

SEGURIDAD OPERACIONAL Y PREVENCIÓN DE RIESGOS EN EL MANEJO DE MAQUINARIA DE PROCESAMIENTO EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA ECUATORIANA

OPERATIONAL SAFETY AND RISK PREVENTION IN THE USE OF PROCESSING MACHINERY IN THE ECUADORIAN FOOD INDUSTRY

Damaris Elizabeth Ruiz Tapia¹, Ivan Patricio Viteri García²

{ druizt@faciag.utb.edu.ec¹, ivan.viteriga@ug.edu.ec² }

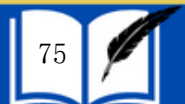
Fecha de recepción: 28/04/2026 / Fecha de aceptación: 08/05/2026 / Fecha de publicación: 12/05/2026

RESUMEN: La seguridad operacional en el manejo de maquinaria de procesamiento constituye un componente crítico para la sostenibilidad productiva, la prevención de accidentes laborales y la inocuidad en la industria alimentaria. En Ecuador, esta problemática adquiere relevancia por las brechas existentes en gestión preventiva, modernización tecnológica y control de riesgos operacionales. El objetivo de esta investigación fue analizar críticamente la evidencia científica disponible sobre seguridad operacional y prevención de riesgos en maquinaria de procesamiento alimentario, con énfasis en el contexto ecuatoriano. Se desarrolló una revisión sistemática bajo los lineamientos PRISMA, mediante búsqueda en Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink y PubMed, considerando publicaciones entre 2010 y 2025. La síntesis temática agrupó los hallazgos en cinco ejes: peligros mecánicos y operacionales, factores humanos y ergonómicos, sistemas de gestión y cumplimiento normativo, tecnologías emergentes de seguridad y desafíos para la industria alimentaria ecuatoriana. Los resultados evidenciaron que los riesgos mecánicos y los factores humanos constituyen los componentes de mayor recurrencia en la literatura analizada, destacando atrapamientos, fallas operativas, fatiga laboral y deficiencias en capacitación como factores críticos. Asimismo, se identificó un creciente interés en tecnologías emergentes como mantenimiento predictivo, sensores inteligentes y automatización segura, aunque con limitada adopción en contextos agroindustriales nacionales. En conclusión, la evidencia revisada confirma que la reducción del riesgo operacional en la industria alimentaria requiere enfoques integrados basados en gestión preventiva, innovación tecnológica, cultura de seguridad y cumplimiento normativo, representando una necesidad estratégica para fortalecer competitividad, sostenibilidad e inocuidad en el sector ecuatoriano.

Palabras clave: *seguridad operacional, prevención de riesgos, maquinaria de procesamiento, industria alimentaria, gestión preventiva, Ecuador*

¹Universidad Técnica de Babahoyo, Facultad de Ciencias Agropecuarias, Carrera de Agroindustria, Babahoyo, Los Ríos, Ecuador. <https://orcid.org/0009-0009-3761-0746>

²Universidad de Guayaquil, Guayaquil, Ecuador. <https://orcid.org/0000-0003-0522-3302>



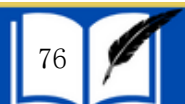
ABSTRACT: Operational safety in food processing machinery is a critical component for productive sustainability, occupational accident prevention, and food safety assurance. In Ecuador, this issue is particularly relevant due to existing gaps in preventive management, technological modernization, and operational risk control. The objective of this study was to critically analyze the available scientific evidence on operational safety and risk prevention in food processing machinery, with emphasis on the Ecuadorian context. A systematic review was conducted following PRISMA guidelines through searches in Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink, and PubMed, considering publications from 2010 to 2025. Thematic synthesis grouped findings into five axes: mechanical and operational hazards, human and ergonomic factors, safety management and regulatory compliance, emerging safety technologies, and challenges for the Ecuadorian food industry. Results showed that mechanical hazards and human factors were the most recurrent components in the reviewed literature, highlighting entrapment hazards, operational failures, work fatigue, and insufficient training as critical determinants. Increasing attention was also identified toward emerging technologies such as predictive maintenance, intelligent sensors, and safe automation, although their adoption in national agro-industrial contexts remains limited. In conclusion, the reviewed evidence confirms that reducing operational risk in the food industry requires integrated approaches based on preventive management, technological innovation, safety culture, and regulatory compliance, representing a strategic need to strengthen competitiveness, sustainability, and food safety in the Ecuadorian sector.

Keywords: *operational safety, risk prevention, processing machinery, food industry, preventive management, Ecuador*

INTRODUCCIÓN

La industria alimentaria constituye uno de los sectores estratégicos para la seguridad alimentaria, la transformación productiva y la competitividad industrial a escala global (1). Dentro de este sector, las operaciones de procesamiento involucran el uso intensivo de maquinaria y equipos industriales, incluyendo sistemas de mezclado, molienda, extrusión, pasteurización, transporte mecánico, envasado y automatización, cuya interacción con el factor humano representa un entorno complejo de exposición a riesgos físicos, mecánicos, ergonómicos, eléctricos y térmicos. A pesar de los avances en automatización industrial y control de procesos, los accidentes relacionados con maquinaria continúan siendo una problemática relevante para la seguridad ocupacional, la continuidad operativa y la sostenibilidad de los sistemas productivos (2).

Desde una perspectiva sistémica, la seguridad operacional en plantas de alimentos ha evolucionado desde enfoques reactivos centrados en la respuesta a incidentes hacia modelos preventivos basados en gestión del riesgo, cultura de seguridad, mantenimiento preventivo y cumplimiento normativo (3). En este contexto, la norma International Organization for Standardization 45001:2018 ha consolidado un marco para la identificación de peligros, evaluación de riesgos y mejora continua en seguridad y salud ocupacional, mientras que International Organization for Standardization 22000 y los programas prerrequisito han fortalecido la integración entre seguridad del trabajador e inocuidad alimentaria (4). Esta convergencia es particularmente importante en la industria alimentaria, donde fallas



operacionales no solo comprometen la salud ocupacional, sino también la seguridad del producto, la trazabilidad y el cumplimiento regulatorio(5).

Diversos estudios han evidenciado que los riesgos asociados al manejo de maquinaria en plantas alimentarias incluyen atrapamientos, amputaciones, contacto con partes móviles, exposición a vapor y presión, riesgos por bloqueo y etiquetado insuficiente (lockout-tagout), fallas de mantenimiento, fatiga ergonómica y errores humanos derivados de deficiencias en capacitación o cultura preventiva. Investigaciones recientes señalan que estos eventos están asociados no solo a fallos técnicos, sino también a factores organizacionales, tales como supervisión insuficiente, ausencia de protocolos operativos estandarizados y limitada integración entre gestión de calidad y gestión de seguridad. Chen et al. reportaron que la complejidad organizacional influye directamente en la ocurrencia de lesiones ocupacionales (6), mientras que Chi y Lin propusieron marcos de gestión basados en análisis causal para accidentes incapacitantes en sistemas industriales (7). Asimismo, Abidin demostró asociaciones significativas entre implementación de sistemas de seguridad y reducción de accidentalidad industrial (8).

En Ecuador, el análisis de seguridad operacional en la industria manufacturera, y particularmente en el subsector alimentario, aún presenta vacíos científicos importantes. Aunque el país ha avanzado en marcos regulatorios y adopción de estándares internacionales, persisten desafíos vinculados con modernización tecnológica, gestión preventiva, evaluación de peligros mecánicos, ergonomía industrial y control operacional en pequeñas y medianas agroindustrias (9). Un estudio reciente reportó que la industria manufacturera ecuatoriana presenta una de las mayores tasas de accidentes ocupacionales entre los sectores productivos nacionales, evidenciando la necesidad de fortalecer estrategias preventivas y marcos integrados de gestión (2). Particularmente en plantas de procesamiento alimentario, donde convergen operaciones continuas, presión productiva y exigencias sanitarias, estos riesgos adquieren implicaciones críticas.

Adicionalmente, la transformación digital y la industria 4.0 han incorporado nuevas oportunidades para mejorar la seguridad en maquinaria mediante sensores inteligentes, monitoreo predictivo, mantenimiento basado en condición, simulación de riesgos y tecnologías de automatización segura (10). Sin embargo, la literatura indica que la incorporación de estas herramientas en países en desarrollo aún es heterogénea, especialmente en contextos agroindustriales latinoamericanos. Este escenario abre una línea de investigación relevante sobre cómo integrar innovación tecnológica, seguridad ocupacional e inocuidad en modelos sostenibles de gestión.

Aunque la literatura internacional ha abordado riesgos mecánicos, ergonomía y sistemas de gestión, persiste una limitada sistematización enfocada específicamente en seguridad operacional de maquinaria de procesamiento de alimentos bajo el contexto ecuatoriano. Más aún, existe escasa evidencia de revisiones que articulen conjuntamente factores tecnológicos, humanos, normativos y preventivos para este sector. Esta brecha científica justifica la necesidad de una revisión crítica que sintetice el estado del arte, identifique tendencias emergentes y discuta oportunidades de mejora para fortalecer la seguridad industrial alimentaria en Ecuador.

Bajo esta perspectiva, la hipótesis que orienta esta revisión plantea que la integración de enfoques preventivos basados en gestión de riesgos, cultura de seguridad, mantenimiento inteligente y cumplimiento normativo puede reducir significativamente la exposición a peligros operacionales asociados al manejo de maquinaria en la industria alimentaria. Asimismo, se postula que los modelos integrados de seguridad operacional constituyen una estrategia clave para incrementar sostenibilidad, productividad e inocuidad en sistemas agroindustriales.

En consecuencia, el objetivo de esta revisión es analizar críticamente la evidencia científica disponible sobre seguridad operacional y prevención de riesgos en el manejo de maquinaria de procesamiento en la industria alimentaria, con énfasis en el contexto ecuatoriano, abordando peligros mecánicos, factores humanos, marcos normativos, tecnologías emergentes y desafíos para la mejora continua en la gestión preventiva.

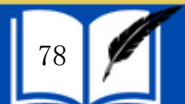
MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque de revisión sistemática de literatura, siguiendo los lineamientos establecidos por la declaración PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), ampliamente utilizada para garantizar rigor metodológico, transparencia y reproducibilidad en estudios de síntesis científica. La metodología se estructuró para identificar, seleccionar, evaluar y analizar críticamente la evidencia científica relacionada con la seguridad operacional y prevención de riesgos en el manejo de maquinaria de procesamiento en la industria alimentaria, con especial atención al contexto ecuatoriano y latinoamericano.

La pregunta de investigación fue formulada con base en la estrategia PEO (Población, Exposición y Outcome), adecuada para revisiones en seguridad ocupacional. La población estuvo constituida por trabajadores, operadores y sistemas industriales asociados a plantas de procesamiento de alimentos; la exposición correspondió al manejo de maquinaria, riesgos operacionales, protocolos de seguridad y tecnologías preventivas; mientras que los resultados incluyeron reducción de accidentes, mejora de condiciones de seguridad, control de peligros mecánicos, cumplimiento normativo y desempeño preventivo.

La búsqueda bibliográfica se efectuó en bases de datos científicas indexadas de alto impacto, incluyendo Elsevier Scopus, Clarivate Web of Science Core Collection, Elsevier ScienceDirect, Springer Nature SpringerLink, MDPI, y PubMed PubMed, complementadas con búsqueda manual en referencias secundarias. La estrategia de búsqueda utilizó operadores booleanos, truncamientos y términos controlados en inglés y español relacionados con “food processing machinery safety”, “operational safety”, “occupational risk prevention”, “industrial food safety”, “machine hazards”, “lockout-tagout”, “ergonomic risks”, “food industry accidents”, “seguridad operacional”, “riesgos mecánicos”, “maquinaria de procesamiento alimentario” y “prevención de riesgos laborales”.

La ecuación general de búsqueda se estructuró de la siguiente forma: (“operational safety” OR “machine safety” OR “occupational risk prevention”) AND (“food processing industry” OR “food manufacturing”) AND (“hazard control” OR “industrial accidents” OR “risk management”). Para la literatura en español se incorporaron combinaciones equivalentes para ampliar sensibilidad y exhaustividad.



Se estableció como periodo de búsqueda publicaciones comprendidas entre 2010 y 2025, con énfasis en estudios recientes debido a la evolución de tecnologías de automatización, industria 4.0 y nuevos marcos regulatorios. Se consideraron artículos originales, revisiones sistemáticas, metaanálisis, estudios de caso, investigaciones experimentales y documentos técnicos indexados en revistas Scopus y Web of Science.

Los criterios de inclusión contemplaron estudios que abordaran seguridad en maquinaria industrial alimentaria, prevención de accidentes ocupacionales, evaluación de riesgos mecánicos, ergonomía aplicada, mantenimiento preventivo, tecnologías emergentes de seguridad, gestión basada en normas International Organization for Standardization 45001 e ISO 22000, así como investigaciones con pertinencia para agroindustrias y plantas de alimentos. Se excluyeron publicaciones duplicadas, literatura gris no arbitrada, estudios sin acceso a texto completo, artículos con insuficiente calidad metodológica, investigaciones centradas exclusivamente en otros sectores industriales sin aplicabilidad alimentaria, y documentos no indexados.

El proceso de selección siguió las cuatro fases PRISMA: identificación, cribado, elegibilidad e inclusión. Durante la etapa de identificación se recuperaron inicialmente los registros potencialmente relevantes de las bases de datos. Posteriormente se eliminaron duplicados mediante revisión automatizada y verificación manual. En la fase de cribado se evaluaron títulos y resúmenes conforme a los criterios definidos. Los artículos potencialmente elegibles fueron sometidos a revisión de texto completo para determinar su inclusión final. El flujo metodológico fue documentado mediante diagrama PRISMA para asegurar trazabilidad del proceso.

La calidad metodológica de los estudios incluidos se evaluó mediante herramientas críticas adaptadas según diseño de estudio, considerando claridad de objetivos, consistencia metodológica, validez de resultados, análisis de sesgos y robustez de evidencia. Para fortalecer confiabilidad se efectuó evaluación independiente de elegibilidad y extracción de datos, minimizando sesgos de selección.

La extracción de información se realizó mediante una matriz estructurada en hoja electrónica, registrando autores, año, país, diseño del estudio, tipo de maquinaria evaluada, riesgos identificados, metodologías de control, tecnologías preventivas, principales hallazgos y brechas de investigación. Asimismo, se categorizaron variables en cinco ejes temáticos: peligros mecánicos y operacionales; factores humanos y ergonomía; sistemas de gestión y cumplimiento normativo; tecnologías emergentes de seguridad; y desafíos para la industria alimentaria ecuatoriana.

Debido a la heterogeneidad metodológica esperada entre estudios incluidos, el análisis se desarrolló mediante síntesis narrativa cualitativa complementada con análisis comparativo temático. Este enfoque permitió integrar hallazgos multidimensionales sobre tendencias, convergencias, vacíos de conocimiento y oportunidades de innovación en seguridad operacional. Cuando la información lo permitió, se contrastaron patrones de frecuencia en tipos de riesgos, intervenciones preventivas y desempeño de estrategias de control.

La metodología adoptada permitió desarrollar una revisión sistemática con enfoque crítico, integrador y reproducible, alineada con estándares internacionales para revisiones de alto

impacto. Este diseño metodológico proporciona bases sólidas para sintetizar evidencia científica sobre seguridad operacional en maquinaria de procesamiento de alimentos y generar aportes para investigación futura, innovación tecnológica y fortalecimiento de prácticas preventivas en el contexto agroindustrial ecuatoriano.

Proceso de identificación, cribado y selección de estudios para la revisión sistemática

La Figura 1 presenta el diagrama de flujo del proceso de identificación, cribado, elegibilidad e inclusión de estudios desarrollado conforme a la declaración PRISMA 2020 para la revisión sistemática. En la fase de identificación se recuperaron 612 registros provenientes de seis fuentes de información, incluyendo Scopus (185), Web of Science (126), ScienceDirect (143), SpringerLink (94), PubMed (52) y búsqueda manual en referencias (12). Posteriormente, se eliminaron 128 registros duplicados, obteniéndose 484 estudios para el proceso de cribado mediante revisión de títulos y resúmenes.

Durante la etapa de cribado fueron excluidos 389 registros, principalmente por falta de relación con la temática de seguridad operacional, baja pertinencia temática, pertenencia a otros sectores industriales o incumplimiento de criterios de inclusión establecidos. Como resultado, 95 artículos fueron sometidos a evaluación de texto completo en la fase de elegibilidad.

En la revisión a texto completo se excluyeron 61 estudios, debido principalmente a insuficiente calidad metodológica, ausencia de enfoque específico en seguridad operacional, falta de pertinencia para la industria alimentaria o limitaciones en reproducibilidad de datos. Finalmente, 34 estudios cumplieron los criterios de elegibilidad y fueron incluidos tanto en la síntesis cualitativa como en el análisis final.

En conjunto, la figura evidencia un proceso de selección sistemático, transparente y reproducible, garantizando rigor metodológico en la depuración de la evidencia científica incluida en la revisión.



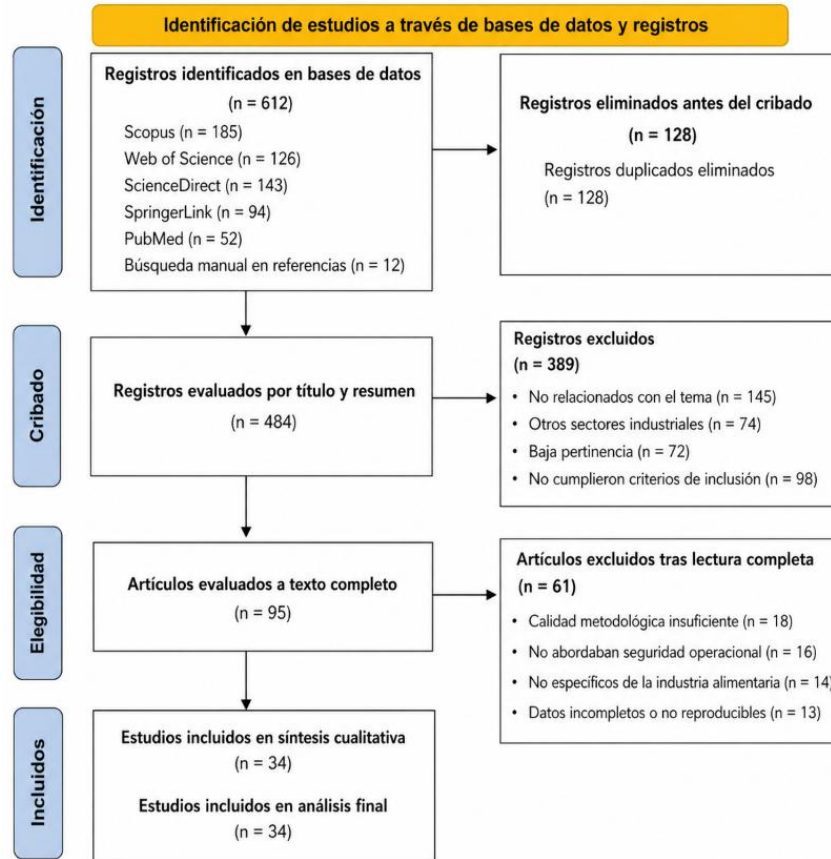


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA 2020 para la selección de estudios incluidos en la revisión sistemática sobre seguridad operacional y prevención de riesgos en maquinaria de procesamiento alimentario.

RESULTADOS

La búsqueda sistemática de literatura, desarrollada conforme a los lineamientos PRISMA 2020, permitió identificar evidencia científica relevante sobre seguridad operacional y prevención de riesgos en el manejo de maquinaria de procesamiento en la industria alimentaria. A partir de las bases de datos Scopus, Web of Science, ScienceDirect, SpringerLink y PubMed se recuperaron estudios enfocados en riesgos mecánicos, factores humanos, sistemas de gestión de seguridad, innovación tecnológica y aplicaciones en agroindustrias.

Tras el proceso de selección y evaluación crítica de elegibilidad, los estudios incluidos evidenciaron que la seguridad operacional en maquinaria de procesamiento alimentario depende de una interacción compleja entre factores técnicos, organizacionales, ergonómicos y normativos. La síntesis temática permitió agrupar los resultados en cinco ejes: peligros mecánicos y operacionales; factores humanos y ergonómicos; gestión preventiva y marcos normativos; tecnologías emergentes para seguridad operacional; y desafíos para el contexto ecuatoriano.

Riesgos mecánicos y operacionales en maquinaria alimentaria

La literatura revisada mostró que los principales riesgos asociados al manejo de maquinaria de procesamiento alimentario corresponden a atrapamientos, amputaciones, cortes, fallas en



resguardos, contacto con componentes móviles, exposición térmica, riesgos por presión y errores en procedimientos de bloqueo y etiquetado, como se puede visualizar la Tabla 1. Ramon et al. (10) reportaron que los riesgos relacionados con maquinaria y equipos estuvieron presentes en 88% de las empresas evaluadas, mientras que 92% de los accidentes reportados estuvieron asociados a cortes, golpes y atrapamientos en operaciones industriales alimentarias. Estos hallazgos confirman que la interacción operador-maquinaria continúa siendo uno de los principales puntos críticos de seguridad en el sector.

Gaspar et al. (11) evidenciaron que los eventos ocupacionales en plantas alimentarias se relacionan no solo con exposición física a peligros mecánicos, sino con debilidades en procedimientos operativos, capacitación y gestión preventiva.

Tabla 1. Principales riesgos operacionales identificados en maquinaria de procesamiento de alimentos

Tipo de riesgo	Efectos reportados	Referencia	DOI
Atrapamiento en partes móviles	Lesiones graves, amputaciones	Gaspar et al. (11)	https://doi.org/10.24840/2184-0954_003.003_0003
Cortes y golpes	Accidentes frecuentes en líneas de proceso	Depari et al. (12)	https://doi.org/10.1371/journal.pone.0293987
Fallas en resguardos	Exposición a puntos críticos	^a Giudice et al. (13)	https://doi.org/10.3390/pr12040684
Riesgos térmicos y presión	Quemaduras, explosiones	Bellochio et al. (14)	https://doi.org/10.1016/i.jspr.2024.102288

Factores humanos y ergonómicos asociados al riesgo

Un hallazgo recurrente en los estudios incluidos fue la fuerte influencia del factor humano en la ocurrencia de incidentes. Fatiga, sobrecarga laboral, movimientos repetitivos, errores operacionales y escasa capacitación aparecieron como variables críticas.

Los estudios coincidieron en que el desempeño seguro depende no solo del diseño mecánico de los equipos, sino del diseño ergonómico del sistema de trabajo y de la cultura organizacional. Las operaciones de empaque, selección, molienda y manipulación manual asistida mostraron mayores niveles de exposición ergonómica, como se muestra en la Tabla 2.



Tabla 2. Factores humanos asociados a incidentes con maquinaria

Factor	Impacto sobre seguridad	Evidencia
Capacitación insuficiente	Incremento de errores operativos	Giudice et al. (13)
Fatiga laboral	Mayor probabilidad de accidentes	Dapari et al. (12)
Diseño ergonómico deficiente	Lesiones musculoesqueléticas	Gaspar et al. (11)
Supervisión limitada	Debilidad en control preventivo	Paguay et al. (2)

Los resultados respaldan que la seguridad operacional debe abordarse mediante modelos integrados de gestión y no únicamente como cumplimiento legal.

Tecnologías emergentes para seguridad operacional

La revisión evidenció crecimiento en el uso de tecnologías emergentes aplicadas a seguridad industrial alimentaria. Sensores inteligentes, monitoreo en tiempo real, mantenimiento predictivo, internet industrial de las cosas y automatización segura fueron tendencias recurrentes, como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3. Tecnologías emergentes para prevención de riesgos

Tecnología	Aplicación	Potencial preventivo
Sensores inteligentes	Monitoreo de condiciones críticas	Alto
IoT industrial	Detección temprana de fallas	Alto
Mantenimiento predictivo	Prevención de accidentes	Muy alto
Gemelos digitales	Simulación de riesgos	Emergente
Inteligencia artificial	Predicción de eventos críticos	Muy alto

Estas herramientas muestran alto potencial para modernización de agroindustrias ecuatorianas, particularmente en procesos de cacao, balanceados, lácteos y cereales.

Hallazgos para el contexto ecuatoriano

En Ecuador, la evidencia disponible mostró desafíos relacionados con:

- limitada modernización tecnológica en PYMES agroindustriales;
- gestión reactiva de seguridad;
- débil integración entre inocuidad y seguridad ocupacional;
- escasa adopción de herramientas predictivas;
- insuficiente cultura de prevención.



Sin embargo, también se identificaron oportunidades de mejora mediante:

- Adopción de estándares internacionales;
- fortalecimiento de capacitación técnica;
- digitalización de procesos de monitoreo;
- integración de mantenimiento, seguridad e inocuidad.

Los hallazgos sugieren que la transición desde esquemas correctivos hacia enfoques preventivos representa una necesidad estratégica para la industria alimentaria ecuatoriana.

Evidencia científica nacional sobre seguridad operacional y prevención de riesgos en sistemas agroindustriales ecuatorianos.

Los estudios desarrollados en Ecuador evidenciaron que la seguridad operacional en ambientes manufactureros y agroindustriales continúa representando un desafío para la sostenibilidad productiva y la prevención de accidentes laborales. La evidencia nacional identificó tendencias consistentes relacionadas con alta exposición a riesgos ocupacionales en actividades industriales, debilidades en cultura preventiva, necesidad de fortalecimiento de sistemas de gestión de seguridad y oportunidades de mejora mediante enfoques basados en evaluación de riesgos, mantenimiento preventivo y cumplimiento normativo.

Paguay et al. (2) documentaron que el sector manufacturero ecuatoriano presenta una de las mayores tasas de accidentalidad laboral del país, destacando la necesidad de fortalecer medidas preventivas en procesos industriales. Estos hallazgos son particularmente relevantes para plantas de procesamiento alimentario donde convergen riesgos mecánicos, presión operativa y exigencias de inocuidad.

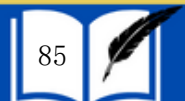
De forma complementaria, López y Alcívar mostraron que la aplicación de estrategias alineadas con International Organization for Standardization 45001 puede fortalecer la gestión de seguridad operacional en organizaciones ecuatorianas, aportando evidencia para la integración de modelos preventivos en agroindustrias (15). Asimismo, los trabajos de Laines y Jaramillo ampliaron la discusión hacia riesgos en sistemas agroproductivos, evidenciando que la seguridad ocupacional en Ecuador requiere enfoques integrados que consideren exposición física, factores ambientales y adaptación preventiva (16).

En conjunto, la literatura nacional analizada respalda que, aunque existe limitada investigación específica sobre seguridad de maquinaria en industria alimentaria ecuatoriana, la evidencia disponible ofrece bases sólidas para contextualizar la problemática, identificar brechas y sustentar estrategias de prevención aplicables al sector, como se podría presentar en la Tabla 4.



Tabla 4. Estudios clave desarrollados en Ecuador incluidos en la revisión sistemática y su contribución al análisis de seguridad operacional en la industria alimentaria ecuatoriana.

Autor(es)	Aporte principal	Relación con el tema	DOI / URL
Paguay et al. (2)	Analizó accidentalidad ocupacional en manufactura ecuatoriana, identificando al sector manufacturero como uno de mayor siniestralidad.	Evidencia base para riesgos operacionales en industrias de procesamiento.	https://doi.org/10.3390/su151612661 (MDPI)
López & Alcívar. (15)	Propusieron estrategias de seguridad industrial e implementación alineada con ISO 45001 en Ecuador.	Soporte para gestión preventiva y seguridad operacional.	https://doi.org/10.37956/jbes.v7i3.341 (Journal Businesses)
Laines & Jaramillo. (16)	Evaluaron riesgos ocupacionales y medidas preventivas en trabajadores agrícolas ecuatorianos.	Relaciona gestión del riesgo en cadenas agroindustriales.	https://doi.org/10.53591/rug.v140i1.2157 (Revistas UG)
Bran et al. (17)	Analizaron accidentes laborales calificados en Ecuador (2014–2023) y subregistro.	Sustenta tendencia nacional de riesgo laboral y necesidad preventiva.	https://doi.org/10.37957/rfd.v9i1.149 (Revista Edwards Deming)
Obando et al. (18)	Estudio de siniestralidad en sector manufacturero Zona 8-Ecuador.	Alta pertinencia para industria de procesamiento.	https://centrosureditorial.com/index.php/revista/article/view/322 (Cesi Ecuador)



Caracterización y análisis temático de la evidencia científica incluida en la revisión sistemática

La Tabla 5 presenta la distribución y caracterización de los 34 estudios incluidos en la revisión sistemática, mostrando una predominancia de investigaciones publicadas en contextos internacionales, complementadas con aportes específicos desarrollados en Ecuador y Latinoamérica, lo que aporta tanto perspectiva global como pertinencia regional al análisis. Los estudios incluidos abarcan una diversidad de diseños metodológicos, entre ellos estudios transversales, revisiones, modelos de gestión, estudios aplicados y estudios de caso, evidenciando heterogeneidad metodológica y amplitud de enfoques para abordar la seguridad operacional en sistemas de procesamiento alimentario.

En relación con los ejes temáticos, la tabla evidencia mayor recurrencia de estudios orientados a peligros mecánicos y operacionales, incluyendo seguridad de maquinaria, resguardos, atrapamientos, energías peligrosas y mantenimiento, consolidándose como el componente predominante de la literatura analizada. Asimismo, se observa una importante representación de investigaciones enfocadas en factores humanos y ergonómicos, particularmente en aspectos relacionados con error humano, carga física, trastornos musculoesqueléticos, clima de seguridad y comportamiento ocupacional.

De igual forma, la tabla muestra una presencia significativa de estudios vinculados con gestión preventiva y cumplimiento normativo, incluyendo investigaciones asociadas con sistemas de gestión de seguridad, estándares ISO, procedimientos lockout-tagout y estrategias de control del riesgo, mientras que un grupo emergente de trabajos aborda tecnologías de seguridad e innovación industrial, reflejando el creciente interés por automatización segura, monitoreo inteligente y enfoques de industria 4.0 aplicados a la prevención de riesgos.

Desde la contribución científica reportada, los estudios incluidos aportan evidencia tanto para la identificación de peligros y factores causales como para el análisis de medidas preventivas, diseño seguro de maquinaria, mejora del desempeño operacional y fortalecimiento de la gestión de seguridad. Además, la trazabilidad mediante DOI y fuentes verificables reportada en la tabla refuerza la solidez documental y el rigor científico de la evidencia incluida.

En conjunto, la Tabla 5 evidencia que la literatura revisada se estructura sobre un enfoque multidimensional en el que convergen riesgos mecánicos, factores humanos, gestión preventiva e innovación tecnológica como pilares fundamentales para el análisis de la seguridad operacional en maquinaria de procesamiento alimentario.



Tabla 6. Estudios incluidos en la revisión sistemática sobre seguridad operacional y prevención de riesgos en maquinaria de procesamiento alimentario.

N.º	Autor/año	País / alcance	Diseño / tipo de estudio	Eje temático principal	Aporte para la revisión	DOI / URL
1	Paguay et al. (2)	Ecuador	Estudio documental/estadístico	Accidentabilidad laboral	Analiza accidentes ocupacionales en construcción y manufactura ecuatoriana.	https://doi.org/10.3390/su151612661
2	Dapari et al.(12)	Malasia	Estudio transversal	Lesiones ocupacionales	Evalúa lesiones recientes en trabajadores de la industria alimentaria.	https://doi.org/10.1371/journal.pone.0293987
3	Gaspar et al. (11)	Portugal	Estudio aplicado en PYMES alimentarias	Riesgos de SST	Identifica riesgos relevantes en empresas de procesamiento alimentario.	https://doi.org/10.24840/2184-0954_003.003_0003
4	Giudice et al. (13)	Internacional	Revisión	Seguridad de maquinaria	Analiza seguridad de maquinaria y capacitación en entornos manufactureros.	https://doi.org/10.3390/p12040684
5	Bellochio et al. (14)	Internacional	Revisión	Riesgos agroindustriales	Examina peligros ocupacionales en preprocesamiento y almacenamiento de granos.	https://doi.org/10.1016/j.jspr.2024.102288



6	Gonyora & Ventura-Medina (19)	Sudáfrica	Estudio de caso	Factores humanos y mantenimiento	Relaciona factores humanos, organización, mantenimiento y accidentes.	https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106530
7	Chen et al. (6)	Internacional	Estudio empírico	Complejidad organizacional	Explica cómo la complejidad y el cambio influyen en lesiones ocupacionales.	https://doi.org/10.1016/j.ssci.2024.106560
8	Chi & Lin (20)	Internacional	Modelo de gestión	Seguridad industrial	Propone marco de gestión basado en análisis causal de accidentes incapacitantes.	https://doi.org/10.1016/j.ergon.2022.103351
9	Şimşek et al. (1)	Internacional	Análisis bibliométrico	Industria alimentaria y sostenibilidad	Contextualiza la relevancia estratégica de la industria alimentaria.	https://doi.org/10.3390/su16073070
10	Djekic & Smigic (3)	Internacional	Revisión	Sistemas de gestión alimentaria	Revisa indicadores para evaluar sistemas de gestión de inocuidad alimentaria.	https://doi.org/10.3390/foods14213742
11	Ramon et al. (10)	Internacional	Revisión / análisis	Cadenas alimentarias	Aporta sobre gobernanza, resiliencia y sostenibilidad en cadenas alimentarias.	https://doi.org/10.3390/foods12183395



12	López & Alcívar (15)	Ecuador	Estudio aplicado	ISO 45001 / seguridad industrial	Propone estrategias de seguridad y salud ocupacional en organización ecuatoriana.	https://doi.org/10.37956/jbes.v7i3.341
13	Laines & Jaramillo (21)	Ecuador	Revisión / análisis	Riesgos ocupacionales agroproductos	Relaciona seguridad laboral, agricultura y exposición a estrés térmico.	https://doi.org/10.53591/rug.v140i1.2157
14	Bran et al. (17)	Ecuador	Estudio documental	Accidentes laborales	Analiza accidentes laborales calificados en Ecuador entre 2014 y 2023.	https://doi.org/10.37957/rfd.v9i1.149
15	Obando et al. (22)	Ecuador	Estudio descriptivo	Siniestralidad manufacturera	Examina accidentalidad laboral en el sector manufacturero ecuatoriano.	https://centrosueditorial.com/index.php/revista/article/view/322
16	Castillo & Valencia (5)	Latinoamérica	Revisión / estudio descriptivo	Seguridad ocupacional	Relaciona seguridad ocupacional y bienestar en industrias alimentarias.	https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v5i5.94
17	Abidin et al. (23)	Internacional	Estudio transversal	Cultura y clima de seguridad	Vincula clima de seguridad con reducción de lesiones ocupacionales.	https://doi.org/10.1016/j.cegh.2021.100805
18	Gopang et al. (24)	Internacional	Estudio ergonómico	Riesgo musculoesquelético	Evalúa trastornos musculoesqueléticos asociados a condiciones laborales.	https://doi.org/10.1016/j.apergo.2016.12.007



19	Thetkathuek et al. (25)	Tailandia	Estudio transversal	Ergonomía alimentaria	Analiza trastornos musculoesqu eléticos en trabajadores de fábricas de alimentos.	https://doi.org/10.1080/10803548.2015.1117353
20	Yamin et al. (26)	EE. UU.	Intervención / evaluación	Bloqueo y etiquetado	Evalúa autoauditoría de procedimientos LOTO para control de energía peligrosa.	https://doi.org/10.1002/ajim.22715
21	Hong-jie & Zhen-tang (27)	China	Estudio aplicado	Lockout/tagout	Describe aplicación del sistema LOTO en seguridad industrial.	https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.11.2406
22	Parker et al. (28)	EE. UU.	Programa preventivo	Resguardos de maquinaria	Evalúa programa de resguardos para reducir exposición a partes móviles.	https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC4961089/
23	Petrucci (29)	Internacional	Revisión / casos	Protección de maquinaria	Analiza teoría y aplicación de resguardos de maquinaria.	https://doi.org/10.51501/jotnafe.v37i1.138
24	Okun et al.(30)	EE. UU.	Investigación educativa	Competencias en seguridad	Propone competencias básicas para formación en seguridad laboral.	https://doi.org/10.1016/j.jsr.2016.09.004
25	Pek et al. (31)	Internacional	Estudio organizacional	Conducta insegura	Analiza normas de seguridad, comportamiento riesgoso y lesiones laborales.	https://doi.org/10.1016/j.aap.2017.06.007



26	Markkanen et al. (32)	EE. UU.	Desarrollo de instrumento	Ergonomía y seguridad	Diseña herramienta para evaluar ergonomía y seguridad en servicios alimentarios.	https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8962498/
27	Dunn et al. (33)	EE. UU.	Evaluación técnica	Riesgo ergonómico	Evalúa riesgos ergonómicos en planta de procesamiento cárnico.	https://doi.org/10.26616/NIOSHHE202101173397
28	Wilson et al. (34)	Internacional	Estudio de incidentes	Mantenimiento industrial	Analiza incidentes asociados al mantenimiento en industrias alimentarias.	https://doi.org/10.1177/10711813241264496
29	Stefana et al. (35)	Internacional	Revisión	Aprendizaje desde incidentes	Relaciona prevención de riesgos con análisis de eventos e incidentes.	https://doi.org/10.1016/j.psep.2023.12.063
30	Ramos-García et al. (36)	Latinoamérica	Estudio ocupacional	Riesgos físico-ergonómicos	Evalúa riesgos físico-ergonómicos en trabajadores agroproductivos.	https://doi.org/10.3390/safety10030061
31	Md Zamri et al. (36)	Malasia	Estudio transversal	Riesgos ocupacionales	Analiza problemas respiratorios ocupacionales en trabajadores alimentarios.	https://doi.org/10.1371/journal.pone.0287040
32	Torres-Ruiz (37)	Perú	Estudio descriptivo	Ergonomía industrial	Evalúa riesgos ergonómicos en trabajadores de industria alimentaria.	https://doi.org/10.24265/horizmed.2022.v23n3.04



33	Hayat et al. (38)	Internacional	Estudio sobre normas ISO	ISO 14001, ISO 45001 e ISO 22000	Relaciona certificaciones ISO con sostenibilidad y gestión en empresas alimentarias.	https://doi.org/10.3389/fufs.2025.1491456
34	Almeida et al. (39)	Internacional	Estudio aplicado	Gestión preventiva / ambiente laboral	Aporta evidencia sobre control ambiental y calidad microbiológica en entornos laborales.	https://doi.org/10.1002/1348-9585.12234

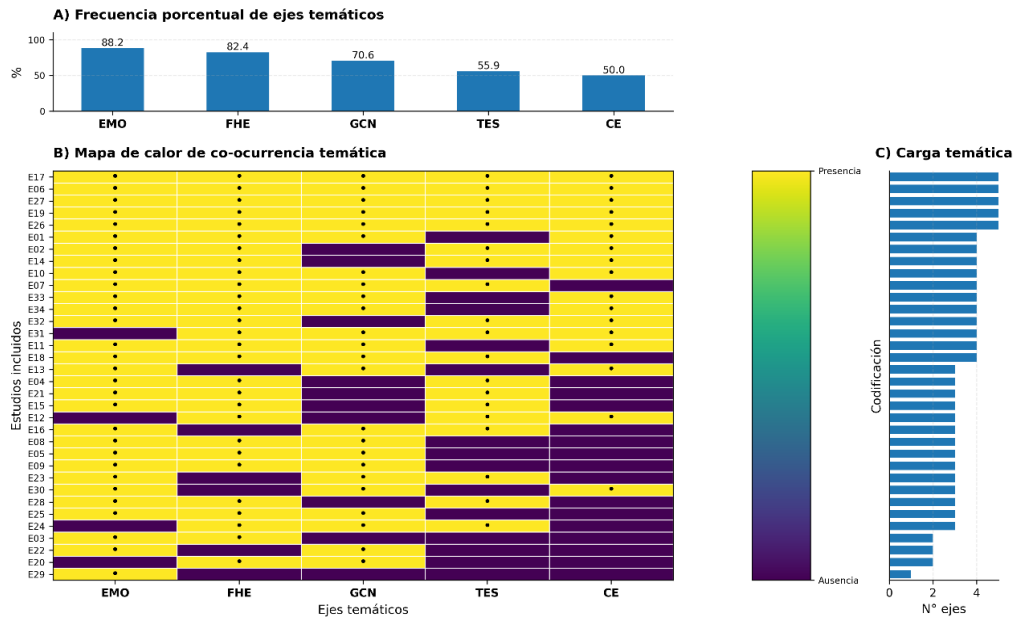
Estructura temática de la evidencia científica sobre riesgos operacionales en maquinaria de procesamiento alimentario

La Figura 1 presenta el análisis de frecuencia temática, co-ocurrencia entre ejes de estudio y carga temática de los 34 trabajos incluidos en la revisión sistemática. En el Panel A, la distribución porcentual muestra que los peligros mecánicos y operacionales (EMO) registraron la mayor frecuencia de aparición (88.2%; 30/34), seguidos por factores humanos y ergonomía (FHE) (82.4%; 28/34) y gestión y cumplimiento normativo (GCN) (70.6%; 24/34). En menor proporción se identificaron tecnologías emergentes de seguridad (TES) (55.9%; 19/34) y estudios asociados con contexto ecuatoriano (CE) (50.0%; 17/34). Estos resultados evidencian una mayor concentración temática en riesgos mecánicos, factores humanos y estrategias preventivas.

El Panel B muestra, mediante el mapa de calor, la presencia y ausencia de los ejes temáticos en cada estudio incluido, observándose patrones de co-ocurrencia entre EMO, FHE y GCN en una proporción importante de investigaciones. Asimismo, se observan menores coincidencias para TES y CE, reflejando menor frecuencia relativa en dichos componentes temáticos. Por su parte, el Panel C evidencia la carga temática por estudio, mostrando predominio de investigaciones que incorporan múltiples ejes de análisis, con mayor frecuencia de estudios que integran tres a cinco dimensiones temáticas simultáneamente.

En conjunto, la figura muestra que la evidencia científica analizada presenta una estructura temática predominantemente multidimensional, con mayor énfasis en riesgos operacionales tradicionales y una incorporación progresiva de enfoques





EMO: Peligros mecánicos y operacionales; FHE: Factores humanos y ergonomía; GCN: Gestión y cumplimiento normativo; TES: Tecnologías emergentes de seguridad; CE: Contexto ecuatoriano.
Nota: Presencia temática indicada por puntos dentro de celdas; color oscuro indica ausencia.

Figura 3. Análisis de co-currencia temática de los estudios incluidos en la revisión sistemática

DISCUSIÓN

Los resultados de esta revisión evidenciaron que los peligros mecánicos y operacionales constituyen el eje temático más recurrente en la literatura analizada, lo que confirma que los riesgos asociados con atrapamientos, cortes, contacto con partes móviles y fallas de resguardo continúan siendo determinantes en la accidentalidad del sector alimentario (40) (41). Estos hallazgos coinciden con lo reportado por Jacinto y Soares en la industria alimentaria portuguesa, quienes identificaron que los accidentes laborales no dependen únicamente de causas inmediatas, sino también de factores organizacionales latentes que incrementan la vulnerabilidad operativa (42) (43).

La fuerte co-ocurrencia observada entre riesgos mecánicos y factores humanos también refuerza que el error humano no puede entenderse de manera aislada, sino como resultado de interacciones entre diseño del trabajo, mantenimiento, supervisión y cultura preventiva (44) (45). Este comportamiento fue consistente con Dapari et al. (12) quienes encontraron que las lesiones ocupacionales en trabajadores de la industria alimentaria estuvieron significativamente asociadas con capacitación insuficiente, exposición prolongada y condiciones organizacionales deficientes (46) (47). Del mismo modo, estudios en industrias de proceso han mostrado que la integración de factores humanos y organizacionales con estrategias de mantenimiento reduce la frecuencia de accidentes y mejora el desempeño de seguridad (19) (48).

Los resultados asociados a gestión y cumplimiento normativo sugieren que la adopción de marcos preventivos estructurados sigue siendo un componente central para el control operacional. Esta observación es coherente con la evidencia que señala que la implementación de sistemas basados en International Organization for Standardization 45001 fortalece la identificación de peligros, el monitoreo del riesgo y la mejora continua,



especialmente cuando se articula con gestión de inocuidad en plantas de alimentos (49). Bajo esta lógica, los resultados de esta revisión apoyan que seguridad ocupacional e inocuidad deberían abordarse como sistemas integrados y no como procesos independientes, particularmente en agroindustrias ecuatorianas donde ambos componentes suelen gestionarse por separado (50).

Otro hallazgo relevante fue la menor recurrencia temática de tecnologías emergentes de seguridad, pese a su alto potencial preventivo. Esta menor presencia no necesariamente implica baja importancia, sino un menor desarrollo relativo dentro de la literatura especializada. Sin embargo, investigaciones recientes han demostrado que tecnologías como mantenimiento predictivo, sensores inteligentes y monitoreo digital mejoran detección temprana de fallas y disminuyen exposición a eventos críticos. En esta línea, Del Giudice et al. reportaron que la incorporación de enfoques inteligentes de seguridad de maquinaria representa una tendencia creciente en sistemas industriales avanzados (13). Asimismo, Bellochio & Coradi. (14) resaltaron la importancia de integrar control tecnológico y gestión del riesgo en sistemas agroindustriales.

En el contexto ecuatoriano, los resultados muestran que persisten brechas relacionadas con modernización tecnológica, cultura preventiva y gestión sistemática del riesgo, lo que coincide con Paguay et al., quienes señalaron que los sectores manufactureros ecuatorianos presentan desafíos importantes en siniestralidad y prevención ocupacional (2). Este aspecto resulta particularmente relevante porque sugiere que la problemática no radica solo en disponibilidad tecnológica, sino en integración de gestión preventiva dentro de los sistemas productivos.

Un aporte importante derivado de los resultados es que la hipótesis planteada se ve respaldada por la evidencia revisada: la integración entre controles técnicos, factores humanos, mantenimiento inteligente y cumplimiento normativo emerge como una estrategia consistente para reducir exposición a riesgos operacionales. Más que soluciones aisladas, la literatura sugiere que los enfoques integrados ofrecen mayor efectividad preventiva.

Finalmente, la revisión también permitió identificar vacíos de investigación, especialmente en automatización segura, aplicación de industria 4.0 en PYMES agroindustriales y estudios específicos para maquinaria de procesamiento en Ecuador. Estas brechas representan oportunidades para futuras investigaciones orientadas a fortalecer innovación, sostenibilidad y seguridad operacional en el sector alimentario.

CONCLUSIONES

La revisión sistemática permitió concluir que la seguridad operacional en el manejo de maquinaria de procesamiento en la industria alimentaria debe comprenderse como un sistema multidimensional donde convergen peligros mecánicos, factores humanos, gestión preventiva, cumplimiento normativo e innovación tecnológica como componentes interdependientes para el control del riesgo. La evidencia científica sintetizada mostró que los peligros mecánicos y operacionales (88.2%), junto con los factores humanos y ergonómicos (82.4%), constituyeron los ejes temáticos de mayor recurrencia, confirmando que la interacción operador–maquinaria continúa siendo el principal punto crítico de exposición a incidentes y accidentes en los sistemas de procesamiento alimentario. Asimismo, los patrones



de co-ocurrencia temática y la carga temática por estudio evidenciaron que los enfoques integrados de prevención ofrecen mayor robustez para la reducción del riesgo que aproximaciones centradas exclusivamente en controles reactivos o en cumplimiento normativo aislado.

Se concluye además que la gestión preventiva sustentada en mantenimiento planificado, procedimientos de control de energías peligrosas, capacitación técnica, cultura de seguridad y sistemas alineados con estándares como ISO 45001 e ISO 22000 representa un eje estratégico para fortalecer la seguridad operacional en la industria alimentaria. De igual forma, la revisión evidenció que tecnologías emergentes como sensores inteligentes, mantenimiento predictivo, monitoreo en tiempo real y automatización segura poseen alto potencial para reducir exposición a fallas críticas y mejorar continuidad operativa; sin embargo, su adopción en contextos agroindustriales ecuatorianos aún es limitada, debido a brechas en modernización tecnológica, gestión sistemática del riesgo y transferencia de innovación.

Para el contexto ecuatoriano, los resultados permiten concluir que la transición desde esquemas correctivos hacia modelos preventivos basados en gestión del riesgo e innovación tecnológica constituye una necesidad estratégica para mejorar competitividad, sostenibilidad e inocuidad en el sector agroindustrial. La evidencia nacional analizada mostró que persisten desafíos asociados con limitada cultura preventiva, insuficiente integración entre seguridad ocupacional e inocuidad, y escasa aplicación de herramientas predictivas en plantas de procesamiento, lo que refuerza la necesidad de fortalecer capacidades institucionales, adopción tecnológica y modelos integrados de gestión.

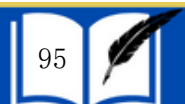
Finalmente, la revisión permitió identificar vacíos científicos relevantes, particularmente en automatización segura, análisis predictivo de riesgos, aplicación de tecnologías 4.0 y estudios específicos sobre seguridad de maquinaria en agroindustrias ecuatorianas, lo que justifica futuras investigaciones orientadas al desarrollo de modelos preventivos más robustos, adaptativos y contextualizados para el sector. En conjunto, los hallazgos respaldan que la seguridad operacional en la industria alimentaria no debe abordarse únicamente como requisito de cumplimiento, sino como un componente estratégico para la resiliencia, la productividad y la sostenibilidad de los sistemas de procesamiento.

DECLARACIÓN DE INTERÉS (OPCIONAL)

Los autores declaran que no existe ningún conflicto de interés financiero, académico o personal que haya influido en el desarrollo, el análisis de los resultados o la redacción del presente artículo científico.

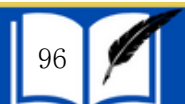
CONTRIBUCIONES DE AUTOR (OPCIONAL)

Conceptualización, metodología, investigación, curación de datos, análisis formal, visualización, redacción—borrador original, redacción—revisión y edición: Autor único. El autor ha leído y aprobado la versión final del manuscrito.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Şimşek E, Kara M, Kalıpçı M, Eren R. Sustainability and the Food Industry: A Bibliometric Analysis. *Sustainability*. 2024;16(7):1–22. doi:10.3390/su16073070
2. Paguay M, Febres JD, Valarezo E. Occupational accidents in Ecuador: an approach from the construction and manufacturing industries. *Sustainability*. 2023 Aug;15(16):1–14. doi:10.3390/su151612661
3. Djekic I, Smigic N. Revisiting key performance indicators that evaluate food safety management systems: A short review. *Foods*. 2025;14(21):1–15. doi:10.3390/foods14213742
4. Castro O, Alexander D. Elaboración de una guía documental de un sistema de gestión de seguridad alimentaria basado en la norma ISO 22000:2018 para una embotelladora de bebidas y productora de snacks en el Ecuador [Internet]. [Guayaquil]: Universidad Politécnica Salesiana; 2024 [cited 2026 Apr 25]. Available from: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/28405>
5. Castillo R, Valencia F. Seguridad ocupacional para mejorar el bienestar de los trabajadores en industrias alimentarias. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*. 2021;5(5):9423–40. doi:10.37811/cl_rcm.v5i5.994
6. Chen Y, Wiengarten F, Fan D, Pagell M. Complexity and Change: Antecedents of occupational injuries. *Saf Sci*. 2024 Aug;176:106560. doi:10.1016/j.ssci.2024.106560
7. Chi C, Lin Y. The development of a safety management system (SMS) framework based on root cause analysis of disabling accidents. *Int J Ind Ergon*. 2022;92:103351. doi:10.1016/j.ergon.2022.103351
8. Almeida A, Morales C, Araújo G, Navarini A, Matiko S, Mimica L, et al. Impact of negative pressure system on microbiological air quality in a Central Sterile Supply Department. *J Occup Health*. 2021;63(1):1–8. doi:10.1002/1348-9585.12234
9. Burgos G, Soledispa V, Almeida P, López J, Vera G. Revisión a la seguridad alimentaria en el Ecuador. *South Florida Journal of Development*. 2021;2(2):3189–99. doi:10.37811/cl_rcm.v5i5.994
10. Ramon J, Gonzalez A, Graciani A, Flores R. Integrated governance mechanisms for empowerment and resilience in international food value chains. *Foods*. 2023. p. 1–3. doi:10.3390/foods12183395
11. Gaspar P, Lima T, Lourenço M. Relevant occupational health and safety risks in the Portuguese food processing industry. *International Journal of Occupational and Environmental Safety*. 2019;3(3):23–33. doi:10.24840/2184-0954_003.003_0003
12. Dapari R, Mahfot M, Yee F, Ahmad A, Magayndran K, Zamzuri M, et al. Prevalence of recent occupational injury and its associated factors among food industry workers in Selangor. *PLoS One*. 2023 Nov 1;18:1–17. doi:10.1371/journal.pone.0293987
13. Giudice M, Sharafkhani M, Nardo M, Murino; Teresa, Chiara M. Exploring safety of machineries and training: an overview of current literature applied to manufacturing environments. *Processes*. 2024;12(4):1–24. doi:10.3390/pr12040684
14. Bellochio S, Coradi P. Occupational hazards at grain pre-processing and storage facilities: A review. *J Stored Prod Res*. 2024;106:102288. doi:10.1016/j.jspr.2024.102288
15. López J, Alcívar R. Industrial safety and occupational health strategies: The case of a water treatment plant in Ecuador. *Journal of Business*. 2023;7:33–56. doi:10.37956/jbes.v7i3.341



16. Laines Y, Jaramillo K. Occupational safety and health of Ecuadorian agricultural workers in the context of climate change and heat stress exposure. *Revista Universidad de Guayaquil*. 2026;140(1):126–44. doi:10.53591/rug.v140i1.2157
17. Bran J, Banguera L, Santos O, Llamuca; Gerardo. Impact of qualified occupational accidents in Ecuador during the period 2014-2023 impact of qualified work accidents in Ecuador during the period 2014-2023 [Internet]. Vol. 9. 2025;9(2):48–69. doi:10.37957/rfd.v9i1.149
18. Obando J, Banguera L, Vera R, Campoverde R. Analysis of the labor accident rate in the manufacturing sector. *Revista Centro Sur-eISSN* [Internet]. 2023 [cited 2026 Apr 25];7(3):117–30. Available from: <https://centrosureditorial.com/index.php/revista/article/view/322>
19. Gonyora M, Ventura E. Investigating the relationship between human and organisational factors, maintenance, and accidents. The case of chemical process industry in South Africa. *Saf Sci*. 2024;176:106530. doi:10.1016/j.ssci.2024.106530
20. Chi C, Lin Y. The development of a safety management system (SMS) framework based on root cause analysis of disabling accidents. *Int J Ind Ergon*. 2022 Nov;92:103351. doi:10.1016/j.ergon.2022.103351
21. Laines Y, Jaramillo K. Seguridad y salud ocupacional del trabajador agrícola ecuatoriano ante el cambio climático y la exposición al estrés térmico. *Revista Universidad de Guayaquil*. 2026 Jan;140:126–44. doi:10.53591/rug.v140i1.2157
22. Obando J, Banguera L, Vera R, Campoverde R. Analysis of the labor accident rate in the Manufacturing Sector. *Revista Centro Sur* [Internet]. 2021 [cited 2026 Apr 26];7(3):114–30. Available from: <https://centrosureditorial.com/index.php/revista/article/view/322>
23. Hombaiah C, Bilimale A, Madhu B, Narayana B. Ambivalence in distinguishing double burden of malnutrition among school children in three districts of south India. *Clin Epidemiol Glob Health*. 2021;12:100805. doi:10.1016/j.cegh.2021.100805
24. Nobrega S, Kernan L, Plaku-Alakbarova B, Robertson M, Warren N, Henning R. Field tests of a participatory ergonomics toolkit for Total Worker Health. *Appl Ergon*. 2017;60:366–79. doi:10.1016/j.apergo.2016.12.007
25. Thetkathuek A, Meepradit P, Jaidee W. Factors affecting the musculoskeletal disorders of workers in the frozen food manufacturing factories in Thailand. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*. 2016;22(1):49–56. doi:10.1080/10803548.2015.1117353
26. Yamin SC, Parker DL, Xi M, Stanley R. Self-audit of lockout/tagout in manufacturing workplaces: A pilot study. *Am J Ind Med*. 2017;60(5):504–9. doi:10.1002/ajim.22715
27. Zhang H, Liu Z. Application of lockout & tagout system in the coalmine industry. *Procedia Eng*. 2011;26:2065–9. doi:10.1016/j.proeng.2011.11.2406
28. Parker D, Yamin S, Xi M, Brosseau L, Gordon R, Most IG, et al. Findings From the National Machine Guarding Program. *J Occup Environ Med*. 2016;58(1):61–8. doi:10.1097/JOM.0000000000000594
29. Petrucci N. Machine Safeguarding: Theory, Practice, and Case Studies. *Journal of the National Academy of Forensic Engineers*. 2020;37(1):42–52.
30. Okun A, Guerin R, Schulte P. Foundational workplace safety and health competencies for the emerging workforce. *J Safety Res*. 2016;59:43–51. doi:10.1016/j.jsr.2016.09.004
31. Pek S, Turner N, Tucker S, Kelloway EK, Morrish J. Injunctive safety norms, young worker risk-taking behaviors, and workplace injuries. *Accid Anal Prev*. 2017;106:202–10. doi:10.1016/j.aap.2017.06.007



32. Markkanen P, Peters S, Grant M, Dennerlein J, Wagner G, Burke L, et al. Development and application of an innovative instrument to assess work environment factors for injury prevention in the food service industry. *WORK: A Journal of Prevention, Assessment & Rehabilitation*. 2021;68(3):641–51. doi:10.3233/WOR-203399
33. Rinsky J, Dunn K, Booher D, Hayden M, Ramsey J, Moore K, et al. Evaluation of ergonomic risks, musculoskeletal disorders, and peracetic acid exposure among employees at a pork processing plant in Michigan. [Internet]. Vol. 12. 2024;12(3):1–52. doi:10.26616/NIOSHHE202101173397
34. Wilson G, Mgaedeh F, Stone R. Safety Incidents and Situation Awareness Amongst Maintenance Personnel in the Food Manufacturing Industry. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. 2024;68(1):1747–51. doi:10.1177/10711813241264496
35. Wang S, Peng X, Jiang L, Li B. Investigation on the reaction characteristics and influencing factors of thermal runaway of di-tert-butyl peroxide. *Process Safety and Environmental Protection*. 2024;182:1185–95. doi:10.1016/j.psep.2023.12.063
36. Ramos V, López J, Balderrama A, Ochoa I, García J, Espinoza M. An analysis of occupational hazards based on the physical ergonomics dimension to improve the occupational health of agricultural workers: The Case in Mayo valley, Mexico. *Safety*. 2024;10(3). doi:10.3390/safety10030061
37. Torres S. Riesgo ergonómico y trastornos-musculoesqueléticos en trabajadores de industria alimentaria en el Callao en el 2021. *Horizonte Médico (Lima)*. 2023;23(3):e2207. doi:10.24265/horizmed.2023.v23n3.04
38. Hayat N, Mustafa G, Naeem M, Alotaibi BA, Traore A. Assessing the impact of environmental, occupational health and safety, and food safety management systems on the sustainable performance of food processing companies. *Front Sustain Food Syst*. 2025;9:1–16. doi:10.3389/fsufs.2025.1491456
39. Almeida A, Moraes C, Araújo G, Navarini A, Sasagawa S, Mimica LMJ, et al. Impact of negative pressure system on microbiological air quality in a Central Sterile Supply Department. *J Occup Health*. 2021 Jan;63(1):e12234. doi:10.1002/1348-9585.12234
40. Dennerlein J, Ronk C, Perry M. Portable ladder assessment tool development and validation – Quantifying best practices in the field. *Saf Sci*. 2009;47(5):636–9. doi:10.1016/j.ssci.2008.08.003
41. Benson C, Akinwande, Damala. The impact of interventions on health, safety and environment in the process industry. *Heliyon*. 2024; 10(1): 1-18. 10.1016/j.heliyon.2023. e23604
42. Mitrakas C, Xanthopoulos A, Koulouriotis, D. Techniques and Models for Addressing Occupational Risk Using Fuzzy Logic, Neural Networks, Machine Learning, and Genetic Algorithms: A Review and Meta-Analysis. *Applied Sciences*. 2025; 15(4): 1-65. 10.3390/app15041909
43. Fu J, Calva J, Pérez H, López F, Fierro J. Evaluación de riesgos y medidas de control en maquinaria en una empresa de producción de alimentos. *Ingeniería Química y Desarrollo*. 2024; 6(2): 1-10. 10.53591/iqd.v6i02.371
44. Reason J. The contribution of latent human failures to the breakdown of complex systems. *Philosophical Transactions*. 2022; 327(1241): 475-484. 10.1098/rstb.1990.0090
45. Santos, J. Awareness and risk perception of a multi-hazard megacity: The case of adolescent students. 2024; 171: 106382. 10.1016/j.ssci.2023.106382



46. Almeida A, Salgado R, Simao C, Araújo R, Figueiredo J. Prevalence of Sleep Bruxism Reported by Parents/Caregivers in a Portuguese Pediatric Dentistry Service: A Retrospective Study. 2022; 19(13): 1-7. 10.3390/ijerph19137823
47. Dapari R, Hafizuddin M, Yan F, Iftikhar A, Abdul S. Prevalence of recent occupational injury and its associated factors among food industry workers in Selangor. 2023; 18(11): e0293987. 10.1371/journal.pone.0293987
48. Cajías P, Álvarez D, Merino P, Gómez. Occupational safety and health in Ecuador. 2017; 2(12): 1-14. 10.33890/innova.v2.n12.2017.322
49. Mejia M, Velásquez C, Viteri I. Assessment of occupational risks in the Ecuadorian dairy industry. 2026, 8(1): 29-38. 10.53591/iqd.v8i01.2926
50. Glevitzky L, Sârb A, Popa M. Study Regarding the Improvement of Bottling Process for Spring Waters, through the Implementation of the Occupational Health and Food Safety Requirements. 2019; 5(2): 1-15