Análisis de las Tendencias de Contaminantes en las actividades de Agricultura, Ganadería, Minería y Pesca en Colombia: Impactos en la Salud Humana y la Biodiversidad a través de una Revisión de la Literatura

Katherin Vanessa Matajira Cubillos

Trabajo de Grado para Optar el Título de Ingeniero Industrial

Director

Rodolfo Mosquera Navarro

Doctor en Ingeniería - Industria y Organizaciones.

Codirector

Juan Pablo Pimiento Martínez

MBA en Gerencia de Negocios

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Ingeniería Industrial

Bucaramanga

2026

Dedicatoria

A mi familia, amigos, compañeros de la universidad y docentes.

Agradecimientos

A mi mamá, Claudia, y a mi papá, Alexander, por ser mi apoyo incondicional, por creer siempre en mí y por enseñarme que, con esfuerzo y perseverancia, los sueños se hacen realidad. A mi familia, por estar presente en cada paso de este camino, incluso a la distancia.

A mi hija, Olivia, la ilusión más grande de mi vida y mi mayor inspiración, por darle un sentido aún más bonito a cada esfuerzo. Y a mi esposo, Casimiro, por su amor, paciencia y apoyo incondicional, por acompañarme en este camino y ser parte fundamental de este logro.

A mis amigos y compañeros, por los momentos compartidos, las experiencias y el apoyo durante esta etapa. A mis docentes, por sus enseñanzas, dedicación y por contribuir a mi formación personal y profesional.

Finalmente, a cada persona que, de una u otra manera, hizo parte de este recorrido y contribuyó a que hoy este sueño sea una realidad.

Tabla de Contenido

Pág.

Introducción 14

1 Planteamiento del problema 18

1.1 Pregunta problema 20

2 Objetivos 21

2.1 Objetivo General 21

2.2 Objetivo Específicos 21

3 Alcance 22

4 Marco de Referencia 23

4.1 Marco Teórico 23

4.1.1 Actividades agrícolas 23

4.1.2 Actividad Ganadera 26

4.1.3 Actividad Minera 28

4.1.4 Actividad Pesquera 30

4.1.5 Antecedentes teóricos 32

5 Metodología del proyecto 36

5.1 Tipo de estudio 36

5.2 Tipo de investigación 36

5.3 Enfoque 36

5.4 Diseño de la investigación 37

5.5 Fuentes e instrumentos 38

5.6 Ecuaciones de Búsqueda 39

5.6.1 Sector agricultura 39

5.6.2 Sector Ganadería 41

5.6.3 Sector Minería 43

6 Resultados 45

6.1 Principales contaminantes en la Agricultura, Ganadería, Minería y Pesca en Colombia: Caracterización y Riesgos para la Salud de los Trabajadores 45

6.1.1 Agricultura 46

6.1.2 Ganadería 48

6.1.3 Minería 50

6.1.4 Pesca y Acuicultura 51

6.2 El riesgo laboral y las implicaciones del contacto con los contaminantes en la salud humana en trabajadores y entorno 53

6.2.1 Agricultura 53

6.2.2 Ganadería 55

6.2.3 Minería 57

6.2.4 Pesca y Acuicultura 58

6.3 Evaluación con herramienta de gestión de riesgos GTC-45 de las principales prácticas y fuentes de contaminación en las actividades económicas a nivel nacional 61

6.3.1 Análisis de riesgo sector agricultura 68

6.3.2 Análisis de riesgo Sector Ganadería 73

6.3.3 Análisis de riesgo Sector minería 78

6.3.4 Análisis de riesgo Sector pesca y Acuicultura 84

6.3.5 Prácticas estratégicas para reducir impactos en la salud de los trabajadores y la biodiversidad……..89

7 Discusión..... 92

8 Conclusiones 95

9 Recomendaciones..... 97

Referencias Bibliográficas 99

Apéndices..... 113

Lista de Tablas

Pág.

Tabla 1. Cumplimiento de objetivos 17

Tabla 2. Factores de riesgo laboral y enfermedades generadas por los residuos de las actividades agrícolas 25

Tabla 3. Contaminantes del sector agrícola 47

Tabla 4. Contaminantes sector ganadero 49

Tabla 5. Contaminantes sector minero 51

Tabla 6. Contaminantes en sector pesca y acuicultura 52

Tabla 7. Baremo del nivel de deficiencia 62

Tabla 8. Baremo del nivel de exposición 63

Tabla 9. Cálculo e Interpretación del Nivel de Probabilidad (NP) 64

Tabla 10. Nivel de Consecuencias (NC) 65

Tabla 11. Nivel de Riesgo (NR = NP × NC) 66

Tabla 12. Definición del nivel de riesgo 67

Tabla 13. Aceptación del nivel de riesgo 67

Tabla 14. Gestión de riesgo sector agricultura 68

Tabla 15. Gestión de riesgos sector ganadería 74

Tabla 16. Gestión de riesgo sector minería 79

Tabla 17. Gestión de Riesgos sector pesca y acuicultura 85

Tabla 18. Prácticas estratégicas para la mitigación de riesgos en los sectores analizado 90

Lista de Figuras

Pág.

Figura 1. Mapa de co-ocurrencia de palabras clave sector agricultura 40

Figura 2. Mapa de co-ocurrencia de palabras claves del sector minería 43

Lista de apéndices

Pág.

Apéndice A. Presentación de diapositivas - Análisis de las tendencias de contaminantes en las actividades de la agricultura, Ganadería, Minería y Pesca en Colombia. 113

Glosario

Exposición: Situación en la cual un trabajador entra en contacto directo o indirecto con agentes peligrosos, que pueden ser químicos, físicos o biológicos, durante la ejecución de sus actividades laborales, que pueden poner en riesgos su salud.

Residuos industriales: Sustancias físicas, químicas o de origen biológico presentes en el entorno industrial especifico, que pueden llegar a afectar la salud de los trabajadores y de los ecosistemas.

Salud y Seguridad en el Trabajo (SST): Medidas, políticas y prácticas orientadas a prevenir accidentes y enfermedades laborales, que buscan proteger el bienestar físico, mental y social de los trabajadores.

Sostenibilidad: Principio que busca garantizar el equilibrio entre el desarrollo económico, el cuidado del medio ambiente y el bienestar social, con un enfoque basado en que las actividades productivas actuales no comprometan los recursos y la salud de las futuras generaciones.

Resumen

Título: Análisis de las Tendencias de Contaminantes en las actividades de Agricultura, Ganadería, Minería y Pesca en Colombia: Impactos en la Salud Humana y la Biodiversidad a través de una Revisión de la Literatura*

Autor: Katherin Vanessa Matajira**

Palabras Clave: Agricultura, ganadería, minería, pesca, contaminantes, residuos, seguridad y salud en el trabajo.

Descripción:

La investigación presenta una revisión de la literatura orientada al análisis de los principales contaminantes generados por las actividades de agricultura, ganadería, minería y pesca en Colombia durante el periodo 2000-2024, con un énfasis en su impacto sobre la salud y seguridad de los trabajadores (SST). Estos sectores productivos, esenciales para la economía nacional, exponen de manera constante a sus empleados a factores de riesgo químicos, físicos y biológicos que pueden generar afecciones agudas y crónicas.

El análisis evidencia cómo las condiciones de trabajo, la falta de controles adecuados y la débil aplicación de normativas de SST agravan la vulnerabilidad de los trabajadores frente a dichos contaminantes. Asimismo, se identifican prácticas productivas que intensifican la exposición y se resalta la necesidad de implementar estrategias preventivas, capacitación y sistemas de vigilancia epidemiológica laboral, por esto, dentro del estudio se proponen lineamientos de gestión orientados a reducir la exposición ocupacional y a fomentar entornos laborales más seguros.

---

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenieras Físico Mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Ingeniería Industrial. Director: Rodolfo Mosquera Navarro

Abstract

Title: Analysis of Pollutant Trends in Agriculture, Livestock, Mining, and Fishing Activities in Colombia: Impacts on Human Health and Biodiversity through a Literature Review*

Author: Katherin Vanessa Matajira**

Key Words: Agriculture, livestock farming, mining, fishing, pollutants, waste, occupational health and safety.

Description:

The research presents a review of the literature focused on analyzing the main pollutants generated by agriculture, livestock, mining, and fishing activities in Colombia during the period 2000-2024, with an emphasis on their impact on workers' health and safety (OHS). These productive sectors, which are essential to the national economy, constantly expose their employees to chemical, physical, and biological risk factors that can cause acute and chronic conditions.

The analysis shows how working conditions, the lack of adequate controls, and the weak enforcement of OSH regulations increase workers' vulnerability to these pollutants. It also identifies production practices that intensify exposure and highlights the need to implement preventive strategies, training, and occupational epidemiological surveillance systems. For this reason, the study proposes management guidelines aimed at reducing occupational exposure and promoting safer work environments.

---

* Bachelor Thesis

** Faculty of Physical and Mechanical Engineering. School of Industrial and Business Studies. Industrial Engineering. Director: Rodolfo Mosquera Navarro

Introducción

Hoy en día, la protección de la salud humana en entornos laborales asociados a las actividades económicas del sector primario cobra una importancia creciente (Fry, 2019). La agricultura, ganadería, minería y pesca son sectores esenciales para la demanda alimentaria mundial y nacional. Sin embargo, a medida que aumentan la población y las tendencias de consumo, estas actividades incrementan su producción y, con ello, la generación de residuos contaminantes. Este fenómeno ha puesto en el centro del debate los riesgos ocupacionales derivados de la exposición a estos desechos (Tucker et al., 2024). Cada uno de estos sectores genera contaminantes con características particulares:

Agricultura: La agricultura genera residuos de fertilizantes, pesticidas y materia orgánica descompuesta, los cuales pueden provocar intoxicaciones crónicas en los trabajadores debido a su exposición prolongada. Estos agroquímicos han sido vinculados con afectaciones a la piel y enfermedades de largo plazo en los agricultores expuestos sin medidas de protección adecuadas (Tucker et al., 2024; Mehmood et al., 2022).

Ganadería: La ganadería produce desechos orgánicos, gases derivados de la fermentación, agroquímicos y residuos de agua industrial, los cuales pueden causar problemas respiratorios y dermatológicos en los trabajadores. Además, el contacto con microorganismos patógenos en el estiércol puede aumentar el riesgo de infecciones y otras enfermedades laborales (León et al., 2023)

Minería: En la minería, los trabajadores están expuestos a metales pesados como mercurio, plomo y arsénico, además de químicos agresivos, partículas en suspensión y aguas ácidas, lo que puede ocasionar efectos neurotóxicos y pulmonares. En la minería artesanal, la exposición prolongada a sustancias tóxicas ha sido asociada con enfermedades respiratorias y neurológicas (Cusma, 2020).

Pesca y acuicultura: La pesca y la acuicultura generan contaminación por microplásticos, desechos orgánicos y emisiones de combustión, los cuales pueden afectar la salud humana. La exposición prolongada a estas sustancias puede incrementar el riesgo de enfermedades respiratorias y problemas cutáneos entre los trabajadores del sector (Fry et al., 2019).

Debido a la relación directa de estas industrias con la explotación de recursos naturales, los trabajadores enfrentan exposición continua a contaminantes que pueden comprometer su bienestar físico y mental. Además del impacto sobre la salud laboral, los ecosistemas también se ven simultáneamente afectados por estas malas prácticas, lo que convierte esta problemática en un desafío para la sostenibilidad ambiental y la Responsabilidad Social Empresarial de los sectores en cuestión (Rodríguez, 2020).

A pesar de la importancia de estos sectores, existe una brecha de conocimiento sobre los riesgos específicos que enfrentan los trabajadores y la aparición de nuevas tendencias en contaminación laboral. Este desconocimiento limita la implementación de medidas preventivas efectivas (Tucker et al., 2024). Diversos estudios han documentado los efectos perjudiciales de la exposición a contaminantes en la agricultura, ganadería, minería y pesca, pero aún hay vacíos en el conocimiento sobre su impacto a largo plazo en la Seguridad y Salud en el trabajo (León et al., 2023).

El análisis propuesto no solo busca evaluar los riesgos laborales, sino también considerar los efectos secundarios en la biodiversidad, reconociendo que la protección de los trabajadores puede contribuir a mitigar el impacto ambiental (López et al., 2019). Estudios han demostrado que la degradación ambiental generada por estos sectores afecta tanto a los ecosistemas como a la salud de las comunidades cercanas, lo que refuerza la necesidad de implementar estrategias de mitigación y monitoreo continuo (Cusma, 2020).

Para ello, se plantea un análisis bibliométrico basado en datos recopilados mediante cuatro ecuaciones de búsqueda aplicadas en la base de datos Scopus, obteniendo un total de 426 documentos relacionados con los residuos de estos sectores y sus efectos en la salud de los trabajadores (Mehmood et al., 2022). Este enfoque permitirá una revisión exhaustiva de la literatura científica reciente y proporcionará información relevante para la toma de decisiones en materia de Seguridad y Salud en el trabajo y gestión ambiental (Hippert et al., 2024)

A continuación, se presenta un análisis bibliométrico detallado para cada sector económico estudiado, seguido de un análisis preliminar de la literatura. Posteriormente, se desarrolla el planteamiento del problema, la pregunta de investigación y los objetivos generales y específicos, cuyo cumplimiento se puede evidenciar en las secciones señaladas en la Tabla 1. Finalmente, se incluyen los resultados esperados, el marco de referencia, la justificación, la metodología, el cronograma y el presupuesto del proyecto.

Tabla 1.

Cumplimiento de objetivos

Objetivos	**Cumplimiento (capitulo)**
Identificar y caracterizar los principales contaminantes provenientes de las actividades de la agricultura, ganadería, minería y pesca en Colombia, a fin de comprender su naturaleza y nivel de riesgo para la salud de los trabajadores.	**Capítulo VI**
Analizar el impacto de los contaminantes presentes en dichas industrias para la salud humana de los trabajadores en Colombia en los últimos 24 años, considerando nivel de exposición y afectación.	**Capítulo VI**
Evaluar las principales prácticas y fuentes de contaminación a nivel nacional, estudiar los riesgos asociados a estos, con el fin de identificar algunas prácticas estratégicas que permitan mitigar las consecuencias negativas sobre la salud de los trabajadores y la biodiversidad.	**Capítulo VI**

Nota: Cumplimiento de los objetivos del proyecto. Fuente: Autoría propia.

1. Planteamiento del problema

En Colombia, las actividades económicas como la agricultura, ganadería, minería y pesca, si bien son esenciales para el desarrollo económico y su auge ha aumentado estas actividades, paralelamente se han identificado que estos también están generando impactos negativos significativos en la salud humana, particularmente en los trabajadores expuestos a contaminantes derivados de estas industrias. La constante exposición a residuos químicos, agentes biológicos y condiciones ambientales adversas incrementa el riesgo de enfermedades ocupacionales, esto impacta negativamente la calidad de vida de los colaboradores, de las comunidades cercanas y la biodiversidad.

En el sector agrícola, los residuos producto del uso intensivo de insumos químicos como fertilizantes nitrogenados, pesticidas y plaguicidas no solo contamina suelos y fuentes hídricas, sino que también representa un riesgo directo para la salud de los trabajadores del sector agrícolas, siendo la exposición prolongada a estos compuestos un factor que puede generar afectaciones y enfermedades como cáncer, trastornos endocrinos y afecciones respiratorias (Rivas et al., 2021).

De manera similar, la ganadería intensiva ha generado como residuos de sus actividades preocupantes cantidades de estos desechos, que en términos de salud, logran afectar la salud de los trabajadores del sector, esto suele ser por exposición a fluidos animales, materia orgánica en descomposición, exposición a residuos agroquímicos, esto no solo afecta la integridad humana, si no también se traduce en contaminación de fuentes hídricas con estos desechos orgánicos y microorganismos patógenos. Esta contaminación ha sido asociada con infecciones en los

trabajadores y en las comunidades aledañas. Además, la deforestación para la expansión de tierras de pastoreo no solo impacta la biodiversidad, sino que también expone a los trabajadores a enfermedades zoonóticas y vectores de transmisión como mosquitos y roedores (Soto, 2021).

En la minería, el problema de salud a los trabajadores se relaciona con la exposición a residuos y sustancias altamente tóxicas como el mercurio, el plomo y la liberación de metales pesados como arsénico y cadmio, estos elementos han provocado problemas graves de salud en los mineros y poblaciones aledañas. Enfermedades crónicas, daños neurológicos y afecciones respiratorias son algunas de las consecuencias documentadas, especialmente en regiones como Chocó y el Amazonas (López et al., 202). La inhalación de partículas en minas de carbón y el contacto con las aguas residuales de la actividad mostraron estar asociada al aumento de padecer enfermedades laborales en este sector.

Finalmente, en la industria pesquera los colaboradores enfrentan riesgos que van asociados a residuos biológicos y químicos. La manipulación inadecuada de residuos orgánicos, como restos de pescado y mariscos, favorece la proliferación de bacterias y hongos, aumentando la incidencia de infecciones cutáneas, enfermedades gastrointestinales y afecciones respiratorias (Kopper et al., 2009). Asimismo, la contaminación marina con metales pesados y microplásticos representa un riesgo adicional para la salud de los trabajadores, quienes pueden verse expuestos a estos contaminantes a través del contacto con el agua y la inhalación de partículas en ambientes cerrados (Rodríguez, 2020; Pedraza, 2021).

Estos problemas evidencian la necesidad de un análisis exhaustivo que identifique y evalúe los principales contaminantes generados por estas actividades económicas y sus efectos en la salud humana de los trabajadores. Mostrando la necesidad de encontrar y proponer alternativas sostenibles que disminuyan el impacto generado., desarrollando estrategias y

regulaciones efectivas que mitiguen estos impactos, promoviendo condiciones laborales seguras y sostenibles en cada uno de estos sectores.

1.1 Pregunta problema

¿Cuáles son los principales contaminantes generados por las actividades de agricultura, ganadería, minería y pesca en Colombia entre 2000 y 2024, y cómo afectan o ponen en riesgo la salud de los trabajadores, considerando los impactos ambientales asociados a estas actividades económicas?

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Realizar una exhaustiva revisión de la literatura con el objetivo de identificar los principales contaminantes en las actividades de agricultura, ganadería, minería y pesca en Colombia durante el periodo comprendido entre 2000 y 2024. Este análisis tiene como propósito evaluar el impacto de dichos contaminantes en la salud humana de los trabajadores de cada sector en el país y en segundo lugar en la biodiversidad.

2.2 Objetivo Específicos

Identificar y caracterizar los principales contaminantes provenientes de las actividades de la agricultura, ganadería, minería y pesca en Colombia, a fin de comprender su naturaleza y nivel de riesgo para la salud de los trabajadores.

Analizar el impacto de los contaminantes presentes en dichas industrias para la salud humana de los trabajadores en Colombia en los últimos 24 años, considerando nivel de exposición y afectación.

Evaluar las principales prácticas y fuentes de contaminación a nivel nacional, estudiar los riesgos asociados a estos, con el fin de identificar algunas prácticas estratégicas que permitan mitigar las consecuencias negativas sobre la salud de los trabajadores y la biodiversidad.

3. Alcance

El alcance de esta investigación se centra en realizar una revisión exhaustiva de la literatura científica y técnica publicada entre 2000 y 2024, con el fin de identificar los principales contaminantes asociados a las actividades de agricultura, ganadería, minería y pesca en Colombia. Se delimita específicamente al análisis de los efectos de dichos contaminantes en la salud y seguridad de los trabajadores de cada sector, considerando los niveles de exposición, riesgos ocupacionales y enfermedades asociadas.

4. Marco de Referencia

4.1 Marco Teórico

4.1.1 Actividades agrícolas

El sector agrícola depende en gran medida del uso de productos químicos como plaguicidas y fertilizantes para prevenir enfermedades en los cultivos y garantizar su productividad. Sin embargo, su manejo inadecuado genera riesgos significativos para la salud de los trabajadores y el medio ambiente. Según Peña, 2021, los residuos generados en el uso de estos agroquímicos, que, aunque esenciales para la producción agrícola, pueden causar intoxicaciones y enfermedades crónicas en los trabajadores, lo que resalta la necesidad de implementar medidas de seguridad y capacitación en su manejo.

Rivas et al. (2021) destaca a los fertilizantes nitrogenados como uno de los más agresivos, contribuyendo a la eutrofización de ríos y lagos, afectando los ecosistemas acuáticos, que impactan negativamente, tanto como en la salud humana como a la biodiversidad. Asimismo, la exposición a estos químicos se asocia con enfermedades como el cáncer, trastornos endocrinos y problemas reproductivos, lo que evidencia la importancia de una regulación estricta en su uso.

Es importante reconocer que uno de los principales factores que influyen en la afectación de la salud de los trabajadores agrícolas es la falta de uso de equipos de protección personal (EPP), el desconocimiento y la falta de capacitación, así como limitación en el suministro de

estos equipos y falta de regulación, son alguna de las causas de este flagelo que pone en riesgo la salud de los trabajadores del sector agrícola. Jaimes et al. (2018) llevo a cabo un estudio, y gracias a este logro evidenciar que la mayoría de los agricultores no contaban con el conocimiento técnico adecuado para la manipulación de plaguicidas, ni utilizaban los elementos de protección necesarios, como mascarillas o ropa adecuada. Estas malas prácticas crean un aumento en el riesgo a la salud, como intoxicaciones y enfermedades ocupacionales.

La exposición a agentes químicos y biológicos no se limita a los plaguicidas y fertilizantes, también se alcanzan a registrar riesgos asociados a la manipulación de abonos orgánicos, los trabajadores agrícolas expuesto a este tipo de compuestos activos, enfrentan riesgos que pueden derivar en enfermedades respiratorias, infecciones y afecciones cutáneas (Peña, 2019). Los riesgos de estas quimios, como plaguicidas varían por factores como cantidad de exposición, el tipo de agroquímico y las condiciones durante su aplicación (Karaman et al., 2004).

En términos de gestión de residuos, Carreño (2024) enfatiza que los residuos sólidos y agroquímicos en la industria agrícola han generado problemas ambientales graves, especialmente en zonas rurales, la falta de estrategias de manejo sostenible de estos residuos y falta de control, ha sido cómplice de la degradación del suelo y la contaminación de cuerpos de agua, afectando la calidad de vida de las comunidades aledañas, sugiriendo que se revisen las medidas de gestión, buscando hacerlo de manera eficiente, siendo esto fundamental para minimizar estos impactos.

A continuación, en la Tabla 2 se presenta el resumen residuos producto de la actividad agrícola que y que efectos tiene sobre la salud de los colaboradores:

Tabla 2.

Factores de riesgo laboral y enfermedades generadas por los residuos de las actividades agrícolas

Residuos o contaminante	Efectos sobre la salud de los colaboradores
Polen de cereales, caspa del ganado, antígenos fúngicos en el polvo de los graneros y sobre los cultivos	Asma y rinitis: Asma mediada por inmunoglobulina E
Polvo orgánico	Asma no inmunológica (asma por polvo de origen agrícola)
Ciertos componentes de las plantas, endotoxinas, micotoxinas	Inflamación de las mucosas
Insecticidas, arsénico, polvo irritante, amoniaco, humos, polvo de los granos (trigo, cebada)	Broncoespasmo, bronquitis aguda
Esporas de hongos o actinomicetos termofílicos liberados del grano o de los henos mohosos	Alveolitis alérgica extrínseca (neumonitis por hipersensibilidad)
Actinomicetos termofílicos: caña de azúcar mohosa	Bagazosis
Esporas de setas (durante la limpieza del sustrato)	Pulmón del cultivador de setas
Heno mohoso, compost	Pulmón del agricultor
Artrópodos en trigo infestado	Enfermedad del gorgojo del trigo y de las habas
Residuos vegetales, granulas de almidón, mohos y hongos, endotoxinas, micotoxinas, esporas, bacterias, etc.	Síndrome tóxico del polvo orgánico
Polvo de los graneros	Fiebre del grano
Ensilaje mohoso encima del silo	Síndrome del descargador de silo
Gases de putrefacción: amoniaco, ácido sulfhídrico, monóxido de carbono, etc.	Respuestas pulmonares agudas
Dióxido de nitrógeno de la fermentación del ensilaje	Enfermedad del cargador de silos
Polvo del suelo en regiones áridas	Fiebre del valle (coccidiomicosis)

Residuos o contaminante	Efectos sobre la salud de los colaboradores
Disolventes, benceno, humos, fumigantes, insecticidas (p. ej., organofosfatos, carbonatos, organocloruros), herbicidas (p. ej., ácidos fenoxiacéticos, bipiridilos, triazinas, arsénicos, acetanilidas, dinitro-toluídina), fungicidas (p. ej., tiocarbamatos, dicarboximidas)	Intoxicación aguda, enfermedad de Parkinson, neuritis periférica, enfermedad de Alzheimer, encefalopatía aguda y crónica, linfoma no Hodgkin, linfoma de Hodgkin, mieloma múltiple, sarcoma de tejidos blandos, leucemias, cánceres de cerebro, próstata, estómago, páncreas y testículo, glioma
Amoniaco y fertilizantes secos, hortalizas, tubérculos, fumigantes, polvo de avena y cebada, distintos plaguicidas, jabones, productos derivados del petróleo, disolventes, hipoclorito, compuestos fenólicos, líquido amniótico, piensos, furazolidona, hidroquinona, halquinol	Dermatitis irritativa por contacto
Ruido producto de maquinaria usada en la actividad industrial.	Sordera parcial o permanente.

Nota. Tomado del libro de la Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, (2008).

4.1.2 Actividad Ganadera

En Colombia, la ganadería es una actividad económica esencial, pero también es una de las principales fuentes de contaminación en las zonas rurales, debido a su importancia en los últimos años se ha intensificado paralelamente aumentando los impactos negativos generados sobre la salud humana de los trabajadores del sector y el medio ambiente. A medida que la demanda de productos ganaderos ha aumentado, también han crecido los desafíos asociados con la gestión de los residuos contaminantes generados por la actividad pecuaria, donde la falta de regulaciones estrictas y malas prácticas han agudizado estos problemas, poniendo en riesgo tanto a los empleados como a la biodiversidad (Hurtado et al., 2024).

Uno de los principales residuos generados por la ganadería es el estiércol animal, el cual es un reservorio de microorganismos patógenos como *Escherichia coli* O157:H7, *Listeria* y *Cryptosporidium*. Dichos microorganismos son capaces de contaminar el agua, los alimentos y el

suelo, facilitando la propagación de enfermedades infecciosas en los trabajadores del sector, por esta razón es esencial implementar medidas adecuadas para la gestión y el tratamiento de estos residuos con el fin de minimizar su impacto en la salud de los trabajadores y el ambiente (Gil et al., 2021).

Los residuos ganaderos contienen bacterias, virus y hongos que representan un riesgo sanitario significativo para trabajadores y los animales Osorio (2010). Los trabajadores del sector están expuestos a riesgos biológicos que pueden llegar a generar infecciones severas como la tuberculosis bovina, la brucelosis, alergias o intoxicaciones, derivados del contacto con residuos biológicos como sangre y fluidos de los animales. Es importante reconocer métodos preventivos como el uso de equipos de protección personal (EPP), la capacitación de los trabajadores sobre riesgos biológicos y la implementación de sistemas de gestión efectivos en gestión y disposición de los residuos (Arteaga et al., 2018).

Por otra parte, Laguna (2023) logro identificar que los trabajadores de este sector, en escenarios específicos, también están expuestos a riesgos físicos derivados de la inhalación de material particulado producto del desplazamiento del ganado, especialmente en períodos de sequías, donde los mariales más pequeños del suelo son desprendidos mecánicamente por el conglomerado del rebaño y suspendidos en el aire, este material particulado puede causar irritación en las vías respiratorias y molestias oculares.

Los residuos ganaderos representan una amenaza significativa para la salud de los trabajadores del sector pecuario en Colombia. La exposición a patógenos, contaminantes químicos y factores ambientales adversos puede generar enfermedades graves y afectar la calidad de vida de los empleados y a su vez, estos residuos también impactan la biodiversidad, alterando ecosistemas y recursos naturales. Proponer la implementación de prácticas sostenibles, la

regulación estricta de la gestión de desechos y la formación de los trabajadores en medidas de prevención son clave para mitigar estos riesgos y garantizar un entorno laboral más seguro y saludable.

4.1.3 Actividad Minera

La minería es una actividad económica fundamental en diversas regiones, caracterizada por su contribución al desarrollo industrial y la generación de empleo. Sin embargo, esta actividad también conlleva importantes impactos ambientales y riesgos ocupacionales. La extracción de recursos como el oro, el carbón y el petróleo ha generado problemas ambientales y sociales de gran magnitud, siendo la contaminación por metales pesados uno de los aspectos más preocupantes (López et al., 2022).

Una de las actividades minera con más fuerza en el entorno nacional, es la extracción de oro, donde técnicamente se emplea mercurio metálico para formar una amalgama con el metal y facilitar su captación, esta actividad especifica contribuye significativamente a la contaminación por este elemento. El problema con el mercurio es que exponerse a este, representa un grave riesgo para la salud de los mineros y sus familias, destacando en gravead el proceso de eliminación mediante la quema de la amalgama oro-mercurio, la bioacumulación de mercurio no solo afecta a los seres humanos, su no que en las cadenas tróficas afecta a las comunidades que dependen del consumo de peces y otros organismos, lo que termina generado un problema de salud pública (Doria et al, 2013).

La exposición al mercurio, particularmente en los procesos de lixiviación empleados en la extracción de oro y platino. Según Bernhoft (2012), la inhalación de vapores y contacto directo con este metal puede afectar órganos vitales como el hígado, riñones y el sistema

nervioso, comprometiendo gravemente la salud de los trabajadores expuestos. Estudios han demostrado que el mercurio no solo tiene efectos inmediatos, sino que su acumulación en el organismo puede generar consecuencias a largo plazo, tales como alteraciones neurológicas, problemas emocionales y deterioro cognitivo (Lara et al., 2020).

Uno de los principales riesgos asociados a la minería en la extracción de carbón, es la exposición a partículas tóxicas, tales como el asbesto y la sílice, las cuales pueden afectar la salud de los trabajadores. De acuerdo con Cusma (2020), la falta de medidas de seguridad en la minería informal incrementa la probabilidad de desarrollar enfermedades pulmonares como la asbestosis, la neumoconiosis y la silicosis. Adicionalmente, se han documentado efectos en la piel y el sistema osteoarticular, reflejando la importancia de mejorar las condiciones laborales en el sector minero.

La contaminación generada por metales pesados como el arsénico y el cadmio es otro de los problemas ambientales asociados a la minería. Su presencia en cuerpos de agua y suelos cercanos a las zonas de extracción representa un riesgo tanto para la salud de los trabajadores, las comunidades locales y los ecosistemas. En regiones como Chocó y el Amazonas, la minería artesanal e ilegal ha intensificado estos efectos, haciendo urgente la implementación de estrategias para mitigar el impacto ambiental y sanitario de la actividad minera (López et al., 2022).

Adicionalmente, la exposición al plomo en la minería ha sido objeto de estudio debido a sus efectos potencialmente adversos en la salud. Investigaciones como la de Granda (2021) han analizado la relación entre los niveles de plomo en sangre y las alteraciones hematológicas en trabajadores del sector, concluyendo que, si bien se han detectado concentraciones elevadas, no siempre existe una correlación directa con patologías específicas. No obstante, se recomienda

continuar con estudios que permitan comprender mejor los efectos del plomo en la Seguridad y Salud en el trabajo.

Desde una perspectiva de seguridad y salud en el trabajo, el ruido generado por actividades mineras como la perforación y la trituración de materiales también se ha identificado como un riesgo significativo. Guaycha (2023) indica que, en muchos casos, los niveles de ruido en los entornos mineros superan los límites recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS), lo que puede derivar en pérdida auditiva temporal o permanente en los trabajadores. La falta de uso adecuado de equipos de protección personal y la informalidad en el sector agravan esta problemática, evidenciando la necesidad de mejorar las normativas de seguridad laboral.

En conclusión, la minería presenta múltiples desafíos relacionados con la salud de los trabajadores y la conservación del medio ambiente. La implementación de normativas estrictas, el uso de tecnologías más limpias y la promoción de buenas prácticas en el manejo de residuos son estrategias clave para mitigar los impactos negativos de esta actividad y garantizar un desarrollo minero más sostenible.

4.1.4 Actividad Pesquera

En este sector, son más limitados, pero se logra identificar que el sector pesquero presenta diversos riesgos para la salud de los trabajadores, gracias a los residuos generados por la actividad industrial. A pesar de la escasez de registros específicos sobre los riesgos laborales derivados de los residuos en esta industria, se han identificado factores que comprometen la seguridad de los colaboradores, como son residuos orgánicos en descomposición, residuos de combustión, entre otros.

Uno de los principales riesgos identificados es el biológico, derivado de la descomposición de residuos orgánicos como restos de pescado y mariscos, estos residuos favorecen la proliferación de bacterias, hongos y parásitos, lo que puede ocasionar infecciones cutáneas, enfermedades respiratorias y por la inhalación de microorganismos en ambientes húmedos y mal ventilados, además, la acumulación de estos desechos en espacios cerrados genera malos olores y afecta el bienestar de los trabajadores (Kopper et al., 2009).

Otro riesgo relevante es el químico, asociado a la emisión de gases de combustión provenientes de los motores de las embarcaciones. La inhalación prolongada de estos gases puede generar afecciones respiratorias graves. Asimismo, la presencia de trazas de combustible debido a una inadecuada manipulación representa un riesgo potencial de incendios, quemaduras y asfixia, especialmente en espacios confinados y con poca ventilación (Gagliuffi y Fernández, 2017).

Si bien no es un riesgo producto de los residuos, se evidencian algunos riesgos físicos y ambientales, los trabajadores del sector pesquero están expuestos a condiciones climáticas adversas como temperaturas extremas, alta humedad, vientos fuertes, radiación solar, vibraciones y niveles elevados de ruido. Estas condiciones pueden provocar fatiga, estrés y enfermedades ocupacionales a largo plazo (Yanes, 2006).

A nivel ambiental y daño a la biodiversidad, la sobrepesca en las regiones costeras del Caribe y el Pacífico colombiano reduce las poblaciones de peces, altera las cadenas alimenticias y afecta el equilibrio ecológico del océano. Adicionalmente, la acumulación de plásticos y desechos industriales contamina las aguas marinas, perjudicando la fauna acuática y disminuyendo la calidad del agua. Además, la contaminación con pesticidas agrícolas y metales

pesados representa un riesgo tanto para los ecosistemas marinos como para la salud humana (Rodríguez, 2020).

Uno de los problemas más críticos en la industria pesquera es el consumo de peces contaminados con metales pesados y microplásticos, lo que ha sido asociado a trastornos digestivos, problemas endocrinos y cáncer. La biodiversidad marina también se ha visto afectada por la sobrepesca y la contaminación, poniendo en peligro la supervivencia de diversas especies y comprometiendo la estabilidad de los ecosistemas. Implementar prácticas de pesca sostenible y reducir la contaminación marina son estrategias clave para mitigar estos impactos (Pedraza, 2021).

4.1.5 Antecedentes teóricos

Para introducir a la temática de la investigación, se empieza citando a la tesis de especialización de Funeme et al. (2021), titulada “Diseño de un manual de prevención de riesgos químicos en actividades de cultivo de papa en la finca Los Colorados ubicada en Pasca – Cundinamarca”, este estudio analiza los riesgos químicos a los que se encuentran expuestos los agricultores en la finca “Los Colorados” al momento de manipular plaguicidas para los cultivos de papa, analizando como esta actividad importante del proceso de la agricultura, al ser desarrollada genera partículas residuales en el aire y su alrededor, que al entrar en contacto o ser inhalado puede llegar a términos donde se termine afectando la salud de los agricultores.

En la investigación desarrollada por Peña (2019) titulada, “Principales Peligros Biológicos Y Químicos Asociados A Los Trabajadores Por Manipulación De Abonos Orgánicos” la investigación tiene como objetivo principal identificar los peligros asociados a la manipulación de abono orgánico, destacando que la agricultura es uno de los sectores más

peligrosos a nivel mundial, junto con la minería y la construcción. Los trabajadores en la agroindustria enfrentan riesgos biológicos y químicos que pueden derivar en problemas de salud crónicos, discapacidades y enfermedades laborales, siendo no solos los plagidas y pesticidas los únicos responsables de daño en la salud de los trabajadores, si no las empresas de compostaje, los riesgos químicos y biológicos son los más comunes, afectando directamente la salud de los empleados y reduciendo la productividad debido al ausentismo y las incapacidades relacionadas.

En el estudio de Laguna (2023), llamado “Relatorio de impacto ambiental preliminar. Proyecto: producción ganadera (engorde de ganado vacuno). Proponente: estancia Ypacaraí S.A. en propiedad identificada como matriculas b12/24-b12/25-ubicado en el lugar denominado Laguna Ñaro. Distrito de paso Barreto. Departamento de concepción.” Hace un estudio del impacto ambiental orientado a los daños a la salud de los trabajadores producto de las actividades ganaderas del área, encontraron que una de los riesgos es de carácter físico, por exposición a la posible inhalación de aire contaminado con material particulado generado por desplazamiento del ganado en especialmente en periodos de mucha sequía, lo cual puede generar irritación en vías respiratorias y vista, molestias o dolencias por efecto del polvo.

Arteaga et al. (2018) por su parte en su investigación “Guía Preventiva Para Los Principales Riesgos Del Sector Ganadero Bovino Colombiano” muestra que los trabajadores del sector ganadero están expuesto a riesgos biológicos que pueden llegar a generar infecciones severas como tuberculosis bovina, brucelosis, alergias o intoxicación secundaria, producto del contacto con residuos biológicos generado por las actividades pecuarias, estos residuos pueden ser sangre y fluido de animales, por esto se sugiere el uso de los EPP adecuados.

Este estudio también logró menciona que en la actividad ganadera los colaboradores están expuestos a riesgo químico debido a residuos potencialmente peligrosos, productos de

actividades como bañar el ganado para controlar ectoparásitos, fungicidas, herbicidas, insecticidas, los residuos generados por estas sustancias pueden generar daños serios a la salud de los colaboradores, que pueden ir desde intoxicación, alergias respiratorias, y daños permanentes a largo plazo, por lo que se debe tener presente este tipo de situaciones dentro de estas actividades industriales (Arteaga et al. 2018).

Para adentrarse a los antecedentes de la minería en Colombia, se cita la investigación desarrollada por Mesquidaz et al. (2013) “Exposición a mercurio en trabajadores de una mina de oro en el norte de Colombia” en esta se evalúo la exposición al mercurio residual producto del proceso de captación de oro en las actividades mineras, estos llevaron a cabo mediciones de la cantidad de mercurio en los colaboradores en una mina de oro en el norte de Colombia en una población de trabajadores de la mina “el Alacrán” del departamento de Córdoba. Para hacer las lecturas se Hg se desarrollaron a través de un biomarcador de exposición realizado por espectrometría de absorción atómica por vapor frio (CVAAS), los resultados fueron realmente alarmantes, pues el 28,6% de los trabajadores en el análisis de sus muestras superaron las concentraciones recomendadas por la Organización Mundial de la Salud cuyo valor es 20 pg/L.

En el trabajo titulado “Diseño del Programa de Salud Ocupacional para la Cooperativa de Ganaderos y Agricultores del Risaralda CODEGAR Ltda.”, Osorio Londoño (2010) identificó que los principales factores de riesgo para la salud de los trabajadores del sector ganadero estaban asociados con la exposición a agentes contaminantes como residuos orgánicos, productos fitosanitarios y agentes biológicos. Estas condiciones favorecen la aparición de afecciones respiratorias, cutáneas y osteomusculares, lo que resalta la necesidad de implementar medidas preventivas, vigilancia médica y programas integrales de Seguridad y Salud en el trabajo adaptados a las características del entorno rural.

Casas et al. (2015), en su investigación “Hacia un plan nacional para el control de los efectos del mercurio en la salud en Colombia” cita varios autores donde se demuestra pruebas reales sobre la estrecha relación, entre la exposición a los compuestos de mercurio y el cáncer en los seres humanos, específicamente en los trabajadores del sector, ya que estos son quienes más se encuentran expuesto a estas sustancias residuales de la actividad.

Este revela que el mercurio es que las investigaciones hechas en Colombia asocian la exposición a residuos de la minería como el mercurio en la salud de los trabajadores, efectos como cefalea, lesiones de la mucosa oral, náuseas, pérdida de la memoria, alteraciones neurológicas, la amnesia, cambios emocionales, ansiedad, depresión e insomnio.

5. Metodología del proyecto

5.1 Tipo de estudio

El tipo de estudio del proyecto es de tipo descriptivo, ya que se centra en caracterizar la generación de residuos y contaminantes en los sectores de la agricultura, ganadería, minería y pesca en Colombia, con el fin de entender sus cualidades, riesgos y factores determinantes en la salud de los trabajadores. Este estudio proporciona una imagen clara y detallada de la problemática, sirviendo como punto de partida para futuras investigaciones sobre impactos ocupacionales y ambientales.

5.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación es teórica con análisis descriptivo, lo que implica un análisis basado en la revisión de conceptos, modelos y estudios previos que permitan identificar y comprender las principales fuentes de contaminación en estos sectores y sus implicaciones en la salud de los trabajadores y la biodiversidad.

5.3 Enfoque

El enfoque de la investigación es cualitativo, ya que se fundamenta en el análisis de fuentes secundarias. A diferencia de un análisis cuantitativo, este enfoque profundiza en la interpretación de la información recopilada mediante la revisión bibliográfica, permitiendo identificar los principales residuos y contaminantes generados en cada sector y sus efectos sobre

los trabajadores expuestos. Este tipo de enfoque posibilita una contextualización detallada del problema, aportando una visión interpretativa y analítica del impacto de los contaminantes en la Seguridad y Salud en el trabajo y la sostenibilidad ambiental.

5.4 Diseño de la investigación

El diseño de la presente investigación es de tipo documental, lo que indica realizar una revisión y análisis bibliométrico de fuentes secundarias con el fin de comprender profundamente la problemática de los residuos contaminantes en los sectores agrícolas, ganaderos, mineros y pesqueros en Colombia. Según Gonzales y Sepúlveda (2021), este diseño aporta un gran valor académico al enfatizar la importancia de la interpretación y el análisis en la construcción del conocimiento, aspectos clave para entender la relación entre los residuos generados y los riesgos ocupacionales en estos sectores.

El análisis bibliométrico permite examinar de manera cuantitativa la producción científica relacionada con la contaminación ambiental y sus efectos en la Seguridad y Salud en el trabajo en los sectores de la agricultura, ganadería, minería y pesca. A través de este enfoque, se identifican tendencias en la investigación, la evolución de los estudios sobre contaminantes laborales y su impacto en los trabajadores expuestos.

En el contexto de esta investigación, el análisis bibliométrico se basa en la revisión de artículos indexados en bases de datos científicas, utilizando ecuaciones de búsqueda específicas para recopilar información relevante entre los años 2000 y 2024. Este proceso permitirá determinar los principales contaminantes de cada sector relacionados con los efectos más frecuentes en la salud de los trabajadores y el desarrollo de estrategias propuestas para mitigar los riesgos asociados.

La búsqueda bibliográfica se realizó de manera global, utilizando términos clave como "occupational health", "health effects" y "worker safety", lo que permitió identificar estudios que abordan los riesgos laborales en sectores económicos como la agricultura, la ganadería, la minería y la pesca. Posteriormente, se realizó un análisis específico sobre Colombia para evaluar su nivel de producción científica en comparación con otros países y contextualizar los hallazgos en función de las condiciones nacionales.

5.5 Fuentes e instrumentos

Para Para la presente investigación se emplearán fuentes secundarias obtenidas de bases de datos y repositorios académicos universitarios, lo que facilitará el acceso a información previamente analizada e interpretada. Estas fuentes permitirán una comprensión profunda y crítica sobre la relación entre los residuos contaminantes y su impacto en la salud de los trabajadores expuestos en cada sector (Rivero et al. (2023) Este enfoque implica:

Búsqueda exhaustiva de estudios en bases de datos académicas, aplicando ecuaciones de búsqueda específicas en Scopus.

Evaluación crítica de los estudios seleccionados, garantizando la relevancia y confiabilidad de la información.

Síntesis de los datos obtenidos, minimizando sesgos y proporcionando resultados confiables y precisos sobre la relación entre residuos contaminantes y Seguridad y Salud en el trabajo en la agricultura, ganadería, minería y pesca en Colombia.

5.6 Ecuaciones de Búsqueda

Para el análisis bibliográfico, se usó ecuaciones de búsqueda, más de una por cada sector de interés, tales como agricultura, ganadería, minería y pesca, priorizando el análisis de su impacto en la salud humana de los trabajadores. De manera secundaria, también se consideró el efecto de estas actividades sobre la biodiversidad, reconociendo que el cuidado del entorno natural puede contribuir al bienestar de los trabajadores de cada sector. A continuación, se presenta el análisis bibliométrico de cada sector, basado en una revisión exhaustiva realizada en la base de datos Scopus.

5.6.1 Sector agricultura

Ecuación 1.

(TITLE-ABS-KEY (“agriculture" OR "agricultural activities" OR "farming”) AND (“pollutants" OR "contaminants" OR "pesticides" OR "fertilizers”) AND (“occupational health" OR "health effects" OR "worker safety" OR "occupational exposure”) AND (“Colombia”)) AND PUBYEAR > 1999

Resultados obtenidos: 364 documentos.

Ecuación 2.

TITLE-ABS-KEY (“occupational diseases" OR "work-related illnesses" OR "occupational exposure”) AND TITLE-ABS-KEY (“agriculture" OR "farm workers" OR "crop farming" OR "rural labor”) AND TITLE-ABS-KEY (“pesticides" OR "fertilizers" OR "chemical exposure" OR "airborne contaminants”) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar”))

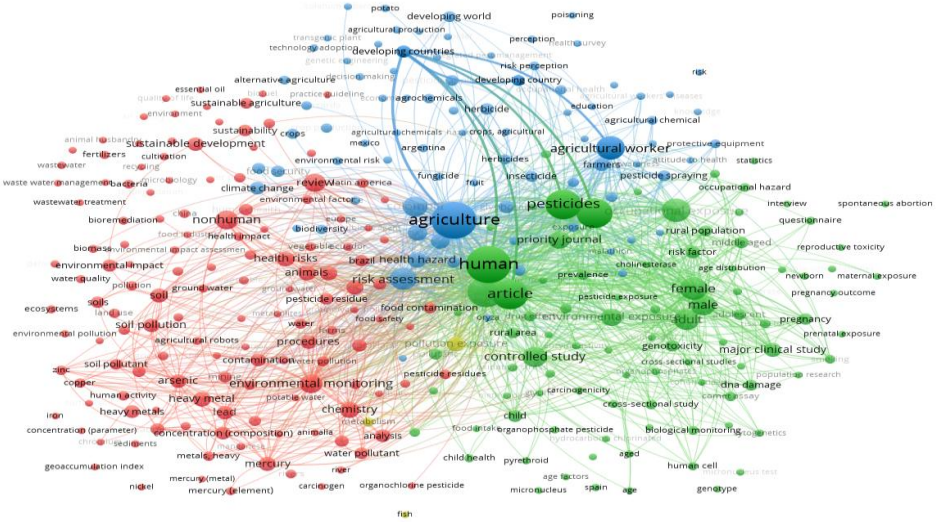
Resultados obtenidos: 1977 documentos.

Los resultados obtenidos a través de la ecuación de búsqueda anteriormente presentada donde se incluyeron los términos más relevantes considerados para el objeto de la investigación con respecto al sector agricultura, arrojó 2341 documentos, de los cuales más de 73 son nacionales, revelando una buena información disponible, siendo el sector con mayor bibliografía disponible para la investigación.

Se hizo un análisis por VOSviewer a través de un mapeo extraído de la base de datos de Scopus, se procede a descargar el formato CSV el cual se lee a través del software en cuestión, a continuación, se presenta el Mapa de co-ocurrencia que se observa en la Figura 1 con las palabras clave que arrojo la base de datos cargada a VOSviewer, las palabras claves son Agricultura, Pesticidas, agricultor, evaluación de riesgo.

Figura 1.

Mapa de co-ocurrencia de palabras clave sector agricultura



Nota. Tomado de VOSViewer

5.6.2 Sector Ganadería

Ecuaciones de búsqueda:

Ecuación1.

(TITLE-ABS-KEY ("livestock" OR "cattle farming" OR "animal husbandry") AND TITLE-ABS-KEY (“Waste” OR "pollutants" OR "contaminants" OR "manure" OR "methane") AND (“occupational health" OR "health effects" OR "worker safety" OR "occupational exposure”) AND (“Colombia”)) AND PUBYEAR > 1999

Resultados obtenidos: 29 documentos.

Ecuación 2.

TITLE-ABS-KEY (“occupational health" OR "workplace safety" OR "occupational hazards”) AND TITLE-ABS-KEY (“livestock farming" OR "cattle farming" OR "dairy farming" OR "animal husbandry”) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar”))

Resultados obtenidos: 255 Documentos.

Ecuación 3.

TITLE-ABS-KEY (“chemical exposure" OR "pesticides" OR "physical hazards”) AND TITLE-ABS-KEY (“livestock farming" OR "dairy farming" OR "cattle industry”) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar”))

Resultados obtenidos: 150 Documentos.

Para desarrollar la búsqueda, se propusieron 3 ecuaciones de búsqueda aplicada, para el objeto de investigación relacionado con la actividad ganadera, arrojaron un total de 434 documentos. En la

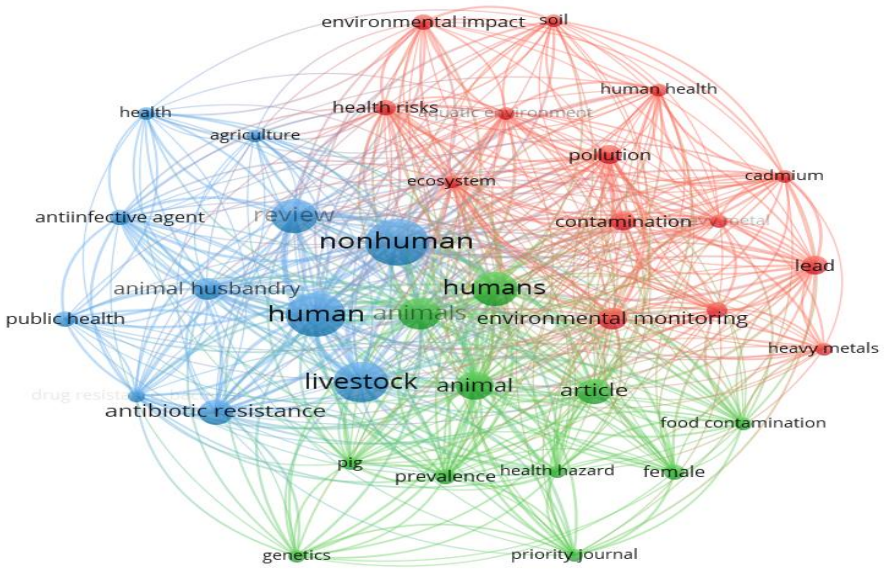
Figura 2 se evidencia una clara relación entre residuos de la actividad ganadera respecto a la salud humana de los colaboradores, incluyendo fuentes nacionales e internacionales.

(TITLE-ABS-KEY ("occupational diseases" OR "work-related diseases" OR "occupational health problems" OR "occupational exposure" OR "occupational risks" OR "occupational hazards" OR "work-related injuries" OR "health problems in workers" OR "health conditions in workers" OR "occupational infections" OR "occupational zoonoses" OR "occupational accidents" OR "occupational safety" OR "ergonomic risks" OR "musculoskeletal disorders" OR "skin diseases" OR "respiratory diseases" OR "occupational health")) AND (TITLE-ABS-KEY ("livestock" OR "cattle" OR "dairy cattle" OR "beef cattle" OR "animal farming" OR "livestock farming" OR "cattle farming" OR "dairy farming" OR "animal husbandry" OR "livestock production" OR "livestock workers" OR "cattle workers" OR "dairy workers" OR "farm workers" OR "agricultural workers" OR "rural workers")) AND (TITLE-ABS-KEY ("Colombia"))

Resultados obtenidos: 70 Documentos.

Figura 2.

Mapa de co-ocurrencia de palabras claves del sector minería



Nota. Tomado de VOSViewer

5.6.3 Sector Minería

Ecuación 1.

(TITLE-ABS-KEY ("mining" OR "mining activities") AND TITLE-ABS-KEY ("pollutants" OR "contaminants" OR "metals" OR "mercury" OR "cyanide") AND TITLE-ABS-KEY ("occupational health" OR "worker safety" OR "occupational exposure") AND TITLE-ABS-KEY ("Colombia"))

Resultados obtenidos: 30 documentos.

Ecuación 2.

TITLE-ABS-KEY (“occupational diseases" OR "work-related illnesses" OR "occupational exposure”) AND TITLE-ABS-KEY (“mining" OR "miners" OR "underground workers" OR "open-pit mining”) AND TITLE-ABS-KEY (“heavy metals" OR "particulate matter" OR "chemical exposure" OR "airborne contaminants”) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar”))

Resultados obtenidos: 334 documentos.

Para este sector se llevó a cabo el uso de los resultados basados en dos ecuaciones de búsquedas presentadas previamente, esta búsqueda arrojo un total de 364 documentos. De estos, más de 28 documentos corresponden a investigaciones realizadas en Colombia, lo que evidencia la abundante información disponible en el contexto nacional, por lo que esta variable promete tener un gran apoyo bibliográfico para ser estudiada, mastranto la factibilidad de la investigación para este sector.

6. Resultados

6.1 Principales contaminantes en la Agricultura, Ganadería, Minería y Pesca en Colombia: Caracterización y Riesgos para la Salud de los Trabajadores

En Colombia, sectores productivos como la agricultura, la ganadería, la minería y la pesca sostienen la economía de amplias regiones rurales, estas garantizan el abastecimiento alimentario y energético del país, entre otras cosas. Sin embargo, estas actividades exponen a los trabajadores a una variedad de agentes contaminantes que, en muchos casos, pasan inadvertidos o no son monitoreados adecuadamente. El contacto prolongado con plaguicidas, metales pesados, bioaerosoles, bacterias zoonóticas y otros agentes fisicoquímicos o biológicos representa un riesgo significativo para la salud de las personas que trabajan en dichas actividades, sus familias y comunidades cercanas.

A pesar de que supone este un problema de gran magnitud se evidencia que a pesar del conocimiento de impacto en el medio ambiente y en la salud, muchas veces no se encuentran rigurosidad en la aplicación de tal conocimiento, tanto en la vigilancia del estado sobre las condiciones laborales, ni los emprendimientos que muchas veces son precisamente al margen de la ley como sucede en algunas minerías artesanales,

La caracterización de estos contaminantes permitirá establecer una línea base de conocimiento útil para fortalecer estrategias de prevención, promover intervenciones integradas en salud ambiental, seguridad y salud en el trabajo, y orientar la toma de decisiones en contextos rurales y productivos. Además, esta revisión sistemática de estudios recientes aporta evidencia

sobre la relación directa entre exposición laboral y deterioro en la salud física, neurológica, respiratoria, reproductiva y genética de los trabajadores.

6.1.1 Agricultura

La agricultura en Colombia es una actividad de gran importancia económica y social en Colombia (Fonseca y Bossa, 2022), pero también una de las principales fuentes de exposición a contaminantes químicos y biológicos. Los trabajadores agrícolas se enfrentan diariamente a la aplicación de plaguicidas, fertilizantes y la manipulación de residuos orgánicos que liberan compuestos peligrosos para la salud. Los agroquímicos, especialmente los organofosforados, carbamatos y piretroides, han sido ampliamente utilizados para el control de plagas y malezas, generando una exposición crónica que afecta principalmente al sistema neurológico, respiratorio y endocrino.

Entre los documentos de la revisión se encuentra el de Jiménez et al. (2024), realizado en cultivos de papa en Belén (Boyacá), demostraron que trabajadores agrícolas expuestos a pesticidas presentaron síntomas neurotóxicos y disminución del tamaño pupilar. Este hallazgo sugiere un efecto directo sobre el sistema nervioso autónomo y plantea el tamaño pupilar como un biomarcador útil de exposición a plaguicidas (Jiménez et al., 2024).

De forma complementaria, Cepeda et al. (2020) identificaron una alta frecuencia de alteraciones cromosómicas en agricultores expuestos a pesticidas en zonas rurales, incluyendo monosomías, deleciones y translocaciones, lo cual evidencia daño genético con posibles consecuencias a largo plazo como el desarrollo de enfermedades oncológicas (Cepeda et al., 2020).

Por su parte, Londoño Franco et al. (2018) reportaron una asociación estadísticamente significativa entre niveles elevados de pesticidas organoclorados (como el 4,4’-DDE, Heptacloro y Endosulfán I) y la prevalencia de hipotiroidismo subclínico en agricultores del departamento del Quindío, destacando el potencial disruptor endocrino de estas sustancias (Londoño Franco et al., 2018).

El uso inadecuado de equipos de protección personal (EPP), las deficiencias en la capacitación técnica, y la ausencia de regulaciones estrictas aumentan la vulnerabilidad de los trabajadores del campo. La aplicación manual de agroquímicos, muchas veces sin condiciones de ventilación o conocimiento adecuado, incrementa el riesgo de absorción dérmica e inhalación directa. Por otro lado, la descomposición de residuos vegetales y animales favorece la formación de bioaerosoles cargados de microorganismos, los cuales pueden causar enfermedades respiratorias crónicas, especialmente en trabajadores que laboran en invernaderos o zonas de alta humedad sin control ambiental. Estos hallazgos se sintetizan en la Tabla 3.

Tabla 3.

Contaminantes del sector agrícola

Principales contaminantes identificados en el sector agrícola colombiano	
Plaguicidas:	organofosforados, carbamatos, piretroides, organoclorados (4,4'-DDE, Endosulfán I, Heptacloro) (Jiménez et al., 2024)
Fertilizantes químicos	principalmente nitratos y fosfatos con potencial de contaminación de agua y suelo
Bioaerosoles:	con carga microbiana procedente de residuos orgánicos en descomposición (Londoño et al., 2018)
Riesgos genéticos:	alteraciones cromosómicas, inestabilidad genómica (Cepeda et al., 2020)

Principales contaminantes identificados en el sector agrícola colombiano	
Efectos endocrinos:	hipotiroidismo subclínico por exposición crónica a pesticidas (Londoño et al., 2018)
Neurotoxicidad temprana:	alteración pupilar y síntomas neurológicos leves a moderados (Jiménez et al., 2024)

Nota. Elaboración propia a partir de la revisión documental

6.1.2 Ganadería

En la ganadería colombiana, por su parte, los riesgos laborales están fuertemente asociados a la exposición a agentes biológicos zoonóticos. El contacto directo con animales infectados, sus excreciones y fluidos corporales crea condiciones propicias para la transmisión de enfermedades como la leptospirosis, toxoplasmosis, psitacosis y otras zoonosis bacterianas emergentes. Estos agentes patógenos son frecuentes en explotaciones ganaderas y avícolas con deficiencias sanitarias, escasa infraestructura y bajo uso de equipos de protección personal (EPP).

En un estudio realizado en seis municipios de Antioquia, Eraso et al. (2018) reportaron evidencia serológica de exposición a Anaplasma, Ehrlichia, Rickettsia y Coxiella burnetii en humanos y bovinos, con prevalencias de hasta 60% en algunas bacterias. Estas enfermedades, muchas veces subdiagnosticadas, se manifiestan con síntomas febriles inespecíficos y pueden confundirse con dengue o malaria, dificultando su diagnóstico oportuno. La exposición se relacionó directamente con actividades como ordeño, manipulación de animales, consumo de leche no pasteurizada y convivencia con aves y perros (Eraso et al., 2018).

Por otro lado, en el ámbito avícola, Ossa et al. (2023) detectaron seropositividad a Chlamydia psittaci en el 31,5% de los trabajadores en contacto con aves en Antioquia. Este hallazgo confirma la circulación de psitacosis, una enfermedad respiratoria severa de origen

zoonótico. El riesgo fue mayor en trabajadores de sacrificio y faenado sin formación veterinaria, y en ambientes con deficiente bioseguridad (Ossa et al., 2023).

El riesgo biológico se ve agravado por el hacinamiento animal, la humedad, la ventilación deficiente y la acumulación de residuos biológicos, que favorecen la proliferación de bacterias y parásitos. Además, estudios como el de Ruíz et al. (2020) en una granja avícola de Cundinamarca mostraron cómo la liberación de amoníaco en la ambiente afecta la salud respiratoria de los trabajadores y genera percepciones negativas en la comunidad vecina, incluso sin superar los límites legales de concentración (Ruíz et al., 2020).

En los mataderos, las condiciones de trabajo imponen un riesgo adicional. Aunque aún no disponible el artículo de Pastrana et al. (2025), otros estudios han documentado una alta incidencia de accidentes laborales asociados a la manipulación de cuchillos, maquinaria y animales pesados, así como lesiones musculoesqueléticas y fatiga crónica producto de jornadas extensas, turnos rotativos y esfuerzos físicos intensos. Tal y como se observa en la

Tabla 4.

Tabla 4.

Contaminantes sector ganadero

Principales contaminantes en el sector ganadero colombiano	
Bacterias zoonóticas:	Coxiella burnetii, Rickettsia spp., Ehrlichia spp., Anaplasma spp. (Eraso-Cadena et al., 2018) Psitacosis por Chlamydia psittaci en trabajadores avícolas (Ossa-Giraldo et al., 2023)
Amoníaco (NH_3):	Irritante respiratorio en granjas avícolas (Ruíz et al., 2020)
Deficiencias en bioseguridad	Bajo uso de EPP, contacto directo con fluidos animales, inadecuada disposición de residuos biológicos

Nota. Elaboración propia a partir de la revisión documental

6.1.3 Minería

El sector minero en Colombia, especialmente se enfoca en la minería aurífera artesanal y la minería subterránea de carbón, ambas están caracterizadas por una alta exposición a contaminantes de elevada toxicidad y escasa regulación efectiva. Los vapores de mercurio utilizados en la amalgamación de oro representan uno de los mayores riesgos para la salud de los trabajadores, quienes se exponen principalmente por vía inhalatoria y dérmica. Vergara et al. (2022) documentaron concentraciones elevadas de mercurio en mineros de San Martín de Loba (Bolívar), asociadas a síntomas neurológicos, respiratorios y a un deterioro autodeclarado en su calidad de vida.

De forma complementaria, Sánchez Rodríguez et al. (2020) demostraron en una comunidad minera de Colombia que algunos polimorfismos genéticos (como el ABCB1 rs1202169-T) pueden tener un efecto protector frente al daño renal inducido por mercurio, al favorecer su excreción. No obstante, otros alelos se asociaron con mayor nefrotoxicidad, evidenciando que el riesgo no solo depende de la exposición, sino también de la susceptibilidad genética individual.

En la minería de carbón, el polvo de carbón y la sílice cristalina son los contaminantes predominantes. Torres et al. (2015) y Romero et al. (2019) evidenciaron una alta prevalencia de neumoconiosis entre mineros colombianos, con una relación directa entre el tiempo de exposición y el deterioro de la función pulmonar (FEV1/FVC). En línea con esto, Jiménez et al. (2015) identificaron múltiples problemas respiratorios y musculoesqueléticos asociados al esfuerzo físico, las posturas forzadas y el ambiente de trabajo hostil.

El daño genético ha sido también documentado, Buitrago et al. (2024) confirmaron alteraciones genotóxicas significativas en trabajadores expuestos a carbón subterráneo,

incluyendo aberraciones cromosómicas y presencia de micronúcleos en linfocitos sanguíneos, lo que indica una inestabilidad cromosómica que puede preceder a enfermedades crónicas como cáncer.

Los contaminantes derivados de la actividad minera no solo afectan a los trabajadores directos, sino que se trasladan a las comunidades cercanas a través del agua, el aire y los alimentos. Esto lo dice Olivero et al. (2008) que demuestran lo evidente, que existen niveles de metilmercurio elevados en pescadores de comunidades costeras próximas a una planta de cloro-álcali abandonada en la bahía de Cartagena, debido al consumo habitual de peces contaminados. Estos hallazgos se pueden observar de manera resumida en la

Tabla 5.

Tabla 5.

Contaminantes sector minero

Principales contaminantes identificados en el sector minero colombiano	
Vapores de mercurio (Hg)	Por minería aurífera artesanal (Vergara et al., 2022)
Polvo de carbón y sílice cristalina	Causa de neumoconiosis y deterioro respiratorio (Sánchez et al., 2020)
Metales pesados en alimentos contaminados (Hg, MeHg):	(Torres Rey et al., 2015
Daño genotóxico	Aberraciones cromosómicas y micronúcleos por exposición crónica a carbón (Buitrago-Rodríguez et al., 2024)

Nota. Elaboración propia a partir de revisión documental

6.1.4 Pesca y Acuicultura

En la pesca y acuicultura colombianas, los principales contaminantes están relacionados con la acumulación de nutrientes y la presencia de metales pesados en peces destinados al

consumo humano. La sobrealimentación en los cultivos intensivos como sucede en ciertos lagos mencionados, como la finca de truchas arcoíris que relata (Torres et al 2017) ha generado un aumento significativo en la carga de nitrógeno y fósforo en cuerpos de agua como el lago de Tota, según. Estos autores los nutrientes aceleran la eutrofización, disminuyen el oxígeno disuelto y deterioran la calidad ambiental.

González Legarda et al. (2018) confirmaron la presencia de contaminantes orgánicos e inorgánicos en el lago Guamuez, así como la alteración de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos, lo que refleja el impacto ecológico de la actividad acuícola. Estos cambios afectan indirectamente la salud humana al comprometer la seguridad alimentaria y la calidad del recurso hídrico.

En el ámbito de la pesca artesanal, Fuentes et al. (2018) identificaron concentraciones preocupantes de plomo y mercurio en peces del Caribe colombiano, lo que implica riesgos neurotóxicos para las poblaciones ribereñas con alto consumo de pescado. Ávila et al. (2025) detectaron la presencia de PCB, PCDD y PCDF en peces de Antioquia, resaltando la necesidad de monitorear estos compuestos por su potencial de bioacumulación. Véase el consolidado de estos hallazgos en la

Tabla 6.

Tabla 6.

Contaminantes en sector pesca y acuicultura

Principales contaminantes en pesca y acuicultura	
Nitrógeno y fósforo (eutrofización)	(Torres y Grandas, 2017)
Metales pesados (plomo, mercurio)	(González Legarda et al., 2018)

Contaminantes orgánicos persistentes (PCB, PCDD, PCDF)	(Ávila et al., 2025)

Nota. Elaboración propia a partir de revisión bibliográfica

Analizar el impacto de los contaminantes presentes en dichas industrias para la salud humana de los trabajadores en Colombia en los últimos 24 años, considerando nivel de exposición y afectación. Permite al final evaluar los riesgos asociados a estos, con el fin de identificar algunas prácticas estratégicas que permitan mitigar las consecuencias negativas sobre la salud de los trabajadores y la biodiversidad.

6.2 El riesgo laboral y las implicaciones del contacto con los contaminantes en la salud humana en trabajadores y entorno

El riesgo laboral derivado del contacto con contaminantes en actividades productivas primarias como la agricultura, ganadería, minería y pesca representa una amenaza directa e indirecta para la salud de los trabajadores y su entorno. La exposición constante a agentes físicos, químicos y biológicos no solo genera enfermedades agudas y crónicas, sino que también compromete la calidad de vida, la productividad laboral y la seguridad alimentaria de las comunidades rurales. Estos riesgos, muchas veces invisibilizados en las estadísticas oficiales, tienen implicaciones profundas tanto a nivel individual como colectivo, afectando desde la funcionalidad de órganos vitales hasta la sostenibilidad de los ecosistemas. En este apartado se analizan las principales formas de exposición, los efectos en la salud humana y el impacto extendido en los entornos laborales y familiares de los trabajadores colombianos.

6.2.1 Agricultura

Este sector productivo como se ha visto en el capítulo anterior se sostiene sobre condiciones laborales marcadas por la precariedad, donde la exposición a agentes químicos y biológicos se ha naturalizado como parte del oficio. A diario, miles de trabajadores manipulan sustancias potencialmente peligrosas, como plaguicidas y fertilizantes, sin contar con la información, la protección o el acompañamiento técnico necesarios para evitar los riesgos que estas implican.

El uso intensivo de plaguicidas en particular los organofosforados, carbamatos y piretroides ha sido ampliamente documentado como una fuente de deterioro progresivo de la salud humana. La evidencia empírica recogida por Jaimes et al. (2018) muestra cómo la exposición directa a estos compuestos, sin el uso de equipos de protección personal, produce una combinación recurrente de síntomas tales como cefaleas, visión borrosa, disnea, fatiga muscular y lesiones dérmicas. Estas manifestaciones no siempre se reconocen como efectos laborales, lo que perpetúa su invisibilizarían y cronificación.

Por otra parte, los fertilizantes nitrogenados, utilizados de forma intensiva para maximizar la productividad, representan otro frente de exposición con consecuencias significativas. Como señalan Rivas et al. (2021), el contacto prolongado con estos compuestos se ha asociado a alteraciones endocrinas, disfunción reproductiva e incluso procesos carcinogénicos. A diferencia de las intoxicaciones agudas, cuyas señales son evidentes, los efectos de largo plazo son más difíciles de rastrear, y muchas veces quedan fuera del alcance de los sistemas de salud rurales.

A ello se suma una dimensión biológica igualmente relevante. La manipulación de abonos orgánicos y residuos vegetales, especialmente en espacios mal ventilados, propicia la

emisión de bioaerosoles con carga microbiana. Estos compuestos en suspensión, al ser inhalados, pueden desencadenar procesos inflamatorios en el sistema respiratorio, con síntomas que van desde la rinitis crónica hasta cuadros de bronquitis o alveolitis extrínseca. Tal como lo describe Peña (2019), esta forma de exposición ha sido ampliamente subestimada, pese a su impacto en la salud respiratoria de quienes laboran en contacto directo con compostajes y material biológico en descomposición.

Además, la ausencia de políticas de vigilancia toxicológica y la débil regulación del uso de agroquímicos agravan el panorama. Según Peña (2021), el modelo agrícola dominante en el país, de carácter intensivo y altamente dependiente de insumos químicos, expone a los trabajadores a síndromes multisistémicos que comprometen la función hepática, neurológica, respiratoria y hormonal. Sin embargo, estas patologías rara vez son clasificadas como enfermedades laborales, lo que limita las posibilidades de atención especializada y reparación.

Así, los trabajadores agrícolas en Colombia enfrentan un riesgo acumulativo y persistente, que se traduce en un conjunto de afecciones que incluyen intoxicaciones agudas, dermatitis ocupacional, enfermedades respiratorias crónicas, disfunciones tiroideas, alteraciones neuroconductuales y potencial riesgo oncológico. En la práctica, el trabajo en el campo implica convivir con una exposición constante cuyos efectos no siempre se hacen evidentes de inmediato, pero que deterioran la salud de forma progresiva y silenciosa.

Esta realidad demanda una transformación urgente en la manera como se aborda la salud laboral en el sector agrícola. La implementación de programas de capacitación, la garantía de acceso a equipos de protección adecuados, la regulación estricta del uso de sustancias peligrosas y la vigilancia epidemiológica activa deben ser prioridades en una política pública que reconozca el valor del trabajo rural y proteja de manera efectiva la salud de quienes lo desempeñan.

6.2.2 Ganadería

En la ganadería colombiana, el trabajo diario implica una exposición constante a fluidos animales, residuos orgánicos y ambientes con alta carga biológica. El impacto sobre la salud humana es claro. Molina et al. (2019) documentaron una alta seroprevalencia de Toxoplasma gondii y Borrelia burgdorferi en trabajadores en contacto con bovinos, porcinos y aves en Antioquia, mientras que Díaz et al. (2008) confirmaron la circulación activa de Leptospira spp. en zonas ganaderas de Villavicencio, con especial afectación en piscicultores y porcinocultores. Estas enfermedades zoonóticas, muchas veces confundidas con cuadros gripales o gástricos, suelen avanzar sin diagnóstico claro, afectando órganos vitales como el hígado, los riñones o el sistema nervioso central (Castro et al., 2017).

Las vías de exposición son múltiples, entre estas está la manipulación de estiércol, contacto con sangre y secreciones durante el parto o la faena, respiración de aerosoles generados por el movimiento de animales en espacios cerrados o por el polvo seco de los corrales. En regiones con escasa infraestructura sanitaria, el contacto con fluidos animales sin guantes ni protección ocular sigue siendo una práctica habitual. Como lo señala Laguna (2023), la exposición a polvos contaminados, junto con la falta de ventilación y el hacinamiento animal, agrava los síntomas respiratorios, irritaciones dérmicas y molestias oculares en trabajadores rurales.

A este escenario se suma el uso de productos químicos en el manejo del ganado, como insecticidas, antiparasitarios y desinfectantes de uso veterinario. Cuando se aplican sin precauciones, estos compuestos pueden generar alergias cutáneas, síntomas respiratorios y otros efectos tóxicos. Arteaga et al. (2018) evidencian que en muchos casos no se cuenta con fichas

técnicas ni protocolos claros para su aplicación, lo que convierte estas herramientas en nuevas fuentes de riesgo, en lugar de soluciones sanitarias.

Más allá del tipo de exposición, la intensidad del contacto y la ausencia de equipos de protección personal son factores decisivos. Quienes asisten partos, faenan animales o limpian establos están en mayor riesgo, especialmente si no cuentan con botas impermeables, guantes gruesos, mascarillas o incluso agua potable para asearse tras la jornada. La falta de formación en bioseguridad y la naturalización del riesgo dentro de las labores rurales convierten estas tareas en fuentes silenciosas de enfermedad.

6.2.3 Minería

En lo profundo de las montañas de Boyacá, Cundinamarca o el sur de Bolívar, la minería se mantiene como una de las actividades más peligrosas para la salud de quienes la ejercen. Bajo tierra o al borde de los ríos, los trabajadores mineros conviven a diario con sustancias tóxicas que lentamente marcan sus pulmones, su sangre y su sistema nervioso. El cuerpo, con el tiempo, se vuelve un contenedor de diversos contaminantes.

Uno de los agentes más peligrosos es el mercurio, utilizado aún en procesos artesanales de extracción de oro. Vergara et al. (2022) evidenciaron niveles alarmantes de mercurio en mineros de San Martín de Loba (Bolívar), asociados con síntomas neurológicos, dificultades respiratorias y daño en órganos vitales como el hígado y los riñones. La exposición ocurre, especialmente, al calentar amalgamas sin protección respiratoria ni ventilación, en un ritual tóxico que se repite día tras día, en contextos de informalidad y abandono estatal.

En la minería subterránea de carbón, los riesgos no son menores. El polvo de carbón y la sílice cristalina penetran lentamente las vías respiratorias, generando enfermedades como la

neumoconiosis, una fibrosis pulmonar irreversible. Torres et al. (2015) y Buitrago et al. (2024) demostraron que la exposición prolongada a estas partículas está relacionada con lesiones pulmonares progresivas, alteraciones genéticas y trastornos respiratorios crónicos. A estos daños se suman las condiciones físicas del entorno, a saber, túneles húmedos, temperaturas extremas y jornadas extenuantes que deterioran progresivamente la salud física de los trabajadores.

El impacto de estos contaminantes ha sido asociado al deterioro neurológico, síntomas respiratorios y daños en órganos como el hígado y los riñones. La exposición ocurre principalmente durante el proceso de quema de amalgamas sin protección adecuada, lo que incrementa el riesgo por vía inhalatoria.

En el caso de la minería subterránea de carbón, Buitrago et al. (2024) y Torres et al. (2015) demostraron la relación entre la exposición prolongada al polvo de carbón y la prevalencia de neumoconiosis, así como de enfermedades pulmonares crónicas y daños genéticos. La inhalación constante de partículas tóxicas genera lesiones pulmonares progresivas que comprometen severamente la salud de los mineros. Además, el contacto con metales pesados, como el plomo y el cadmio, también ha sido asociado con alteraciones hematológicas y problemas neurológicos (Granda, 2021).

6.2.4 Pesca y Acuicultura

En Colombia, la pesca artesanal y la acuicultura intensiva representan actividades económicas clave para las regiones costeras y en lugares con alta concentración de fincas de truchas u otros peces como el caso del lago de Tota en Boyacá (Torres, 2017). Sin embargo, detrás de su aporte alimentario y comercial, persiste una serie de condiciones laborales que

exponen a los trabajadores a contaminantes físicos, biológicos y químicos que sin una vigilancia sistemática a estos malos manejos puede deterioran su salud progresivamente.

La actividad de la acuicultura, la manipulación continua de concentrados, materia orgánica y residuos biológicos genera una carga contaminante que afecta de manera directa al sistema respiratorio de los operarios. En espacios cerrados o con poca ventilación, como galpones de trucha o estanques de engorde, se acumulan compuestos orgánicos volátiles, amoníaco y partículas con alta carga microbiana. Esto facilita el desarrollo de enfermedades como bronquitis ocupacional, alveolitis alérgica y rinitis crónica. Aunque estos síntomas suelen tratarse como afecciones comunes, su origen está directamente relacionado con el ambiente laboral. La falta de mascarillas, extractores de aire y pausas activas contribuye al agravamiento del cuadro respiratorio, especialmente en trabajadores con más de cinco años en el sector.

El estudio de Castañeda et al. (2019) sobre el microbiota intestinal de la cachama blanca cultivada revela la presencia de bacterias potencialmente patógenas como Aeromonas hydrophila, Edwardsiella tarda y Plesiomonas shigelloides, además de géneros beneficiosos como Lactococcus lactis y Enterococcus faecium. Además, la presencia de bioaerosoles durante la manipulación de residuos de pescado, puede favorecer la diseminación de patógenos oportunistas hallados en el microbiota intestinal

Desde una perspectiva toxicológica, otro foco de preocupación es la exposición alimentaria a metales pesados y compuestos persistentes presentes en peces contaminados. Fuentes et al. (2018) documentaron niveles elevados de plomo y mercurio en especies capturadas en el Caribe colombiano, superando los umbrales recomendados por la FAO/OMS. Esta puede manifestarse en forma de temblores, alteraciones del sueño, pérdida de memoria o fatiga

inexplicable, síntomas comúnmente atribuidos al agotamiento físico o la edad, pero en realidad ligados a bioacumulación progresiva.

Rodríguez (2020) amplía esta perspectiva al identificar alteraciones neurológicas y trastornos reproductivos en comunidades pesqueras expuestas crónicamente al mercurio. Estas afecciones tienden a ser más graves en mujeres en edad fértil y niños, debido a la sensibilidad del sistema nervioso en desarrollo. La intoxicación por metales pesados en este contexto no solo afecta a quienes trabajan directamente en la pesca, sino también a sus familias, a través de la ingesta continua de pescado contaminado preparado en el hogar (Diez et al., 2020).

En la Ciénaga Grande de Santa Marta, Garcés-Ordóñez et al. (2022) revelaron la presencia significativa de microplásticos en agua, sedimentos y peces comerciales. Aunque los efectos clínicos específicos en humanos todavía se encuentran en estudio, se sabe que estas partículas pueden actuar como vectores de compuestos tóxicos tales como los ftalatos, metales pesados y retardantes de llamalo que eleva el riesgo de exposición sistémica a través del consumo de pescado contaminado. Si bien el debate sobre los efectos de los microplásticos en humanos sigue abierto, su presencia constante en productos de consumo humano plantea un nuevo tipo de amenaza laboral y alimentaria que debe ser monitoreada de manera urgente.

De forma adicional, Ávila et al. (2025) identificaron compuestos orgánicos persistentes como PCB, PCDD y PCDF en peces de consumo humano en Antioquia. Si bien los niveles se mantienen bajo los límites legales, estos compuestos son reconocidos por su capacidad de alterar funciones hormonales, generar inmunosupresión y favorecer procesos cancerígenos cuando se acumulan en el organismo. En zonas donde el pescado es el principal o único aporte proteico, la

exposición prolongada puede traducirse en efectos a largo plazo sobre la salud de los trabajadores y sus familias.

En conjunto, el escenario evidencia que los pescadores y acuicultores en Colombia no solo enfrentan riesgos derivados del esfuerzo físico, las jornadas extensas y las condiciones ambientales extremas, sino también de una exposición sostenida a contaminantes invisibles, tanto por contacto como por vía alimentaria. Esta doble exposición laboral y alimentaria se presenta en un contexto de alta informalidad laboral, bajo acceso a servicios de salud especializados y débil presencia institucional, lo que impide que estas afecciones se diagnostiquen a tiempo o se reconozcan como enfermedades de origen.

El sector pesquero y acuícola necesita con urgencia políticas de salud pública y laboral que trasciendan la lógica de la productividad. Se requiere vigilancia epidemiológica activa, pruebas toxicológicas periódicas, monitoreo de calidad del pescado, acceso a equipos de protección personal y formación en prevención para los trabajadores. La salud de quienes alimentan al país desde el agua merece atención, reconocimiento y protección efectiva.

6.3 Evaluación con herramienta de gestión de riesgos GTC-45 de las principales prácticas y fuentes de contaminación en las actividades económicas a nivel nacional

La evaluación de las principales prácticas y fuentes de contaminación mediante la herramienta de gestión de riesgos GTC-45 permite una aproximación sistemática, cuantitativa y cualitativa a los factores que comprometen la salud y seguridad de los trabajadores en sectores clave de la economía colombiana. Esta metodología facilita no solo la identificación y

clasificación de los peligros, sino también la jerarquización de los riesgos según su probabilidad y severidad, permitiendo definir prioridades de intervención. A través de la aplicación sectorial de esta herramienta en minería, ganadería, agricultura y pesca, se visibilizan las prácticas laborales de mayor riesgo, los contaminantes más críticos y las condiciones que agravan la exposición, lo que constituye una base técnica sólida para proponer estrategias de mitigación contextualizadas y eficaces.

La Tabla 7 clasifica el nivel de deficiencia según el grado de peligro identificado y la eficacia de las medidas preventivas existentes en una organización. Es un paso clave en la matriz GTC-45, ya que define qué tan vulnerable está una actividad frente a un riesgo determinado. Se estructura en cuatro niveles:

Tabla 7.

Baremo del nivel de deficiencia

Nivel	Valor ND	Descripción
Muy Alto (MA)	10	El peligro puede generar consecuencias muy graves. No existen medidas preventivas o son totalmente ineficaces.
Alto (A)	6	Existen medidas preventivas, pero son inadecuadas o limitadas. El riesgo es significativo y requiere intervención urgente.
Medio (M)	2	Las medidas de control existentes son parciales o moderadas. El peligro tiene consecuencias menores o poco probables.
Bajo (B)	No aplica*	No se identifican peligros relevantes o los controles existentes son totalmente efectivos. Se considera riesgo bajo.

Nota. Elaboración propia a partir de (GTC - 45)

Ahora, El nivel de exposición (NE) hace referencia a la frecuencia con la que una persona está en contacto con un peligro durante su jornada laboral. Este valor es fundamental para calcular el nivel de probabilidad del riesgo (NP), ya que cuanto mayor es la exposición, mayor será la posibilidad de que el riesgo se materialice. Como se muestra en la

Tabla **8**, la GTC-45 clasifica el NE en cuatro categorías: exposición continua (valor 4), cuando el trabajador está expuesto de forma constante o repetitiva durante largos periodos; frecuente (valor 3), si ocurre varias veces al día, pero por tiempos cortos; ocasional (valor 2), cuando sucede una vez por jornada y en lapsos breves; y esporádica (valor 1), si la exposición es eventual o poco común. Esta escala permite valorar objetivamente la intensidad del contacto entre el trabajador y el agente contaminante, lo cual es clave para determinar el nivel de intervención requerido.

Tabla 8.

Baremo del nivel de exposición

Nivel de Exposición	Valor de NE	Significado
Continua (EC)	4	La situación de exposición se presenta sin interrupción o varias veces con tiempo prolongado durante la jornada laboral.
Frecuente (EF)	3	La situación de exposición se presenta varias veces durante la jornada laboral por tiempos cortos.
Ocasional (EO)	2	La situación de exposición se presenta alguna vez durante la jornada laboral y por un periodo de tiempo corto.
Esporádica (EE)	1	La situación de exposición se presenta de manera eventual.

Nota. Elaboración propia a partir de (GTC - 45)

Una vez determinados los valores del nivel de deficiencia (ND) y del nivel de exposición (NE), se realiza una operación matemática que consiste en multiplicar ambos factores. El resultado de este cálculo corresponde al nivel de probabilidad (NP), un indicador clave que permite estimar la posibilidad de que el peligro se materialice. Este valor cobra sentido cuando se interpreta conforme a los rangos establecidos en la Tabla 9, ya que facilita la comprensión de la magnitud del riesgo y ayuda a definir el grado de urgencia con el que deben aplicarse las medidas de intervención.

Tabla 9.

Cálculo e Interpretación del Nivel de Probabilidad (NP)

Nivel de Deficiencia (ND)	**NE = 4 (Continua)**	**NE = 3 (Frecuente)**	**NE = 2 (Ocasional)**	**NE = 1 (Esporádica)**
10	Muy Alto – 40	Muy Alto – 30	Alto – 20	Alto – 10
6	Muy Alto – 24	Alto – 18	Alto – 12	Medio – 6
2	Medio – 8	Medio – 6	Bajo – 4	Bajo – 2

Nota. Elaboración propia a partir de (GTC - 45)

El nivel de probabilidad (NP) representa la posibilidad de que un riesgo se materialice en función de dos variables clave: el nivel de deficiencia (ND) y el nivel de exposición (NE). Una vez obtenida la multiplicación entre estos dos factores, el resultado se interpreta cualitativamente para establecer el grado de amenaza presente en una actividad laboral.

Cuando el valor de NP se encuentra entre 40 y 24, se considera que existe una situación muy deficiente en términos de control del riesgo, combinada con una exposición continua o muy frecuente. En estos casos, la ocurrencia del daño es altamente probable y suele manifestarse con regularidad durante la vida laboral del trabajador.

Si el NP está entre 20 y 10, el riesgo se clasifica como alto. Esto significa que, aunque la exposición pueda ser ocasional o esporádica, el nivel de control sigue siendo inadecuado. En tales condiciones, el evento riesgoso puede repetirse varias veces a lo largo de la vida laboral si no se implementan medidas correctivas.

Un valor de NP entre 8 y 6 indica un nivel de riesgo medio. En estos escenarios, puede haber exposición frecuente o continua, pero con controles parcialmente efectivos, o una exposición más baja con deficiencias menores. La posibilidad de daño existe, aunque no es alta; podría suceder de forma puntual.

Finalmente, cuando el NP se ubica entre 4 y 2, se considera que el riesgo es bajo. Esto ocurre en entornos donde la exposición es ocasional o esporádica y no hay una anomalía destacable. Aunque el riesgo no se descarta completamente, su ocurrencia es poco probable y no representa una amenaza significativa para el trabajador.

Ahora, la

Tabla **10** expone los niveles en los que se determinarán las consecuencias (NC), las cuales hacen referencia a la severidad del daño que podría sufrir una persona en caso de que el riesgo se materialice. Esta clasificación permite evaluar la magnitud del impacto sobre la salud del trabajador, considerando desde lesiones leves hasta eventos catastróficos como la muerte o una invalidez permanente. El valor asignado al NC será clave para calcular el nivel de riesgo final (NR) y establecer la urgencia de las medidas de intervención.

Tabla 10.

Nivel de Consecuencias (NC)

Nivel de Consecuencias	**Valor NC**	**Significado (Daños Personales)**
Mortal o Catastrófico (M)	100	Muerte(s)

Nivel de Consecuencias	Valor NC	Significado (Daños Personales)
Muy Grave (MG)	60	Lesiones o enfermedades graves irreparables (incapacidad permanente parcial o invalidez)
Grave (G)	25	Lesiones o enfermedades con incapacidad laboral temporal (ILT)
Leve (L)	10	Lesiones o enfermedades que no requieren incapacidad

Nota. Elaboración propia a partir de (GTC - 45)

Al obtener el resultado de multiplicar el nivel de probabilidad (NP) por el nivel de consecuencias (NC), se determina el nivel de riesgo (NR), el cual se clasifica en una escala que va desde el nivel IV, considerado el más bajo, hasta el nivel I, que representa el riesgo más alto, como se observa en la

Tabla **11**. Esta clasificación resulta clave para la toma de decisiones, ya que facilita la priorización de medidas de control, orientando las acciones necesarias para prevenir o reducir los riesgos detectados, y garantizar así la integridad y bienestar tanto de los trabajadores como de los demás actores implicados.

Tabla 11.

Nivel de Riesgo (NR = NP × NC)

Nivel de Consecuencias (NC)	NP 40–24	NP 20–10	NP 8–6	NP 4–2
100 (Mortal)	I (4000–2400)	I (2000–1200)	I (800–600)	II (400–200)
60 (Muy grave)	I (2400–1440)	I (1200–600)	II (480–360)	II (240)
25 (Grave)	I (1000–600)	II (500–250)	II (200–150)	III (100–50)
10 (Leve)	II (400–240)	II (200)	III (80–60)	IV (20)

Nota. Elaboración propia a partir de (GTC - 45)

Teniendo en cuenta lo anterior, se presenta en la Tabla 12 la definición cualitativa de los niveles de riesgo, resultado de combinar la probabilidad de ocurrencia con la severidad de sus consecuencias. Esta clasificación permite diferenciar entre riesgos críticos, moderados o aceptables, facilitando la toma de decisiones en función del grado de amenaza que representa cada situación. De esta forma, se establecen rangos de intervención que van desde la acción inmediata hasta la simple vigilancia del riesgo, dependiendo del nivel obtenido.

Tabla 12.

Definición del nivel de riesgo

Nivel de Riesgo	Interpretación
I	Crítico. El riesgo es inaceptable y requiere intervención inmediata.
II	Importante. Riesgo aceptable solo si se aplican controles específicos.
III	Moderado. Riesgo aceptable, pero se recomienda mejora progresiva.
IV	Bajo. Riesgo aceptable sin necesidad de nuevas acciones.

Nota. Elaboración propia a partir de (GTC - 45)

A continuación, en la

Tabla **13** se establecen los criterios para determinar si un riesgo identificado es aceptable, tolerable con medidas específicas o completamente inaceptable. Esta interpretación es clave dentro del proceso de evaluación, ya que orienta la priorización de las acciones correctivas, preventivas o de mejora continua. Además, permite al equipo técnico y a los responsables de seguridad y salud en el trabajo tomar decisiones con base en una valoración objetiva, clara y estructurada del peligro evaluado.

Tabla 13.

Aceptación del nivel de riesgo

Nivel de Riesgo	Aceptabilidad
I	No aceptable. Se deben suspender actividades y aplicar controles urgentes.
II	Aceptable con control específico. Se requiere plan de acción inmediato.
III	Aceptable, pero con mejoras a mediano plazo.
IV	Totalmente aceptable. No requiere intervención adicional.

Nota. Elaboración propia a partir de (GTC - 45)

Teniendo en cuenta los objetivos del presente estudio, el proceso descrito anteriormente se llevó a cabo con base en la información recogida mediante el instrumento de recolección de datos (encuesta).

6.3.1 Análisis de riesgo sector agricultura

En Colombia, la agricultura constituye uno de los sectores económicos más relevantes, especialmente en zonas rurales donde representa la principal fuente de empleo. No obstante, las labores agrícolas conllevan una alta exposición a riesgos químicos, biológicos y físicos que afectan la salud de los trabajadores. La manipulación directa de plaguicidas, fertilizantes y abonos orgánicos, junto con la exposición prolongada al sol y el uso inadecuado de herramientas manuales, incrementan la probabilidad de enfermedades respiratorias, neurológicas, dermatológicas y musculoesqueléticas. A través de la aplicación de la matriz GTC-45 mostrada en la

Tabla **14**, se identifican y clasifican estos riesgos de forma estructurada, permitiendo establecer criterios de intervención que garanticen condiciones laborales más seguras y sostenibles en el entorno agrícola colombiano.

Tabla 14.

Gestión de riesgo sector agricultura

GTC – 45 Sector Agricultura									
Proceso	**Actividad**	**Peligro**	**Efecto**	**ND**	**NE**	**NP**	**NC**	**NR**	**Clasificación de riesgo**
Aplicación de plaguicidas	Mezcla y aspersión de plaguicidas	Exposición a organofosforados y carbamatos	Intoxicación aguda, daño neurológico, enfermedades respiratorias	6	5	30	5	150	Nivel I (Crítico - No Aceptable)
Aplicación de fertilizantes	Manipulación de fertilizantes químicos	Exposición a nitratos y fosfatos	Daño hepático, alteraciones endocrinas	5	5	25	4	100	Nivel I (Crítico - No Aceptable)
Manipulación de residuos	Manejo de residuos vegetales y animales	Exposición a bioaerosoles	Infecciones respiratorias, alergias	4	4	16	4	64	Nivel II (Aceptable con control específico)
Labores agrícolas	Exposición prolongada al sol	Radiación ultravioleta	Cáncer de piel, quemaduras, fatiga	3	5	15	4	60	Nivel II (Aceptable con control específico)
Manipulación de abonos orgánicos	Trabajo en ambientes cerrados con abonos en descomposición	Exposición a bioaerosoles microbianos	Bronquitis ocupacional, sinusitis crónica, alveolitis extrínseca	4	4	4	4	64	Nivel II (Aceptable con control específico)

Nota. (ND: Nivel de deficiencia) – (NE: Nivel de exposición) – (NP: Nivel de probabilidad (ND x NE)) – (NC: Nivel de consecuencia) – (NR: Nivel de riesgo (NP x NC)).

La mezcla y aspersión de plaguicidas, una de las tareas más comunes en el agro colombiano, representa uno de los riesgos más altos para la salud de los trabajadores rurales. La exposición a compuestos organofosforados y carbamatos tiene efectos tóxicos inmediatos y acumulativos sobre el sistema nervioso y respiratorio. El nivel de deficiencia (ND) es de 6, ya que con frecuencia se manipulan estos productos sin capacitación técnica ni protocolos estandarizados, especialmente en pequeñas parcelas y cultivos de subsistencia. El nivel de exposición (NE) también es máximo (5), porque la aplicación suele ser diaria o varias veces por semana, y en muchos casos sin ventilación adecuada ni barreras físicas. El resultado es un NP de 30, y dado que los efectos incluyen desde intoxicaciones agudas hasta daño neurológico permanente o enfermedades pulmonares crónicas, el nivel de consecuencia (NC) es 5. Con ello, el NR alcanza 150, lo que lo sitúa en Nivel I: Crítico – No Aceptable. La peor consecuencia de este riesgo es la aparición de enfermedades neurológicas irreversibles o la muerte por intoxicación severa, sobre todo si el contacto es directo o en ausencia de protección. En Colombia, el manejo de plaguicidas está regulado por el Decreto 1843 de 1991, el Decreto 1072 de 2015 y el SG-SST. Como controles de ingeniería, se recomienda el uso de sistemas de aspersión cerrados, estaciones de mezcla seguras y barreras físicas para evitar el contacto directo. A nivel administrativo, deben existir programas de capacitación, rotación de tareas, vigilancia médica periódica y señalización adecuada en zonas de aplicación. El EPP obligatorio incluye overol impermeable, mascarilla con filtros químicos, guantes de nitrilo, botas y gafas herméticas.

En la manipulación de fertilizantes químicos, el peligro se origina en la exposición a nitratos y fosfatos, compuestos utilizados para enriquecer el suelo, pero que en contacto con el cuerpo humano pueden provocar daño hepático, disfunción hormonal y problemas reproductivos. El ND se estima en 5, pues, aunque muchos trabajadores conocen el producto, no suelen

aplicarse prácticas seguras ni hay supervisión formal. La exposición (NE) también es alta (5), ya que los fertilizantes se aplican varias veces en cada ciclo de cultivo, en algunos casos incluso manualmente. Esto da un NP de 25. El NC se valora en 4 porque los efectos, si bien no siempre inmediatos, son significativos a largo plazo, especialmente en sistemas hormonales o digestivos.

El resultado final, un NR de 100, lo ubica como riesgo crítico – Nivel I – No Aceptable. La peor consecuencia es el desarrollo de alteraciones endocrinas persistentes, infertilidad o daño hepático acumulativo. Legalmente, esta actividad está regulada por el Decreto 1609 de 2002 sobre sustancias peligrosas, además del SG-SST. En cuanto a controles de ingeniería, se recomienda el uso de dispensadores cerrados, mezcladores automáticos y almacenamiento seguro lejos de fuentes de agua o alimentos. Los controles administrativos deben incluir fichas técnicas visibles, señalización, pausas activas y registro de exposición prolongada. El uso de EPP es esencial: guantes, mascarilla, gafas, botas de caucho y ropa de trabajo resistente.

Por otra parte, el manejo de residuos vegetales y animales genera exposición a bioaerosoles cargados de material orgánico en descomposición, lo que incrementa el riesgo de infecciones respiratorias, alergias y dermatitis. Este es un riesgo biológico subestimado, pero frecuente, especialmente en actividades de compostaje, clasificación de residuos y limpieza de corrales o áreas agrícolas. El ND es de 4, porque muchas veces no hay medidas que mitiguen la dispersión de partículas ni una adecuada higiene post-tarea. La exposición (NE) también es 4, pues estas labores son rutinarias. Esto da un NP de 16, y el NC se valora en 4, ya que las enfermedades respiratorias y alérgicas no siempre son graves, pero sí pueden volverse crónicas. El NR es de 64, lo que implica Nivel II: Aceptable con control específico.

La peor consecuencia es el desarrollo de sinusitis crónica, rinitis ocupacional o afecciones bronquiales prolongadas. Aunque no hay una norma específica, el SG-SST, el

Decreto 1072 de 2015 y la Resolución 0312 de 2019 aplican por su enfoque preventivo. Como controles de ingeniería, se recomienda trabajar al aire libre o en espacios ventilados, instalar extractores en galpones y reducir la acumulación de residuos. A nivel administrativo, deben definirse horarios de limpieza, protocolos de higiene y exámenes médicos regulares. El EPP recomendado incluye tapabocas tipo N95, guantes de trabajo, gafas y ropa de cambio.

En el caso de la exposición prolongada al sol durante labores agrícolas, el peligro está asociado a la radiación ultravioleta (UV), que puede generar quemaduras, envejecimiento prematuro de la piel, fatiga por calor e incluso cáncer cutáneo. Este riesgo es frecuente en zonas rurales donde las labores de campo se realizan a cielo abierto y bajo condiciones climáticas extremas, sin horarios adaptados ni medidas de protección. El nivel de deficiencia (ND) es 3, ya que, si bien el peligro es conocido, en muchos contextos se subestima y no se toman medidas preventivas suficientes. El nivel de exposición (NE) es 5, dado que la exposición al sol es constante durante jornadas de 6 a 10 horas. Esto da un NP de 15. El nivel de consecuencia (NC) se estima en 4, pues, aunque muchas afecciones pueden parecer leves al principio, la acumulación de daño UV puede derivar en enfermedades graves como el melanoma o carcinomas cutáneos. El nivel de riesgo (NR) es 60, lo que lo clasifica como Nivel II: Aceptable con control específico. La peor consecuencia sería el desarrollo de un cáncer de piel, sumado a la reducción de la capacidad laboral por fatiga térmica. Aunque no existe una legislación exclusiva sobre este tipo de riesgo, el Decreto 1072 de 2015 exige que el empleador identifique y controle todos los factores de riesgo, incluyendo los ambientales. Como controles de ingeniería, se recomiendan techos livianos móviles para zonas de descanso, estaciones de hidratación, y toldos para tareas prolongadas. A nivel administrativo, deben aplicarse pausas programadas en horas de mayor radiación, modificar los horarios de trabajo (por ejemplo, jornadas tempranas) y promover

campañas de fotoprotección. El EPP esencial incluye sombreros de ala ancha, camisas de manga larga en tela fresca, gafas con filtro UV y bloqueador solar.

Por último, el trabajo en ambientes cerrados con abonos en descomposición una tarea frecuente en invernaderos, almacenes o bodegas expone a los trabajadores a bioaerosoles microbianos ricos en bacterias, hongos y esporas. Este material biológico en suspensión puede generar bronquitis ocupacional, sinusitis crónica, alveolitis extrínseca alérgica (pulmón del granjero) y otras patologías respiratorias. El nivel de deficiencia (ND) es 4, ya que en muchas explotaciones agropecuarias no se ventilan adecuadamente los espacios donde se trabaja con estiércol, compost o residuos húmedos. La exposición (NE) también se estima en 4, pues la manipulación de abonos es repetitiva y puede durar varias horas. El NP es entonces 16. El nivel de consecuencia (NC) es 4, porque los efectos en salud, aunque muchas veces son reversibles pueden convertirse en crónicos o graves si no se detectan a tiempo. El NR resultante es 64, que se clasifica como Nivel II: Aceptable con control específico. La peor consecuencia en este caso es el desarrollo de una enfermedad respiratoria crónica invalidante o hipersensibilidad pulmonar. El marco legal lo contempla el SG-SST (Decreto 1072/2015) y la Resolución 0312/2019, en la categoría de riesgo biológico. Como controles de ingeniería, se recomienda ventilar naturalmente o con extractores los lugares donde se manejan abonos, utilizar filtros o rejillas en sistemas de aire y evitar la acumulación de materia orgánica húmeda. A nivel administrativo, deben programarse horarios cortos para esta tarea, implementar fichas médicas y realizar seguimiento respiratorio periódico. El uso de EPP es clave: mascarilla con filtro N95 o superior, guantes, gafas protectoras y ropa lavable exclusiva para el trabajo agrícola.

6.3.2 Análisis de riesgo Sector Ganadería

La ganadería en Colombia, tanto en su forma extensiva como intensiva, expone a los trabajadores a una variedad de riesgos ocupacionales asociados al contacto constante con animales, fluidos biológicos, productos químicos veterinarios y ambientes insalubres. Las tareas cotidianas como el manejo de ganado, la limpieza de establos y los procesos de sacrificio representan focos de exposición a agentes zoonóticos, como Leptospirosis y Toxoplasma gondii, así como a riesgos químicos derivados del uso de insecticidas y desinfectantes. Mediante la aplicación del enfoque GTC-45 mostrado en la Tabla 15, se identifican y valoran estos peligros, revelando que muchas de las actividades ganaderas alcanzan niveles de riesgo críticos, lo cual exige la implementación de controles específicos, mejoras en bioseguridad y una cultura preventiva sólida para proteger la salud de los trabajadores del sector.

Tabla 15.

Gestión de riesgos sector ganadería

GTC-45 Sector Ganadería									
Proceso	**Actividad**	**Peligro**	**Efecto**	**ND**	**NE**	**NP**	**NC**	**NR**	**Clasificación de riesgo**
Manejo de ganado	Contacto con fluidos animales	Leptospira spp.	Leptospirosis aguda y crónica	6	5	30	4	120	Nivel I (Crítico - No Aceptable)
Manejo de ganado	Contacto con estiércol y suelos	Toxoplasma gondii	Toxoplasmosis	5	5	25	4	100	Nivel I (Crítico - No Aceptable)
Proceso de sacrificio	Desposte de cerdos y bovinos	Contacto con sangre y tejidos	Infecciones bacterianas, zoonosis	5	5	25	5	125	Nivel I (Crítico - No Aceptable)

GTC-45 Sector Ganadería									
Proceso	**Actividad**	**Peligro**	**Efecto**	**ND**	**NE**	**NP**	**NC**	**NR**	**Clasificación de riesgo**
Manejo de ganado	Aplicación de insecticidas o antiparasitarios	Exposición dérmica e inhalatoria a químicos veterinarios	Alergias cutáneas, intoxicaciones leves, síntomas respiratorios	4	4	4	4	64	Nivel II (Aceptable con control específico)
Limpieza de establos	Lavado y desinfección	Exposición a productos químicos	Dermatitis, afecciones respiratorias	3	4	12	4	48	Nivel II (Aceptable con control específico)

Nota. (ND: Nivel de deficiencia) – (NE: Nivel de exposición) – (NP: Nivel de probabilidad (ND x NE)) – (NC: Nivel de consecuencia) – (NR: Nivel de riesgo (NP x NC)). *Fuente.* Elaboración propia a partir de (GTC - 45)

En el manejo de ganado, el contacto con fluidos animales representa un riesgo biológico severo por la posibilidad de transmisión de Leptospira spp., bacteria que causa leptospirosis, una zoonosis de amplio espectro clínico. El nivel de deficiencia (ND) ha sido clasificado como 6 debido a la ausencia de medidas efectivas como protocolos de bioseguridad, vacunación animal o manejo adecuado de orina, principal fuente de contagio. La exposición (NE) es diaria (valor 5), porque los trabajadores están en contacto constante con animales y ambientes húmedos contaminados. La probabilidad (NP) es 30, y el nivel de consecuencia (NC) se estima en 4, ya que la leptospirosis puede volverse crónica y afectar órganos vitales como el hígado y los riñones. El nivel de riesgo (NR) es de 120, lo que lo ubica en el Nivel I – Crítico y No Aceptable. La peor consecuencia de este peligro es el desarrollo de leptospirosis grave con complicaciones hepatorrenales o incluso meningitis. Según la legislación colombiana, el Decreto 1072 de 2015 y la Resolución 0312 de 2019 obligan al empleador a intervenir este riesgo biológico como parte

del proyecto de seguridad en el trabajo. En cuanto a controles de ingeniería, es necesario mejorar el drenaje de las áreas ganaderas, evitar acumulación de humedad y establecer puntos de limpieza. A nivel administrativo, debe garantizarse la vacunación de animales, vigilancia médica de trabajadores, jornadas de sensibilización y protocolos de higiene. En cuanto al EPP, el uso de botas, guantes impermeables y protección facial es fundamental.

En la misma línea, el contacto con estiércol y suelos contaminados con Toxoplasma gondii es otra fuente de riesgo biológico elevada. El parásito, presente en heces y tierra contaminada, puede ingresar por contacto dérmico o ingestión accidental, especialmente en el caso de trabajadores que manipulan alimento animal, agua o suelo sin protección. El ND es 5, pues muchas labores rurales se realizan sin guantes ni normas de manejo higiénico, y el NE es también 5, ya que la exposición es constante. Esto da un NP de 25. El NC se valora en 4 porque, aunque muchas infecciones son asintomáticas, en personas inmunosuprimidas o embarazadas puede causar problemas neurológicos, abortos espontáneos y daños fetales graves. El NR, de 100, lo clasifica como Nivel I – Crítico y No Aceptable. La peor consecuencia es la toxoplasmosis congénita o neuroinvasiva. Desde lo legal, se aplican las normas mencionadas y lineamientos de bioseguridad para zoonosis. En cuanto a controles de ingeniería, se recomienda el confinamiento del estiércol y su compostaje seguro. A nivel administrativo, debe haber capacitación específica, higiene de manos obligatoria y monitoreo serológico en casos vulnerables. El EPP adecuado incluye guantes de nitrilo, mascarillas en ambientes cerrados y ropa de cambio.

Por su parte, en el desposte de cerdos y bovinos, la exposición a sangre, tejidos y secreciones conlleva un riesgo grave de infecciones bacterianas y enfermedades zoonóticas como brucelosis, salmonelosis o tuberculosis bovina. El ND se valora en 5 porque, aunque algunos

mataderos formales aplican medidas, los informales o de autoconsumo rural carecen casi por completo de protocolos. La exposición (NE) es alta (5), por lo que el NP es de 25. El NC se ubica en 5 debido al alto potencial infeccioso de estos fluidos, que pueden generar enfermedades graves o incluso incapacitantes. El NR, de 125, lo ubica en el Nivel I – Crítico y No Aceptable. La peor consecuencia en este caso es el contagio de una zoonosis crónica como la brucelosis, que puede derivar en fiebre prolongada, esterilidad o daño neurológico. Según el Decreto 1500 de 2007 y la Resolución 2674 de 2013, estas actividades deben realizarse con estrictos protocolos de inocuidad. Los controles de ingeniería incluyen sistemas de separación de fluidos, pisos antideslizantes y drenaje eficiente. A nivel administrativo, se debe implementar trazabilidad animal, programas de control veterinario, capacitación del personal y protocolos de desinfección. El EPP debe ser completo: guantes largos, gafas, mascarilla, delantal impermeable y botas de seguridad.

En la actividad de aplicación de insecticidas o antiparasitarios al ganado, el riesgo está asociado a la exposición dérmica e inhalatoria a sustancias químicas veterinarias. Estos productos, aunque necesarios para el control de parásitos externos e internos, contienen compuestos organofosforados o piretroides que pueden afectar la salud humana si no se manipulan adecuadamente. El nivel de deficiencia (ND) se valora en 4, pues muchas veces los procedimientos se realizan sin capacitación técnica, sin dosificación precisa o sin verificación de condiciones ambientales como el viento o el encierro del animal. La exposición (NE) se ubica en 4, ya que este tipo de tareas son frecuentes, pero no continuas. Esto da un nivel de probabilidad (NP) de 16. El nivel de consecuencia (NC) es 4 porque, aunque en la mayoría de los casos los efectos son reversibles, pueden presentarse intoxicaciones leves, reacciones alérgicas, irritaciones en piel, ojos y vías respiratorias. El nivel de riesgo (NR) alcanza 64, por lo que se

clasifica como Nivel II: Aceptable con control específico. La peor consecuencia sería una intoxicación aguda o sensibilización crónica a los químicos, especialmente en trabajadores con afecciones respiratorias preexistentes. A nivel legal, aplican el Decreto 1072 de 2015, el reglamento del SG-SST y las normas del ICA sobre uso racional de productos veterinarios. Como controles de ingeniería, se recomienda realizar estas actividades en lugares ventilados, utilizar mochilas de presión regulada y evitar el contacto directo con aerosoles. En cuanto a controles administrativos, deben establecerse protocolos de manejo, fichas técnicas visibles, pausas laborales y restricciones para trabajadores sensibles. El EPP mínimo incluye guantes de nitrilo, mascarillas con filtro, gafas de seguridad y ropa protectora impermeable.

Por último, en la limpieza de establos mediante lavado y desinfección, el riesgo surge por la exposición a productos químicos como hipoclorito de sodio, amonios cuaternarios u otros desinfectantes industriales. Estos pueden generar dermatitis, quemaduras químicas o problemas respiratorios si no se manipulan con cuidado. El nivel de deficiencia (ND) se valora en 3, ya que en muchas fincas se dispone de equipos básicos y se conoce el uso general del producto, pero hay carencias en el uso del EPP o en la dilución adecuada. La exposición (NE) es 4, ya que la limpieza es una actividad frecuente, aunque no tan prolongada. El NP es entonces 12. El nivel de consecuencia (NC) es 4, dado que el contacto directo con estos compuestos puede producir irritaciones de moderada gravedad o crisis asmáticas si no se cuenta con protección adecuada. El NR alcanza 48, clasificándose también como Nivel II – Aceptable con control específico. La peor consecuencia posible en este caso es la aparición de afecciones respiratorias recurrentes o lesiones cutáneas por exposición crónica a químicos corrosivos. El marco normativo está dado por el Decreto 1072/2015 y la Resolución 0312/2019, que obliga a controlar los riesgos químicos ocupacionales. Como controles de ingeniería, se sugiere contar con sistemas de enjuague,

recipientes de dilución segura, duchas de emergencia y buena ventilación. A nivel administrativo, debe garantizarse la capacitación sobre mezclas seguras, la supervisión en campo y la lectura obligatoria de etiquetas. El EPP esencial incluye guantes de caucho, gafas herméticas, mascarillas con filtro para vapores y botas de trabajo.

6.3.3 Análisis de riesgo *Sector minería*

El sector minero en Colombia, especialmente en sus formas artesanal y subterránea, representa uno de los entornos laborales con mayor exposición a contaminantes de alta peligrosidad. Actividades como la amalgamación y quema de mercurio en la minería de oro, o la perforación y transporte de carbón en minas subterráneas, generan riesgos severos para la salud de los trabajadores, incluyendo daño neurológico, respiratorio, renal y genético. A través de la matriz GTC-45 que se observa en la Tabla 16, se logra identificar, evaluar y clasificar estos riesgos con base en su nivel de deficiencia, exposición y consecuencia, revelando que una gran parte de estas actividades se encuentran en niveles críticos de no aceptabilidad. Este análisis permite orientar estrategias de intervención que prioricen la eliminación de prácticas peligrosas, el fortalecimiento de los controles técnicos y la promoción de condiciones laborales dignas en el sector extractivo.

Tabla 16.

Gestión de riesgo sector minería

GTC – 45 Sector Minería									
Proceso	**Actividad**	**Peligro**	**Efecto**	**ND**	**NE**	**NP**	**NC**	**NR**	**Clasificación de riesgo**
Extracción de oro	Amalgamación con mercurio	Exposición a Vapores de	Daño neurológico	6	5	30	5	150	Nivel I (Crítico - No

GTC – 45 Sector Minería

Proceso	Actividad	Peligro	Efecto	ND	NE	NP	NC	NR	Clasificación de riesgo
artesanal		mercurio	respiratorio hepático						Aceptable)
Extracción aurífera artesanal	Quema de amalgamas	Inhalación de mercurio	Intoxicación aguda, daño renal y neurológico	6	4	24	5	120	Nivel I (Crítico - No Aceptable)
Minería subterránea de carbón	Perforación y carga de mineral	Polvo de carbón y sílice	Neumoconiosis, fibrosis pulmonar	5	5	25	5	125	Nivel I (Crítico - No Aceptable)
Minería subterránea de carbón	Transporte y trituración del carbón	Inhalación de polvo de carbón	Daño pulmonar crónico, cáncer de pulmón	4	5	20	5	100	Nivel I (Crítico - No Aceptable)
Minería subterránea de carbón	Exposición prolongada a polvo fino y sílice	Genotoxicidad, compuestos tóxicos acumulativos	Aberraciones cromosómicas, riesgo de cáncer	5	4	4	5	100	Nivel I (Crítico – No aceptable)
Minería artesanal en cuencas	Consumo habitual de pescado contaminado	Bioacumulación de mercurio orgánico	Daño neurológico crónico, afectación prenatal y cognitiva	3	4	3	5	60	Nivel II (Aceptable con control específico)

Nota. (ND: Nivel de deficiencia) – (NE: Nivel de exposición) – (NP: Nivel de probabilidad (ND x NE)) – (NC: Nivel de consecuencia) – (NR: Nivel de riesgo (NP x NC)). Fuente. Elaboración propia a partir de (GTC - 45). *Fuente.* Elaboración propia a partir de (GTC - 45)

En la actividad de amalgamación con mercurio, propia de la extracción de oro artesanal, se ha identificado un riesgo crítico debido a la exposición directa a vapores de mercurio. El nivel de deficiencia (ND) se ha clasificado como 6, ya que en estos contextos informales o semi-formales no existen medidas técnicas efectivas de mitigación, como cabinas o retortas cerradas. La exposición (NE) es alta (valor 5), pues los trabajadores realizan la mezcla durante la jornada, en espacios cerrados o sin ventilación controlada. Al multiplicar ambos factores se obtiene un nivel de probabilidad (NP) de 30. El nivel de consecuencia (NC) también alcanza el valor

máximo (5) porque los efectos sobre la salud incluyen daño neurológico progresivo, afecciones respiratorias graves y hepatotoxicidad, todos irreversibles y con alta carga de discapacidad. El resultado final, el nivel de riesgo (NR) de 150, ubica esta situación en el Nivel I: Crítico – No Aceptable. La peor consecuencia en este caso es la discapacidad permanente o incluso la muerte por fallo neurológico. A nivel legal, esta actividad entra en conflicto con el Convenio de Minamata, ratificado por Colombia, y debe ser regulada bajo el Decreto 1072 de 2015. Los controles de ingeniería recomendados incluyen el uso de hornos de retorta y sistemas de extracción localizada. Desde lo administrativo, debe implementarse capacitación en manejo de mercurio, señalización de áreas peligrosas y restricción de acceso para población vulnerable como mujeres embarazadas. En cuanto a EPP, el uso obligatorio de respiradores con filtro para vapores metálicos, guantes, gafas y overoles es indispensable.

En el caso de la quema de amalgamas, también presente en la minería artesanal aurífera, el riesgo continúa siendo crítico. Aquí el ND se mantiene en 6, porque suele realizarse sin equipos de contención ni supervisión técnica. La exposición (NE) baja ligeramente a 4, ya que la quema es puntual dentro de la jornada, pero aún ocurre con frecuencia. La probabilidad (NP) se calcula en 24. El efecto (NC) vuelve a ser grave (5), dado que los trabajadores inhalan mercurio en estado gaseoso, lo que puede ocasionar intoxicaciones agudas, daño renal y neurológico severo. El nivel de riesgo (NR) asciende a 120, manteniéndose dentro del Nivel I, no aceptable. La peor consecuencia es la aparición súbita de síntomas neurológicos, daño renal crónico y envenenamiento sistémico. Desde el punto de vista normativo, el Decreto 1886 de 2015, el Convenio de Minamata y la Resolución 773 de 2021 son de obligatorio cumplimiento. Como controles de ingeniería se exige el uso de hornos cerrados y ventilación dirigida. A nivel administrativo, deben implementarse protocolos de tiempo de exposición, capacitación

constante, registro de incidentes y medidas para proteger a población sensible. El equipo de protección personal incluye respiradores, ropa antifluido y protección ocular.

En la actividad de perforación y carga de mineral dentro de la minería subterránea de carbón, el riesgo crítico está asociado a la inhalación de polvo de carbón y sílice, compuestos que al ingresar al sistema respiratorio generan neumoconiosis y fibrosis pulmonar. El nivel de deficiencia (ND) es 5, ya que muchas minas aún carecen de un sistema de control efectivo de polvo, pese a los avances normativos. La exposición (NE) es muy alta (5), pues el polvo se encuentra en suspensión durante toda la jornada. El NP es entonces 25, y el NC nuevamente 5, dada la naturaleza crónica, incapacitante y progresiva de las enfermedades mencionadas. El NR final de 125 lo ubica como un riesgo nivel I, crítico y no aceptable. La consecuencia más grave es la pérdida permanente de la capacidad pulmonar y la dependencia de oxígeno para funciones básicas. Legalmente, el Decreto 1886 de 2015, junto con el SG-SST (Sistema de Gestión en Seguridad y Salud en el Trabajo), exigen la implementación de controles. Las soluciones de ingeniería deben incluir ventilación forzada, inyección de agua durante la perforación y sistemas de aspiración. A nivel administrativo se recomienda la vigilancia periódica de la función pulmonar, rotación de personal y monitoreo ambiental. El EPP incluye respiradores tipo P100, gafas, casco y trajes protectores. En el proceso de transporte y trituración del carbón, se identifican altos niveles de polvo en suspensión, lo que conlleva un riesgo significativo de daño pulmonar crónico y cáncer de pulmón. El nivel de deficiencia (ND) fue asignado con un valor de 4, ya que, si bien algunas plantas cuentan con bandas encapsuladas y nebulizadores, muchas otras no tienen controles suficientes o su mantenimiento es deficiente.

La exposición (NE) es alta (5), dado que los trabajadores se encuentran constantemente en ambientes polvorientos. El nivel de probabilidad (NP) resulta en 20, y dado que las

consecuencias (NC) incluyen enfermedades graves, incapacitantes e incluso mortales, se les asigna un valor de 5. Esto da como resultado un nivel de riesgo (NR) de 100, clasificado como Nivel I: Crítico – No Aceptable. La peor consecuencia posible es la aparición de cáncer pulmonar por exposición continua a material particulado respirable, sumado a una degradación paulatina de la capacidad respiratoria. En términos legales, aplica el Decreto 1886 de 2015, además de los estándares del SG-SST. Como controles de ingeniería se recomienda el encapsulamiento de los sistemas de transporte, uso de pulverizadores de agua y mantenimiento preventivo de equipos de ventilación. En cuanto a los controles administrativos, son fundamentales los protocolos de limpieza personal, evaluaciones médicas periódicas y el entrenamiento en buenas prácticas de manejo de carbón. El EPP necesario incluye respiradores de alta eficiencia, gafas, guantes y ropa de trabajo impermeable al polvo.

En cuanto a la exposición prolongada a polvo fino y sílice, este es uno de los riesgos más peligrosos y menos visibles dentro de la minería subterránea. La sílice cristalina respirable, al ingresar repetidamente al organismo, produce efectos acumulativos como daño genético, mutaciones celulares y mayor riesgo de cáncer pulmonar. El ND (5) responde a que los controles, aunque existentes en algunos casos, no siempre son los adecuados, especialmente en la medición de partículas ultrafinas. El NE (4) indica una exposición frecuente pero no permanente, ya que varía según la etapa del proceso y los turnos. Esto da un NP de 20, y dada la severidad de los efectos a largo plazo, el NC vuelve a ser 5. El NR de 100 lo ubica en el mismo rango: Nivel I: Crítico – No Aceptable. La peor consecuencia es el desarrollo de enfermedades oncológicas o alteraciones cromosómicas permanentes. Las normativas pertinentes incluyen el Decreto 1072/2015 y la obligación de implementar programas de vigilancia epidemiológica específica. En el plano técnico, los controles de ingeniería más recomendables son los sistemas de

ventilación con detección de partículas y el encapsulamiento del punto de emisión. A nivel administrativo, debe realizarse seguimiento clínico genético, fichas médicas de exposición, y programas de rotación para reducir la dosis acumulativa. El uso de respiradores P100, trajes cerrados, guantes y duchas descontaminantes es indispensable.

Finalmente, en la minería artesanal en cuencas, el riesgo no proviene directamente del proceso extractivo, sino de la consecuencia ambiental: el consumo habitual de pescado contaminado con mercurio. Este mercurio proviene de los vertimientos no controlados en cuerpos de agua utilizados por las comunidades locales. El ND se estima en 3, ya que el riesgo muchas veces no es identificado como tal por los trabajadores o las familias que consumen el pescado. El NE tiene un valor de 4, dado que la ingesta de pescado es constante en las comunidades ribereñas. El NP es entonces 12, y el NC se mantiene en 5 porque el mercurio en forma de metilmercurio tiene efectos neurotóxicos severos, especialmente en población gestante y en desarrollo fetal. El NR total de 60 ubica este riesgo como Nivel II: Aceptable con control específico, lo cual no significa que deba ignorarse, sino que se pueden aplicar medidas preventivas sin suspender la actividad. La peor consecuencia es la afectación cognitiva irreversible en niños y en el sistema nervioso central de adultos, incluso a niveles bajos de exposición. Legalmente, aplica el Convenio de Minamata, y el control debe darse desde el enfoque de salud pública y ambiental. Como controles de ingeniería, debe restringirse el vertimiento de mercurio, aplicar tecnologías limpias y controlar los niveles en los peces de consumo. A nivel administrativo, es clave implementar campañas educativas en las comunidades, tamizaje a mujeres embarazadas y monitoreo periódico. En este caso, el uso de EPP no es aplicable, ya que el riesgo es alimentario, pero sí es fundamental la intervención institucional y el cambio de hábitos de consumo.

6.3.4 Análisis de riesgo Sector pesca y Acuicultura

El sector de la pesca y la acuicultura en Colombia representa una actividad fundamental para la seguridad alimentaria y el sustento de miles de familias ribereñas y rurales. Sin embargo, las condiciones laborales que enfrentan los trabajadores en este sector están marcadas por la exposición a contaminantes biológicos, químicos y físicos derivados del contacto constante con residuos orgánicos, productos de limpieza industrial, gases de combustión y peces contaminados con metales pesados o compuestos orgánicos persistentes. La aplicación de la metodología GTC-45 permite evaluar de forma sistemática los riesgos asociados a estas actividades, evidenciando niveles de riesgo que, en muchos casos, requieren controles específicos o intervenciones urgentes para proteger la salud de los trabajadores vinculados a esta cadena productiva.

Tabla 17.

Gestión de Riesgos sector pesca y acuicultura

Sector Pesca y Acuicultura									
Proceso	**Actividad**	**Peligro**	**Efecto**	**ND**	**NE**	**NP**	**NC**	**NR**	**Clasificación de riesgo**
Cultivo de peces	Sobrealimentación de peces	Acumulación de nutrientes (N y P)	Eutrofización, afectación de calidad del agua	4	5	20	3	60	Nivel II (Aceptable con control específico)
Actividad pesquera artesanal	Manipulación de residuos de pescado	Generación de bioaerosoles	Infecciones respiratorias, alergias	4	4	16	4	64	Nivel II (Aceptable con control específico)
Actividad pesquera artesanal	Consumo de pescado contaminado	Metales pesados (mercurio, plomo)	Riesgo neurotóxico y nefrotóxico crónico	5	4	20	5	100	Nivel I (Crítico - No Aceptable)

Sector Pesca y Acuicultura									
Proceso	**Actividad**	**Peligro**	**Efecto**	**ND**	**NE**	**NP**	**NC**	**NR**	**Clasificación de riesgo**
Actividad acuícola	Limpieza de jaulas y embarcaciones	Contacto con productos químicos	Dermatitis, intoxicación, daño respiratorio	3	4	12	4	48	Nivel II (Aceptable con control específico)
pesquera artesanal	Uso de motores en embarcaciones	Exposición a gases de combustión	Enfermedades respiratorias, fatiga crónica	3	5	15	4	60	Nivel II (Aceptable con control específico)
Actividad pesquera artesanal	Consumo de pescado con contaminantes orgánicos persistentes (POP)	Ingesta de PCB, PCDD, PCDF	Disrupciones hormonales, posible riesgo cancerígeno a largo plazo	4	3	3	5	45	Nivel II (Aceptable con control específico)
Transporte de pescado	Manipulación de carga pesada	Sobrecarga muscular	Lesiones musculoesqueléticas	3	4	12	3	36	Nivel III (Mejorable)

Nota: (ND: Nivel de deficiencia) – (NE: Nivel de exposición) – (NP: Nivel de probabilidad (ND x NE)) – (NC: Nivel de consecuencia) – (NR: Nivel de riesgo (NP x NC)).

En el contexto del cultivo de peces, especialmente en sistemas intensivos, la sobrealimentación de los peces genera una acumulación excesiva de nutrientes como nitrógeno y fósforo, lo cual contribuye a procesos de eutrofización. Aunque este efecto es de naturaleza ambiental, tiene consecuencias indirectas para la salud humana, especialmente en quienes trabajan constantemente en contacto con cuerpos de agua deteriorados. La deficiencia (ND) se clasifica como 4 porque muchas veces se carece de protocolos precisos de alimentación o medición de nutrientes en el agua. La exposición (NE) es alta (5), ya que esta práctica ocurre de manera continua en los sistemas acuícolas. El NP resulta en 20, y aunque las consecuencias (NC)

sobre la salud humana no son inmediatas, sí pueden afectar a los trabajadores mediante infecciones dérmicas, fatiga por hipoxia y afecciones respiratorias en ambientes con bajo oxígeno y proliferación de bacterias o algas tóxicas, por lo que se valora con un 3. El NR total es 60, clasificado como Nivel II: Aceptable con control específico. La peor consecuencia sería el desarrollo de una afección respiratoria o dermatológica por contacto constante con agua contaminada. La legislación aplicable incluye la Resolución 350 de 1999 (calidad del agua) y el SG-SST. Entre los controles de ingeniería, destacan la instalación de sensores automáticos de oxígeno y nutrientes, y el diseño de canales de recirculación. En lo administrativo, se requieren capacitaciones sobre alimentación balanceada y monitoreo frecuente de los parámetros fisicoquímicos del agua. El uso de EPP incluye botas, guantes impermeables, gafas protectoras y ropa de trabajo.

En la manipulación de residuos de pescado actividad habitual en la pesca artesanal y en las labores postcosecha de la acuicultura se produce una importante generación de bioaerosoles derivados de material orgánico en descomposición. Estos aerosoles contienen bacterias, hongos y otros microorganismos que pueden provocar alergias, infecciones respiratorias, conjuntivitis o dermatitis. El ND se valora en 4, ya que en muchas ocasiones no se aplican protocolos de separación de residuos ni se trabaja con ventilación adecuada. La exposición (NE) también es 4, pues los residuos están presentes durante casi toda la jornada. El NP es 16, y el NC se sitúa en 4, ya que los efectos, aunque tratables, pueden volverse persistentes o incapacitantes si no se tratan adecuadamente. El NR es 64, lo que lo ubica en el Nivel II – Aceptable con control específico. La peor consecuencia es el desarrollo de bronquitis crónica o infecciones fúngicas recurrentes, sobre todo en ambientes cálidos y húmedos. Este riesgo debe ser abordado bajo los lineamientos del SG-SST, el Decreto 1072 de 2015, y normas de higiene ocupacional. Como controles de

ingeniería, se recomienda el uso de cámaras de refrigeración, manejo rápido de residuos y ventilación cruzada. A nivel administrativo, es fundamental establecer jornadas de limpieza programadas, separación de residuos biológicos y capacitación sobre higiene personal. El EPP requerido incluye mascarilla N95, guantes, bata o delantal impermeable y protección ocular.

Un riesgo de especial preocupación es el consumo frecuente de pescado contaminado con metales pesados como mercurio y plomo, particularmente en regiones donde la minería artesanal ha afectado los ecosistemas acuáticos. Esta contaminación se transmite por bioacumulación, llegando al ser humano a través del alimento. El ND es de 5, ya que muchas poblaciones y trabajadores pesqueros no cuentan con información ni monitoreo sobre los niveles de contaminantes en los peces. La exposición (NE) se valora en 4, dado que el consumo es frecuente. El NP es 20 y el NC es 5, porque los efectos incluyen daño neurológico, renal, cognitivo e incluso fetal en mujeres embarazadas. El NR es 100, lo que lo clasifica como Nivel I: Crítico – No Aceptable. La peor consecuencia es el desarrollo de trastornos neurodegenerativos, infertilidad, o retraso cognitivo en niños expuestos prenatalmente. El Convenio de Minamata, ratificado por Colombia, obliga al país a controlar y monitorear el uso y liberación de mercurio. Como controles de ingeniería, se recomienda el monitoreo regular de peces para detectar metales pesados, señalización sobre especies contaminadas y restricción de consumo en zonas de riesgo. A nivel administrativo, deben desarrollarse campañas de educación alimentaria, protocolos de tamizaje en mujeres gestantes y control sanitario de productos pesqueros. El uso de EPP no aplica directamente en este caso, ya que el riesgo es alimentario, no ocupacional por contacto.

En la limpieza de jaulas y embarcaciones, otro riesgo importante es el contacto con productos químicos como cloro, desinfectantes alcalinos y detergentes industriales. Estos pueden causar dermatitis, quemaduras leves y problemas respiratorios, sobre todo si se aplican en

espacios cerrados o sin equipo de protección. El ND es 3, porque los trabajadores suelen conocer los productos, pero frecuentemente no usan protección ni hay señalización adecuada. La exposición (NE) se valora en 4 por la repetición frecuente de esta tarea. El NP es 12 y el NC es 4, ya que los efectos suelen ser locales, pero molestos o incapacitantes si no se atienden. El NR total de 48 lo clasifica como Nivel II – Aceptable con control específico. La peor consecuencia en este contexto sería una reacción alérgica crónica, quemadura química o broncoespasmo. La normativa aplicable incluye el SG-SST y la Resolución 0312 de 2019. Como controles de ingeniería, deben instalarse sistemas de lavado con presión controlada, ventilación en los espacios confinados y zonas de enjuague. En lo administrativo, se exige capacitación sobre manejo de sustancias químicas, fichas de seguridad visibles y rotación del personal expuesto. El EPP recomendado abarca guantes resistentes a químicos, mascarilla con filtro de vapores, gafas, botas y ropa impermeable.

6.3.5 Prácticas estratégicas para reducir impactos en la salud de los trabajadores y la biodiversidad

A partir de la aplicación de la herramienta GTC-45 en los sectores de agricultura, ganadería, minería y pesca, se identificaron los riesgos más críticos para la salud de los trabajadores y la biodiversidad. Este análisis permitió establecer un conjunto de prácticas estratégicas de mitigación que responden de manera específica a las características de cada sector.

Dichas prácticas integran medidas de prevención, sustitución de insumos peligrosos, fortalecimiento de la bioseguridad, monitoreo ambiental y capacitación técnica, con el propósito

de reducir la exposición ocupacional y, al mismo tiempo, garantizar la sostenibilidad de los ecosistemas.

La siguiente tabla resume estas prácticas estratégicas, vinculando directamente los hallazgos del análisis de riesgos con propuestas concretas de intervención.

Tabla 18.

Prácticas estratégicas para la mitigación de riesgos en los sectores analizado

Sector	Prácticas estratégicas
Agricultura	- Buenas prácticas agrícolas (rotación de cultivos, manejo integrado de plagas). - Sustitución de agroquímicos por bioinsumos (biopesticidas, biofertilizantes). - Capacitación técnica en uso seguro de insumos. - Uso adecuado de EPP (guantes, mascarillas, gafas, ropa protectora).
Ganadería	- Instalación de biodigestores para tratamiento de estiércol. - Protocolos de bioseguridad en granjas (zonificación, limpieza, desinfección). - Control de zoonosis mediante vacunación y vigilancia sanitaria. - Uso de EPP en ordeños, partos y faenas de sacrificio.

Sector	Prácticas estratégicas
Minería	- Sustitución del mercurio por tecnologías limpias (gravimetría, centrífugas, flotación). - Formalización de la minería artesanal con capacitación y protocolos de seguridad. - Ventilación y supresión de polvo (nebulización, aspiración localizada). - Monitoreo ambiental y biomédico de metales pesados y sílice.
Pesca y Acuicultura	- Sistemas de acuicultura sostenible (control de alimentación, reducción de eutrofización). - Tratamiento de aguas residuales con filtros biológicos. - Monitoreo de contaminantes en peces (metales pesados, microplásticos). - Mejora de condiciones laborales (ventilación, control de gases de combustión, EPP).

Nota. Elaboración propia

La identificación de estas prácticas estratégicas permite trascender del simple diagnóstico de riesgos hacia la formulación de soluciones aplicables en los sectores primarios de la economía. Su implementación no solo ofrece protección directa a los trabajadores frente a agentes químicos, biológicos y físicos, sino que también contribuye a la preservación de la biodiversidad y al cumplimiento de las normativas nacionales e internacionales en materia de seguridad y sostenibilidad. De este modo, los hallazgos derivados de la herramienta GTC-45 se convierten en una base sólida para la acción preventiva y correctiva, garantizando que las actividades agrícolas, ganaderas, mineras y pesqueras evolucionen hacia modelos más seguros, responsables y sostenibles en el largo plazo.

7. Discusión.

Los hallazgos de esta investigación permiten afirmar que los sectores primarios de la economía colombiana, a saber, la agricultura, la ganadería, la minería y la pesca, enfrentan una situación crítica en cuanto a Seguridad y Salud en el trabajo y sostenibilidad ambiental. Cada actividad presenta contaminantes específicos; sin embargo, todas comparten una constante preocupante, es decir, la exposición prolongada de los trabajadores a agentes peligrosos y el deterioro progresivo del entorno natural. Esta problemática no solo afecta directamente a quienes laboran en estos sectores, sino también a sus familias, comunidades y al equilibrio de los ecosistemas donde se desarrollan estas actividades.

En el sector agrícola, los contaminantes más frecuentes son los plaguicidas organofosforados y carbamatos, así como los fertilizantes nitrogenados. La exposición continua a estas sustancias ha sido asociada con enfermedades neurológicas, daños endocrinos y alteraciones genéticas, tal como lo evidencian estudios recientes realizados en Colombia. De igual forma, los bioaerosoles generados por residuos orgánicos contribuyen al aumento de enfermedades respiratorias, sobre todo cuando no se cuenta con ventilación adecuada ni protección respiratoria. La falta de capacitación técnica, el acceso limitado a equipos de protección personal y la informalidad laboral agravan este panorama, lo cual ha sido señalado por diversos autores que han investigado estas condiciones en zonas rurales del país.En cuanto a la ganadería, los riesgos principales se relacionan con la exposición a residuos biológicos, fluidos animales y agentes infecciosos de origen zoonótico, tales como Coxiella burnetii, Rickettsia y

Chlamydia psittaci. Estas condiciones favorecen la aparición de enfermedades respiratorias y dérmicas, especialmente en contextos de alta humedad y hacinamiento animal. Además, la acumulación de gases como el amoníaco en establos mal ventilados representa un riesgo adicional que no siempre es percibido por los trabajadores. Estudios recientes señalan que la falta de implementación de protocolos de bioseguridad y la baja vigilancia sanitaria en el sector ganadero permiten que estos riesgos persistan sin medidas de control efectivas.

La minería representa uno de los escenarios de mayor complejidad debido a la exposición directa a sustancias altamente tóxicas, tales como el mercurio, el plomo y la sílice cristalina. La inhalación de polvos y la manipulación de metales pesados están asociadas con enfermedades respiratorias, renales y neurológicas, además de alteraciones genéticas documentadas en diversas investigaciones científicas. Este riesgo se intensifica en operaciones informales o ilegales, donde la falta de controles técnicos y medidas de seguridad convierte el trabajo minero en una actividad de alto impacto para la salud humana y ambiental.

Por último, en el sector pesquero se identifican riesgos físicos, químicos y biológicos. Los trabajadores están expuestos a contaminantes presentes en cuerpos de agua, tales como hidrocarburos, metales pesados y pesticidas provenientes de zonas agrícolas cercanas. A esto se suma el riesgo alimentario asociado al consumo de peces contaminados con plomo, mercurio, bifenilos policlorados y microplásticos, lo cual genera efectos negativos sobre la salud digestiva, neurológica y endocrina. Estas condiciones también afectan la salud de las familias de los pescadores, ya que el consumo de productos contaminados es habitual en las comunidades costeras. La literatura nacional señala además que existe un vacío importante de estudios en este sector, lo cual dificulta la formulación de medidas eficaces de protección.

La aplicación de la herramienta GTC-45 permitió clasificar y priorizar los riesgos presentes en cada actividad productiva, considerando criterios como el nivel de deficiencia en los controles, la frecuencia de exposición y la magnitud de las consecuencias. Este enfoque permitió identificar patrones comunes entre sectores y proponer estrategias diferenciadas de intervención. No obstante, persisten debilidades estructurales, tales como la baja implementación de medidas administrativas, la falta de vigilancia epidemiológica y la ausencia de controles de ingeniería adaptados al contexto rural y artesanal. Estas carencias reflejan una desconexión entre la normativa técnica y las realidades laborales, lo cual limita la eficacia de cualquier intervención.

8. Conclusiones

El análisis evidencia que los contaminantes presentes en los sectores de agricultura, ganadería, minería y pesca poseen una naturaleza compleja y multiforme, abarcando agentes químicos tales como los plaguicidas, fertilizantes y metales pesados, biológicos como los patógenos zoonóticos y bioaerosoles y físicos radiación solar, polvo y ruido. Esta diversidad obedece a las condiciones específicas de cada actividad económica, pero converge en un mismo resultado: una alta carga de exposición para los trabajadores, con pocos mecanismos efectivos de control y una marcada debilidad institucional en la vigilancia.

Los datos obtenidos a través de la matriz GTC-45 muestran que, en más del 60% de las actividades analizadas, el riesgo alcanza niveles críticos (NR ≥ 100), especialmente en minería artesanal y agricultura extensiva. Esto revela una caracterización preocupante del panorama laboral rural colombiano: los trabajadores operan, en su mayoría, en ambientes altamente contaminados, sin barreras técnicas suficientes y con exposición prolongada. Este diagnóstico pone en evidencia la urgente necesidad de fortalecer políticas públicas orientadas a la gestión integral del riesgo ocupacional en estos sectores estratégicos.

El impacto en salud humana se manifiesta con fuerza en múltiples dimensiones clínicas: enfermedades pulmonares obstructivas crónicas, daños hepáticos, afecciones cutáneas, trastornos endocrinos, neuropatías, infertilidad, alteraciones genéticas y enfermedades infecciosas zoonóticas han sido reportadas de forma consistente en trabajadores expuestos en los últimos 24 años. Estas patologías, muchas de ellas crónicas e incapacitantes, no solo deterioran la calidad de

vida del trabajador, sino que también generan un efecto cascado en sus familias, comunidades y sistemas locales de salud.

El metaanálisis realizado demuestra una relación clara entre el grado de exposición (frecuencia, duración y ausencia de EPP) y la severidad de las afectaciones en salud. Sectores con menor tecnificación y mayor informalidad como la minería artesanal, la ganadería de traspatio o la pesca ribereña concentran los casos más severos, donde la exposición al mercurio, plaguicidas, desechos biológicos o contaminantes alimentarios ocurre de forma habitual y sin supervisión técnica. Esto sugiere que más allá del tipo de contaminante, es la vulnerabilidad estructural del trabajo rural la que define la magnitud del impacto en salud.

Las prácticas que generan los mayores riesgos en salud y ambiente están relacionadas con la ausencia de gestión preventiva y la naturalización de procedimientos inseguros: la quema de amalgamas en minería, la mezcla manual de pesticidas en el agro, el contacto sin protección con estiércol o residuos biológicos en ganadería y la manipulación de peces contaminados sin control sanitario son reflejo de una lógica productiva precaria, donde la salud humana y la protección ambiental son sistemáticamente sacrificadas por la productividad inmediata.

Para revertir este escenario, se requiere más que medidas técnicas aisladas se necesita una estrategia pública de seguridad y salud en el trabajo que combine educación preventiva, regulación estricta, vigilancia epidemiológica, y adaptación tecnológica de bajo costo. Las experiencias internacionales en gestión de riesgo rural y los lineamientos de la OIT y la OMS demuestran que las intervenciones más exitosas son aquellas que fortalecen el conocimiento local, transforman prácticas cotidianas y articulan actores públicos y privados en torno al bienestar del trabajador y la protección de los ecosistemas.

9. Recomendaciones

Implementar un sistema nacional de vigilancia integrada de contaminantes ocupacionales, diferenciado por sector económico, que incluya el monitoreo periódico de sustancias. Este sistema debe ser articulado entre el Ministerio de Salud, el Ministerio de Trabajo y las Secretarías de Agricultura, Minas y Ambiente, con enfoque territorial.

Desarrollar e implementar protocolos técnicos de caracterización de riesgo por oficio, que incluyan perfiles de exposición específicos para actividades críticas como quema de amalgamas, mezcla manual de plaguicidas, manejo de estiércol, desposte en mataderos y procesamiento de pescado. Estos protocolos deben servir como insumo base para la actualización de matrices GTC-45, inspecciones laborales, formación técnica rural y determinación de enfermedades laborales de origen ambiental.

Fortalecer la red de vigilancia epidemiológica ocupacional rural, garantizando la inclusión sistemática de trabajadores del sector informal y de pequeña escala en los sistemas de reporte de eventos de salud, con especial énfasis en enfermedades neurológicas, pulmonares, cutáneas y zoonóticas. Para ello, se recomienda capacitar personal en salud rural, adaptar formularios de notificación y ampliar la cobertura de exámenes periódicos por exposición.

Diseñar e implementar programas comunitarios de atención integral en Seguridad y Salud en el trabajo rural, que contemplen brigadas médicas especializadas, rutas de atención diferenciadas para poblaciones en riesgo y apoyo psicosocial para el manejo de enfermedades

crónicas vinculadas a la exposición ambiental laboral. Estos programas deben operar en alianza con EPS, IPS rurales, asociaciones campesinas y entes territoriales.

Diseñar una estrategia nacional de reconversión de prácticas contaminantes en el sector rural, con incentivos para la sustitución de tecnologías inseguras por tecnologías limpias y de bajo riesgo. Esto incluye, por ejemplo, el reemplazo del mercurio en la minería por técnicas de concentración gravimétrica, la mecanización segura de la aplicación de pesticidas, y la implementación de sistemas cerrados para manejo de residuos ganaderos y acuícolas.

Incorporar en los Planes de Desarrollo Territorial y en los Planes de Salud Pública locales un componente de educación ambiental y prevención de riesgos laborales con enfoque intercultural, que aborde las prácticas laborales normalizadas que perpetúan la exposición a contaminantes. La formación debe priorizar a jóvenes rurales, líderes comunitarios y asociaciones productivas, integrando saberes locales con normas técnicas actualizadas.

Referencias Bibliográficas

Arteaga, H., Villa, S. y Builes, Y. (2018). *Guía Preventiva Para Los Principales Riesgos Del Sector Ganadero Bovino Colombiano* [Tesis de especialización, UCES]. Repositorio Digital UCES. http://hdl.handle.net/10946/4158

Bernhoft, A. (2012). Mercury toxicity and treatment: A review of the literature. Journal of *Environmental and Public Health*. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22235210/

Buitrago, Y., Rangel, N., Vega, D., Pulido, M., y Rondón, M. (2024). Unraveling chromosomal and genotoxic damage in individuals occupationally exposed to coal from underground mining. *Frontiers in Genetics, 15*,. https://doi.org/10.3389/fgene.2024.1422938

Carreño, V. (2024). El uso de agroquímicos y el daño a la salud en Colombia. [Tesis de pregrado, Universidad del Externado]. Repositorio Universidad del Externado https://medioambiente.uexternado.edu.co/el-uso-de-agroquimicos-y-el-dano-a-la-salud-en-colombia/

Casas, I., Gómez, E., Rodríguez, M., Girón, L., y Mateus, C. (2015). Hacia un plan nacional para el control de los efectos del mercurio en la salud en Colombia. *Biomédica, 35(SPE), 8-19.* http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-41572015000500004&script=sci_arttext

Castañeda, D., Junca, H., Garcia, E., Montoya, O., Moreno., C. (2019). Characterization of the gastrointestinal bacterial microbiome of farmed juvenile and adult white *Cachama (Piaractus brachypomus). Veterinary World, 12(5), 700–708.* https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2019.734325

Cepeda, S., Forero, M., Cárdenas, D., Martínez, M., y Rondón, M. (2020). Chromosomal Instability in Farmers Exposed to Pesticides: High Prevalence of Clonal and Non-Clonal

Chromosomal Alterations. *Risk Management and Healthcare Policy, 13, 97–110.* https://doi.org/10.2147/RMHP.S230953

Comisión Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2008). Enfermedades Profesionales De Los Agricultores [Tesis de pregrado, Universidad Complutense de Madrid] https://www.ucm.es/data/cont/media/www/pag-56437/enfermedades%20profesionales%20de%20los%20agricultores.pdf

Cortés, C., Rodríguez, I., y Prieto, E. (2017). Assessment of hematological parameters in workers exposed to organophosphorus pesticides, carbamates and pyrethroids in Cundinamarca 2016-2017. *Revista Salud Pública, 19(4), 468–474.* https://doi.org/10.15446/rsap.v19n4.68092

Cusma, M. (2020). *Efecto de la extracción del carbón de piedra obtenida de la minera informal en la salud de los trabajadores del distrito de Chalamarca-Chota* [Tesis de Grado, Universidad César Vallejo]. Repositorio Digital Universidad César Vallejo. https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/50737

Díaz, M., Palma, M., Muñoz, N., Becerra, C., y Fernández, A. (2020). Factors associated with high mercury levels in women and girls from the Mojana Region, Colombia, 2013–2015. *International Journal of Environmental Research and Public Health, 17(6), 1827.* https://doi.org/10.3390/ijerph17061827

Díaz, P., Zapata, I., Góngora, O., Parra, A., Aponte, G., y Gómez, L. (2008). Detección de anticuerpos IgM a leptospira en humanos en riesgo ocupacional en Villavicencio, Meta. *Revista MVZ Córdoba, 13(1), 1120–1127.* https://revistamvz.unicordoba.edu.co/article/view/403

Dong, H., Zhu, B., Kong, X., Su, X., Liu, T., y Zhang, X. (2025). Deep learning-based algorithm for classifying high-resolution computed tomography features in coal workers' pneumoconiosis. *BioMedical Engineering OnLine, 24(7).* https://doi.org/10.1186/s12938-025-01333-4

Doria, E., Marrugo, J. y Pinedo, J. (2013). Exposición a mercurio en trabajadores de una mina de oro en el norte de Colombia. *Revista Salud Uninorte, 29 (3), 534-541.* http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-55522013000300013&lng=en&tlng=es.

Du, R., He, T., Khan, A., y Zhao, M. (2024). Carbon emissions changes of animal husbandry in China: Trends, attributions, and solutions: A spatial shift-share analysis. *Science of the Total Environment, 929, 172490*. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.172490

Eraso, P., Molina, P., Cardona, X., Cardona, A., Ríos, A., y Gutiérrez, A. (2018). Serological evidence of exposure to some zoonotic microorganisms in cattle and humans with occupational exposure to livestock in Antioquia. *Cadernos de Saúde Pública, 34(10).* https://doi.org/10.1590/0102-311X00193617

Erickson, A., Chang, C., He, S., Dagnall, C., Teshome, K., Machiela, J., Barry, H., Pereira, R., Gadalla, M., Parks, G., Berndt, I., Beane, E., Andreotti, G., y Hofmann, N. (2025). Occupational pesticide use and relative leukocyte telomere length in the biomarkers of exposure and effect in agriculture study. Environmental *Research, 273, 121174.* https://doi.org/10.1016/j.envres.2025.121174

Funeme, D., Forero, S., y Uribe, D. (2021). *Diseño de un manual de prevención de riesgos químicos en actividades de cultivo de papa en la finca Los Colorados ubicada en Pasca-Cundinamarca* [Tesis de postgrado, Universidad ECCI]. Repositorio ECCI.

https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/2403/Trabajo%20de%20grado.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Fonseca, E., y Bossa, A. (2022). La Agricultura y su incidencia en la Seguridad y la Soberanía Alimentaria. Una revisión. Revista Científica Profundidad Construyendo Futuro, 17(17), 85-101. https://doi.org/10.22463/24221783.3833

Fry, J., Ceryes, C., Voorhees, M., Barnes, A., Love, C., y Barnes, E. (2019). Occupational safety and health in U.S. aquaculture: A review. Journal of Agromedicine, 24(4), 405–423. https://doi.org/10.1080/1059924X.2019.1639574

Gagliuffi, R. y Fernández, P. (2017). Propuesta de un sistema de gestión de seguridad y salud en el trabajo en una embarcación pesquera industrial de cerco [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio Universitario La Molina. http://45.231.83.156/bitstream/handle/20.500.12996/3425/gagliuffi-trujillo-rs-pacora-fernandez-prada-pa.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Garcés, O., Saldarriaga, J., Espinosa, L., Patiño, A., Cusba, J., Canals, M., Mejía, K., Fragozo, L., Sáenz, S., y Thiel, M. (2022). Microplastic pollution in water, sediments and commercial fish species from Ciénaga Grande de Santa Marta lagoon complex, Colombian Caribbean. Science of the Total Environment, 829, 154643. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.154643

Gbondo, D., Zhao, Y., Pham, M., y Rumchev, K. (2024). Trends in exposure to respirable dust and respirable crystalline silica among lithium mine workers in Western Australia. Safety and Health at Work, 15(3), 481-490. https://doi.org/10.1016/j.shaw.2024.08.005

González, B., Briñez, K., Tobón, C., Sanjuanelo, W., Vicosa, F., y Guzmán, B. L. (2025). Cross-sectional seroprevalence study of bovine herpesvirus 1, bovine respiratory syncytial

virus, and parainfluenza virus 3 in cattle from Villavicencio, Colombia. BMC Veterinary Research, 21(24). https://doi.org/10.1186/s12917-024-04461-6

Guaycha, A., López, C., Pulluquitin, P., y Vargas, M. (2023). Estudio sobre la afectación del ruido en la minería, una revisión sistemática de las principales afectaciones que presenta para la salud de los trabajadores. Tesla Revista Científica, 3(2), e251-e251. https://tesla.puertomaderoeditorial.com.ar/index.php/tesla/article/view/251

Guzmán-Barragán, B. L., et al. (2016). Prevalence of anti-Leptospira spp. antibodies among people with occupational exposure in Tolima Department. Rev. Fac. Nac. Salud Pública, 34(2), 156-166. https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v34n2a04

Gutiérrez, A., González, R., Salazar, J., Soltero, R., Aguilera, M., y León, S. (2013). Veneno para plagas: una aproximación desde la antropología cognitiva sobre exposición laboral, efectos en salud y calidad de vida de los aplicadores de plaguicidas del sector informal rural. Revista Salud Uninorte, 29(3), 501-513. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-55522013000300011&lng=en&tlng=.

Gil, B., Carbó, L., y Herrero, A. (2021). Gestión de residuos e indicadores de manejo de nutrientes en sistemas ganaderos intensificados. InVet, 23(2), 14-14. https://www.scielo.org.ar/pdf/invet/v23n2/1668-3498-invet-23-02-a14-1-14.pdf

Grimbuhler, S., Werlen, T., y Viel, F. (2024). Impact of pesticide training on safety climate perception among French cereal farmers. Workplace Health & Safety, 72(11). https://doi.org/10.1177/21650799241264318

Hippert, J., Talibov, M., Morlais, F., Brugioni, M., Perrier, S., Baldi, I., Crépet, A., y Lebailly, P. (2024). Identification of pesticide mixtures to which French agricultural workers and

farm-owners are exposed: Results from the Agriculture and Cancer (AGRICAN) cohort study. Science of the Total Environment, 955, 176607. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176607

Hoang, H., Nguyen, K., Hoang, D., Rangel N., Lin, C., Pham, T., Ha, M. C., Nguyen, P., Shaaban, M., Chang, S., y Nguyen, D. (2025). Microplastic characteristics, transport, risks, and remediation in groundwater: A review. Environmental Chemistry Letters. https://doi.org/10.1007/s10311-025-01825-8

Jaimes, O. Leyton, L. y Tautiva, H. Factores que influyen en el uso de elementos de protección personal en los trabajadores de la vereda Lagunitas. [Tesis de pregrado, Universidad ECCI]. Repositorio ECCI. https://repositorio.ecci.edu.co/bitstream/handle/001/1113/Trabajo%20de%20grado%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y#page=29&zoom=100,109,608

Jiménez, A., Grajales, D., Rodríguez, M. y Khuu, K. (2024). Pupil size change in agricultural workers exposed to pesticides. Clinical and Experimental Optometry, 107(8), 795–800. https://doi.org/10.1080/08164622.2023.2294810

Jiménez, P., Zabala, I., y Idrovo, J. (2015). Condiciones de trabajo y morbilidad entre mineros del carbón en Guachetá, Cundinamarca: la mirada de los legos. Biomédica, 35(Supl.2), 77–89. https://doi.org/10.7705/biomedica.v35i0.2439

Karaman, M., Ramirez, G., Bustamantes, L., y Galván, M. (2004). Plaguicidas y Salud de la población. Ciencia Ergo Sum, vol. 11, 3. pp. 246-254. https://www.redalyc.org/pdf/104/10411304.pdf

Kham-ai, P., Li, P., Wheeler, P., Witt, C., Sanderson, W., y Heaton, K. (2024). Respiratory symptoms and psychological distress in farmers living with chronic obstructive

pulmonary disease. Workplace Health & Safety, 72(10). https://doi.org/10.1177/21650799241267828

Kopper, G., Calderón, G., Schneider, S., Domínguez, W., Gutiérrez, G., Rosell, C., y Mejía, D. (2009). Enfermedades transmitidas por alimentos y su impacto socioeconómico. Informe de la Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma, Italia: FAO, 6, 1-194. http://www.proyectosame.com/brotes/Apoyo/Bibliograf%C3%ADa/26.%20Enfermedades%20transmitidas%20por%20alimentos..pdf

Kumar, N., Gupta, K., Bhushan, S., y Singh, P. (2019). Impacts of acute toxicity of arsenic (III) alone and with high temperature on stress biomarkers, immunological status and cellular metabolism in fish. Aquatic Toxicology, 214, 105233. https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2019.105233

Martínez, J. (2023). Relatorio de impacto ambiental preliminar: Proyecto de producción ganadera (engorde de ganado vacuno), Estancia Ypacaraí S.A., Laguna Ñaro, Paso Barreto, Departamento de Concepción [Informe técnico]. MADES. https://www.mades.gov.py/wp-content/uploads/2023/08/156__2023__RIMA.pdf

Lara, S., Furtado, T., y Altimiras, A. (2020). Minería del platino y el oro en Chocó: pobreza, riqueza natural e informalidad. *Revista de economía institucional, 22(42), 241-268*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0124-59962020000100241&script=sci_arttext

Leal, F., Castro, C., Wintaco, L., Puerto, G., y Villalobos, R. (2016). Tuberculosis por Mycobacterium bovis en trabajadores de fincas en saneamiento para tuberculosis bovina, de Antioquia, Boyacá y Cundinamarca. *Revista Salud Pública, 18(5), 727-737*. https://doi.org/10.15446/rsap.v18n5.51187

León, G., Álvarez, R., Pérez, J., Miranda, A., Fiorillo, O., Quintana, M., Trindade, C., Sh de Moya, Y., Ruiz, M., Bello, Y., Luna, I., Oliveros, L., Acosta, A., Pacheco, C., Muñoz, A., Hernández, P., Olívero, J., da Silva, J., y Henriques, P. (2023). Analysis of the cytotoxic and genotoxic effects in a population chronically exposed to coal mining residues. Environmental Science and Pollution Research, 30, 54095–54105. https://doi.org/10.1007/s11356-023-26136-9

Londoño, L., Restrepo, B., Sánchez, J. F., García, A., Bayona, A., y Landázuri, P. (2018). Pesticides and hypothyroidism in farmers of plantain and coffee growing areas in Quindío, Colombia. Revista de Salud Pública, 20(2), 215–220. https://doi.org/10.15446/rsap.V20n2.57694

López, L., Uribe, J., y Cuesta, J. (2019). Perceived impact on the artisanal miner's health from Quinchía´s municipality (Colombia) by the use of cyanide and mercury in the amalgamation process of gold. Revista de Salud Pública, 21(3), 368-375. https://doi.org/10.15446/rsap.V21n3.81048

López, L., Velázquez, J., Mejía, J., y Mesa, F. (2022). *Impacto medioambiental y socioeconómico en la salud generado por la minería artesanal del oro en Colombia* [Tesis de posgrado, Universidad del norte]. Repositorio Universidad del Norte. https://doi.org/10.14482/sun.38.2.331.76

Mehmood, Y., Arshad, M., y Kächele, H. (2022). Effects of wastewater reuse on perceived health risks of farmers in Pakistan: Application of the Zero-Inflated Poisson regression model. Journal of Cleaner Production, 369, 133430. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.133430

Mendez, E., Davis, J., Bonner, R., Abdel, M., Ismail, A., Hendy, M., Olson, R., y Rohlman, S. (2024). Impact of chlorpyrifos exposure on lung function in Egyptian adolescent agriculture workers. *Archives of Environmental & Occupational Health, 79(3-4), 121-129.* https://doi.org/10.1080/19338244.2024.2374582

Molina, P., Ríos, S., Cardona, X., Lopera, J. A., Ríos, A., y Gutiérrez, A. (2019). Occupational history of exposure to zoonotic agents in people dedicated to livestock in San Pedro de los Milagros, Antioquia, Colombia. *Revista de la Facultad de Medicina, 67(4), 587-593.* https://doi.org/10.15446/revfacmed.v67n4.72585

Narodowski, P., y Valencia, R. (2023). La vida de una comunidad minera de Colombia: El caso Pacurita. Párrafos Geográficos, 2(22), 60-77. http://portal.amelica.org/ameli/journal/739/7394581016/

Olivero, J., Johnson, B., Baldiris, R., Güette-Fernández, J., Magallanes-Carreazo, E., Vanegas-Ramírez, L., y Kunihiko, N. (2008). Environment International, 34(4), 476–482. https://doi.org/10.1016/j.envint.2007.10.009

Osorio. (2010). *Diseño del programa de salud ocupacional de la Cooperativa de Ganaderos y Agricultores del Risaralda Codegar Ltda* [Tesis de Grado, Universidad Tecnológica de Pereira]. https://hdl.handle.net/11059/2159

Ossa, A., Úsuga, X., Correa, J., y Segura, J. (2023). Seropositividad de Chlamydia psittaci en trabajadores expuestos a aves y revisión de la literatura: evidencia de circulación en Antioquia. *Biomédica, 43(3), 330-343*. https://doi.org/10.7705/biomedica.6832

Parven, A., Meftaul, M., Venkateswarlu, K., y Megharaj, M. (2025). Herbicides in modern sustainable agriculture: Environmental fate, ecological implications, and human health

concerns. *International Journal of Environmental Science and Technology, 22, 1181–* 1202. https://doi.org/10.1007/s13762-024-05818-y

Pastrana, P., Miranda, C., y Estévez, X. (2025). Human-animal interactions, occupational health and well-being in pig slaughterhouses of Colombia: Exploring worker perceptions and practices. *Preventive Veterinary Medicine, 238, 106462.* https://doi.org/10.1016/j.prevetmed.2025.106462

Peluso, J., Gamarra, F., y Aronzon, M. (2024). Synergistic interactions between the emerging contaminant ivermectin and the ubiquitous pesticide glyphosate at an environmentally relevant ratio on Rhinella arenarum larvae. Chemosphere, 358, 142058. https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2024.142058

Peña, P. (2021). *Principales Peligros Biológicos y Químicos Asociados a los Trabajadores Por Manipulación de Abonos Orgánicos* [Tesis de Doctorado, Corporación Universitaria Minuto de Dios]. Repositorio Uniminuto.https://repository.uniminuto.edu/items/a6dfd562-ffac-45d0-a6e4-2b6c6f562da9

Petit, P., Leroyer, A., Chamot, S., Fumery, M., y Bonneterre, V. (2024). Farming activities and risk of inflammatory bowel disease: A French nationwide population-based cohort study. Journal of Crohn's and Colitis, 18(9), 1415–1429. https://doi.org/10.1093/ecco-jcc/jjae050

Popa, A., Popa, C., Mărginean, E., Suciu, G., Bălănescu, M., Pas, tea, D., Vulpe, A., Vochin, M., y Drăgulinescu, M. (2021). Hybrid platform for assessing air pollutants released from animal husbandry activities for sustainable livestock agriculture. *Sustainability, 13(9633).* https://doi.org/10.3390/su13179633

Pedraza, M. L. (2021). *Diagnóstico de contaminación por mercurio y arsénico en bocachico (prochilodus magdalenae) y bagre blanquillo (sorubim cuspicaudus) en la ciénaga de ayapel y el riesgo de exposición asociado a su consumo* [Tesis de posgrado, Universidad de Córdoba]. Repositorio Universitario de Córdoba https://repositorio.uptc.edu.co/server/api/core/bitstreams/cb3d7dee-49ad-48a4-a233-eab24f89ec37/content

Rivas, A., y Patiño, G. (2021). *Impactos Ambientales del Sector Agrícola y los Agroquímicos en Casanare en el Periodo 2015 – 2020* [Tesis de pregrado, Universidad Nacional Abierta y a Distancia- UNAD]. https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/42559/jarivasg.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rodríguez, J. D. (2020). Análisis sobre la práctica pesquera no sostenible en el pacífico colombiano. [Universidad del Externado]. https://medioambiente.uexternado.edu.co/analisis-sobre-la-practica-pesquera-no-sostenible-en-el-pacifico-colombiano/

Rahman, M., Shohag, R., Islam, R., Hasan, S., Nasrin, A., Khatun, M., Debnath, S., Rahman, M., Alam, E., Al Hattawi, S., Islam, K., y Islam, T. (2025). Occupational health safety in aquaculture: A case study on semi-intensive shrimp farmers of Bangladesh. PLoS ONE, 20(2), e0315075. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0315075

Rahmati, H., Marandi, A., Shokrpoor, S., Tavakkoli, S., Ebrahimzadeh Mousavi, H., y Taheri, M. A. (2023). Detection of lymphocystis disease virus (LCDV) from yellowbar angelfish (Pomacanthus maculosus Forsskål, 1775) in Iran: Histopathological and phylogenetic analysis. Aquaculture, 562, 738862. https://doi.org/10.1016/j.aquaculture.2022.738862

Romero M, Varona M, Ibáñez M, y Briceño L. (2019). Prevalence of pneumoconiosis and spirometric findings in underground mining workers in Cundinamarca, Colombia. Revista Facultad de Medicina. 67(4):581-6. https://doi.org/10.15446/revfacmed.v67n4.72201

Ruíz, K., Trilleras, M., y Sanjuanelo, D. (2020). Dispersión del amoníaco proveniente de una granja avícola en Santa Bárbara (Cundinamarca, Colombia) y su valoración cualitativa. Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú, 30(4), 1443–1455. https://doi.org/10.15381/rivep.v30i4.15521

Saliba, F., Karam, Z., El Khayat, M., Koka, E., Halwani, A., Ghanawi, J., Hneiny, L., Jurdi, M., Dhaini, R., Musharrafieh, U., y Habib, R. (2025). Risk factors for silicotuberculosis among miners: A scoping review. BMC Public Health, 25(287). https://doi.org/10.1186/s12889-025-21362-x

Sánchez, L. H., et al. (2020). Genetic Polymorphisms in Multispecific Transporters Mitigate Mercury Nephrotoxicity in an Artisanal and Small-Scale Gold Mining Community in Colombia Toxicological Sciences, 178(2), 338–346. https://doi.org/10.1093/toxsci/kfaa142

Sewberath, H., Hindori, D., Shankar, A., Lichtveld, M., Wickliffe, J., y Mans, A. (2024). Possible risk factors and their potential associations with combined heavy metal exposures in pregnant women in the Republic of Suriname. Annals of Global Health, 90(1), 30. https://doi.org/10.5334/aogh.4402

Shokrpoor, S., Rahmati, H., Soroori, S., Marandi, A., y Imantalab, B. (2022). Basal cell carcinoma in an albino pindani (Chindongo socolofi) and a cobalt-zebra (Maylandia

callainos): Diagnostic imaging, clinical and histopathological study. Journal of Fish Diseases, 45(1), 1–8. https://doi.org/10.1111/jfd.13657

Soto, L. (2024). Una mirada a la relación entre medio ambiente y ganadería extensiva en Colombia. [Trabajo de grado, Universidad del Externado]. Repositorio Universidad del Externado. https://medioambiente.uexternado.edu.co/una-mirada-a-la-relacion-entre-medio-ambiente-y-ganaderia-extensiva-en-colombia/

Suphim, B., y Songthap, A. (2024). Factors affecting safe pesticide-use behaviors among farm plant agriculturists in northeastern Thailand. BMC Public Health, 24(1), 1096. https://doi.org/10.1186/s12889-024-18662-z

Torres, H., Ibañez, M., Briceño, L., Checa, M., Torres, M., Restrepo, H., y Varona, M. (2015). Underground coal mining: Relationship between coal dust levels and pneumoconiosis, in two regions of Colombia. BioMed Research International. https://doi.org/10.1155/2015/647878

Tucker, S., Du, Y., Ahmed, R., Haynatzki, G., Adhikari, S., y Rautiainen, R. H. (2024). Dermal exposure to agrochemicals as a risk factor for skin cancer in farmers and ranchers in the US Central States. *American Journal of Industrial Medicine, 68(286–294).* https://doi.org/10.1002/ajim.23696

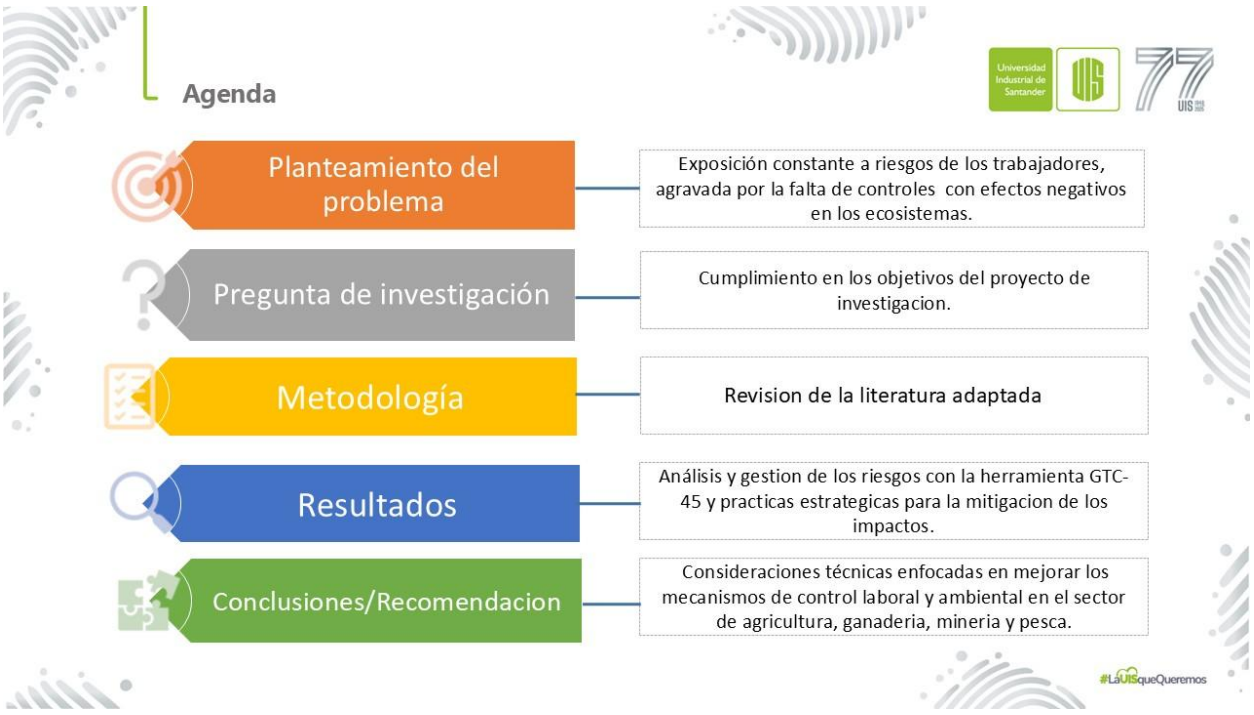
Vargas, S., Mainenti, M., Naranjo, M. F., Mogollon, D., Piñeyro, P., y Jaime, J. (2024). First report of porcine parvovirus 2 (PPV2) in pigs from Colombia associated with porcine reproductive failure (PRF) and porcine respiratory disease complex (PRDC). Transboundary and Emerging Diseases, 2024, Article ID 1471536. https://doi.org/10.1155/2024/1471536

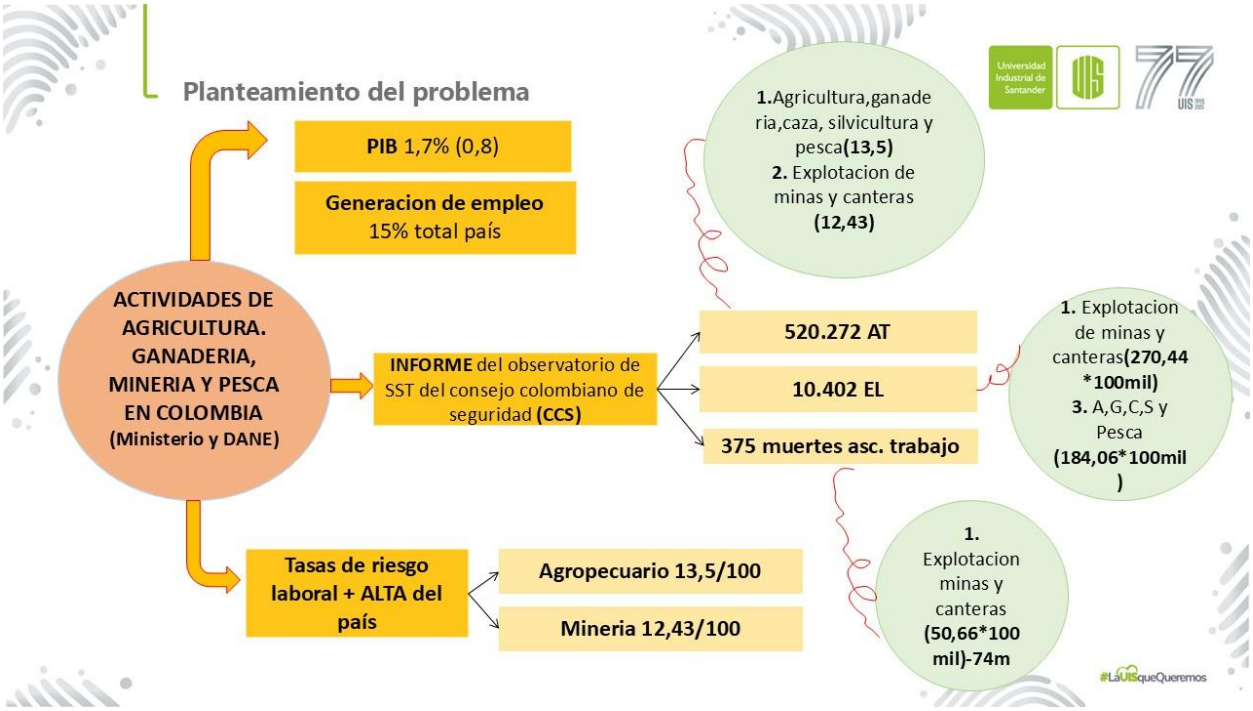
Vergara, F., González, S., Cepeda, N., Pomares, F., y Johnson, B. (2022). Adverse health effects and mercury exposure in a Colombian artisanal and small-scale gold mining community. *Toxics, 10(12), 723.* https://doi.org/10.3390/toxics10120723

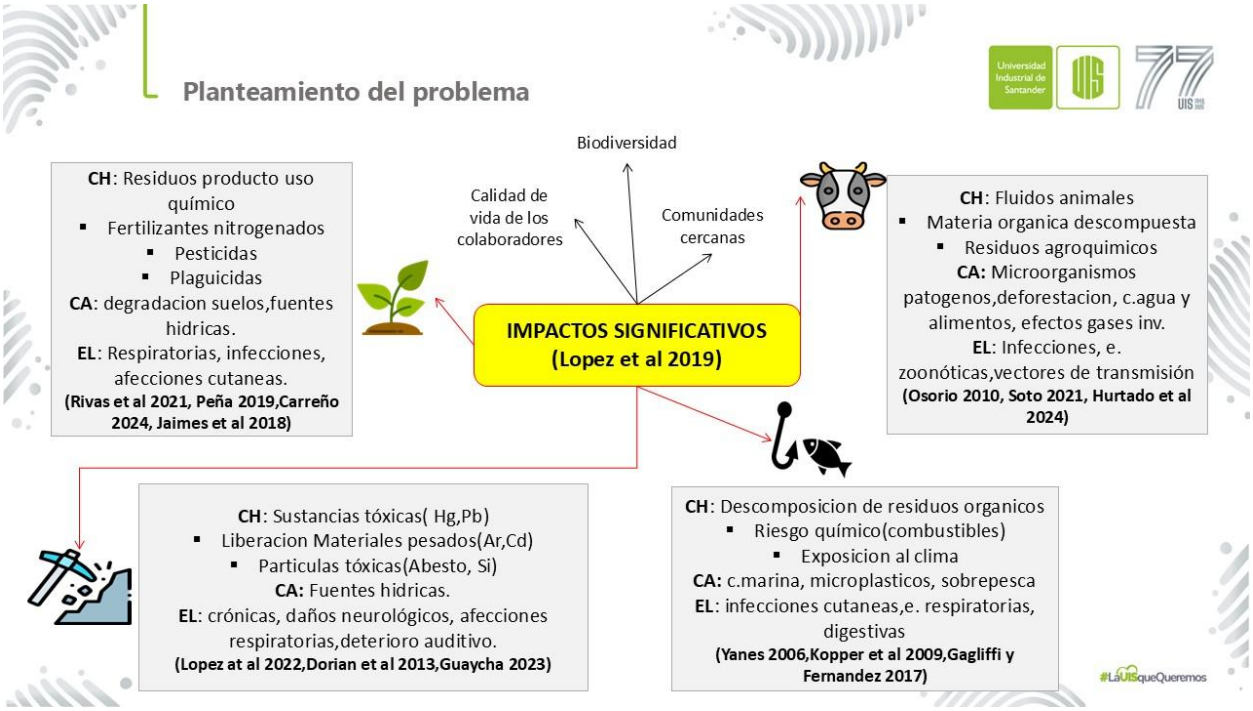
Apéndices

Apéndice A. Presentación de diapositivas - Análisis de las tendencias de contaminantes en las actividades de la agricultura, Ganadería, Minería y Pesca en Colombia.

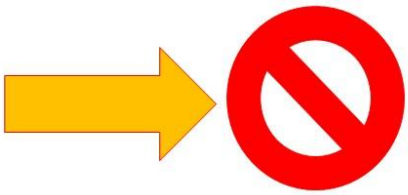





Planteamiento del problema
PIB 1,7% (0,8)
Generacion de empleo 15% total país
ACTIVIDADES DE AGRICULTURA. GANADERIA, MINERIA Y PESCA EN COLOMBIA (Ministerio y DANE)
INFORME del observatorio de SST del consejo colombiano de seguridad (CCS)
520.272 AT
10.402 EL
375 muertes asc. trabajo
1.Agricultura,ganaderia,caza, silvicultura y pesca(13,5)
2. Explotacion de minas y canteras (12,43)
1. Explotacion de minas y canteras(270,44 *100mil)
3. A,G,C,S y Pesca (184,06*100mil)
1. Explotacion minas y canteras (50,66*100 mil)-74m
Tasas de riesgo laboral + ALTA del país
Agropecuario 13,5/100
Mineria 12,43/100
#LaUISqueQueremos


Planteamiento del problema
CH: Residuos producto uso químico
Fertilizantes nitrogenados
Pesticidas
Plaguicidas
CA: degradacion suelos,fuentes hidricas.
EL: Respiratorias, infecciones, afecciones cutaneas.
(Rivas et al 2021, Peña 2019,Carreño 2024, Jaimes et al 2018)
Biodiversidad
Calidad de vida de los colaboradores
Comunidades cercanas
IMPACTOS SIGNIFICATIVOS (Lopez et al 2019)
CH: Fluidos animales
Materia organica descompuesta
Residuos agroquimicos
CA: Microorganismos patogenos,deforestacion, c.agua y alimentos, efectos gases inv.
EL: Infecciones, e. zoonóticas,vectores de transmisión
(Osorio 2010, Soto 2021, Hurtado et al 2024)
CH: Sustancias tóxicas(Hg,Pb)
Liberacion Materiales pesados(Ar,Cd)
Particulas tóxicas(Abesto, Si)
CA: Fuentes hidricas.
EL: crónicas, daños neurológicos, afecciones respiratorias,deterioro auditivo.
(Lopez at al 2022,Dorian et al 2013,Guaycha 2023)
CH: Descomposicion de residuos organicos
Riesgo químico(combustibles)
Exposicion al clima
CA: c.marina, microplasticos, sobrepesca
EL: infecciones cutaneas,e. respiratorias, digestivas
(Yanes 2006,Kopper et al 2009,Gagliffi y Fernandez 2017)
#LaUISqueQueremos

Planteamiento del problema



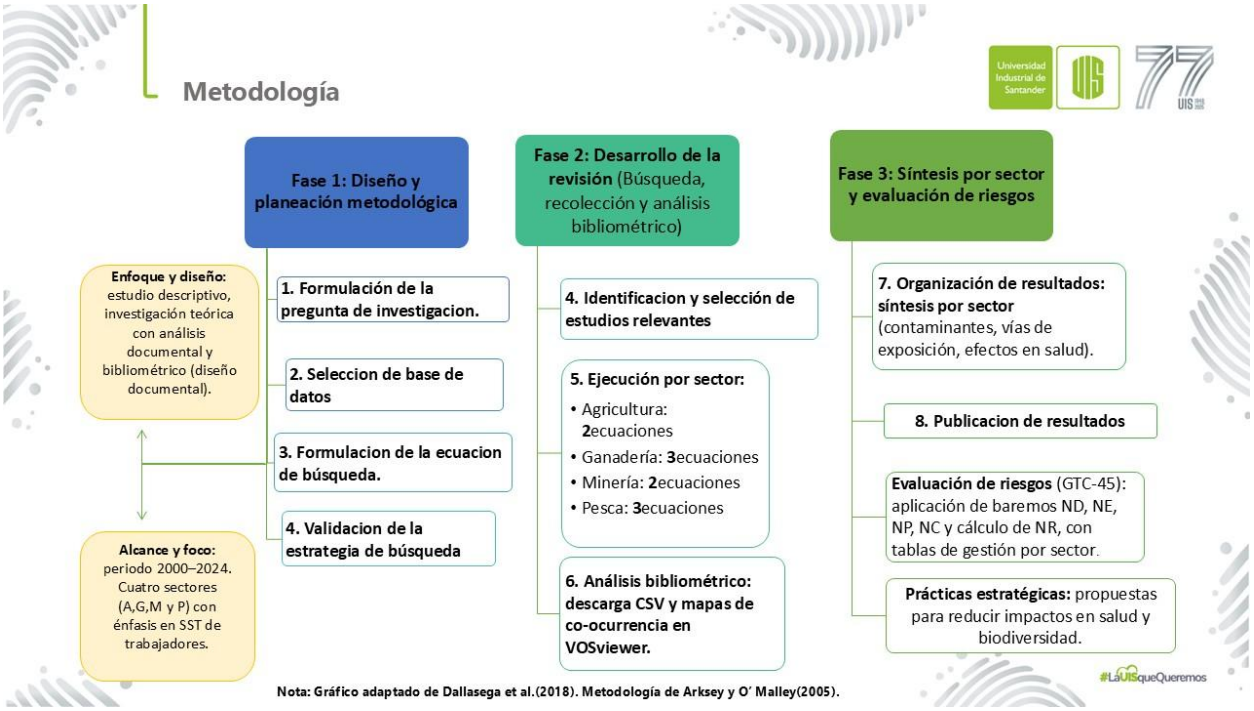
- Regulacion y control
- Estrategias de manejo sostenible de estos residuos
- Capacitacion y uso EPP

#LaUISqueQueremos

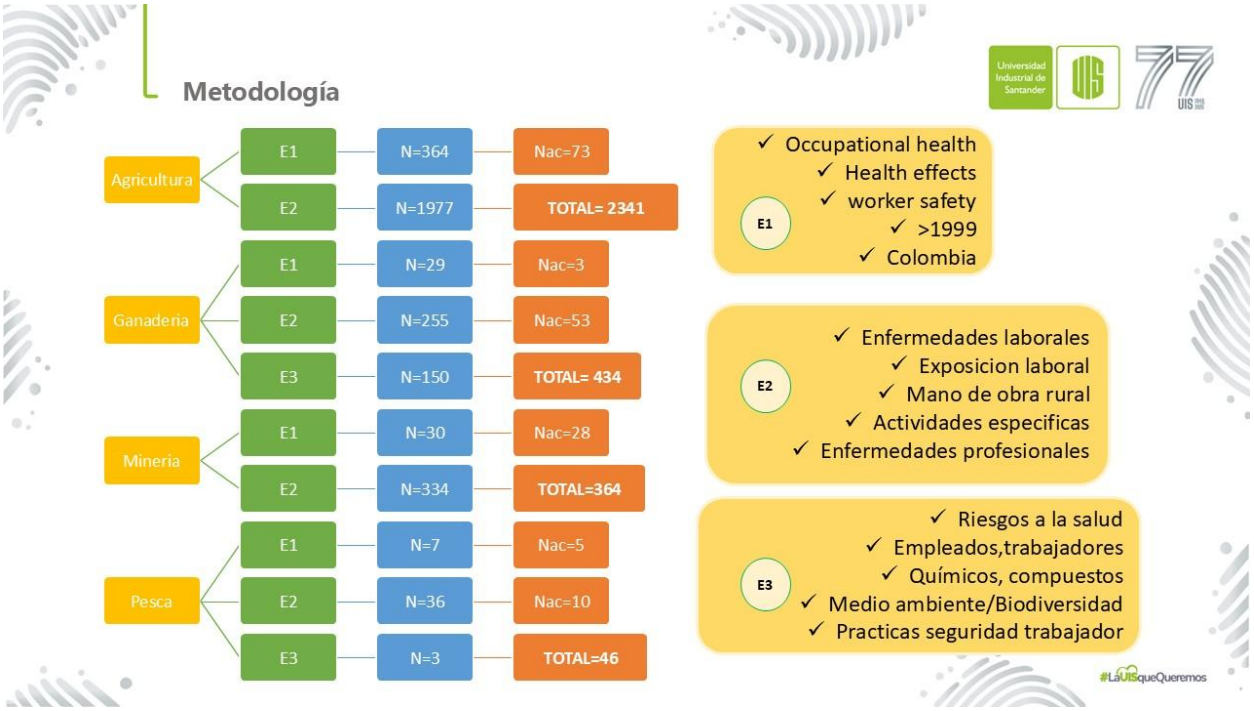
Pregunta de Investigación

¿Cuáles son los principales contaminantes en agricultura, ganadería, minería y pesca en Colombia (2000–2024), cómo impactan la salud de los trabajadores y qué prácticas permiten mitigar sus efectos?

#LaUISqueQueremos



Nota: Gráfico adaptado de Dallasega et al.(2018). Metodología de Arksey y O' Malley(2005).



Resultados



1. Principales contaminantes: Caracterizacion de riesgos en la SST e implicaciones en la salud humana de los trabajadores

2. Evaluacion de riesgos con la herramienta de gestion GTC-45

3. Practicas estrategicas para reducir el impacto en los trabajadores y el medio ambiente de los sectores

#LaUISqueQueremos

Resultados – Principales contaminantes: Caracterizacion de riesgos en la SST



Plaguicidas-Pesticidas
Organofosforados
Carbamatos
Piretroides
Organoclorados 4,4'-DDE
Endosulfán I
Heptacloro

Nitratos
Fosfatos

Bioaerosoles de residuos

Bacterias zoonóticas
Coxiela
Rickettsia
Ehrlichia
Anaplasma

Chlamydia psittaci
Psitacosis

Amoniaco (NH_3)

Mercurio
Vapores en minería aurífera artesanal

Polvo de carbón y sílice cristalina

Metilmercurio en cadena alimentaria

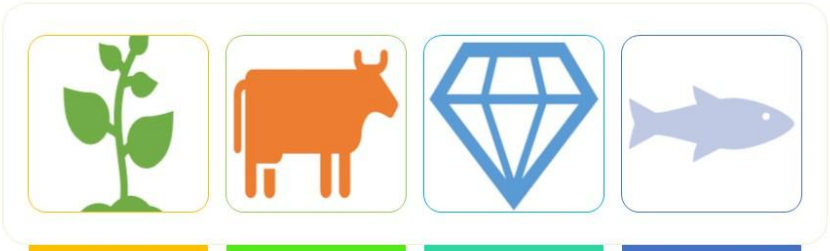
Nutrientes
N y P → eutrofización

Metales pesados
Pb y Hg

Contaminantes orgánicos persistentes
PCB
PCDD
PCDF

#LaUISqueQueremos

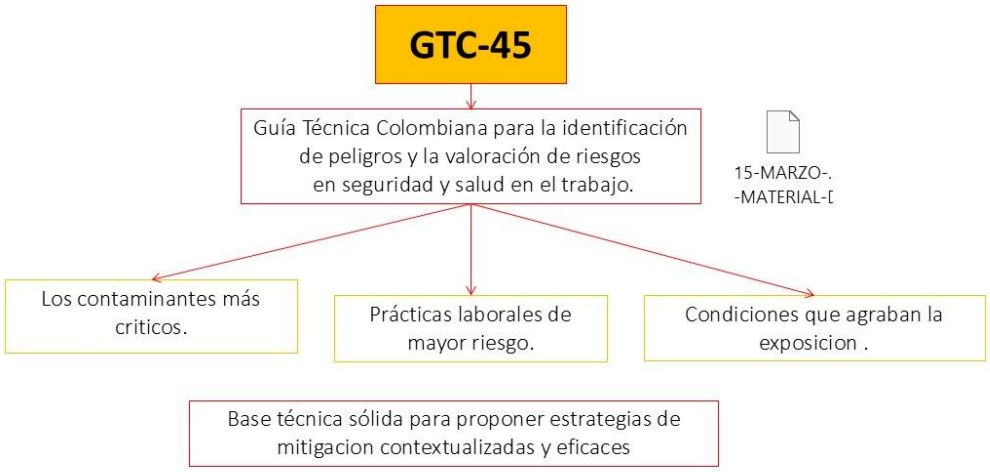
Resultados - Implicaciones en la salud humana de los trabajadores



Cefalea Visión borrosa Disnea Fatiga muscular Lesiones dérmicas Alteraciones endocrinas Alteraciones reproductivas Aumento del riesgo de cáncer Rinitis Bronquitis Alveolitis extrínseca	Cuadros "tipo gripe" que progresan Daño en hígado Daño en riñones Daños en SNC Alergias cutáneas Irritación respiratoria Irritación ocular	Daños neurológico Daños respiratorio Daño hepático Daño renal Neumoconiosis (fibrosis pulmonar irreversible) Daño genético Alteraciones hematológicas	Bronquitis ocupacional Trastornos del sueño Fatiga por bioacumulación Alteraciones neurológicas Alteraciones reproductivas Exposición alimentaria familiar

#LaUISqueQueremos

Resultados - Evaluacion con herramientas de gestion GTC-45



#LaUISqueQueremos

Resultados - Evaluacion con herramientas de gestion GTC-45

GTC – 45 Sector									
Proceso	Actividad	Peligro	Efecto	ND	NE	NP	NC	NR	Clasificación de riesgo

Nivel	Definicion	Categorizacion
ND (Nivel de deficiencia)	Identificacion del peligro y eficacia de las medidas preventivas existentes.	MA-A-M-B 10-6-2-NC
NE (Nivel de exposicion)	Frecuencia con la que un trabajador esta en contacto con un peligro durante la jornada laboral	C-F-O-E 4-3-2-1
NP (Nivel de probabilidad) **NP= ND * NE**	Posibilidad de que el peligro se materialice.	MA-A-M-B 40y24-20y10-8y6-4y2
NC (Nivel de consecuencia)	Severidad del daño que podria sufrir un trabajador en caso de que el riesgo se genere.	M-MG-G-L 100-60-25-10
NR (Nivel de riesgo) **NR= NP * NC**	Magnitud de un riesgo	**CLASIFICACION DEL RIESGO**
CLASIFICACION DEL RIESGO	**I**- No Aceptable **II**-Aceptable con control especifico **III**-Aceptable **IV**-Aceptable	

#LaUISqueQueremos

Resultados – Evaluacion con herramientas de gestion GTC-45. Sector agricultura

GTC – 45 Sector Agricultura									
Proceso	Actividad	Peligro	Efecto	ND	NE	NP	NC	NR	Clasificación de riesgo
Aplicación de plaguicidas	Mezcla y aspersión de plaguicidas	Exposición a organofosforados y carbamatos	Intoxicación aguda, daño neurológico, enfermedades respiratorias	6	5	30	5	150	Nivel I (Crítico - No Aceptable)
Aplicación de fertilizantes	Manipulación de fertilizantes químicos	Exposición a nitratos y fosfatos	Daño hepático, alteraciones endocrinas	5	5	25	4	100	Nivel I (Crítico - No Aceptable)
Manipulación de residuos	Manejo de residuos vegetales y animales	Exposición a bioaerosoles	Infecciones respiratorias, alergias	4	4	16	4	64	Nivel II (Aceptable con control específico)
Labores agrícolas	Exposición prolongada al sol	Radiación ultravioleta	Cáncer de piel, quemaduras, fatiga	3	5	15	4	60	Nivel II (Aceptable con control específico)
Manipulación de abonos orgánicos	Trabajo en ambientes cerrados con abonos en descomposición	Exposición a bioaerosoles microbianos	Bronquitis ocupacional, sinusitis crónica, alveolitis extrínseca	4	4	4	4	64	Nivel II (Aceptable con control específico)

ND: Nivel de deficiencia.

NE: Nivel de exposición.

NP: Nivel de probabilidad (ND x NE).

NC: Nivel de consecuencia.

NR: Nivel de riesgo (NP x NC)

#LaUISqueQueremos

Resultados – Evaluacion con herramientas de gestion GTC-45. Sector ganaderia

GTC-45 Sector Ganadería									
Proceso	Actividad	Peligro	Efecto	ND	NE	NP	NC	NR	Clasificación de riesgo
Manejo de ganado	Contacto con fluidos animales	Leptospira spp.	Leptospirosis aguda y crónica	6	5	30	4	120	Nivel I (Crítico - No Aceptable)
Manejo de ganado	Contacto con estiércol y suelos	Toxoplasma gondii	Toxoplasmosis	5	5	25	4	100	Nivel I (Crítico - No Aceptable)
Proceso de sacrificio	Desposte de cerdos y bovinos	Contacto con sangre y tejidos	Infecciones bacterianas, zoonosis	5	5	25	5	125	Nivel I (Crítico - No Aceptable)
Manejo de ganado	Aplicación de insecticidas o antiparasitarios	Exposición dérmica e inhalatoria a químicos veterinarios	Alergias cutáneas, intoxicaciones leves, síntomas respiratorios	4	4	4	4	64	Nivel II (Aceptable con control específico)
Limpieza de establos	Lavado y desinfección	Exposición a productos químicos	Dermatitis, afecciones respiratorias	3	4	12	4	48	Nivel II (Aceptable con control específico)

ND: Nivel de deficiencia.

NE: Nivel de exposición.

NP: Nivel de probabilidad (ND x NE).

NC: Nivel de consecuencia.

NR: Nivel de riesgo (NP x NC)

#LaUISqueQueremos

Resultados – Evaluacion con herramientas de gestion GTC-45. Sector Mineria

GTC – 45 Sector Minería									
Proceso	Actividad	Peligro	Efecto	ND	NE	NP	NC	NR	Clasificación de riesgo
Extracción de oro artesanal	Amalgamación con mercurio	Exposición a Vapores de mercurio	Daño neurológico respiratorio hepático	6	5	30	5	150	Nivel I (Crítico - No Aceptable)
Extracción aurífera artesanal	Quema de amalgamas	Inhalación de mercurio	Intoxicación aguda, daño renal y neurológico	6	4	24	5	120	Nivel I (Crítico - No Aceptable)
Minería subterránea de carbón	Perforación y carga de mineral	Polvo de carbón y sílice	Neumoconiosis, fibrosis pulmonar	5	5	25	5	125	Nivel I (Crítico - No Aceptable)
Minería subterránea de carbón	Transporte y trituración del carbón	Inhalación de polvo de carbón	Daño pulmonar crónico, cáncer de pulmón	4	5	20	5	100	Nivel I (Crítico - No Aceptable)
Minería subterránea de carbón	Exposición prolongada a polvo fino y sílice	Genotoxicidad, compuestos tóxicos acumulativos	Aberraciones cromosómicas, riesgo de cáncer	5	4	4	5	100	Nivel I (Crítico – No aceptable)
Minería artesanal en cuencas	Consumo habitual de pescado contaminado	Bioacumulación de mercurio orgánico	Daño neurológico crónico, afectación prenatal y cognitiva	3	4	3	5	60	Nivel II (Aceptable con control específico)

ND: Nivel de deficiencia.

NE: Nivel de exposición.

NP: Nivel de probabilidad (ND x NE).

NC: Nivel de consecuencia.

NR: Nivel de riesgo (NP x NC)

#LaUISqueQueremos

Resultados – Evaluacion con herramientas de gestion GTC-45. Sector Pesca

Sector Pesca y Acuicultura									
Proceso	Actividad	Peligro	Efecto	ND	NE	NP	NC	NR	Clasificación de riesgo
Cultivo de peces	Sobrealimentación de peces	Acumulación de nutrientes (N y P)	Eutrofización, afectación de calidad del agua	4	5	20	3	60	Nivel II (Aceptable con control específico)
Actividad pesquera artesanal	Manipulación de residuos de pescado	Generación de bioaerosoles	Infecciones respiratorias, alergias	4	4	16	4	64	Nivel II (Aceptable con control específico)
Actividad pesquera artesanal	Consumo de pescado contaminado	Metales pesados (mercurio, plomo)	Riesgo neurotóxico y nefrotóxico crónico	5	4	20	5	100	Nivel I (Crítico - No Aceptable)
Actividad acuícola	Limpieza de jaulas y embarcaciones	Contacto con productos químicos	Dermatitis, intoxicación, daño respiratorio	3	4	12	4	48	Nivel II (Aceptable con control específico)
pesquera artesanal	Uso de motores en embarcaciones	Exposición a gases de combustión	Enfermedades respiratorias, fatiga crónica	3	5	15	4	60	Nivel II (Aceptable con control específico)
Actividad pesquera artesanal	Consumo de pescado con contaminantes orgánicos persistentes (POP)	Ingesta de PCB, PCDD, PCDF	Disrupciones hormonales, posible riesgo cancerígeno a largo plazo	4	3	3	5	45	Nivel II (Aceptable con control específico)
Transporte de pescado	Manipulación de carga pesada	Sobrecarga muscular	Lesiones musculoesqueléticas	3	4	12	3	36	Nivel III (Mejorable)

ND: Nivel de deficiencia.

NE: Nivel de exposición.

NP: Nivel de probabilidad (ND x NE).

NC: Nivel de consecuencia.

NR: Nivel de riesgo (NP x NC)

#LaUISqueQueremos

Resultados – Prácticas estratégicas para reducir impactos en cada sector

SECTOR AGRICULTURA

- Buenas prácticas agrícolas (rotación de cultivos, manejo integrado de plagas).
- Sustitución de agroquímicos por bioinsumos (biopesticidas, biofertilizantes).
- Capacitación técnica en uso seguro de insumos.
- Uso adecuado de EPP (guantes, mascarillas, gafas, ropa protectora)

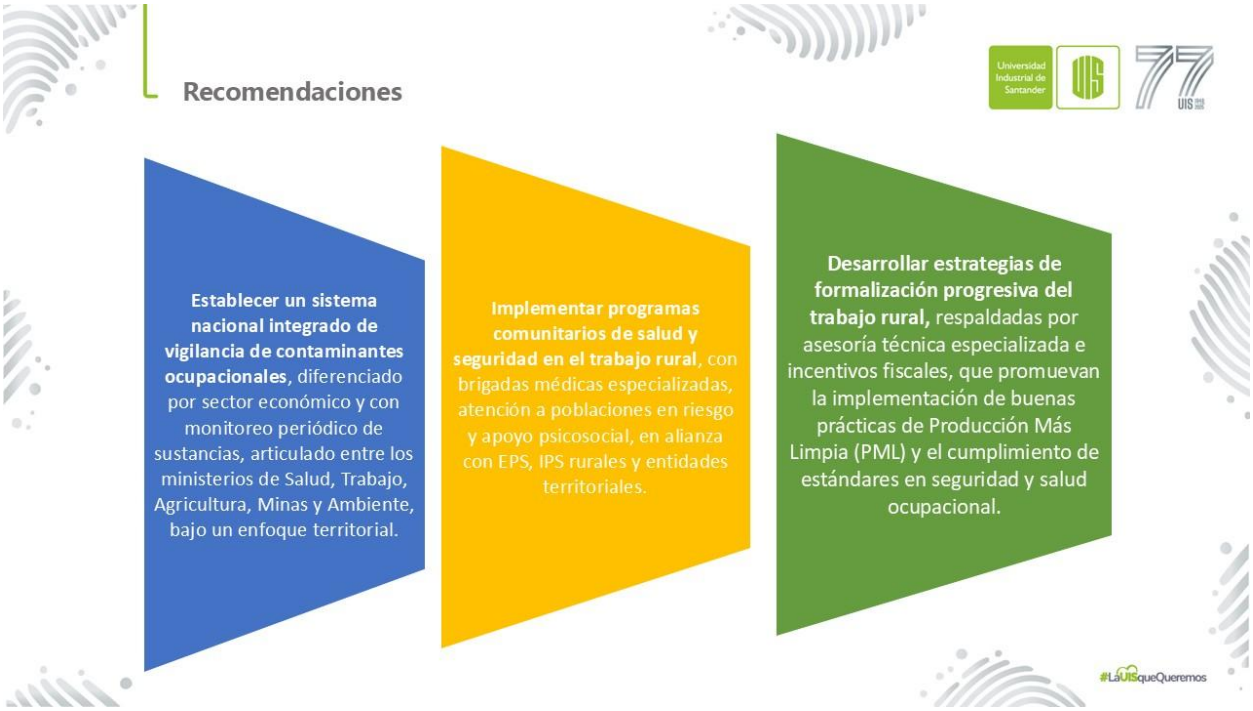
SECTOR GANADERIA

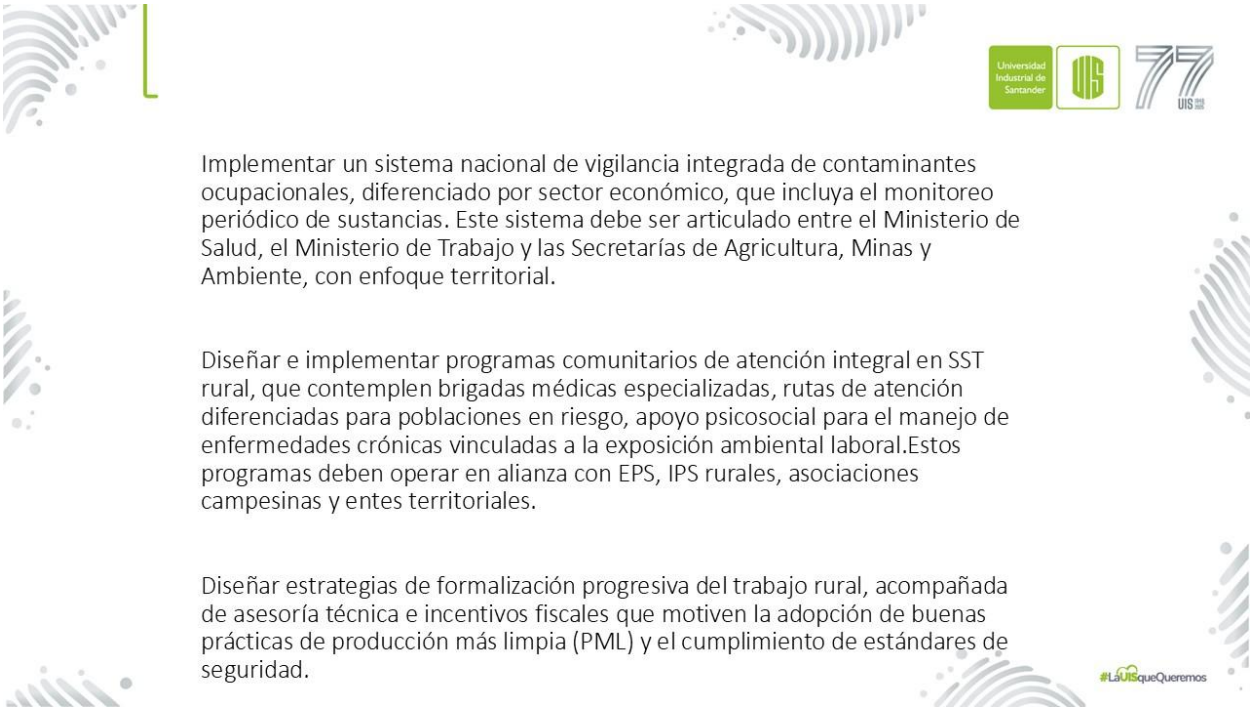
- Instalación de biodigestores para tratamiento de estiércol.
- Protocolos de bioseguridad en granjas (zonificación, limpieza, desinfección).
- Control de zoonosis mediante vacunación y vigilancia sanitaria.
- Uso de EPP en ordeños, partos y faenas de sacrificio.

#LaUISqueQueremos


Resultados – Prácticas estratégicas para reducir impactos en cada sector
SECTOR MINERIA
Sustitución del mercurio por tecnologías limpias (gravimetría, centrifugas,flotacion.
Formalizacion de la mineria artesanal con capacitacion y protocolos de seguridad.
Tecnificacion y modernizacion de equipos(sensores de gas, Ventilacion y supresion de polvo)(nebulizacion y aspiracion localizada).
Monitoreo ambiental y biomedico de metales pesados,, polvo, ruido y gases en zonas de trabajo
Utilizar tecnicas de economia circular para el manejo de residuos.
Capacitacion y formacion continua con participacion activa de los trabajadores
SECTOR PESCA
Sistemas de acuicultura sostenible (control de alimentación, reducción de eutrofización.
Tratamiento de aguas residuales con filtros biológicos.
Monitoreo de contaminantes en peces (metales pesados, microplásticos).
Formalizacion y mejora en las condiciones laborales (ventilación, control de gases de combustión, EPP)
#LaUISqueQueremos


Conclusiones
Con la ejecucion de la matriz GTC-45 se encontro que en más del 60% de las actividades analizadas, el riesgo alcanza niveles críticos (NR ≥ 100), especialmente en minería artesanal y agricultura extensiva.
La exposición de contaminantes en estos sectores producen en comun un amplio daño a nivel respiratorio, hepático, cutáneo, endocrino, neurológico, reproductivo y genético que afecta al trabajador, su familia y comunidades aledañas.
Se requiere una estrategia pública integral alineada con la gestion de riesgo rural, los lineamientos de la OIT y la OMS que permita fortalecer el conocimiento local, transformar practicas cotidianas y articular actores publicos y privados en torno al bienestar del trabajador y la proteccion del ecosistema.
Los sectores con menor tecnificación y mayor informalidad como la minería artesanal, la ganadería de traspatio o la pesca ribereña concentran los casos más severos de contaminacion al normalizar prácticas inseguras generando una vulnerabilidad estructural.
#LaUISqueQueremos


Recomendaciones
Establecer un sistema nacional integrado de vigilancia de contaminantes ocupacionales, diferenciado por sector económico y con monitoreo periódico de sustancias, articulado entre los ministerios de Salud, Trabajo, Agricultura, Minas y Ambiente, bajo un enfoque territorial.
Implementar programas comunitarios de salud y seguridad en el trabajo rural, con brigadas médicas especializadas, atención a poblaciones en riesgo y apoyo psicosocial, en alianza con EPS, IPS rurales y entidades territoriales.
Desarrollar estrategias de formalización progresiva del trabajo rural, respaldadas por asesoría técnica especializada e incentivos fiscales, que promuevan la implementación de buenas prácticas de Producción Más Limpia (PML) y el cumplimiento de estándares en seguridad y salud ocupacional.
#LaUISqueQueremos


Implementar un sistema nacional de vigilancia integrada de contaminantes ocupacionales, diferenciado por sector económico, que incluya el monitoreo periódico de sustancias. Este sistema debe ser articulado entre el Ministerio de Salud, el Ministerio de Trabajo y las Secretarías de Agricultura, Minas y Ambiente, con enfoque territorial.
Diseñar e implementar programas comunitarios de atención integral en SST rural, que contemplen brigadas médicas especializadas, rutas de atención diferenciadas para poblaciones en riesgo, apoyo psicosocial para el manejo de enfermedades crónicas vinculadas a la exposición ambiental laboral.Estos programas deben operar en alianza con EPS, IPS rurales, asociaciones campesinas y entes territoriales.
Diseñar estrategias de formalización progresiva del trabajo rural, acompañada de asesoría técnica e incentivos fiscales que motiven la adopción de buenas prácticas de producción más limpia (PML) y el cumplimiento de estándares de seguridad.
#LaUISqueQueremos

Referencias

Arteaga, H., Villa, S. y Builes, Y. (2018). *Guía Preventiva Para Los Principales Riesgos Del Sector Ganadero Bovino Colombiano* [Tesis de especialización, UCES]. Repositorio Digital UCES. http://hdl.handle.net/10946/4158

Bernhoft, A. (2012). Mercury toxicity and treatment: A review of the literature. Journal of *Environmental and Public Health*. https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22235210/

Buitrago, Y., Rangel, N., Vega, D., Pulido, M., y Rondón, M. (2024). Unraveling chromosomal and genotoxic damage in individuals occupationally exposed to coal from underground mining. *Frontiers in Genetics, 15*,. https://doi.org/10.3389/fgene.2024.1422938

Carreño, V. (2024). El uso de agroquímicos y el daño a la salud en Colombia. [Tesis de pregrado, Universidad del Externado]. Repositorio Universidad del Externado https://medioambiente.uexternado.edu.co/el-uso-de-agroquimicos-y-el-dano-a-la-salud-en-colombia/

Casas, I., Gómez, E., Rodríguez, M., Girón, L., y Mateus, C. (2015). Hacia un plan nacional para el control de los efectos del mercurio en la salud en Colombia. *Biomédica, 35(SPE), 8-19.* http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0120-41572015000500004&script=sci_arttext

#LaUISqueQueremos

¡Escanéeme!

¡Gracias!