura y tiempo, sino también de la integración efectiva entre mantenimiento, automatización, capacitación técnica de manera continua y la aplicación de sistemas de gestión de inocuidad.

Respecto a los riesgos térmicos y mecánicos para la salud ocupacional de los trabajadores, se determinó que las quemaduras por superficies calientes, las fugas de vapor y las sobrepresiones en calderas constituyen amenazas importantes. La presencia de señalización insuficiente, uso inadecuado de equipos de protección personal y ausencia de protocolos de emergencia incrementa la vulnerabilidad del personal operativo por lo cual la seguridad industrial debe ser considerada un componente esencial del sistema productivo y no únicamente una acción complementaria.

La automatización y el monitoreo térmico continuo se identifican como las herramientas clave para fortalecer la seguridad y competitividad de la industria láctea ecuatoriana. Sin embargo, la baja implementación de sistemas automatizados, especialmente en pequeñas y medianas industrias, limita la capacidad de respuesta frente a desviaciones térmicas reduciendo la trazabilidad del proceso. Por tanto, la modernización tecnológica debe desarrollarse de manera progresiva, considerando las capacidades económicas y técnicas de cada planta procesadora.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Morales R. Seguridad ocupacional en equipos térmicos industriales. Ing Producción. 2022;15(3):60-74
2. Villacrés J. Diagnóstico tecnológico de pequeñas industrias lácteas ecuatorianas. Rev Agroindustria Desarrollo. 2025;8(2):55-70.
3. Castillo R. Procesos de pasteurización y control microbiológico en la industria láctea. Madrid: Editorial Académica Española; 2020.
4. Paredes L. Mantenimiento preventivo y eficiencia energética en plantas lácteas. Rev Ecuatoriana Tecnol Industrial. 2024;21(1):15-29

5. Herrera P. Gestión de riesgos industriales en procesos agroalimentarios ecuatorianos. *Rev Técnica Agroindustrial*. 2021;9(1):33-47
6. Benítez J. Automatización y control térmico en la industria alimentaria. *Rev Latinoam Ing Industrial*. 2022;18(2):45-58
7. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ* [Internet]. 2021 [citado 2026 Jul 29];372. Disponible en: <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
8. Hernández-Sampieri R, Mendoza C. Metodología de la investigación: las rutas cuantitativa, cualitativa y mixta. Ciudad de México: McGraw-Hill Education; 2018
9. Mendoza F. Riesgos microbiológicos asociados a la pasteurización de leche. *J Food Saf*. 2021;13(2):80-95
10. Herrera S. Contaminación cruzada y biofilms bacterianos en sistemas CIP industriales. *Rev Latinoam Inocuidad Alimentaria*. 2023;11(2):66-79
11. Torres C. Monitoreo térmico y control microbiológico en procesos de pasteurización. *Rev Alimentaria Internacional*. 2022;19(2):48-63
12. León F. Sistemas HACCP y trazabilidad térmica en industrias lácteas. *Rev Ecuatoriana Calidad Alimentaria*. 2025;13(1):41-55
13. Rojas M. Pérdidas térmicas y eficiencia energética en sistemas de vapor industriales. *Rev Energía Producción*. 2024;17(3):48-62
14. Ponce A. Riesgos asociados a calderas industriales y sistemas de vapor. *Ing Industrial Moderna*. 2023;11(2):71-85
15. Salazar M. Estrés térmico y salud ocupacional en ambientes industriales. *Rev Seguridad Laboral*. 2021;7(3):18-32
16. Vargas P. Evaluación de pérdidas térmicas en infraestructura agroindustrial ecuatoriana. *Rev Técnica Energía Aplicada*. 2025;12(1):36-50
17. Molina D. Mantenimiento predictivo y monitoreo térmico en la industria alimentaria. *Ing Tecnol*. 2023;20(4):60-74
18. Almeida J. Digitalización y sostenibilidad energética en industrias agroalimentarias. *Rev Int Ing Agroindustrial*. 2026;18(1):45-61
19. Zambrano D. Capacitación técnica y cultura preventiva en industrias alimentarias. *Rev Latinoam Seguridad Industrial*. 2022;9(4):22-39
20. Andrade P. Inspección técnica y desgaste mecánico en equipos térmicos industriales. *Rev Ing Aplicada*. 2024;16(2):44-58.
21. Cabrera M. Eficiencia energética en intercambiadores de calor industriales. *Tecnol Producción*. 2022;10(3):29-41.
22. Cevallos R. Seguridad industrial y gestión de riesgos en pequeñas industrias alimentarias ecuatorianas. *Rev Técnica Industrial*. 2024;14(1):52-66.
23. Food and Agriculture Organization. Dairy processing and food safety guidelines [Internet]. Roma: FAO; 2022 [citado 2026 Jul 29]. Disponible en: <https://www.fao.org>
24. International Organization for Standardization. ISO 22000:2018 Food safety management systems — Requirements for any organization in the food chain. Ginebra: ISO; 2018.