



Instituto Superior Tecnológico  
de Formación Profesional  
Administrativa y Comercial

# AVANCES

DE INVESTIGACIÓN 2026/Nro. 1

POSGRADO

COMPILADORES

MGTR. IVAN OROZCO PAREDES  
DR. RODRIGO CORTEZ MÉNDEZ



ISBN: 978-9942-673-54-1



9 789942 673541



# AVANCES

## DE INVESTIGACIÓN 2026/Nro. 1

POSGRADO



0963688761001  
ACVENISPROH®

ediciones

Guayaquil-2026

# **AVANCES**

## **DE INVESTIGACIÓN 2026/Nro. 1**

**POSGRADO**

COMPILADORES

MGTR. IVAN OROZCO PAREDES  
DR. RODRIGO CORTEZ MENDEZ



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Ver: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

**ISBN: 978-9942-673-54-1 (Electrónico)**

Nro. 1. Primera Edición

Guayaquil, República del Ecuador; 2026

**Compiladores:**

Mgtr. Iván Orozco Paredes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2837-3250>

Dr. Rodrigo Cortez Méndez

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4061-8107>

Afiliación: Instituto Superior Tecnológico de Formación Profesional Administrativa y Comercial

**Autores(as):**

Diego Eduardo Eguez Molina

Leonardo Domingo Giler Anchundia

Bayas Campos Abraham Alejandro

Derian Pincay Cabezas

Mayra Lino Iglesias.

María Vargas Grefa

Iván Heleodoro Orozco Paredes

**Comité de Arbitraje Externo:**



[https://www.admin.redgia.org/grupos\\_de\\_investigacion](https://www.admin.redgia.org/grupos_de_investigacion)



<https://www.acvec.net/site/>

Coordinación Técnica editorial: Celia Cruz Betancourt Fajardo / Corrección de estilo: Ana Riera / Impresión digital y puesta en línea: Samuel Zambrano Rondón

El texto original de los reportes consignados para su aparición en esta publicación fue sometido a un proceso de revisión por el Comité organizador de CICO y de acuerdo con la normativa que rige el proceso de evaluación para producción de literatura científica en REDIIGEC, con circunscripción en la República del Ecuador.

Esta es una publicación de acceso abierto, según criterios UNESCO, de acuerdo con lo expresado por Swan\* (2013) "Que la literatura revisada por pares sea accesible sin suscripción o barreras de precios" (p.36). Todas las opiniones y/o reflexiones contenidas en este libro son de responsabilidad absoluta de los autores y no representan necesariamente el criterio editorial. Documento para consideración de la comunidad científica, abierto a revisiones posteriores a su publicación; argumentadas desde el discurso científico. E-mail: [acvenisproh@gmail.com](mailto:acvenisproh@gmail.com)

\*Swan, A. (2013) Directrices para políticas de desarrollo y promoción del acceso abierto. [Documento en línea] Serie UNESCO de Directrices Abiertas. UNESCO. p.36. Disponible: [http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/CI/CI/pdf/publications/policy\\_guidelines\\_0a\\_sp\\_reduced.pdf](http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTIMEDIA/HQ/CI/CI/pdf/publications/policy_guidelines_0a_sp_reduced.pdf).

## ÍNDICE GENERAL

### Contenido

<b>PRESENTACIÓN</b> .....	<b>1</b>
<b>CAPÍTULO 1: EVALUACIÓN DEL RIESGO QUÍMICO E IMPACTO EN LA SALUD LABORAL</b> ..	<b>3</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>4</b>
1.1. Planteamiento del problema .....	6
1.2. Justificación .....	7
1.3. Objetivos.....	8
Objetivo general.....	8
Objetivos específicos.....	8
1.4. Alcance .....	9
<b>2. MARCO TEÓRICO</b> .....	<b>9</b>
2.1. Fundamentos del riesgo químico y la higiene industrial .....	9
2.1.1. La higiene industrial como base de la gestión del riesgo químico .....	9
2.1.2. Conceptualización avanzada del riesgo químico .....	10
2.1.3. Relación dosis–respuesta y toxicología ocupacional .....	11
2.1.4. Límites de exposición ocupacional y estándares internacionales.....	11
2.1.5. Modelos de evaluación del riesgo químico .....	12
2.1.6. Enfoque sistémico del riesgo químico .....	12
2.1.7. Particularidades del riesgo químico en la industria alimentaria .....	12
2.1.8. Sistemas de inocuidad alimentaria y su relación con el riesgo químico .....	13
2.1.9. Marco normativo internacional del riesgo químico .....	14
2.1.10. Riesgo químico aplicado: evidencia en entornos industriales .....	14
2.1.11. Integración del riesgo químico en la gestión organizacional .....	14
2. METODOLOGÍA .....	15
2.1. Enfoque y tipo de investigación .....	15
2.2. Población y muestra .....	16
2.3. Variables de estudio .....	16
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	17
2.5. Procedimiento de la investigación .....	17
2.6. Análisis de datos .....	18
2.7. Consideraciones éticas.....	18
<b>3. RESULTADOS</b> .....	<b>18</b>

3.1.	Caracterización de la población estudiada.....	18
3.2.	Identificación de fuentes de exposición.....	19
3.3.	Condiciones de exposición química .....	20
3.4.	Impacto en la salud ocupacional.....	20
3.5.	Análisis de la relación exposición–efecto.....	21
3.6.	Impacto organizacional.....	21
3.7.	Análisis normativo .....	22
3.8.	Resumen de los resultados .....	22
<b>4.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>23</b>
<b>5.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>26</b>
6.	RECOMENDACIONES .....	28
6.1.	A nivel técnico-operativo.....	28
6.2.	Capacidades prácticas a desarrollar .....	28
6.3.	Procedimientos a emplear.....	28
6.4.	A nivel organizacional.....	28
6.5.	A nivel estratégico .....	29
	<b>CAPÍTULO 2: PREVENCIÓN DE TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA: ENFOQUE ERGONÓMICO Y ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN .....</b>	<b>30</b>
<b>1.</b>	<b>INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>31</b>
1.1.	Planteamiento del problema.....	31
1.2.	Justificación .....	32
1.3.	Objetivos .....	33
<b>2.</b>	<b>MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>33</b>
2.1	Trastornos musculoesqueléticos (TME): enfoque científico y ocupacional .....	33
2.2	Ergonomía: fundamentos teóricos y aplicación industrial .....	34
2.3	Riesgos ergonómicos: clasificación y factores determinantes.....	34
2.4	Manipulación manual de cargas (MMC): análisis biomecánico.....	35
2.5	Posturas forzadas y movimientos repetitivos .....	36
2.6	Métodos de evaluación ergonómica .....	36
2.7	Normativa internacional en ergonomía .....	36
2.8	Evidencia científica y casos aplicados.....	37
<b>3.</b>	<b>METODOLOGÍA .....</b>	<b>37</b>
3.1	Enfoque y tipo de investigación .....	37
3.2	Población y muestra.....	38
3.3	Variables de estudio .....	38

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	39
3.5 Procedimiento de la investigación .....	40
3.6 Análisis de datos.....	40
3.7 Consideraciones éticas .....	41
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>41</b>
4.1 Caracterización inicial de las condiciones ergonómicas .....	41
4.2 Evaluación ergonómica mediante métodos técnicos .....	42
4.3 Incidencia de trastornos musculoesqueléticos (TME) .....	43
4.4 Implementación de la intervención ergonómica.....	43
4.5 Resultados post intervención .....	44
4.6 Impacto en la salud ocupacional .....	44
4.7 Impacto organizacional .....	45
4.8 Análisis integrador de resultados .....	45
<b>5. DISCUSIÓN .....</b>	<b>46</b>
<b>6. CONCLUSIONES .....</b>	<b>49</b>
<b>7. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>51</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>53</b>
<b>RESOLUCIÓN DE ARBITRAJE .....</b>	<b>57</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Discusión de resultados.</i> .....	25
<i>Figura 2. Conclusiones.</i> .....	27
<i>Figura 3. Discusión.</i> .....	48
<i>Figura 4. Conclusiones.</i> .....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

<i>Tabla 1. Operacionalización de variables</i> .....	17
<i>Tabla 2. Caracterización de la población</i> .....	19
<i>Tabla 3. Fuentes de exposición</i> .....	19
<i>Tabla 4. Condiciones de exposición</i> .....	20
<i>Tabla 5. Impacto en salud</i> .....	21
<i>Tabla 6. Impacto organizacional</i> .....	22
<i>Tabla 7. Operacionalización de variables</i> .....	39
<i>Tabla 8. Condiciones ergonómicas iniciales</i> .....	42
<i>Tabla 9. Resultados NIOSH (pre-intervención)</i> .....	42
<i>Tabla 10. Evaluación postural</i> .....	43
<i>Tabla 11. Incidencia de TME (pre-intervención)</i> .....	43
<i>Tabla 12. Resultados comparativos (pre vs post)</i> .....	44
<i>Tabla 13. Impacto en salud</i> .....	44
<i>Tabla 14. Impacto organizacional</i> .....	45

## **PRESENTACIÓN**

*La presente obra académica se inscribe en el campo de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), abordando de manera integral dos de los principales desafíos que enfrentan actualmente las industrias alimentarias: el riesgo químico y los trastornos musculoesqueléticos.*

*En un contexto productivo cada vez más exigente, caracterizado por la intensificación de procesos y el cumplimiento de normativas internacionales, se hace imprescindible desarrollar investigaciones que contribuyan a la protección de la salud de los trabajadores sin comprometer la eficiencia operativa.*

*Este libro reúne dos estudios que, aunque centrados en problemáticas específicas, convergen en un enfoque común orientado a la prevención, la mejora continua y sostenibilidad de los entornos laborales.*

*A través de un abordaje técnico y aplicado, los capítulos ofrecen una visión complementaria de los riesgos ocupacionales en la industria alimentaria, integrando perspectivas desde la higiene industrial y la ergonomía.*

*El primer capítulo, titulado “Evaluación del riesgo químico y su impacto en la salud laboral en una planta de procesado de banano IQF: Propuestas de sustitución por agentes de menor peligrosidad”, desarrolla un análisis detallado de la exposición a agentes químicos utilizados en procesos de sanitización.*

*Este estudio pone en evidencia la relación entre el uso de sustancias potencialmente peligrosas y la aparición de afecciones en la salud de los trabajadores, particularmente en sistemas de producción intensiva como el procesamiento de alimentos bajo tecnología IQF.*

*A partir de un enfoque metodológico riguroso, se plantean alternativas de sustitución química que no solo reducen el riesgo ocupacional, sino que también permiten mantener los estándares de inocuidad exigidos en el sector, evidenciando la posibilidad de conciliar seguridad, productividad y cumplimiento normativo.*

*Por su parte, el segundo capítulo, “Prevención de trastornos musculoesqueléticos en la industria alimentaria: enfoque ergonómico y estrategias de intervención”, aborda uno de los problemas más frecuentes en entornos laborales: las lesiones derivadas de la sobrecarga física, las posturas inadecuadas y los movimientos repetitivos.*

*Desde una perspectiva ergonómica, este capítulo analiza las condiciones de trabajo que predisponen a la aparición de trastornos musculoesqueléticos y propone estrategias de intervención orientadas a la adaptación del puesto de trabajo, la optimización de procesos y la promoción de prácticas preventivas.*

*Este enfoque resulta fundamental para mejorar la calidad de vida laboral, reducir el ausentismo y fortalecer la eficiencia organizacional.*

*En conjunto, ambos capítulos reflejan la necesidad de adoptar un enfoque integral en la gestión de los riesgos laborales, donde la identificación, evaluación y control de los peligros se articulen con estrategias de innovación y mejora continua.*

*La integración de la higiene industrial y la ergonomía como pilares de la SST permite abordar los riesgos desde una perspectiva sistémica, reconociendo la complejidad de los entornos productivos y la interacción entre factores físicos, químicos y organizacionales.*

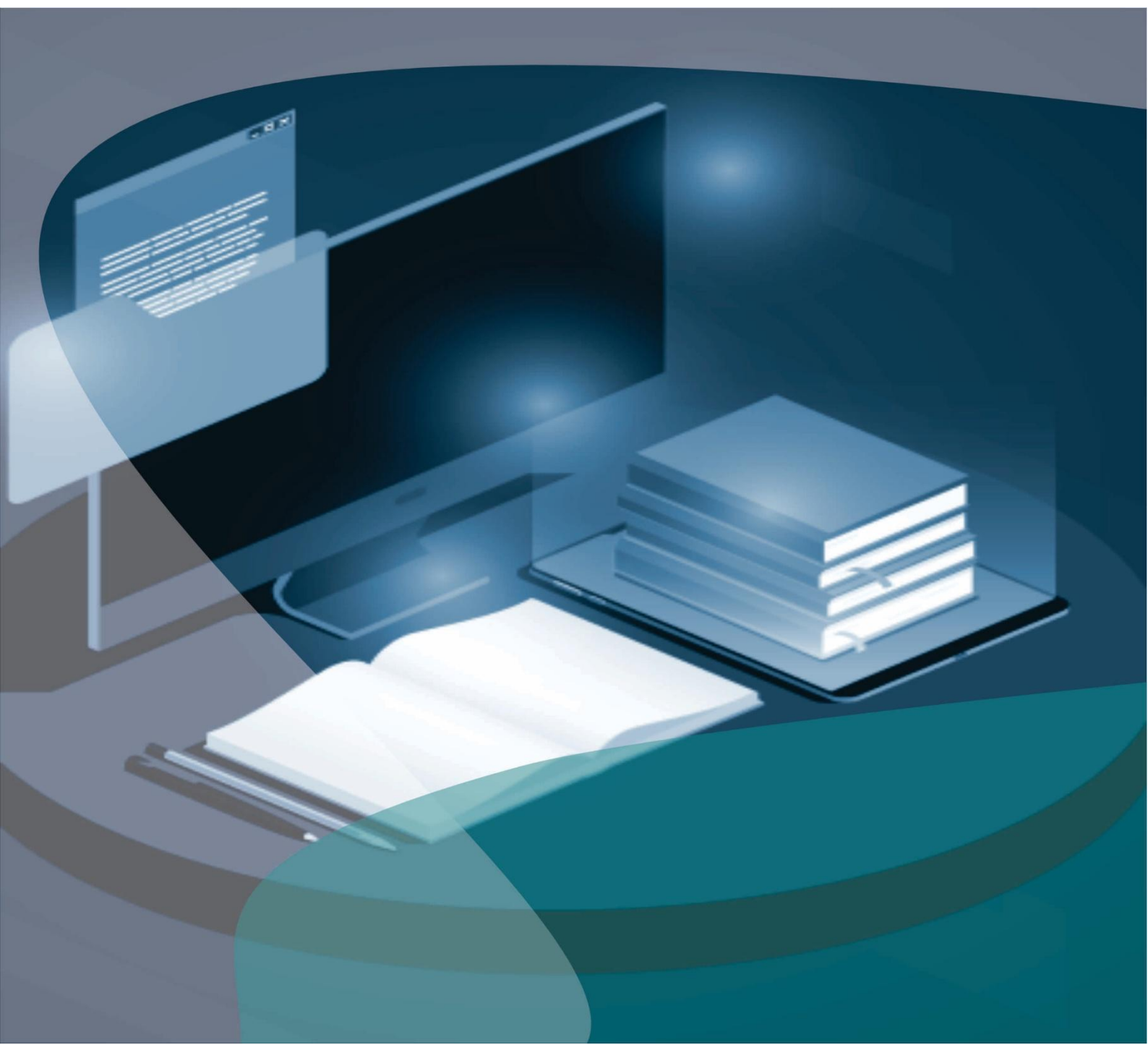
*Esta obra está dirigida a estudiantes, docentes, investigadores y profesionales del área de la seguridad laboral, la ingeniería industrial y la gestión organizacional, así como a todos aquellos interesados en el diseño de entornos de trabajo más seguros, saludables y sostenibles. Su contenido no solo aporta conocimiento teórico, sino que también ofrece herramientas prácticas para la intervención en contextos reales.*

*Finalmente, el libro se posiciona como una contribución significativa al fortalecimiento de la cultura de prevención en la industria alimentaria, promoviendo un modelo de gestión que prioriza el bienestar del trabajador como elemento clave para el desarrollo organizacional y la competitividad.*

**Ing. Yisel Martín**  
**Dirección de Investigación**  
**Instituto Superior Tecnológico de Formación Profesional Administrativa y Comercial,**  
**con condición universitario. (UF)**

***CAPÍTULO 1: Evaluación del riesgo químico  
y su impacto en la salud laboral en una planta de  
procesado de banano IQF: Propuestas de  
sustitución por agentes de menor peligrosidad***

*Diego Eduardo Equez Molina  
Leonardo Domingo Giler Anchundia  
Abraham Alejandro Bayas Campos  
Iván Orozco Paredes*



## 1. INTRODUCCIÓN

*La Seguridad y Salud en el Trabajo (SST) se ha consolidado en las últimas décadas como un componente estratégico dentro de la gestión organizacional, particularmente en sectores industriales donde la exposición a agentes peligrosos constituye un factor determinante en la ocurrencia de enfermedades profesionales y accidentes laborales.*

*En este contexto, la higiene industrial emerge como una disciplina clave orientada a la identificación, evaluación y control de los contaminantes presentes en el ambiente laboral, con el propósito de proteger la salud de los trabajadores y garantizar condiciones seguras de operación (Baraza et al., 2014).*

*Dentro de este campo, la higiene operativa adquiere especial relevancia al enfocarse en la implementación de medidas correctivas sobre los riesgos previamente identificados, priorizando la intervención en la fuente de emisión, seguida del control en el medio de propagación y, finalmente, la protección del trabajador mediante equipos de protección personal (EPP).*

*Este enfoque jerárquico, ampliamente respaldado por organismos internacionales como el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), constituye la base de los sistemas modernos de gestión de riesgos laborales (NIOSH, 2015).*

*En la industria alimentaria, la gestión del riesgo químico presenta características particulares que la diferencian de otros sectores productivos.*

*A diferencia de industrias como la petroquímica o la minería, donde los agentes químicos forman parte intrínseca del proceso productivo, en el sector alimentario estos se utilizan principalmente como medios auxiliares para garantizar la inocuidad microbiológica de los productos. Sin embargo, esta función esencial introduce una paradoja operativa: las mismas sustancias que aseguran la calidad sanitaria del alimento pueden representar un riesgo significativo para la salud de los trabajadores expuestos (Gilbert & McBain, 2020).*

*Este dilema se evidencia de manera crítica en plantas de procesamiento de alimentos bajo tecnología IQF (Individual Quick Freezing), donde el uso intensivo de agentes desinfectantes es indispensable para cumplir con estándares internacionales de inocuidad.*

*En particular, el empleo de sustancias como el ácido acético y el hipoclorito de sodio en etapas de lavado y desinfección genera escenarios de exposición continua a vapores irritantes, especialmente en condiciones de alta humedad, ventilación limitada y manipulación manual de soluciones químicas.*

*En el caso específico de la planta de procesamiento de banano IQF objeto de estudio, se ha identificado una situación de riesgo químico significativa, en la que un total de 249 trabajadores se encuentran expuestos a agentes químicos, de los cuales 230 presentan exposición directa al ácido acético durante actividades críticas como la limpieza de tinas y la aspersion del producto.*

*Estas condiciones de exposición, caracterizadas por concentraciones variables y preparación manual de soluciones, incrementan la probabilidad de sobreexposición y la ocurrencia de efectos adversos en la salud.*

*Los efectos de esta exposición no son meramente teóricos, sino que se manifiestan en indicadores concretos de salud ocupacional.*

*De acuerdo con los registros analizados, durante el período 2024–2025 se reportaron 187 días de ausentismo laboral asociados a afecciones respiratorias derivadas de la inhalación de vapores químicos, representando el 13% del total de ausencias en la planta. Este dato no solo evidencia un problema de salud, sino también un impacto directo en la productividad y los costos operativos de la organización.*

*Adicionalmente, la problemática adquiere una dimensión normativa y comercial relevante. La producción de banano IQF bajo certificación orgánica implica el cumplimiento de regulaciones estrictas como el Reglamento (UE) 2018/848, el cual limita el uso de determinados agentes químicos en el procesamiento de alimentos.*

*En este sentido, el uso de ácido acético en concentraciones elevadas podría comprometer la certificación del producto y restringir su acceso a mercados internacionales altamente regulados, como el europeo.*

*Este escenario configura un conflicto multidimensional en el que convergen tres elementos críticos: la necesidad de garantizar la inocuidad del producto, la obligación de proteger la salud de los trabajadores y la exigencia de cumplir con normativas internacionales.*

*La resolución de este conflicto requiere un enfoque integral basado en la evaluación científica del riesgo químico y la implementación de estrategias de control que permitan equilibrar estas dimensiones.*

*En este contexto, la presente investigación tiene como propósito desarrollar una estrategia integral de gestión del riesgo químico en una planta de procesamiento de banano IQF, mediante la evaluación del impacto del ácido acético en la salud laboral y la propuesta de sustitución por agentes de menor peligrosidad.*

*Este enfoque no solo busca reducir la exposición ocupacional, sino también mejorar la eficiencia operativa, garantizar el cumplimiento normativo y fortalecer la sostenibilidad del sistema productivo.*

*Asimismo, el estudio se enmarca en las tendencias actuales de la SST, que promueven la integración de tecnologías emergentes, el uso de modelos predictivos y la adopción de sistemas de gestión basados en la mejora continua, como la norma ISO 45001 (ISO, 2018).*

*De esta manera, se busca aportar no solo a la solución de un problema específico, sino también al desarrollo de modelos replicables en contextos similares dentro de la industria alimentaria.*

*Efectivamente, la evaluación del riesgo químico en la industria alimentaria representa un desafío complejo que trasciende la dimensión técnica, involucrando aspectos de salud pública, regulación internacional y competitividad empresarial. El análisis del caso de la planta IQF permite comprender la magnitud de este problema y la necesidad de implementar soluciones innovadoras que integren criterios de seguridad, eficiencia y sostenibilidad.*

*Este capítulo desarrolla de manera detallada el marco conceptual, metodológico y aplicado del riesgo químico, estableciendo las bases para la formulación de estrategias de intervención que serán profundizadas en los capítulos siguientes.*

### **1.1. Planteamiento del problema**

*La gestión del riesgo químico en la industria alimentaria constituye un desafío crítico debido a la necesidad de equilibrar simultáneamente la inocuidad del producto, la seguridad del trabajador y el cumplimiento de normativas internacionales.*

*En este contexto, los procesos de desinfección y sanitización representan puntos neurálgicos donde convergen riesgos operativos, sanitarios y regulatorios.*

*En la planta de procesamiento de banano bajo tecnología IQF objeto de estudio, se ha identificado una problemática estructural asociada al uso intensivo de ácido acético como agente microbicida en etapas críticas del proceso productivo, particularmente en la limpieza de tinas y en la aspersion del producto post-pelado.*

*Este agente, si bien cumple con su función de control microbiológico, presenta propiedades irritantes y corrosivas que, en condiciones de exposición continua, generan efectos adversos en la salud de los trabajadores.*

*El análisis de la población laboral evidencia que, de un total de 249 trabajadores, 230 se encuentran expuestos directamente a este agente químico, lo que configura un escenario de exposición masiva dentro de la organización.*

*Esta exposición se ve agravada por factores operativos como la preparación manual de soluciones químicas, la ausencia de sistemas automatizados de dosificación y la limitada ventilación en las áreas de trabajo, lo que incrementa la variabilidad en las concentraciones y la probabilidad de sobreexposición.*

*Desde una perspectiva epidemiológica, los efectos de esta exposición se reflejan en indicadores concretos de salud ocupacional. Durante el período 2024–2025, se registraron 187 días de ausentismo laboral asociados a enfermedades respiratorias vinculadas a la inhalación de vapores químicos, representando el 13% del total de ausencias en la planta. Este dato evidencia no solo un problema de salud, sino también una afectación directa en la productividad y eficiencia operativa de la empresa.*

*Adicionalmente, el problema adquiere una dimensión económica significativa. Las pérdidas derivadas del ausentismo, la disminución de la productividad y las interrupciones en el proceso productivo generan un impacto financiero considerable, que compromete la sostenibilidad de la operación.*

*Este escenario se agrava al considerar los posibles costos asociados a la responsabilidad patronal en caso de enfermedades profesionales, así como el riesgo de sanciones legales por incumplimiento de normativas de seguridad y salud en el trabajo.*

*Por otra parte, la problemática se intensifica en el ámbito regulatorio y comercial. La producción de banano IQF bajo certificación orgánica implica el cumplimiento estricto del*

*Reglamento (UE) 2018/848, el cual establece restricciones sobre el uso de determinados agentes químicos en el procesamiento de alimentos. En este sentido, el uso de ácido acético en las concentraciones requeridas para garantizar la inocuidad microbiológica podría contravenir dichas regulaciones, poniendo en riesgo la certificación del producto y, por ende, el acceso a mercados internacionales estratégicos.*

*Este escenario configura un conflicto multidimensional que puede sintetizarse en la siguiente tensión central: La necesidad de garantizar la inocuidad del producto mediante el uso de agentes químicos entra en contradicción con la obligación de proteger la salud de los trabajadores y cumplir con normativas internacionales.*

*Desde una perspectiva sistémica, este conflicto evidencia deficiencias en la gestión del riesgo químico, particularmente en la aplicación de la jerarquía de control. La dependencia excesiva en medidas administrativas y en el uso de equipos de protección personal, sin una intervención efectiva en la fuente del riesgo, refleja una gestión reactiva más que preventiva, lo cual es inconsistente con los principios establecidos en normas internacionales como ISO 45001 (ISO, 2018).*

*En este contexto, surge la necesidad de replantear el enfoque de gestión del riesgo químico, orientándolo hacia estrategias más efectivas como la sustitución de agentes peligrosos por alternativas de menor toxicidad, complementadas con controles de ingeniería y sistemas de monitoreo que permitan reducir la exposición ocupacional de manera significativa.*

## **1.2. Justificación**

*La presente investigación se justifica en la necesidad de abordar de manera integral un problema que impacta simultáneamente la salud ocupacional, la productividad empresarial y el cumplimiento normativo en la industria alimentaria.*

*Desde el punto de vista sanitario, la exposición a agentes químicos irritantes como el ácido acético representa un riesgo significativo para la salud de los trabajadores, especialmente en entornos donde la exposición es continua y las condiciones de ventilación son limitadas.*

*Diversos estudios han demostrado que la exposición prolongada a vapores de ácidos orgánicos puede generar afecciones respiratorias, irritaciones dérmicas y oculares, e incluso patologías crónicas en casos de exposición sostenida (Kim et al., 2018). En este sentido, la reducción de la exposición a estos agentes constituye una prioridad en la gestión de la SST.*

*Desde una perspectiva organizacional, la problemática del riesgo químico se traduce en impactos directos sobre la productividad y los costos operativos. El ausentismo laboral, la disminución del rendimiento y las interrupciones en el proceso productivo generan pérdidas económicas que afectan la competitividad de la empresa.*

*Asimismo, la implementación de estrategias preventivas puede contribuir a mejorar el clima laboral, reducir la rotación de personal y fortalecer la cultura de seguridad dentro de la organización (Robson et al., 2017).*

*En el ámbito normativo, la investigación cobra relevancia debido a la necesidad de cumplir con regulaciones nacionales e internacionales en materia de seguridad laboral y producción orgánica.*

*El incumplimiento de estas normativas no solo implica sanciones legales, sino también la pérdida de certificaciones que son fundamentales para el acceso a mercados internacionales. En este contexto, la adopción de alternativas químicas compatibles con estas regulaciones se convierte en un factor estratégico para la sostenibilidad del negocio.*

*Desde el punto de vista académico, el estudio aporta al desarrollo del conocimiento en el área de la higiene industrial y la gestión del riesgo químico, al integrar un enfoque aplicado basado en evidencia empírica.*

*La combinación de análisis cuantitativo de la exposición, evaluación del impacto en la salud y diseño de estrategias de intervención permite generar un modelo replicable en contextos similares.*

*Finalmente, la investigación se alinea con los principios del desarrollo sostenible, al contribuir a la protección de la salud de los trabajadores, la producción de alimentos seguros y el cumplimiento de estándares ambientales y regulatorios. De esta manera, se posiciona como una propuesta integral que responde a los desafíos actuales de la industria alimentaria.*

### **1.3. Objetivos**

#### **Objetivo general**

*Desarrollar una estrategia integral de gestión del riesgo químico en una planta de procesamiento de banano IQF, mediante la evaluación del impacto del ácido acético en la salud laboral y la implementación de alternativas de menor peligrosidad, garantizando la inocuidad del producto, la seguridad ocupacional y el cumplimiento de la normativa vigente.*

#### **Objetivos específicos**

- Analizar las condiciones de exposición al ácido acético en los procesos de sanitización, mediante la identificación de fuentes de emisión, vías de exposición y niveles de concentración en el ambiente laboral.*
- Evaluar el impacto de la exposición química en la salud de los trabajadores, a partir del análisis de indicadores de ausentismo y registros médicos asociados a enfermedades respiratorias.*
- Determinar el nivel de cumplimiento de la normativa nacional e internacional en materia de seguridad y salud en el trabajo y producción orgánica.*
- Identificar y evaluar alternativas químicas de menor peligrosidad, considerando criterios de eficacia microbiológica, toxicidad, viabilidad técnica y compatibilidad normativa.*

- *Diseñar e implementar un protocolo de intervención basado en la sustitución del agente químico y la aplicación de controles de ingeniería, administrativos y de protección personal.*
- *Evaluar el impacto de la intervención en términos de reducción de la exposición, mejora en la salud ocupacional y optimización del desempeño organizacional.*

#### **1.4. Alcance**

*El presente estudio se desarrolla en el contexto de una planta de procesamiento de banano bajo tecnología IQF, enfocándose específicamente en las etapas de sanitización donde se emplean agentes químicos para el control microbiológico.*

*El alcance incluye la evaluación de los riesgos químicos asociados al uso de ácido acético, considerando tanto la exposición directa de los trabajadores como los efectos en la salud ocupacional. Asimismo, se contempla el análisis de los procesos operativos, las condiciones ambientales y los sistemas de control existentes.*

*En términos de población, el estudio abarca a los trabajadores expuestos directa e indirectamente a los agentes químicos, incluyendo operarios de producción, personal de calidad y supervisores.*

*En cuanto a la intervención, el alcance incluye el diseño e implementación de estrategias de sustitución química, así como la incorporación de controles de ingeniería y administrativos orientados a reducir la exposición ocupacional.*

*No se incluyen en el estudio otros tipos de riesgos laborales, como los ergonómicos o psicosociales, salvo en aquellos casos en que se relacionen directamente con la manipulación de agentes químicos.*

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1. Fundamentos del riesgo químico y la higiene industrial**

#### **2.1.1. La higiene industrial como base de la gestión del riesgo químico**

*La higiene industrial constituye una disciplina fundamental dentro de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SST), orientada a la identificación, evaluación y control de los agentes ambientales presentes en los entornos laborales que pueden afectar la salud de los trabajadores.*

*Su desarrollo ha estado estrechamente vinculado al avance de la industrialización y al reconocimiento de las enfermedades profesionales como un problema de salud pública de relevancia global (Hämäläinen et al., 2017).*

*Desde una perspectiva conceptual, la higiene industrial se estructura en tres fases esenciales: anticipación, reconocimiento y control de los riesgos. La anticipación implica la identificación de peligros potenciales antes de su materialización, mientras que el reconocimiento se centra en la detección de contaminantes presentes en el ambiente laboral. Por su parte, el control comprende la implementación de medidas destinadas a reducir o eliminar la exposición a dichos agentes (Salvendy, 2012).*

*En el contexto de la industria alimentaria, la higiene industrial adquiere una doble dimensión, ya que no solo busca proteger la salud de los trabajadores, sino también garantizar la inocuidad del producto final.*

*Esta dualidad genera una interacción compleja entre los requisitos sanitarios y los principios de seguridad ocupacional, lo que exige enfoques integrados de gestión del riesgo.*

*Asimismo, la higiene industrial moderna ha evolucionado hacia modelos predictivos que incorporan tecnologías avanzadas como sensores ambientales, análisis de datos en tiempo real y sistemas de monitoreo continuo. Estas herramientas permiten identificar patrones de exposición y anticipar condiciones de riesgo, facilitando la toma de decisiones basada en evidencia (Badri et al., 2018).*

### **2.1.2. Conceptualización avanzada del riesgo químico**

*El riesgo químico se define como la probabilidad de que una sustancia química cause daño a la salud humana o al ambiente, en función de su peligrosidad intrínseca y del nivel de exposición.*

*Sin embargo, esta definición, aunque ampliamente aceptada, resulta insuficiente para comprender la complejidad del fenómeno en entornos industriales.*

*Desde un enfoque avanzado, el riesgo químico debe entenderse como un sistema dinámico en el que interactúan múltiples variables, incluyendo la naturaleza del agente químico, las condiciones ambientales, las características del trabajador y los procesos organizacionales. En este sentido, la ecuación tradicional:*

$$\text{Riesgo} = \text{Peligro} \times \text{Exposición}$$

*debe ampliarse para incorporar factores modificadores como la susceptibilidad individual, la duración de la exposición y la presencia de mezclas químicas (Paustenbach, 2015).*

*La peligrosidad de una sustancia está determinada por sus propiedades fisicoquímicas y toxicológicas, las cuales definen su capacidad de causar daño. Estas propiedades incluyen la volatilidad, la solubilidad, la reactividad y la toxicidad.*

*Por otro lado, la exposición depende de factores como la concentración del agente, la frecuencia de contacto y las condiciones del entorno laboral.*

*En el caso de la industria alimentaria, la exposición a agentes químicos suele ser predominantemente inhalatoria, debido a la generación de vapores durante los procesos de desinfección.*

*No obstante, también pueden presentarse exposiciones dérmicas y, en menor medida, ingestión accidental.*

### **2.1.3. Relación dosis–respuesta y toxicología ocupacional**

*Uno de los principios fundamentales en la evaluación del riesgo químico es la relación dosis–respuesta, la cual establece que la magnitud del efecto adverso en la salud está directamente relacionada con la cantidad de sustancia a la que el individuo está expuesto.*

*Este principio, ampliamente desarrollado en la toxicología, permite establecer límites de exposición seguros y definir umbrales a partir de los cuales se incrementa significativamente el riesgo de daño.*

*Sin embargo, en el caso de sustancias altamente peligrosas, como los carcinógenos, puede no existir un nivel seguro de exposición, lo que obliga a adoptar medidas de control más estrictas (World Health Organization, 2020).*

*En el ámbito ocupacional, la toxicología se centra en el estudio de los efectos de las sustancias químicas en los trabajadores, considerando variables como la duración de la exposición, la frecuencia y la vía de ingreso.*

*Estos factores son esenciales para comprender la aparición de enfermedades profesionales y diseñar estrategias de prevención efectivas.*

### **2.1.4. Límites de exposición ocupacional y estándares internacionales**

*La evaluación del riesgo químico se apoya en el uso de límites de exposición ocupacional, los cuales establecen concentraciones máximas permisibles de sustancias químicas en el ambiente laboral. Entre los más utilizados se encuentran los Valores Límite Umbral (TLV) definidos por la ACGIH, los cuales se clasifican en:*

- TLV-TWA (promedio ponderado en el tiempo)
- TLV-STEL (exposición de corta duración)
- TLV-C (valor techo)

*Estos límites se basan en evidencia científica y tienen como objetivo proteger la salud de la mayoría de los trabajadores durante su vida laboral. No obstante, es importante considerar que estos valores no garantizan la ausencia total de riesgo, especialmente en poblaciones sensibles (ACGIH, 2023).*

*En el ámbito europeo, los Valores Límite Ambientales (VLA) establecidos por el INSST cumplen una función similar, mientras que normativas como la UNE-EN 689 proporcionan metodologías para la evaluación de la exposición mediante enfoques estadísticos.*

#### **2.1.5. Modelos de evaluación del riesgo químico**

*La evaluación del riesgo químico puede realizarse mediante modelos cuantitativos, cualitativos y semi-cuantitativos, cada uno con sus ventajas y limitaciones.*

*Los modelos cuantitativos, como los basados en la medición directa de concentraciones, permiten obtener datos precisos sobre la exposición, pero requieren equipamiento especializado y personal capacitado.*

*Por su parte, los modelos cualitativos, como el Control Banding, ofrecen una alternativa simplificada para la evaluación del riesgo en ausencia de datos cuantitativos (HSE, 2023).*

*En los últimos años, se han desarrollado modelos semi-cuantitativos que combinan elementos de ambos enfoques, permitiendo una evaluación más flexible y adaptada a diferentes contextos industriales.*

#### **2.1.6. Enfoque sistémico del riesgo químico**

*El riesgo químico no puede ser entendido como un fenómeno aislado, sino como el resultado de la interacción entre múltiples componentes del sistema organizacional. Este enfoque sistémico considera que los accidentes y enfermedades laborales son consecuencia de fallas en diferentes niveles, incluyendo el diseño del proceso, la gestión organizacional y el comportamiento humano (Reason, 1997).*

*En este sentido, la gestión del riesgo químico debe integrar aspectos técnicos, organizacionales y culturales, promoviendo la participación de los trabajadores y la mejora continua de los procesos.*

*El análisis del riesgo químico desde la perspectiva de la higiene industrial permite comprender la complejidad de los factores que intervienen en la exposición laboral y sus efectos en la salud. La integración de modelos teóricos, normativas internacionales y enfoques sistémicos constituye la base para el desarrollo de estrategias de control efectivas, las cuales serán abordadas en las secciones posteriores del capítulo.*

#### **2.1.7. Particularidades del riesgo químico en la industria alimentaria**

*La industria alimentaria presenta características distintivas en la gestión del riesgo químico, derivadas de la naturaleza de sus procesos y de los estrictos estándares de inocuidad que rigen la producción de alimentos.*

*A diferencia de otros sectores industriales donde los agentes químicos forman parte estructural del proceso productivo, en este ámbito dichos agentes se emplean principalmente como medios auxiliares para garantizar condiciones sanitarias adecuadas.*

*Esta particularidad genera una paradoja operativa: los mismos agentes químicos utilizados para eliminar microorganismos patógenos pueden convertirse en fuentes de exposición ocupacional que afectan la salud de los trabajadores.*

*En este sentido, la industria alimentaria se configura como un entorno de riesgo complejo en el que convergen exigencias sanitarias, operativas y de seguridad laboral (Gilbert & McBain, 2020).*

*Adicionalmente, los procesos de producción en este sector suelen desarrollarse en condiciones que favorecen la exposición química, tales como ambientes húmedos, temperaturas controladas, ventilación limitada y uso frecuente de sistemas de aspersión. Estas condiciones incrementan la volatilidad de ciertas sustancias y facilitan su dispersión en el ambiente laboral, elevando el riesgo inhalatorio.*

*En el caso de las plantas IQF, donde el procesamiento rápido y la conservación de la calidad del producto son prioritarios, el uso de agentes desinfectantes es intensivo y continuo, lo que incrementa la frecuencia y duración de la exposición.*

*Esta situación se ve agravada por la manipulación manual de soluciones químicas y la ausencia de sistemas automatizados en determinadas etapas del proceso.*

#### **2.1.8. Sistemas de inocuidad alimentaria y su relación con el riesgo químico**

*La gestión del riesgo químico en la industria alimentaria no puede analizarse de manera aislada, sino que debe integrarse con los sistemas de inocuidad alimentaria, los cuales establecen los estándares para garantizar la seguridad del producto final.*

*Uno de los sistemas más relevantes es el HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points), el cual se basa en la identificación de peligros y el establecimiento de puntos críticos de control a lo largo del proceso productivo.*

*Este enfoque preventivo permite identificar etapas en las que existe riesgo de contaminación microbiológica y definir medidas de control específicas.*

*Sin embargo, la implementación de HACCP implica el uso de agentes químicos en puntos críticos, lo que introduce un nuevo tipo de riesgo: el riesgo ocupacional asociado a la exposición a dichas sustancias.*

*Esta interacción entre inocuidad alimentaria y seguridad laboral requiere una gestión integrada que considere ambos aspectos de manera simultánea.*

*Asimismo, estándares internacionales como ISO 22000 (sistemas de gestión de inocuidad alimentaria) y ISO 45001 (sistemas de gestión de SST) promueven la integración de la seguridad del producto y la seguridad del trabajador dentro de un mismo sistema de gestión.*

*Esta integración permite optimizar recursos, mejorar la eficiencia operativa y garantizar el cumplimiento normativo.*

### **2.1.9. Marco normativo internacional del riesgo químico**

*El riesgo químico en la industria alimentaria está regulado por un conjunto de normativas que abordan diferentes dimensiones del problema, incluyendo la seguridad laboral, la inocuidad alimentaria y la protección ambiental.*

*En el ámbito de la seguridad y salud ocupacional, normas como ISO 45001:2018 establecen los requisitos para la implementación de sistemas de gestión que permitan identificar, evaluar y controlar los riesgos laborales. Esta norma promueve un enfoque basado en el ciclo PHVA (Planificar–Hacer–Verificar–Actuar), orientado a la mejora continua (ISO, 2018).*

*Por otro lado, en el contexto europeo, el Reglamento (UE) 2018/848 regula la producción orgánica, estableciendo restricciones sobre el uso de sustancias químicas en el procesamiento de alimentos.*

*Este reglamento tiene implicaciones directas en la selección de agentes desinfectantes, ya que limita el uso de ciertos compuestos que pueden dejar residuos en el producto.*

*Adicionalmente, organismos como la ACGIH y el INSST establecen límites de exposición ocupacional que deben ser considerados en la evaluación del riesgo químico. Estos límites permiten determinar si una concentración es segura o requiere intervención.*

*La coexistencia de estos marcos normativos genera un entorno regulatorio complejo en el que las organizaciones deben cumplir simultáneamente con requisitos de seguridad laboral y de inocuidad alimentaria, lo que exige un enfoque integrado de gestión.*

### **2.1.10. Riesgo químico aplicado: evidencia en entornos industriales**

*La literatura científica ha documentado ampliamente los efectos de la exposición a agentes químicos en entornos industriales, destacando su impacto en la salud respiratoria, dérmica y sistémica de los trabajadores.*

*En el caso de los ácidos orgánicos, como el ácido acético, se ha demostrado que la exposición a vapores puede generar irritación de las vías respiratorias, bronquitis y otros trastornos pulmonares, especialmente en condiciones de exposición prolongada o en ambientes con ventilación insuficiente (Kim et al., 2018).*

*Estos hallazgos son consistentes con los resultados observados en la planta IQF objeto de estudio, donde se registraron 187 días de ausentismo laboral asociados a afecciones respiratorias vinculadas a la exposición a vapores químicos.*

*Esta coincidencia entre evidencia científica y datos empíricos refuerza la validez del análisis y la necesidad de implementar medidas de control efectivas.*

### **2.1.11. Integración del riesgo químico en la gestión organizacional**

*La gestión del riesgo químico debe integrarse dentro de la estrategia organizacional, considerando su impacto en la productividad, los costos y la sostenibilidad del negocio.*

*En este sentido, la SST deja de ser un área operativa para convertirse en un componente estratégico que influye en la competitividad de la empresa.*

*Diversos estudios han demostrado que las organizaciones que implementan sistemas de gestión de SST presentan menores tasas de accidentabilidad, mayor satisfacción laboral y mejores resultados económicos (Robson et al., 2017).*

*Estos beneficios se derivan de la reducción de costos asociados a accidentes, enfermedades laborales y ausentismo.*

*En el caso de la industria alimentaria, la gestión del riesgo químico adquiere una importancia adicional debido a su relación con la calidad del producto y el cumplimiento de normativas internacionales.*

*La implementación de estrategias de control efectivas permite no solo proteger la salud de los trabajadores, sino también garantizar la continuidad del negocio y el acceso a mercados internacionales.*

*El desarrollo del marco teórico permite establecer una comprensión integral del riesgo químico en la industria alimentaria, integrando fundamentos de higiene industrial, toxicología, normativa internacional y gestión organizacional.*

*Este enfoque multidimensional evidencia que la gestión del riesgo químico no puede abordarse desde una perspectiva aislada, sino que requiere la articulación de conocimientos técnicos, regulatorios y operativos.*

*La evidencia científica y empírica analizada demuestra que la exposición a agentes químicos en entornos industriales representa un problema significativo de salud ocupacional, con implicaciones directas en la productividad y sostenibilidad de las organizaciones.*

*En este contexto, la adopción de estrategias de control basadas en la sustitución de sustancias peligrosas, la implementación de controles de ingeniería y el uso de tecnologías avanzadas se presenta como una solución viable y necesaria.*

*Este marco conceptual sienta las bases para el desarrollo de la metodología y el análisis aplicado que se abordarán en las siguientes secciones del capítulo, donde se evaluará de manera específica el riesgo químico en la planta IQF y se propondrán estrategias de intervención orientadas a la mejora de las condiciones laborales y el desempeño organizacional.*

## **2. METODOLOGÍA**

### **2.1. Enfoque y tipo de investigación**

*La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo, orientado a la medición objetiva de variables relacionadas con la exposición a agentes químicos y su impacto en la salud ocupacional de los trabajadores.*

*Este enfoque permite analizar relaciones causales entre la exposición al ácido acético y la incidencia de afecciones respiratorias, mediante el uso de indicadores medibles y verificables.*

*Desde el punto de vista metodológico, el estudio se enmarca en un diseño no experimental, dado que no se manipulan directamente las variables independientes, sino que se analizan en su contexto natural.*

*Asimismo, corresponde a un estudio de tipo descriptivo y correlacional, ya que busca caracterizar las condiciones de exposición y establecer relaciones entre dichas condiciones y los efectos observados en la salud de los trabajadores.*

*En términos de temporalidad, la investigación es de corte transversal, al analizar la información correspondiente a un período específico (2024–2025), lo que permite obtener una visión integral del fenómeno en el momento de estudio.*

*Este enfoque es consistente con investigaciones en el ámbito de la higiene industrial, donde la evaluación del riesgo químico se realiza a partir del análisis de condiciones reales de exposición y sus efectos en la población trabajadora (Paustenbach, 2015).*

## **2.2. Población y muestra**

*La población objeto de estudio está conformada por el total de trabajadores de la planta de procesamiento de banano bajo tecnología IQF, la cual asciende a 249 trabajadores, distribuidos en diferentes áreas operativas y administrativas.*

*Dentro de esta población, se identificó un grupo específico de 230 trabajadores con exposición directa a agentes químicos, particularmente al ácido acético, durante la ejecución de actividades críticas del proceso productivo, tales como la limpieza de tinas y la aspersion del producto.*

*Dado que la población expuesta es claramente identificable y accesible, se optó por un muestreo censal, en el que se incluye la totalidad de los trabajadores expuestos, con el fin de garantizar la representatividad de los resultados y evitar sesgos derivados de la selección de la muestra.*

## **2.3. Variables de estudio**

*El estudio se estructura en torno a dos variables principales:*

**a. Variable independiente: Exposición al riesgo químico**, definida como el nivel de contacto de los trabajadores con el ácido acético, medido en términos de concentración, frecuencia y duración de la exposición.

**b. Variable dependiente:** Impacto en la salud ocupacional, evaluado a través de indicadores como el ausentismo laboral y los diagnósticos médicos asociados a afecciones respiratorias.

**Tabla 1. Operacionalización de variables**

<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Técnica</b>
<i>Riesgo químico</i>	<i>Exposición</i>	<i>ppm, frecuencia</i>	<i>Observación / medición</i>
<i>Salud ocupacional</i>	<i>Enfermedad</i>	<i>Ausentismo, CIE-10</i>	<i>Registro documental</i>

*Nota: elaborado por los autores (2025)*

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

*Para la obtención de la información se utilizaron diversas técnicas e instrumentos, orientados a garantizar la validez y confiabilidad de los datos:*

### **a. Observación directa**

*Se realizó un análisis de los procesos productivos para identificar las fuentes de emisión de agentes químicos, las condiciones de exposición y las prácticas operativas de los trabajadores.*

### **b. Análisis documental**

*Se revisaron registros internos de la empresa, incluyendo:*

- Reportes de ausentismo laboral*
- Historias clínicas ocupacionales*
- Informes de seguridad industrial*

*Estos documentos permitieron identificar la incidencia de enfermedades respiratorias asociadas a la exposición química.*

### **c. Evaluación técnica del proceso**

*Se analizaron las condiciones de preparación y aplicación de soluciones químicas, así como las concentraciones utilizadas en las diferentes etapas del proceso.*

## **2.5. Procedimiento de la investigación**

*El desarrollo de la investigación se llevó a cabo en las siguientes etapas:*

- **Diagnóstico inicial del proceso productivo:** Identificación de actividades con exposición química.*
- **Caracterización de la población expuesta:** Determinación del número de trabajadores y áreas afectadas.*
- **Recolección de datos de salud ocupacional:** Análisis de registros médicos y ausentismo.*

- **Evaluación de las condiciones de exposición:** Identificación de concentraciones y frecuencia de contacto.
- **Análisis de la información:** Relación entre exposición y efectos en la salud.
- **Propuesta de intervención:** Diseño de estrategias de sustitución y control.

## **2.6. Análisis de datos**

*El análisis de los datos se realizó mediante técnicas descriptivas, utilizando:*

- Frecuencias absolutas y relativas
- Porcentajes
- Comparación de indicadores

*Asimismo, se estableció una relación entre los niveles de exposición y los efectos en la salud, lo que permitió identificar tendencias y patrones en la población estudiada.*

*Este tipo de análisis es consistente con estudios en higiene ocupacional, donde se busca identificar relaciones entre variables ambientales y efectos en la salud (Hämäläinen et al., 2017).*

## **2.7. Consideraciones éticas**

*La investigación se desarrolló respetando los principios éticos establecidos para estudios en el ámbito laboral, garantizando:*

- Confidencialidad de la información
- Uso exclusivo de datos con fines académicos
- Protección de la identidad de los trabajadores

*Asimismo, se contó con la autorización de la empresa para el acceso a la información necesaria para el desarrollo del estudio.*

*La metodología empleada permite abordar de manera rigurosa el análisis del riesgo químico en la planta IQF, integrando la evaluación de las condiciones de exposición con el análisis de los efectos en la salud ocupacional.*

*Este enfoque proporciona una base sólida para el desarrollo de los resultados y la formulación de estrategias de intervención orientadas a la mejora de las condiciones laborales.*

## **3. RESULTADOS**

### **3.1. Caracterización de la población estudiada**

*El análisis de la población laboral de la planta de procesamiento de banano IQF evidencia un alto nivel de exposición ocupacional a agentes químicos.*

De un total de 249 trabajadores, se identificó que 230 presentan exposición directa al ácido acético, lo que representa aproximadamente el 92.37% de la población total.

Este dato refleja un escenario de exposición generalizada, en el cual la mayoría de los trabajadores se encuentra involucrada en actividades operativas críticas donde el contacto con agentes químicos es frecuente.

**Tabla 2. Caracterización de la población**

<b>Categoría</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Porcentaje</b>
Total de trabajadores	249	100%
Expuestos directamente	230	92.37%
No expuestos	19	7.63%

Fuente: Trabajo de campo (2025)

### **3.2. Identificación de fuentes de exposición**

El análisis del proceso productivo permitió identificar dos fuentes principales de exposición al riesgo químico:

- **Limpieza de tinajas de procesamiento (cada 3 horas)**
- **Aspersión del producto post-pelado**

Estas actividades implican el uso de soluciones de ácido acético en concentraciones variables, preparadas manualmente por los trabajadores, lo que incrementa la variabilidad en las dosis y el riesgo de exposición.

**Tabla 3. Fuentes de exposición**

<b>Actividad</b>	<b>Frecuencia</b>	<b>Nivel de exposición</b>
Limpieza de tinajas	Alta	Alto
Aspersión de banano	Continua	Alto

Fuente: Trabajo de campo (2025)

### 3.3. Condiciones de exposición química

Las condiciones operativas observadas en la planta evidencian factores que favorecen la exposición al riesgo químico:

- Ambientes cerrados o con ventilación limitada
- Alta humedad
- Uso de atomización (aerosoles)
- Preparación manual de soluciones

Estas condiciones incrementan la volatilización del ácido acético, favoreciendo su dispersión en el aire y aumentando la probabilidad de inhalación.

**Tabla 4. Condiciones de exposición**

<b>Factor</b>	<b>Impacto</b>
Ventilación limitada	Incrementa concentración
Alta humedad	Favorece dispersión
Atomización	Aumenta inhalación
Preparación manual	Variabilidad en dosis

Fuente: Trabajo de campo (2025)

### 3.4. Impacto en la salud ocupacional

El análisis de los registros médicos y de ausentismo laboral evidencia una relación significativa entre la exposición química y la aparición de afecciones respiratorias.

Durante el período 2024–2025 se registraron:

- 187 días de ausentismo laboral
- Representando el 13% del total de ausencias
- Asociados a enfermedades respiratorias

El diagnóstico predominante corresponde a:

- CIE-10: J68.2 (inflamación respiratoria por agentes químicos)

**Tabla 5. Impacto en salud**

<b>Indicador</b>	<b>Valor</b>
<i>Días de ausentismo</i>	<i>187</i>
<i>% del total</i>	<i>13%</i>
<i>Tipo de afección</i>	<i>Respiratoria</i>
<i>Código CIE</i>	<i>J68.2</i>

*Fuente: Trabajo de campo (2025)*

### **3.5. Análisis de la relación exposición–efecto**

*Los resultados evidencian una relación directa entre la exposición al ácido acético y los efectos en la salud de los trabajadores. Esta relación puede explicarse a partir de:*

- Alta frecuencia de exposición*
- Condiciones ambientales desfavorables*
- Ausencia de controles de ingeniería adecuados*

*Desde una perspectiva toxicológica, estos hallazgos son consistentes con la literatura científica, que señala que la exposición a vapores de ácidos orgánicos puede generar irritación de las vías respiratorias y afecciones pulmonares en exposiciones prolongadas (Kim et al., 2018).*

### **3.6. Impacto organizacional**

*El impacto del riesgo químico trasciende la dimensión sanitaria, afectando directamente el desempeño organizacional.*

*Se identificaron los siguientes efectos:*

- Disminución de la productividad*
- Incremento de costos operativos*
- Interrupciones en el proceso productivo*
- Riesgo de incumplimiento normativo*

**Tabla 6. Impacto organizacional**

<b>Factor</b>	<b>Impacto</b>
<i>Productividad</i>	<i>Disminución</i>
<i>Costos</i>	<i>Incremento</i>
<i>Ausentismo</i>	<i>Alto</i>
<i>Cumplimiento</i>	<i>Riesgo</i>

Fuente: Trabajo de campo (2025)

### **3.7. Análisis normativo**

*El uso del ácido acético en las condiciones observadas presenta posibles conflictos con:*

- *Regulaciones de producción orgánica*
- *Límites de exposición ocupacional*
- *Normativas de seguridad laboral*

*Esto genera un riesgo adicional relacionado con la certificación del producto y el acceso a mercados internacionales.*

### **3.8. Resumen de los resultados**

*Los resultados del estudio evidencian que:*

- *Existe una exposición masiva al riesgo químico*
- *Las condiciones operativas favorecen la inhalación de vapores*
- *Se presenta un impacto significativo en la salud respiratoria*
- *Existen efectos directos en la productividad organizacional*
- *Se identifican riesgos normativos y comerciales*

*El análisis de los resultados confirma la existencia de un problema estructural en la gestión del riesgo químico en la planta IQF, caracterizado por la exposición generalizada de los trabajadores a agentes irritantes y la ausencia de controles efectivos en la fuente del riesgo.*

*La evidencia empírica obtenida demuestra que esta situación no solo afecta la salud ocupacional, sino que también compromete la eficiencia operativa y la sostenibilidad del sistema productivo.*

*Estos hallazgos constituyen la base para el desarrollo de la discusión científica y la formulación de estrategias de intervención, las cuales se abordarán en las siguientes secciones del capítulo.*

#### **4. DISCUSIÓN**

*El análisis de los resultados obtenidos en la presente investigación permite establecer una comprensión profunda del comportamiento del riesgo químico en entornos industriales alimentarios, evidenciando su carácter multidimensional y su impacto simultáneo en la salud ocupacional, la productividad organizacional y el cumplimiento normativo.*

*En primer lugar, la elevada proporción de trabajadores expuestos al ácido acético (92.37%) evidencia un escenario de exposición generalizada que supera los niveles esperados en sistemas de gestión de seguridad y salud ocupacional basados en estándares internacionales.*

*Este hallazgo resulta consistente con estudios previos que señalan que, en entornos industriales con procesos abiertos y uso intensivo de agentes químicos, la exposición tiende a extenderse más allá de los puestos directamente involucrados en la manipulación de sustancias (Hämäläinen et al., 2017). No obstante, en el caso analizado, esta situación se ve agravada por la ausencia de controles efectivos en la fuente del riesgo, lo que refleja una debilidad estructural en la aplicación de la jerarquía de control.*

*Desde una perspectiva toxicológica, la relación observada entre la exposición al ácido acético y la incidencia de afecciones respiratorias se alinea con la evidencia científica disponible.*

*Diversos autores han documentado que la exposición a vapores de ácidos orgánicos puede generar irritación de las vías respiratorias, inflamación pulmonar y, en casos de exposición prolongada, enfermedades respiratorias crónicas (Kim et al., 2018).*

*En este sentido, los 187 días de ausentismo laboral registrados en el período de estudio constituyen un indicador claro del impacto del riesgo químico en la salud de los trabajadores, validando la hipótesis de que la exposición a este agente está directamente asociada a la aparición de afecciones respiratorias.*

*Sin embargo, más allá de la confirmación de esta relación causal, los resultados permiten identificar factores contextuales que potencian el riesgo.*

*Entre estos, destacan las condiciones ambientales del entorno laboral, caracterizadas por alta humedad, ventilación limitada y uso de sistemas de atomización, los cuales favorecen la dispersión de vapores y aumentan la probabilidad de inhalación.*

*Estos hallazgos coinciden con lo planteado por la literatura en higiene industrial, donde se reconoce que las condiciones del medio ambiente laboral pueden actuar como factores amplificadores del riesgo químico, incluso cuando las concentraciones de las sustancias se mantienen dentro de rangos aparentemente aceptables (Paustenbach, 2015).*

*En términos de gestión organizacional, los resultados evidencian una dependencia excesiva en medidas administrativas y en el uso de equipos de protección personal, en detrimento de controles más efectivos como la sustitución de sustancias peligrosas o la implementación de controles de ingeniería.*

*Este enfoque, característico de sistemas de gestión reactivos, contraviene los principios establecidos en la norma ISO 45001, la cual promueve la intervención en la fuente del riesgo como estrategia prioritaria (ISO, 2018). La falta de automatización en la preparación de soluciones químicas y la ausencia de sistemas de ventilación adecuados refuerzan esta interpretación, evidenciando una brecha entre la teoría de la gestión del riesgo y su aplicación práctica.*

*Otro aspecto relevante identificado en la discusión es la dimensión económica del riesgo químico. El impacto del ausentismo laboral en la productividad y los costos operativos confirma lo señalado por Robson et al. (2017), quienes destacan que las enfermedades laborales representan una de las principales fuentes de pérdida económica en las organizaciones.*

*En el caso analizado, la pérdida de 187 días laborales no solo implica una reducción directa en la capacidad productiva, sino también costos indirectos asociados a la reorganización del trabajo, la capacitación de reemplazos y la disminución de la eficiencia operativa.*

*Adicionalmente, la investigación pone de manifiesto una problemática poco abordada en la literatura: la tensión entre la inocuidad alimentaria y la seguridad ocupacional.*

*Mientras que los sistemas de gestión de inocuidad, como HACCP, promueven el uso de agentes químicos para el control microbiológico, la SST busca minimizar la exposición a dichas sustancias. Esta dualidad genera un conflicto operativo que requiere soluciones integradas. En este sentido, el caso estudiado aporta evidencia empírica sobre la necesidad de desarrollar modelos de gestión que integren ambos enfoques, superando la fragmentación tradicional entre calidad y seguridad laboral.*

*En el ámbito normativo, los resultados evidencian posibles inconsistencias entre el uso del ácido acético y los requisitos establecidos en el Reglamento (UE) 2018/848 para la producción orgánica.*

*Esta situación no solo representa un riesgo legal, sino también una amenaza para la competitividad de la empresa en mercados internacionales. Este hallazgo refuerza la idea de que la gestión del riesgo químico debe alinearse no solo con criterios de seguridad, sino también con estrategias comerciales y regulatorias. Desde una perspectiva de innovación, la discusión también permite identificar oportunidades para la implementación de tecnologías emergentes en la gestión del riesgo químico.*

*El uso de sensores ambientales, sistemas de monitoreo en tiempo real y herramientas de análisis de datos podría contribuir significativamente a la reducción de la exposición y a la mejora de la toma de decisiones. Este enfoque, alineado con los principios de la Industria 4.0, representa una evolución en la gestión de la higiene industrial, pasando de modelos reactivos a sistemas predictivos (Badri et al., 2018).*

*Finalmente, los resultados del estudio destacan la importancia de la sustitución de agentes químicos como estrategia central en la reducción del riesgo. No obstante, tal como lo*

señalan diversos autores, la sustitución debe realizarse de manera controlada, considerando no solo la toxicidad de las sustancias, sino también su eficacia, su impacto ambiental y su compatibilidad con el proceso productivo.

En este sentido, la propuesta de sustituir el ácido acético por dióxido de cloro representa una alternativa viable, siempre que se implemente dentro de un sistema de control integral. Efectivamente, la discusión de los resultados permite concluir que el riesgo químico en la planta IQF no es el resultado de un único factor, sino de la interacción compleja entre condiciones operativas, decisiones organizacionales y exigencias normativas. Este análisis evidencia la necesidad de adoptar enfoques integrales de gestión que permitan equilibrar la inocuidad del producto, la seguridad del trabajador y la sostenibilidad del sistema productivo.

El aporte principal de esta investigación radica en la identificación de esta interrelación y en la propuesta de estrategias basadas en evidencia para su abordaje, contribuyendo al desarrollo de modelos de gestión del riesgo químico aplicables a la industria alimentaria.

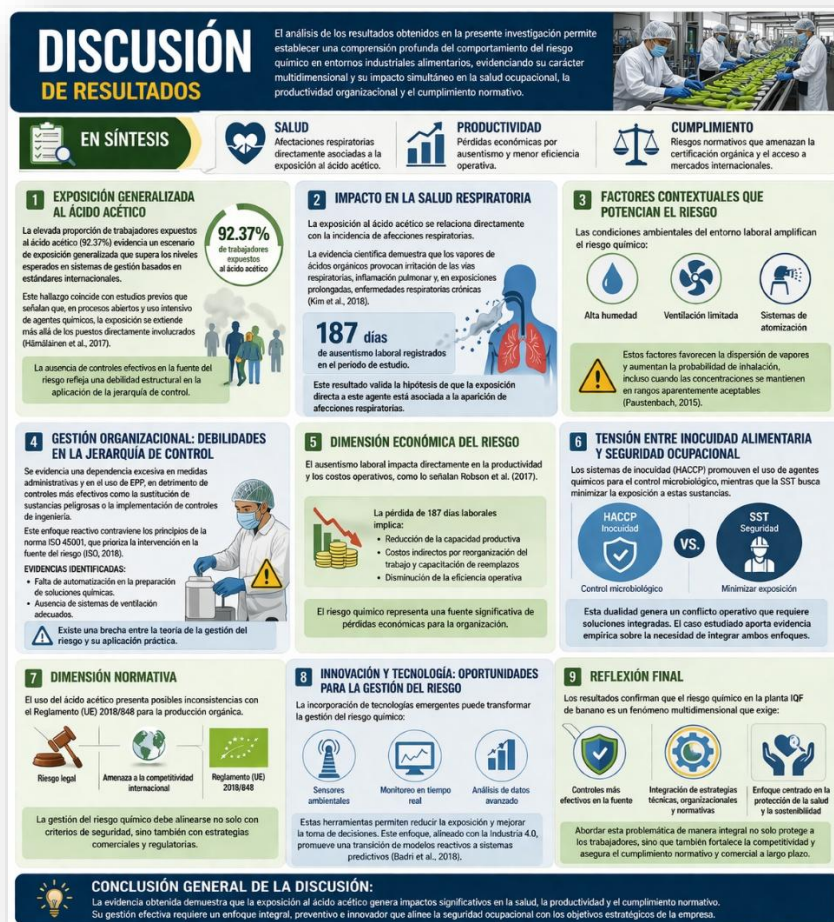


Figura 1. Discusión de resultados. Nota: elaborado con IA (2025)

## 5. CONCLUSIONES

*El desarrollo de la presente investigación permitió evidenciar que el riesgo químico en la planta de procesamiento de banano bajo tecnología IQF constituye un problema estructural que trasciende la dimensión operativa, configurándose como un fenómeno multidimensional que impacta simultáneamente la salud ocupacional, la productividad organizacional y el cumplimiento normativo.*

*En primer lugar, se concluye que existe una exposición generalizada al ácido acético, que afecta a más del 90% de la población trabajadora, lo que revela una deficiencia significativa en la gestión del riesgo químico, particularmente en la aplicación de la jerarquía de control.*

*La ausencia de medidas efectivas en la fuente del riesgo, como la automatización de procesos y la sustitución de sustancias peligrosas, ha generado una dependencia excesiva en controles administrativos y equipos de protección personal, los cuales resultan insuficientes para garantizar la seguridad de los trabajadores.*

*En segundo lugar, se comprobó una relación directa entre la exposición química y el impacto en la salud respiratoria, evidenciada a través de los 187 días de ausentismo laboral registrados.*

*Este hallazgo confirma la hipótesis de investigación y se alinea con la literatura científica, que reconoce los efectos irritantes de los vapores de ácidos orgánicos sobre el sistema respiratorio. Asimismo, pone de manifiesto la necesidad de fortalecer los sistemas de vigilancia epidemiológica ocupacional como herramienta clave para la detección temprana de enfermedades profesionales.*

*Desde una perspectiva organizacional, se concluye que el riesgo químico tiene un impacto significativo en la productividad y los costos operativos, afectando la eficiencia del sistema productivo y generando pérdidas económicas asociadas al ausentismo y la disminución del rendimiento laboral.*

*Este resultado refuerza la concepción de la seguridad y salud en el trabajo como una inversión estratégica, cuyo fortalecimiento contribuye directamente a la competitividad empresarial. Adicionalmente, se identificó una incompatibilidad potencial entre el uso del ácido acético y las normativas internacionales de producción orgánica, lo que representa un riesgo para la certificación del producto y el acceso a mercados internacionales.*

*Este hallazgo evidencia la necesidad de alinear la gestión del riesgo químico con los requisitos regulatorios y comerciales, integrando la seguridad ocupacional dentro de la estrategia empresarial.*

*En términos teóricos, la investigación aporta una visión integrada del riesgo químico en la industria alimentaria, destacando la interrelación entre factores técnicos, organizacionales y normativos. Este enfoque permite superar la visión tradicional fragmentada y propone un modelo de análisis sistémico que puede ser aplicado en contextos similares.*

Finalmente, se concluye que la gestión del riesgo químico requiere la implementación de estrategias integrales basadas en la sustitución de agentes peligrosos, la incorporación de controles de ingeniería y el uso de tecnologías avanzadas, orientadas a reducir la exposición ocupacional y mejorar las condiciones de trabajo.

Este enfoque no solo contribuye a la protección de la salud de los trabajadores, sino también a la sostenibilidad del sistema productivo.



Figura 2. Conclusiones. Nota: elaborado con IA (2025)

## **6. RECOMENDACIONES**

*A partir de los resultados obtenidos y las conclusiones derivadas del estudio, se proponen las siguientes recomendaciones, estructuradas en tres niveles: técnico-operativo, organizacional y estratégico.*

### **6.1. A nivel técnico-operativo**

- *Implementar la sustitución progresiva del ácido acético por agentes de menor peligrosidad, como el dióxido de cloro, previa evaluación técnica de su eficacia microbiológica, toxicidad y compatibilidad con el proceso productivo.*
- *Incorporar sistemas automatizados de dosificación de soluciones químicas, con el fin de reducir la manipulación directa por parte de los trabajadores y minimizar la variabilidad en las concentraciones.*
- *Diseñar e implementar sistemas de ventilación localizada, especialmente en las áreas de mayor exposición, para reducir la concentración de vapores en el ambiente laboral.*
- *Establecer un sistema de monitoreo continuo de contaminantes químicos, utilizando sensores ambientales que permitan evaluar las condiciones de exposición en tiempo real.*

### **6.2. Capacidades prácticas a desarrollar**

- *Manejo seguro de sustancias químicas en procesos de sanitización.*
- *Interpretación de límites de exposición ocupacional (TLV, VLA).*
- *Aplicación de protocolos de control de riesgos químicos.*
- *Uso adecuado de equipos de protección personal.*
- *Identificación de síntomas asociados a exposición química.*

### **6.3. Procedimientos a emplear**

- *Evaluación periódica de la exposición química mediante mediciones ambientales.*
- *Implementación de protocolos estandarizados para la preparación de soluciones químicas.*
- *Registro y seguimiento de indicadores de salud ocupacional (ausentismo, diagnósticos médicos).*
- *Auditorías internas de cumplimiento normativo en SST.*
- *Capacitación continua del personal en higiene industrial.*

### **6.4. A nivel organizacional**

- *Fortalecer el sistema de gestión de SST mediante la implementación de la norma ISO 45001, promoviendo un enfoque preventivo basado en la mejora continua.*

- *Integrar la gestión del riesgo químico con los sistemas de inocuidad alimentaria (HACCP), garantizando un enfoque unificado que contemple la seguridad del producto y del trabajador.*
- *Desarrollar programas de vigilancia epidemiológica ocupacional, orientados a la detección temprana de enfermedades relacionadas con la exposición química.*
- *Promover una cultura de seguridad organizacional, fomentando la participación activa de los trabajadores en la identificación y control de riesgos.*

### **6.5. A nivel estratégico**

- *Alinear la gestión del riesgo químico con los requisitos normativos internacionales, especialmente aquellos relacionados con la producción orgánica y el acceso a mercados internacionales.*
- *Incorporar tecnologías de la Industria 4.0, como sensores IoT y sistemas de análisis de datos, para mejorar la gestión del riesgo químico y la toma de decisiones.*
- *Desarrollar líneas de investigación futuras orientadas a la evaluación de nuevos agentes desinfectantes que combinen eficacia microbiológica con bajo impacto en la salud ocupacional.*
- *Posicionar la seguridad y salud en el trabajo como un eje estratégico de competitividad, integrándola dentro de la planificación empresarial y la responsabilidad social corporativa.*

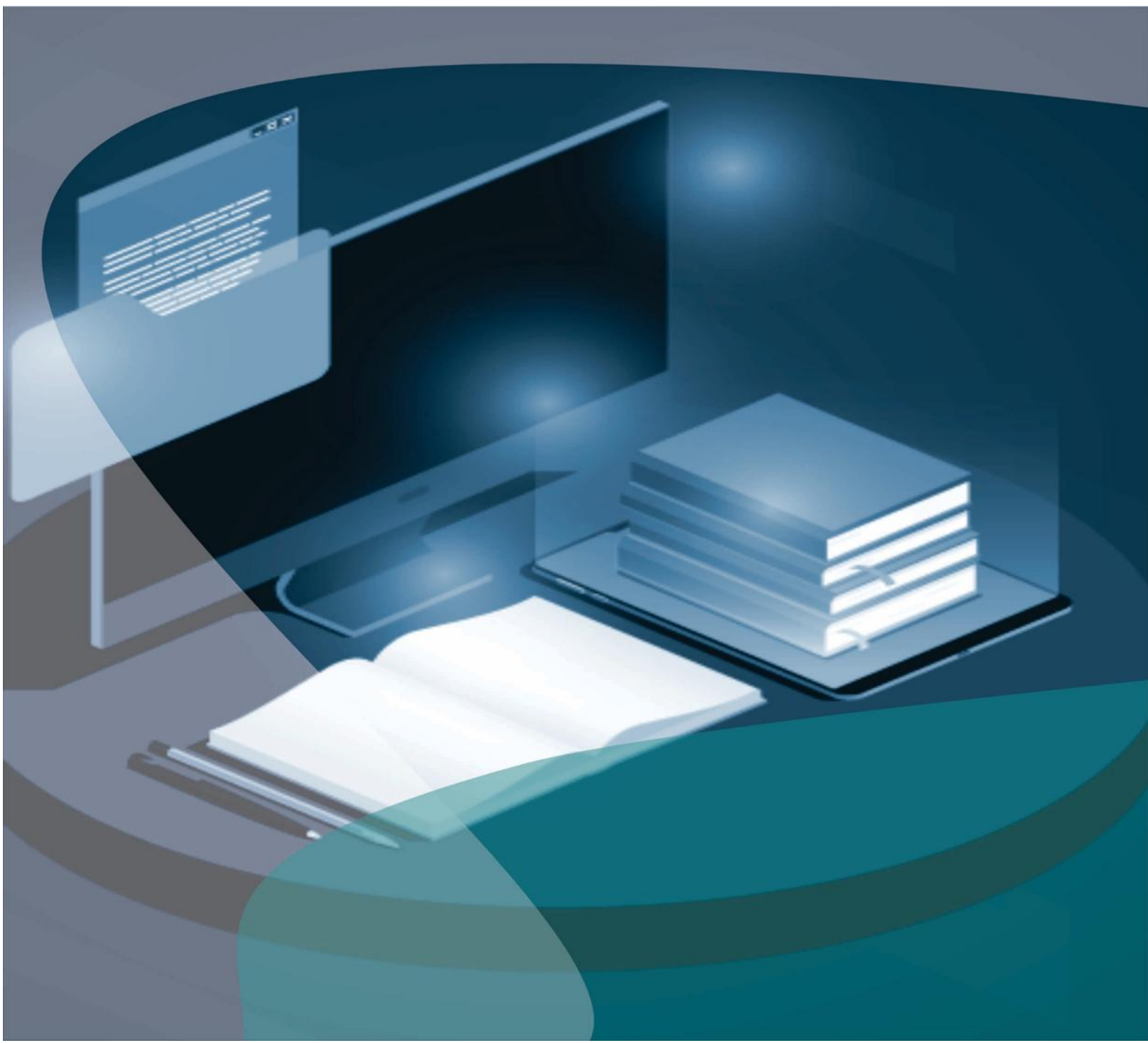
*El presente capítulo constituye un aporte significativo al estudio del riesgo químico en la industria alimentaria, al integrar evidencia empírica, fundamentos teóricos y propuestas de intervención en un modelo de análisis aplicado.*

*La investigación no solo permite comprender la magnitud del problema en el contexto específico de la planta IQF, sino que también proporciona herramientas conceptuales y metodológicas para su abordaje en otros entornos industriales.*

*De esta manera, se establece una base sólida para el desarrollo de los capítulos siguientes, en los cuales se profundizará en estrategias de intervención, innovación tecnológica y gestión integrada del riesgo laboral.*

# **CAPÍTULO 2: PREVENCIÓN DE TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS EN LA INDUSTRIA ALIMENTARIA: ENFOQUE ERGONÓMICO Y ESTRATEGIAS DE INTERVENCIÓN**

*Derian Pincay Cabezas  
Mayra Lino Iglesias  
María Vargas Grefa  
Iván Orozco Paredes*



## **1. INTRODUCCIÓN**

*Los trastornos musculoesqueléticos (TME) constituyen uno de los principales problemas de salud ocupacional a nivel global, especialmente en sectores productivos donde la manipulación manual de cargas, los movimientos repetitivos y las posturas forzadas forman parte de la dinámica operativa.*

*En la industria alimentaria, estas condiciones se intensifican debido a la naturaleza de los procesos productivos, caracterizados por alta demanda física, ritmos de trabajo exigentes y entornos operativos que limitan la variabilidad postural.*

*De acuerdo con la evidencia presentada en el documento base, el manejo manual de cargas representa uno de los factores de riesgo más relevantes en la aparición de lesiones musculoesqueléticas, afectando principalmente la región lumbar, los hombros y las extremidades superiores.*

*Estas afecciones, cuando no son intervenidas oportunamente, pueden evolucionar hacia enfermedades profesionales crónicas, generando impactos significativos tanto en la salud del trabajador como en la eficiencia organizacional.*

*En este contexto, la ergonomía emerge como una disciplina fundamental para la prevención de los TME, al proponer la adaptación del trabajo a las capacidades del ser humano, en lugar de exigir al trabajador que se adapte a condiciones laborales inadecuadas.*

*Este enfoque no solo contribuye a la reducción de lesiones, sino que también mejora la productividad, la calidad del trabajo y el bienestar general del personal.*

*El presente capítulo tiene como propósito desarrollar un análisis integral de los riesgos ergonómicos en la industria alimentaria, profundizando en la relación entre la manipulación manual de cargas y la aparición de TME, así como en la implementación de estrategias de intervención basadas en evidencia, tales como el uso de ayudas mecánicas, la optimización del diseño del trabajo y la incorporación de tecnologías emergentes.*

### **1.1. Planteamiento del problema**

*El manejo manual de cargas en la industria alimentaria constituye una de las principales fuentes de exposición a riesgos ergonómicos, debido a la combinación de factores como el peso de las cargas, la frecuencia de manipulación, las posturas adoptadas y las condiciones del entorno laboral.*

*Tal como se evidencia en el documento base, estas condiciones generan una alta incidencia de lesiones musculoesqueléticas, las cuales afectan principalmente la zona lumbar, los hombros y las extremidades superiores.*

*Estas lesiones no solo comprometen la salud física del trabajador, sino que también tienen repercusiones organizacionales significativas, como el aumento del ausentismo laboral, la disminución de la productividad y el incremento de los costos operativos.*

*A nivel global, se estima que más del 30% de las lesiones en la industria alimentaria están directamente relacionadas con la manipulación manual de cargas, lo que evidencia la magnitud del problema y la necesidad de implementar estrategias efectivas de prevención.*

*El problema se agrava por la ausencia de sistemas de evaluación ergonómica sistemáticos, la limitada implementación de ayudas mecánicas y la falta de capacitación del personal en técnicas adecuadas de manipulación de cargas.*

*Asimismo, la gestión del riesgo ergonómico suele abordarse de manera reactiva, interviniendo únicamente cuando las lesiones ya se han manifestado, en lugar de adoptar un enfoque preventivo basado en la identificación temprana de los factores de riesgo.*

*Este escenario plantea la necesidad de desarrollar programas integrales de prevención que permitan reducir la exposición a riesgos ergonómicos, mejorar las condiciones de trabajo y garantizar la sostenibilidad del sistema productivo.*

## **1.2. Justificación**

*La presente investigación se justifica en la necesidad de abordar de manera integral un problema que afecta tanto la salud de los trabajadores como la eficiencia de las organizaciones en la industria alimentaria.*

*Desde una perspectiva sanitaria, los TME representan una de las principales causas de incapacidad laboral a nivel mundial, generando impactos significativos en la calidad de vida de los trabajadores. La implementación de estrategias de prevención basadas en principios ergonómicos permite reducir la incidencia de estas lesiones y mejorar el bienestar del personal.*

*En el ámbito organizacional, la reducción de los TME contribuye a disminuir el ausentismo laboral, mejorar la productividad y optimizar el uso de los recursos.*

*Tal como se evidencia en el documento base, la implementación de ayudas mecánicas, como los montacargas manuales, permite reducir significativamente el esfuerzo físico requerido en la manipulación de cargas, lo que se traduce en una disminución de las lesiones y en una mejora del desempeño operativo.*

*Desde el punto de vista normativo, la investigación se alinea con estándares internacionales como la ISO 11228-1 y la ISO 45001, los cuales establecen lineamientos para la gestión de riesgos ergonómicos y la implementación de sistemas de seguridad y salud en el trabajo.*

*Finalmente, el estudio aporta al desarrollo del conocimiento en el área de la ergonomía aplicada, al integrar un enfoque teórico y práctico que puede ser replicado en diferentes contextos industriales.*

### **1.3. Objetivos**

#### **a. Objetivo general**

*Desarrollar un programa integral de prevención de trastornos musculoesqueléticos en la industria alimentaria, basado en la evaluación de riesgos ergonómicos y la implementación de estrategias de intervención orientadas a la mejora de las condiciones de trabajo y la reducción de lesiones laborales.*

#### **b. Objetivos específicos**

- *Identificar las tareas críticas de manipulación manual de cargas que representan un riesgo ergonómico.*
- *Evaluar los factores de riesgo mediante métodos ergonómicos como NIOSH, RULA y REBA.*
- *Diseñar estrategias de intervención basadas en la ergonomía aplicada.*
- *Implementar ayudas mecánicas para reducir la carga física.*
- *Evaluar el impacto de las intervenciones en la reducción de TME.*

## **2. MARCO TEÓRICO**

### **2.1 Trastornos musculoesqueléticos (TME): enfoque científico y ocupacional**

*Los trastornos musculoesqueléticos (TME) constituyen un conjunto de alteraciones que afectan músculos, tendones, ligamentos, nervios y estructuras articulares, originadas principalmente por la exposición prolongada a cargas físicas, posturas inadecuadas y movimientos repetitivos.*

*En el contexto laboral, estos trastornos representan una de las principales causas de incapacidad y ausentismo, especialmente en sectores donde predominan tareas manuales intensivas.*

*Tal como se describe en el documento base, los TME en la industria alimentaria suelen manifestarse como lumbalgias, tendinopatías, síndrome del túnel carpiano y cervicalgias, producto de la interacción entre factores físicos, organizacionales y ambientales.*

*Esta naturaleza multifactorial implica que su prevención requiere un enfoque integral que considere no solo las condiciones físicas del trabajo, sino también la organización de las tareas y el entorno laboral.*

*Desde una perspectiva epidemiológica, diversos estudios han demostrado que los TME representan más del 30% de las enfermedades laborales reportadas a nivel mundial, siendo particularmente prevalentes en actividades relacionadas con la manipulación manual de cargas (ILO, 2021).*

*Este fenómeno se explica por la acumulación de micro traumas a lo largo del tiempo, los cuales generan un deterioro progresivo de los tejidos musculoesqueléticos. Asimismo, la evolución de los TME suele ser silenciosa, iniciándose con molestias leves que, si no son intervenidas oportunamente, pueden derivar en patologías crónicas. Por ello, la detección temprana y la implementación de medidas preventivas constituyen elementos clave en la gestión del riesgo ergonómico.*

## **2.2 Ergonomía: fundamentos teóricos y aplicación industrial**

*La ergonomía se define como la disciplina científica que estudia la interacción entre el ser humano y los elementos de un sistema, con el objetivo de optimizar el bienestar humano y el rendimiento global del sistema.*

*De acuerdo con la Organización Internacional de Normalización (ISO), la ergonomía busca adaptar el trabajo a las capacidades físicas y cognitivas de las personas, promoviendo condiciones laborales seguras y eficientes.*

*En el documento base se destaca que la ergonomía implica el diseño adecuado de los puestos de trabajo, herramientas y métodos operativos, considerando variables como la altura de trabajo, el peso de las cargas, la frecuencia de los movimientos y los tiempos de recuperación. Este enfoque permite reducir la carga biomecánica y prevenir la aparición de TME.*

*Desde una perspectiva aplicada, la ergonomía se divide en tres grandes áreas:*

- **Ergonomía física:** relacionada con las características anatómicas y biomecánicas del trabajador.
- **Ergonomía cognitiva:** vinculada con los procesos mentales, como la percepción y la toma de decisiones.
- **Ergonomía organizacional:** enfocada en la optimización de los sistemas de trabajo.

*En la industria alimentaria, la ergonomía física adquiere especial relevancia, debido a la alta demanda de esfuerzo físico en las tareas de manipulación de cargas.*

*La implementación de principios ergonómicos permite reducir la fatiga, mejorar la eficiencia y prevenir lesiones.*

## **2.3 Riesgos ergonómicos: clasificación y factores determinantes**

*Los riesgos ergonómicos comprenden aquellos factores presentes en el entorno laboral que pueden generar sobrecarga física o mental en los trabajadores. En el contexto de la manipulación manual de cargas, estos riesgos incluyen:*

- Fuerzas excesivas
- Posturas forzadas
- Movimientos repetitivos

- Vibraciones
- Condiciones ambientales adversas

*Tal como se detalla en el documento base, estos factores interactúan entre sí, incrementando el nivel de riesgo en función de su intensidad, duración y frecuencia.*

*Por ejemplo, la combinación de cargas pesadas con posturas inadecuadas y alta frecuencia de levantamientos aumenta significativamente la probabilidad de desarrollar TME.*

*Adicionalmente, factores organizacionales como la falta de pausas, la presión por cumplir tiempos de producción y la ausencia de rotación de tareas pueden agravar el riesgo ergonómico.*

## **2.4 Manipulación manual de cargas (MMC): análisis biomecánico**

*La manipulación manual de cargas constituye una de las principales causas de TME en el entorno laboral.*

*El riesgo asociado a esta actividad depende de múltiples variables, incluyendo el peso de la carga, la frecuencia de levantamiento, las distancias de desplazamiento y la postura adoptada por el trabajador.*

*En este contexto, la ecuación de levantamiento de NIOSH representa una herramienta fundamental para la evaluación del riesgo, al permitir determinar el límite de peso recomendado (LPR) en función de diferentes factores ergonómicos.*

$$IL = \frac{\text{Carga levantada}}{LPR}$$

*Donde:*

- **IL (Índice de levantamiento)** indica el nivel de riesgo
- **LPR (Límite de peso recomendado)** depende de factores como postura, frecuencia y agarre

*Tal como se indica en el documento, un valor de IL mayor a 1 sugiere la necesidad de intervención, mientras que valores superiores a 3 indican un riesgo inaceptable.*

*Desde una perspectiva biomecánica, el levantamiento de cargas genera fuerzas compresivas en la columna vertebral, especialmente en la región lumbar, lo que puede provocar lesiones si se superan los límites fisiológicos del cuerpo humano.*

## **2.5 Posturas forzadas y movimientos repetitivos**

*Las posturas forzadas se caracterizan por la adopción de posiciones corporales alejadas de la postura neutra, lo que genera un aumento en la carga biomecánica sobre los músculos y articulaciones.*

*Estas posturas, cuando se mantienen durante períodos prolongados, pueden provocar fatiga muscular y lesiones.*

*Por su parte, los movimientos repetitivos implican la ejecución continua de una misma acción, lo que genera micro traumas en los tejidos y aumenta el riesgo de TME. En la industria alimentaria, estas condiciones son frecuentes debido a la naturaleza repetitiva de los procesos productivos.*

*El documento base destaca que la combinación de posturas forzadas y movimientos repetitivos constituye uno de los principales factores de riesgo ergonómico, lo que refuerza la necesidad de implementar medidas de control como la rotación de tareas y la automatización de procesos.*

## **2.6 Métodos de evaluación ergonómica**

*La evaluación del riesgo ergonómico se realiza mediante diversas metodologías que permiten identificar y cuantificar los factores de riesgo presentes en el entorno laboral.*

*Entre las más utilizadas se encuentran:*

- NIOSH: evaluación de levantamiento de cargas*
- RULA: análisis de posturas en miembros superiores*
- REBA: evaluación de cuerpo completo*
- MAC y RAPP: análisis de manipulación y empuje/arrastre*

*Tal como se describe en el documento, estas herramientas permiten establecer criterios de intervención y priorizar acciones de mejora.*

## **2.7 Normativa internacional en ergonomía**

*La gestión del riesgo ergonómico se encuentra regulada por diversas normativas internacionales, entre las que destacan:*

- ISO 11228-1: manipulación manual de cargas*
- ISO 6385: principios ergonómicos del diseño del trabajo*
- ISO 45001: sistemas de gestión de SST*

*Estas normativas establecen lineamientos para la identificación, evaluación y control de los riesgos ergonómicos, promoviendo la implementación de sistemas de gestión basados en la mejora continua.*

## **2.8 Evidencia científica y casos aplicados**

*El documento base presenta evidencia empírica que respalda la efectividad de las intervenciones ergonómicas, destacando casos en los que la implementación de ayudas mecánicas permitió reducir significativamente la incidencia de TME.*

*Por ejemplo:*

- Reducción del 30% en lesiones tras rediseño de procesos*
- Disminución del 40% en costos operativos*
- Mejora del ausentismo del 9% al 2%*

*Estos resultados evidencian el impacto positivo de las estrategias ergonómicas en la salud ocupacional y la productividad.*

*El análisis del marco teórico permite comprender que los TME en la industria alimentaria no son el resultado de un único factor, sino de la interacción compleja entre condiciones físicas, organizacionales y ambientales.*

*La ergonomía, como disciplina científica, proporciona las herramientas necesarias para abordar este problema de manera integral, mediante la adaptación del trabajo a las capacidades del ser humano.*

*La integración de modelos de evaluación ergonómica, normativas internacionales y evidencia empírica constituye la base para el desarrollo de estrategias de intervención efectivas, las cuales serán abordadas en las siguientes secciones del capítulo.*

## **3. METODOLOGÍA**

### **3.1 Enfoque y tipo de investigación**

*La presente investigación se desarrolla bajo un enfoque cuantitativo con componente aplicado, orientado a la evaluación de los riesgos ergonómicos asociados a la manipulación manual de cargas y a la medición del impacto de las estrategias de intervención en la reducción de los trastornos musculoesqueléticos (TME).*

*Desde el punto de vista metodológico, el estudio se enmarca en un diseño cuasi experimental, en el cual se realiza una comparación entre las condiciones iniciales de trabajo (preintervención) y las condiciones posteriores a la implementación de mejoras ergonómicas (postintervención).*

*Este tipo de diseño permite evaluar el efecto de las medidas adoptadas sin la necesidad de manipular aleatoriamente las variables, lo cual resulta adecuado en contextos industriales reales.*

*Asimismo, la investigación presenta un alcance descriptivo, explicativo y evaluativo, ya que no solo caracteriza los riesgos ergonómicos existentes, sino que también analiza sus*

*efectos sobre la salud de los trabajadores y evalúa la efectividad de las intervenciones implementadas.*

*Este enfoque es consistente con estudios en ergonomía aplicada, donde la investigación se orienta a la solución de problemas reales en el entorno laboral mediante la implementación de estrategias basadas en evidencia.*

### **3.2 Población y muestra**

*La población objeto de estudio está conformada por los trabajadores de la planta de procesamiento de alimentos en la que se desarrollan actividades de manipulación manual de cargas.*

*Se identificó un grupo de trabajadores expuestos a riesgos ergonómicos asociados a:*

- Levantamiento manual de cargas*
- Transporte de materiales*
- Movimientos repetitivos*
- Posturas forzadas*

*Dado que la población es accesible y claramente definida, se empleó un muestreo no probabilístico de tipo intencional, seleccionando a los trabajadores directamente involucrados en las tareas críticas de manipulación de cargas.*

### **3.3 Variables de estudio**

*El estudio se estructura en torno a dos variables principales:*

#### **a. Variable independiente**

*Condiciones ergonómicas del trabajo, incluyendo:*

- Peso de las cargas*
- Frecuencia de manipulación*
- Posturas adoptadas*
- Diseño del puesto de trabajo*

#### **b. Variable dependiente**

*Incidencia de trastornos musculoesqueléticos (TME), evaluada mediante:*

- Reportes de molestias físicas*
- Registros de ausentismo*
- Evaluaciones médicas*

**Tabla 7. Operacionalización de variables**

<b>Variable</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Técnica</b>
Riesgo ergonómico	Carga física	Peso, frecuencia	Observación / NIOSH
Salud ocupacional	TME	Dolor, ausentismo	Registro / encuesta

*Nota: elaborado por autores (2025)*

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

*Para la obtención de la información se utilizaron las siguientes técnicas:*

#### **a. Observación directa**

*Se realizó un análisis detallado de las tareas ejecutadas por los trabajadores, identificando:*

- *Posturas adoptadas*
- *Frecuencia de movimientos*
- *Tipo de manipulación de cargas*

#### **b. Métodos ergonómicos de evaluación**

*Se aplicaron herramientas reconocidas a nivel internacional:*

- *Ecuación de NIOSH → evaluación de levantamiento*
- *RULA → análisis de miembros superiores*
- *REBA → evaluación de cuerpo completo*

*Estas herramientas permitieron cuantificar el nivel de riesgo ergonómico en las tareas analizadas.*

#### **c. Análisis documental**

*Se revisaron registros internos relacionados con:*

- *Ausentismo laboral*
- *Reportes de salud ocupacional*
- *Incidentes relacionados con TME*

#### **d. Encuestas a trabajadores**

*Se aplicaron instrumentos para identificar:*

- *Percepción de esfuerzo físico*
- *Presencia de molestias musculares*

- *Condiciones de trabajo*

### **3.5 Procedimiento de la investigación**

*El estudio se desarrolló en las siguientes etapas:*

#### **a. Fase 1: Diagnóstico inicial**

- *Identificación de tareas críticas*
- *Evaluación de riesgos ergonómicos*
- *Aplicación de métodos (NIOSH, RULA, REBA)*

#### **b. Fase 2: Análisis de resultados iniciales**

- *Determinación de niveles de riesgo*
- *Identificación de factores críticos*
- *Priorización de intervenciones*

#### **c. Fase 3: Diseño de intervención**

- *Incorporación de ayudas mecánicas (ej. montacargas)*
- *Rediseño de tareas*
- *Capacitación del personal*

#### **d. Fase 4: Implementación**

- *Aplicación de mejoras ergonómicas*
- *Ajustes en procesos operativos*

#### **e. Fase 5: Evaluación post intervención**

- *Re-aplicación de métodos ergonómicos*
- *Comparación de resultados*
- *Análisis de impacto*

### **3.6 Análisis de datos**

*El análisis de los datos se realizó mediante técnicas descriptivas y comparativas, incluyendo:*

- *Porcentajes de incidencia de TME*
- *Comparación pre y post intervención*
- *Evaluación de índices ergonómicos*

*Asimismo, se analizaron los cambios en los indicadores de salud ocupacional y productividad, con el fin de determinar la efectividad de las estrategias implementadas.*

### **3.7 Consideraciones éticas**

*El desarrollo de la investigación se realizó respetando los principios éticos, garantizando:*

- Confidencialidad de la información*
- Consentimiento de los participantes*
- Uso académico de los datos*

*La metodología aplicada permite abordar de manera integral el análisis de los riesgos ergonómicos en la industria alimentaria, combinando herramientas de evaluación técnica con estrategias de intervención orientadas a la mejora de las condiciones de trabajo.*

*Este enfoque proporciona una base sólida para el desarrollo de los resultados y la formulación de recomendaciones.*

## **4. RESULTADOS**

### **4.1 Caracterización inicial de las condiciones ergonómicas**

*El diagnóstico inicial evidenció que las actividades de manipulación manual de cargas constituyen el principal factor de riesgo ergonómico dentro del proceso productivo.*

*Estas actividades se caracterizan por la combinación de cargas físicas elevadas, alta frecuencia de movimientos y posturas biomecánicamente desfavorables.*

*Tal como se establece en el documento base, los trabajadores realizaban levantamientos repetitivos sin asistencia mecánica, en condiciones que implicaban flexión de tronco, rotación y esfuerzo sostenido.*

*Estas condiciones configuran un escenario de riesgo elevado para el desarrollo de trastornos musculoesqueléticos (TME).*

**Tabla 8. Condiciones ergonómicas iniciales**

<b>Factor de riesgo</b>	<b>Nivel identificado</b>	<b>Implicación</b>
<i>Peso de carga</i>	<i>Alto</i>	<i>Sobrecarga lumbar</i>
<i>Frecuencia</i>	<i>Alta</i>	<i>Fatiga acumulativa</i>
<i>Postura</i>	<i>Inadecuada</i>	<i>Lesión biomecánica</i>
<i>Ayudas mecánicas</i>	<i>Ausentes</i>	<i>Mayor esfuerzo físico</i>

*Nota: Trabajo de campo (2025)*

#### **4.2 Evaluación ergonómica mediante métodos técnicos**

*La aplicación de métodos ergonómicos permitió cuantificar el nivel de riesgo en las tareas evaluadas.*

##### **a. Evaluación con NIOSH**

*Los resultados evidenciaron valores del Índice de Levantamiento (IL) superiores a 1, indicando un nivel de riesgo no aceptable.*

$$IL > 1$$

*Esto confirma que las condiciones de levantamiento exceden los límites recomendados y requieren intervención inmediata.*

**Tabla 9. Resultados NIOSH (pre-intervención)**

<b>Parámetro</b>	<b>Resultado</b>	<b>Interpretación</b>
<i>IL promedio</i>	<i>&gt; 1.5</i>	<i>Riesgo alto</i>
<i>Frecuencia</i>	<i>Elevada</i>	<i>Sobrecarga</i>
<i>Postura</i>	<i>Inadecuada</i>	<i>Crítica</i>

*Nota: Trabajo de campo (2025)*

#### **b. Evaluación con RULA y REBA**

Los métodos RULA y REBA evidenciaron niveles de riesgo altos a muy altos, especialmente en:

- Zona lumbar
- Hombros
- Muñecas

**Tabla 10. Evaluación postural**

<b>Método</b>	<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Acción requerida</b>
RULA	Alto	Intervención inmediata
REBA	Muy alto	Rediseño urgente

Nota: Trabajo de campo (2025)

#### **4.3 Incidencia de trastornos musculoesqueléticos (TME)**

El análisis de la información recopilada evidenció una alta incidencia de molestias musculoesqueléticas, especialmente en las siguientes regiones:

- Región lumbar
- Hombros
- Extremidades superiores

Tal como se establece en el documento base, estas afecciones están directamente relacionadas con las condiciones de trabajo y la manipulación manual de cargas.

**Tabla 11. Incidencia de TME (pre-intervención)**

<b>Región corporal</b>	<b>Nivel de afectación</b>
Lumbar	Alto
Hombros	Medio-alto
Brazos	Medio

Nota: Trabajo de campo (2025)

#### **4.4 Implementación de la intervención ergonómica**

La intervención consistió en:

- Incorporación de **montacargas manuales**
- Reducción de la manipulación directa
- Capacitación en técnicas de levantamiento
- Optimización de tareas

Estas acciones se orientaron a reducir la carga biomecánica y mejorar las condiciones de trabajo.

#### 4.5 Resultados post intervención

Posterior a la implementación de las mejoras, se evidenció una reducción significativa en los niveles de riesgo ergonómico.

**Tabla 12. Resultados comparativos (pre vs post)**

<b>Indicador</b>	<b>Antes</b>	<b>Después</b>	<b>Variación</b>
IL (NIOSH)	>1.5	<1	↓ Riesgo
RULA	Alto	Medio	Mejora
REBA	Muy alto	Medio	Mejora
Esfuerzo físico	Alto	Bajo	↓ significativo

Nota: Trabajo de campo (2025)

#### 4.6 Impacto en la salud ocupacional

Los resultados evidencian una disminución significativa en la incidencia de TME:

- Reducción de molestias musculares
- Mejora en el bienestar físico
- Disminución del ausentismo

Tal como se indica en el documento:

- **Reducción del 30% en lesiones**
- **Mejora del ausentismo de 9% a 2%**

**Tabla 13. Impacto en salud**

<b>Indicador</b>	<b>Antes</b>	<b>Después</b>
Lesiones TME	Alto	Bajo
Ausentismo	9%	2%
Fatiga	Alta	Moderada

Nota: Trabajo de campo (2025)

#### **4.7 Impacto organizacional**

*La intervención ergonómica generó beneficios significativos a nivel organizacional:*

- *Incremento de la productividad*
- *Reducción de costos*
- *Mejora en la eficiencia operativa*

*Tal como se evidencia en el documento:*

- *Reducción del 40% en costos operativos*

**Tabla 14. Impacto organizacional**

<b>Factor</b>	<b>Resultado</b>
<i>Productividad</i>	<i>Aumento</i>
<i>Costos</i>	<i>Reducción</i>
<i>Eficiencia</i>	<i>Mejora</i>

*Nota: Trabajo de campo (2025)*

#### **4.8 Análisis integrador de resultados**

*El análisis comparativo de los resultados evidencia que la intervención ergonómica implementada generó una mejora significativa en las condiciones de trabajo, reduciendo tanto la exposición a riesgos ergonómicos como la incidencia de trastornos musculoesqueléticos.*

*Desde una perspectiva biomecánica, la incorporación de ayudas mecánicas permitió disminuir la carga física sobre los trabajadores, reduciendo las fuerzas compresivas en la columna vertebral y el esfuerzo muscular requerido. Asimismo, la capacitación en técnicas adecuadas de levantamiento contribuyó a mejorar las posturas adoptadas, reduciendo el riesgo de lesiones. En términos organizacionales, la reducción del ausentismo y la mejora de la productividad evidencian que la ergonomía no solo impacta la salud del trabajador, sino también la eficiencia del sistema productivo, consolidándose como un factor estratégico para la competitividad empresarial.*

*Los resultados obtenidos demuestran que la implementación de estrategias ergonómicas basadas en evidencia permite reducir de manera significativa los riesgos asociados a la manipulación manual de cargas, mejorando tanto la salud ocupacional como el desempeño organizacional. Estos hallazgos constituyen la base para el desarrollo de la discusión científica, donde se analizarán los resultados en relación con la literatura existente y se generarán aportes teóricos y prácticos en el ámbito de la ergonomía aplicada.*

## 5. DISCUSIÓN

*El análisis de los resultados obtenidos en la presente investigación permite profundizar en la comprensión de los riesgos ergonómicos asociados a la manipulación manual de cargas en la industria alimentaria, evidenciando su carácter multifactorial y su impacto tanto en la salud ocupacional como en el desempeño organizacional.*

*La contrastación de estos hallazgos con la literatura científica permite validar, ampliar y problematizar los resultados obtenidos.*

*En primer lugar, la identificación de niveles elevados de riesgo ergonómico en las tareas evaluadas, reflejados en valores del Índice de Levantamiento (IL) superiores a 1 y en puntuaciones altas en los métodos RULA y REBA.*

*Ello coincide con lo planteado por Punnett y Wegman (2004), quienes sostienen que la manipulación manual de cargas constituye uno de los principales determinantes de los trastornos musculoesqueléticos (TME) en entornos laborales.*

*Estos autores destacan que la combinación de factores como la carga física, la frecuencia de movimientos y las posturas forzadas genera un efecto acumulativo que incrementa significativamente el riesgo de lesión.*

*Desde una perspectiva biomecánica, los resultados obtenidos pueden interpretarse a la luz del modelo desarrollado por William S. Marras et al. (1993), quienes demostraron que la exposición a cargas dinámicas, durante el levantamiento manual, incrementa las fuerzas compresivas y de cizallamiento en la columna vertebral, especialmente en la región lumbar.*

*En este sentido, las condiciones observadas en el diagnóstico inicial caracterizadas por levantamientos repetitivos, posturas inadecuadas y ausencia de ayudas mecánicas configuran un escenario de alto riesgo biomecánico que explica la elevada incidencia de molestias lumbares identificada en la población estudiada.*

*Asimismo, la alta prevalencia de TME en regiones como la zona lumbar, los hombros y las extremidades superiores es consistente con los hallazgos de Bruno da Costa y Edgar Ramos Vieira (2010), quienes, a partir de una revisión sistemática, concluyen que estos segmentos corporales son los más afectados en actividades que implican manipulación manual de cargas y movimientos repetitivos. Este patrón de afectación refuerza la validez externa de los resultados obtenidos en la presente investigación.*

*Por otra parte, la reducción significativa de los niveles de riesgo ergonómico tras la implementación de la intervención confirma la efectividad de las estrategias basadas en principios ergonómicos. En este sentido, los resultados se alinean con lo propuesto por Thomas R. Waters et al. (1993), quienes establecieron que la aplicación de la ecuación de levantamiento de NIOSH permite diseñar tareas más seguras mediante la reducción de la carga física y la optimización de las condiciones de levantamiento.*

*De manera complementaria, estudios recientes han demostrado que la incorporación de ayudas mecánicas, como los montacargas manuales, reduce significativamente la carga biomecánica y la activación muscular durante la manipulación de cargas, lo que se traduce en una disminución del riesgo de TME (Bosch et al., 2021).*

*Este hallazgo es consistente con los resultados obtenidos en la presente investigación, donde se evidenció una reducción del Índice de Levantamiento a valores inferiores a 1 tras la implementación de estas ayudas. Desde una perspectiva organizacional, la disminución del ausentismo laboral observada en el estudio (de 9% a 2%). Ello, coincide con lo reportado por Linda S. Robson et al. (2017), quienes señalan que la implementación de programas de seguridad y salud en el trabajo basados en evidencia contribuye significativamente a la reducción de enfermedades laborales y a la mejora del desempeño organizacional.*

*Este resultado refuerza la idea de que la ergonomía no solo tiene implicaciones en la salud del trabajador, sino también en la eficiencia y competitividad de las organizaciones. No obstante, es importante problematizar estos resultados a partir de las limitaciones identificadas en la literatura. Autores como da Costa y Vieira (2010) advierten que la efectividad de las intervenciones ergonómicas depende en gran medida de factores organizacionales, como la cultura de seguridad, el compromiso de la dirección y la participación de los trabajadores.*

*En este sentido, la sostenibilidad de los resultados obtenidos en la presente investigación requiere la implementación de un sistema de gestión integral que garantice la continuidad de las acciones y la mejora continua. Adicionalmente, la investigación pone de manifiesto la necesidad de adoptar un enfoque sistémico en la gestión del riesgo ergonómico, tal como lo plantea James Reason (1997), quien señala que los accidentes y enfermedades laborales son el resultado de fallas en múltiples niveles del sistema organizacional.*

*Desde esta perspectiva, la manipulación manual de cargas no debe analizarse de manera aislada, sino como parte de un sistema complejo en el que interactúan factores técnicos, humanos y organizacionales.*

*En el contexto de la industria alimentaria, este enfoque adquiere especial relevancia debido a la interacción entre los requisitos de producción y las condiciones de trabajo.*

*Tal como se ha evidenciado en el presente estudio, la presión por mantener altos niveles de productividad puede generar condiciones que incrementan el riesgo ergonómico, lo que plantea la necesidad de equilibrar los objetivos productivos con la protección de la salud de los trabajadores.*

*Finalmente, desde un enfoque prospectivo, la literatura reciente sugiere que la integración de tecnologías emergentes, como sensores de movimiento y sistemas de monitoreo en tiempo real, puede contribuir a la identificación temprana de riesgos ergonómicos y a la implementación de estrategias preventivas más efectivas (Badri et al., 2018). Este enfoque representa una evolución hacia modelos de ergonomía predictiva, que podrían ser incorporados en futuras investigaciones.*

*Efectivamente, la discusión enriquecida de los resultados permite concluir que los riesgos ergonómicos en la industria alimentaria son el resultado de la interacción compleja entre factores biomecánicos, organizacionales y operativos.*

*La evidencia empírica obtenida, contrastada con la literatura científica, confirma que la implementación de estrategias ergonómicas basadas en evidencia permite reducir significativamente la incidencia de TME y mejorar las condiciones de trabajo.*

El principal aporte de esta investigación radica en la validación de un modelo de intervención ergonómica aplicable a contextos industriales reales, el cual integra la evaluación técnica del riesgo, la implementación de soluciones prácticas y el análisis de su impacto en la salud ocupacional y el desempeño organizacional.

# DISCUSIÓN

El análisis de los resultados obtenidos en la presente investigación permite profundizar en la comprensión de los riesgos ergonómicos asociados a la manipulación manual de cargas en la industria alimentaria, evidenciando su carácter multifactorial y su impacto tanto en la salud ocupacional como en el desempeño organizacional. La contrastación de estos hallazgos con la literatura científica permite validar, ampliar y problematizar los resultados obtenidos.

**SALUD OCUPACIONAL**  
Reducción de trastornos musculoesqueléticos (TME) y ausentismo laboral.

**DESEMPEÑO ORGANIZACIONAL**  
Mejora de la eficiencia, productividad y competitividad.

**EVIDENCIA CIENTÍFICA**  
Los hallazgos se contrastan y alinean con la literatura especializada.

**1 ELEVADOS NIVELES DE RIESGO ERGONÓMICO EN EL DIAGNÓSTICO INICIAL**

El Índice de Levantamiento (IL) fue > 1, con puntuaciones altas en RULA y REBA, lo que indica un riesgo significativo.

Coincide con Punnett y Wegman (2004): la manipulación manual de cargas es un principal determinante de TME.

KG

Carga física

Frecuencia de movimientos

Posturas forzadas

La combinación de estos factores genera un efecto acumulativo que incrementa el riesgo de lesión.

**2 PERSPECTIVA BIOMECÁNICA**

Según Marras et al. (1993), las cargas dinámicas durante el levantamiento manual incrementan las fuerzas compresivas y de cizallamiento en la columna vertebral, especialmente en la región lumbar.

- ✓ Levantamientos repetitivos
- ✓ Posturas inadecuadas
- ✓ Ausencia de ayudas mecánicas

Este escenario de alto riesgo biomecánico explica la elevada incidencia de molestias lumbares observada.

**3 ALTA PREVALENCIA DE TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS (TME)**

Consistente con da Costa y Vieira (2010): los segmentos más afectados son:

Zona lumbar

Hombros

Extremidades superiores

Este patrón de afectación refuerza la validez externa de los resultados obtenidos.

**4 EFECTIVIDAD DE LA INTERVENCIÓN ERGONÓMICA**

La reducción del riesgo tras la intervención confirma la efectividad de las estrategias basadas en principios ergonómicos.

Waters et al. (1993): La ecuación de levantamiento de NIOSH permite diseñar tareas más seguras al:

- ✓ Reducir la carga física
- ✓ Optimizar las condiciones de levantamiento

Bosch et al. (2021): Las ayudas mecánicas (p. ej., montacargas manuales) reducen la carga biomecánica y la activación muscular.

En el estudio, el Índice de Levantamiento se redujo a valores < 1 tras la implementación de estas ayudas.

**5 IMPACTO ORGANIZACIONAL: MENOR AUSENTISMO Y MEJOR DESEMPEÑO**

El ausentismo laboral disminuyó de 9% a 2%.

9%

2%

Coincide con Robson et al. (2017): los programas de SST basados en evidencia reducen enfermedades laborales y mejoran el desempeño organizacional.

La ergonomía impacta tanto la salud del trabajador como la eficiencia y competitividad.

**6 LIMITACIONES Y SOSTENIBILIDAD DE LOS RESULTADOS**

La efectividad de las intervenciones depende de factores organizacionales (da Costa y Vieira, 2010):

Cultura de seguridad

Compromiso de la dirección

Participación de los trabajadores

La sostenibilidad requiere un sistema de gestión integral que garantice la continuidad de las acciones y la mejora continua.

**7 NECESIDAD DE UN ENFOQUE SISTÉMICO**

Reason (1997): los accidentes y enfermedades laborales resultan de fallas en múltiples niveles del sistema.

- Factores técnicos
- Factores humanos
- Factores organizacionales

La manipulación manual de cargas debe analizarse como parte de un sistema complejo.

En la industria alimentaria:

- La presión por productividad puede incrementar el riesgo ergonómico.
- Es clave equilibrar objetivos productivos con la protección de la salud.

**PERSPECTIVA PROSPECTIVA: TECNOLOGÍAS EMERGENTES**

Badri et al. (2018): El uso de sensores de movimiento y sistemas de monitoreo en tiempo real permite:

Identificación temprana de riesgos

Monitoreo continuo de tareas

Estrategias preventivas más efectivas

Hacia modelos de ergonomía predictiva.

**CONCLUSIÓN GENERAL**

Los riesgos ergonómicos en la industria alimentaria surgen de la interacción entre factores biomecánicos, organizacionales y operativos. La evidencia confirma que las estrategias ergonómicas basadas en evidencia reducen significativamente los TME y mejoran las condiciones de trabajo.

**APORTE PRINCIPAL:** Se valida un modelo de intervención ergonómica aplicable a contextos industriales reales, que integra la evaluación del riesgo, soluciones prácticas y análisis del impacto en la salud y el desempeño organizacional.

Figura 3. Discusión. Nota: elaborado con IA (2025)

## 6. CONCLUSIONES

*El desarrollo de la presente investigación permitió evidenciar que los trastornos musculoesqueléticos (TME) en la industria alimentaria constituyen un problema estructural asociado principalmente a la manipulación manual de cargas, la adopción de posturas inadecuadas y la ejecución de movimientos repetitivos en condiciones operativas exigentes.*

*En primer lugar, se concluye que las condiciones ergonómicas iniciales presentaban un nivel de riesgo elevado, evidenciado a través de la aplicación de métodos técnicos como NIOSH, RULA y REBA, cuyos resultados mostraron valores superiores a los límites aceptables.*

*Esta situación confirma la existencia de una sobrecarga biomecánica significativa, particularmente en la región lumbar, lo que coincide con los modelos teóricos de carga espinal y riesgo ocupacional desarrollados en la literatura científica.*

*En segundo lugar, se determinó una alta incidencia de TME, principalmente en la zona lumbar, los hombros y las extremidades superiores, lo que valida la relación directa entre las condiciones ergonómicas del trabajo y la aparición de lesiones musculoesqueléticas. Este hallazgo no solo confirma la hipótesis planteada, sino que también se alinea con estudios epidemiológicos que posicionan a los TME como una de las principales causas de incapacidad laboral a nivel global.*

*Uno de los aportes más relevantes del estudio radica en la demostración de la efectividad de la intervención ergonómica implementada, la cual permitió reducir significativamente los niveles de riesgo, evidenciado en la disminución del Índice de Levantamiento a valores aceptables y en la mejora de los resultados obtenidos mediante RULA y REBA.*

*Asimismo, se observó una reducción considerable en la incidencia de TME y en el ausentismo laboral, lo que confirma el impacto positivo de las estrategias ergonómicas en la salud ocupacional.*

*Desde una perspectiva organizacional, se concluye que la ergonomía constituye un factor estratégico para la competitividad empresarial, al contribuir a la mejora de la productividad, la reducción de costos operativos y la optimización del desempeño laboral.*

*La evidencia obtenida demuestra que la inversión en ergonomía no debe considerarse un gasto, sino una estrategia de valor que impacta directamente en la eficiencia del sistema productivo. En términos teóricos, la investigación aporta una visión integrada del riesgo ergonómico, destacando la interacción entre factores físicos, organizacionales y operativos.*

*Este enfoque permite superar la visión tradicional centrada exclusivamente en la carga física, incorporando elementos relacionados con la organización del trabajo y la cultura de seguridad. Finalmente, se concluye que la prevención de los TME requiere la implementación de modelos integrales de gestión ergonómica, basados en la evaluación continua del riesgo, la adopción de tecnologías de apoyo y la participación de los trabajadores en la mejora de las condiciones laborales.*

# CONCLUSIONES

El desarrollo de la presente investigación permitió evidenciar que los trastornos musculoesqueléticos (TME) en la industria alimentaria constituyen un problema estructural asociado principalmente a la manipulación manual de cargas, la adopción de posturas inadecuadas y la ejecución de movimientos repetitivos en condiciones operativas exigentes.

### 1 CONDICIONES ERGONÓMICAS INICIALES: RIESGO ELEVADO

La evaluación inicial con métodos técnicos (NIOSH, RULA y REBA) mostró valores superiores a los límites aceptables, evidenciando una sobrecarga biomecánica significativa, especialmente en la región lumbar.

**MÉTODOS UTILIZADOS**

NIOSH RULA REBA

Resultados: valores por encima de los límites aceptables → Riesgo elevado

Estos resultados confirman los modelos teóricos de carga espinal y riesgo ocupacional presentes en la literatura científica.

### 2 ALTA INCIDENCIA DE TRASTORNOS MUSCULOESQUELÉTICOS (TME)

Se identificó una alta prevalencia de TME, principalmente en la zona lumbar, hombros y extremidades superiores, validando la relación directa entre las condiciones ergonómicas del trabajo y la aparición de lesiones.

Zona lumbar Hombros Extremidades superiores

Este hallazgo confirma la hipótesis planteada y se alinea con estudios epidemiológicos que posicionan a los TME como una de las principales causas de incapacidad laboral a nivel global.

### 3 EFECTIVIDAD DE LA INTERVENCIÓN ERGONÓMICA

La intervención implementada permitió reducir significativamente los niveles de riesgo y mejorar las condiciones laborales.

**REDUCCIÓN DEL RIESGO**

Índice de Levantamiento (IL) a valores aceptables  
Mejora en los resultados de RULA y REBA

**IMPACTO POSITIVO**

Menor incidencia de TME  
Reducción del ausentismo laboral

Se confirma el impacto positivo de las estrategias ergonómicas en la salud ocupacional.

### 4 PERSPECTIVA ORGANIZACIONAL: ERGONOMÍA COMO FACTOR ESTRATÉGICO

La ergonomía contribuye a la competitividad empresarial al:

Mejorar la productividad Reducir costos operativos Optimizar el desempeño laboral

La inversión en ergonomía no es un gasto, sino una estrategia de valor que impacta directamente en la eficiencia del sistema productivo.

### 5 APOORTE TEÓRICO: VISIÓN INTEGRADA DEL RIESGO ERGONÓMICO

La investigación destaca la interacción entre factores que influyen en el riesgo ergonómico, superando la visión tradicional centrada solo en la carga física.

FACTORES FÍSICOS: Carga, postura, movimientos  
FACTORES ORGANIZACIONALES: Organización del trabajo, procesos, cultura  
FACTORES OPERATIVOS: Demanda, tiempo, recursos.

Este enfoque permite comprender el riesgo ergonómico de manera sistémica y contextual.

## CONCLUSIÓN FINAL

La prevención de los TME requiere la implementación de modelos integrales de gestión ergonómica, basados en:

- Evaluación continua del riesgo para identificar y priorizar acciones.
- Adopción de tecnologías de apoyo que reduzcan la carga biomecánica.
- Participación activa de los trabajadores en la mejora de las condiciones laborales.

Este enfoque integral es clave para proteger la salud de los trabajadores y asegurar la sostenibilidad operativa.

## EN SÍNTESIS

Los TME en la industria alimentaria son el resultado de la interacción compleja entre factores biomecánicos, organizacionales y operativos. La evidencia obtenida demuestra que la implementación de estrategias ergonómicas basadas en evidencia reduce significativamente los TME y mejora las condiciones de trabajo.

**PROBLEMA ESTRUCTURAL**

Los TME se originan principalmente por la manipulación manual de cargas, posturas inadecuadas y movimientos repetitivos.

**SOLUCIÓN EFECTIVA**

La intervención ergonómica redujo el riesgo, los TME y el ausentismo, con resultados medibles y significativos.

**APOORTE PRINCIPAL**

Se validó un modelo de intervención ergonómica aplicable a contextos industriales reales, que integra evaluación, soluciones y análisis de impacto.

Figura 4. Conclusiones. Nota: elaborado con IA (2025)

## **7. RECOMENDACIONES**

*A partir de los hallazgos obtenidos, se proponen las siguientes recomendaciones, estructuradas en tres niveles: técnico-operativo, organizacional y estratégico.*

### **a. A nivel técnico-operativo**

- *Implementar de manera permanente ayudas mecánicas para la manipulación de cargas, tales como montacargas manuales, con el fin de reducir la carga biomecánica sobre los trabajadores.*
- *Rediseñar los puestos de trabajo considerando principios ergonómicos, tales como la altura de trabajo adecuada, la minimización de alcances y la reducción de posturas forzadas.*
- *Establecer programas de rotación de tareas, con el objetivo de disminuir la exposición continua a movimientos repetitivos.*
- *Incorporar pausas activas durante la jornada laboral, orientadas a la recuperación muscular y la prevención de la fatiga.*

### **b. Capacidades prácticas a desarrollar**

- *Aplicación de técnicas correctas de levantamiento y transporte de cargas.*
- *Identificación de factores de riesgo ergonómico en el puesto de trabajo.*
- *Uso adecuado de ayudas mecánicas.*
- *Reconocimiento temprano de síntomas asociados a TME.*
- *Participación activa en programas de mejora ergonómica.*

### **c. Procedimientos a emplear**

- *Evaluación periódica de riesgos ergonómicos mediante métodos como NIOSH, RULA y REBA.*
- *Registro sistemático de indicadores de salud ocupacional (dolor, ausentismo, lesiones).*
- *Implementación de protocolos de intervención ergonómica.*
- *Auditorías internas de cumplimiento de normativas ergonómicas.*
- *Programas de capacitación continua en ergonomía aplicada.*

### **d. A nivel organizacional**

- *Integrar la ergonomía dentro del sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo, en concordancia con la norma ISO 45001.*
- *Promover una cultura de prevención, fomentando la participación de los trabajadores en la identificación y control de riesgos.*
- *Establecer programas de vigilancia epidemiológica ocupacional, orientados a la detección temprana de TME.*
- *Incorporar indicadores ergonómicos dentro del sistema de gestión empresarial, vinculándolos con la productividad y el desempeño organizacional.*

#### **e. A nivel estratégico**

- *Incorporar tecnologías emergentes, como sensores de movimiento y sistemas de monitoreo en tiempo real, para la gestión del riesgo ergonómico.*
- *Desarrollar líneas de investigación orientadas a la ergonomía predictiva y al uso de inteligencia artificial en la prevención de lesiones.*
- *Alinear las estrategias ergonómicas con los objetivos de sostenibilidad y responsabilidad social empresarial.*
- *Posicionar la ergonomía como un eje estratégico en la toma de decisiones organizacionales.*

*El presente capítulo constituye un aporte significativo al estudio de los riesgos ergonómicos en la industria alimentaria, al integrar evidencia empírica, fundamentos teóricos y estrategias de intervención en un modelo aplicado de prevención de trastornos musculoesqueléticos.*

*La investigación demuestra que la ergonomía no solo es una herramienta para la protección de la salud de los trabajadores, sino también un factor clave para la mejora del desempeño organizacional y la sostenibilidad del sistema productivo.*

*De esta manera, se consolida una base conceptual y práctica que permitirá, en los siguientes capítulos, profundizar en la integración de riesgos laborales y en el desarrollo de modelos avanzados de gestión en entornos industriales.*

## **REFERENCIAS**

## CAPÍTULO 1

- American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). (2023). *TLVs and BEIs: Threshold limit values for chemical substances and physical agents & biological exposure indices*. ACGIH.
- Badri, A., Boudreau-Trudel, B., & Souissi, A. S. (2018). Occupational health and safety in the industry 4.0 era: A cause for major concern? *Safety Science*, 109, 403–411. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2018.06.012>
- European Chemicals Agency (ECHA). (2022). *Guidance on information requirements and chemical safety assessment*. <https://echa.europa.eu>
- European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). (2021). *Substitution of hazardous chemicals in the workplace*. <https://osha.europa.eu>
- Gilbert, P., & McBain, A. J. (2020). Potential impact of increased use of biocides in consumer products on prevalence of antibiotic resistance. *Journal of Applied Microbiology*, 128(6), 1582–1589. <https://doi.org/10.1111/jam.14559>
- Hämäläinen, P., Takala, J., & Boon Kiat, T. (2017). *Global estimates of occupational accidents and work-related illnesses 2017*. Workplace Safety and Health Institute.
- Health and Safety Executive (HSE). (2023). *COSHH essentials: Easy steps to control chemicals*. <https://www.hse.gov.uk>
- International Organization for Standardization (ISO). (2018). *ISO 45001:2018 Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use*. ISO.
- International Labour Organization (ILO). (2023). *Safety and health at the heart of the future of work: Building on 100 years of experience*. <https://www.ilo.org>
- Kim, K. H., Kabir, E., & Jahan, S. A. (2018). Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Environment International*, 121, 1–13. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2018.09.010>
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (2015). *Hierarchy of controls*. Centers for Disease Control and Prevention. <https://www.cdc.gov/niosh>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2021). *Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA)*. Naciones Unidas.
- Paustenbach, D. J. (2015). *The practice of exposure assessment: A state-of-the-art review*. Wiley.
- Reason, J. (1997). *Managing the risks of organizational accidents*. Ashgate Publishing.
- Robson, L. S., Clarke, J. A., Cullen, K., Bielecky, A., Severin, C., Bigelow, P. L., Irvin, E., Culyer, A., & Mahood, Q. (2017). The effectiveness of occupational health and safety management system interventions: A systematic review. *Safety Science*, 92, 163–179. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.10.003>
- Salvendy, G. (Ed.). (2012). *Handbook of human factors and ergonomics (4th ed.)*. Wiley.
- United Nations. (2022). *The sustainable development goals report 2022*. <https://unstats.un.org>

World Health Organization (WHO). (2020). *Chemical safety and health*. <https://www.who.int>

Zwetsloot, G. I. J. M., Leka, S., & Kines, P. (2020). *Vision zero: From accident prevention to the promotion of health, safety and well-being at work*. *Policy and Practice in Health and Safety*, 18(2), 88–100. <https://doi.org/10.1080/14773996.2020.1764702>

## CAPÍTULO 2

- Bosch, T., van Eck, J., Knitel, K., & de Looze, M. P. (2021). *The effects of mechanical aids on physical load in manual material handling tasks: A systematic review*. *Applied Ergonomics*, 92, 103347. <https://doi.org/10.1016/j.aperqo.2020.103347>
- da Costa, B. R., & Vieira, E. R. (2010). *Risk factors for work-related musculoskeletal disorders: A systematic review of recent longitudinal studies*. *American Journal of Industrial Medicine*, 53(3), 285–323. <https://doi.org/10.1002/ajim.20750>
- Hämäläinen, P., Takala, J., & Kiat, T. B. (2017). *Global estimates of occupational accidents and work-related illnesses 2017*. Workplace Safety and Health Institute.
- International Labour Organization (ILO). (2021). *World employment and social outlook: Trends 2021*. <https://www.ilo.org>
- International Organization for Standardization (ISO). (2019). *ISO 11228-1: Ergonomics — Manual handling — Part 1: Lifting and carrying*. ISO.
- International Organization for Standardization (ISO). (2018). *ISO 45001: Occupational health and safety management systems — Requirements with guidance for use*. ISO.
- Marras, W. S., Lavender, S. A., Leurgans, S. E., Fathallah, F. A., Ferguson, S. A., Allread, W. G., & Rajulu, S. L. (1993). *The role of dynamic trunk motion in occupational low back disorders*. *Spine*, 18(5), 617–628.
- McAtamney, L., & Corlett, E. N. (1993). *RULA: A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders*. *Applied Ergonomics*, 24(2), 91–99. [https://doi.org/10.1016/0003-6870\(93\)90080-S](https://doi.org/10.1016/0003-6870(93)90080-S)
- National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH). (1994). *Applications manual for the revised NIOSH lifting equation*. U.S. Department of Health and Human Services.
- Punnett, L., & Wegman, D. H. (2004). *Work-related musculoskeletal disorders: The epidemiologic evidence and the debate*. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 14(1), 13–23. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2003.09.011>
- Reason, J. (1997). *Managing the risks of organizational accidents*. Ashgate Publishing.
- Robson, L. S., Clarke, J. A., Cullen, K., Bielecky, A., Severin, C., Bigelow, P. L., Irvin, E., Culyer, A., & Mahood, Q. (2017). *The effectiveness of occupational health and safety management system interventions: A systematic review*. *Safety Science*, 92, 163–179. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.10.003>
- Salvendy, G. (Ed.). (2012). *Handbook of human factors and ergonomics (4th ed.)*. Wiley.
- Waters, T. R., Putz-Anderson, V., Garg, A., & Fine, L. J. (1993). *Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks*. *Ergonomics*, 36(7), 749–776. <https://doi.org/10.1080/00140139308967940>
- World Health Organization (WHO). (2021). *Musculoskeletal conditions*. <https://www.who.int>

## **RESOLUCIÓN DE ARBITRAJE**



**RED INTERNACIONAL DE INVESTIGACIÓN GALILEO ECUADOR  
RESOLUCIÓN N° REDDIGEC 2026-003  
ASAMBLEA EXTRAORDINARIA N° 002**

La Red Internacional de Investigación Galileo Ecuador, registrada bajo el Nro. SENESCYT- REG-RED-22-0167; en uso de las atribuciones que les confiere los artículos 3 y 5 de su estatuto:

**CONSIDERANDO**

Que en plan anual de funcionamiento de REDIIGEC, se contempla las funciones propias de las actividades de investigación como estrategia para el cumplimiento de su objeto social.

**CONSIDERANDO**

Que se ha solicitado el proceso de arbitraje por pares de expertos, mediante la técnica doble ciego; de acuerdo a los estándares internacionales que rige la materia al siguiente: proyecto de investigación / Producto(s) educativo(s)-investigativo(s) / Prototipo(s) / Proyectos de investigación o de naturaleza editorial; titulado: Avances investigativos UF nro.1-2026. Posgrado.

**CONSIDERANDO**

Que el Grupo de Investigación "PDCAL" y "Administración y gestión de riesgos"; con competencias en el caso, presentaron ante la instancia de la Coordinación Académica el informe técnico pertinente y el mismo recomendó la aprobación para publicación con aval de arbitraje, fomentando así la producción, promoción y difusión investigativa, desde la rigurosidad científica.

**CONSIDERANDO**

Que es atribución de esta instancia avalar las recomendaciones de las unidades operativas que conforman REDIIGEC y en todos sus capítulos internacionales, en relación a los procesos de arbitraje por pares de expertos, mediante la técnica doble ciego; en correspondencia a los estándares internacionales que rigen la materia a: proyectos de investigación / Producto(s) educativo(s)-investigativo(s) / Prototipo(s) / Proyectos de investigación o de naturaleza editorial; de instancias académicas o científicas que así lo solicitan y de acuerdo a la disponibilidad de grupos de investigación asociados a esta red que posean las credenciales académicas pertinentes entre sus miembros asociados.

**CONSIDERANDO**

Que la Red Internacional de Investigación Galileo Ecuador, ha sido creada para la cooperación científica y tecnológica en el cumplimiento de su objeto social.

**RESUELVE**

**ARTÍCULO 1.** Auspiciar y acompañar la aprobación académica por pares de los Grupos de Investigación con competencia; en favor del desarrollo, investigación y publicación del prototipo: Avances investigativos UF nro.1-2026. Posgrado. Así mismo, la publicación ON LINE en el sitio web institucional.

**ARTÍCULO 2.** Comuníquese a la Institución solicitante. De su conocimiento y fines pertinentes.

Dado y firmado en Guayaquil, Ecuador; a los tres días del mes de marzo de dos mil veintiséis;



Código de verificación Institucional



Firmado electrónicamente por:  
FRANKLIN GERARDO DE  
GREGORIO SALAS AULAR

**Coordinador General**





ISBN: 978-9942-673-54-1

9 789942 673541

CC BY NC SA