

CIENCIAMATRIA

Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología

Año X. Vol. X. N°1. Edición Especial. 2024

Hecho el depósito de ley: pp201602FA4721

ISSN-L: 2542-3029; ISSN: 2610-802X

Instituto de Investigación y Estudios Avanzados Koinonía. (IIEAK). Santa Ana de Coro. Venezuela

Jessica Michelle Guamán-Pozo; Álvaro Raúl Peralta-Beltrán

[DOI 10.35381/cm.v10i1.1252](https://doi.org/10.35381/cm.v10i1.1252)

Impacto de los contaminantes atmosféricos en la salud ocupacional de los agricultores

Impact of atmospheric pollutants on occupational health among farmers

Jessica Michelle Guamán-Pozo

jessica.guaman.77@est.ucacue.edu.ec

Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Azuay
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-8591-3030>

Álvaro Raúl Peralta-Beltrán

alvaro.peralta@ucacue.edu.ec

Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Azuay
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0003-0839-3518>

Recibido: 20 de agosto 2023

Revisado: 25 de septiembre 2023

Aprobado: 15 de diciembre 2023

Publicado: 15 de enero 2024

Jessica Michelle Guamán-Pozo; Álvaro Raúl Peralta-Beltrán

RESUMEN

El presente estudio se enfoca en los desafíos para la salud respiratoria relacionados con la exposición laboral en la agricultura, tanto en trabajadores como en la población civil. El objetivo es identificar medidas para reducir los riesgos de contaminación química y promover la salud en estos entornos. Se empleó una revisión bibliográfica exhaustiva y se destacó la importancia del uso de equipos de protección personal (EPP) y la promoción de la conciencia sobre los riesgos. Los resultados resaltan la necesidad de capacitación, supervisión y monitoreo continuo de la calidad del aire, así como el cumplimiento de normativas ambientales. Se concluye que estas medidas no solo protegerán la salud de los trabajadores, sino que también contribuirán a la sostenibilidad y productividad a largo plazo de las operaciones agrícolas.

Descriptor: Contaminación atmosférica; deterioro ambiental; indicadores ambientales. (Tesauro UNESCO).

ABSTRACT

The present study focuses on respiratory health challenges related to occupational exposure in agriculture, both in workers and in the civilian population. The aim is to identify measures to reduce chemical contamination risks and promote health in these environments. A comprehensive literature review was used and the importance of the use of personal protective equipment (PPE) and the promotion of risk awareness was highlighted. The results highlight the need for training, supervision and continuous monitoring of air quality, as well as compliance with environmental regulations. It is concluded that these measures will not only protect the health of workers, but also contribute to the long-term sustainability and productivity of agricultural operations.

Descriptors: Air pollution; environmental degradation; environmental indicators. (UNESCO Thesaurus).

Jessica Michelle Guamán-Pozo; Álvaro Raúl Peralta-Beltrán

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire es una preocupación global debido a su impacto toxicológico en los seres vivos. La calidad del aire en los lugares de trabajo es un aspecto crítico para la salud y el bienestar de los trabajadores, y está directamente relacionada con los contaminantes atmosféricos (CA) presentes en el ambiente laboral (Vega et al., 2021). La exposición a estos contaminantes puede tener efectos negativos en la salud ocupacional, lo que representa un desafío significativo para la seguridad y la productividad laboral. Por esta razón, se han realizado investigaciones en diversas regiones, considerando varios factores para evaluar la calidad del aire y su impacto en la salud ocupacional.

El aire, es una mezcla invisible vital de gases que rodea el planeta, esencial para sostener la vida. Este elemento está compuesto por nitrógeno y oxígeno, con trazas de otros elementos. Además de proporcionar el oxígeno indispensable para los seres vivos, el aire actúa como un vehículo para la dispersión de nutrientes, polen y otras partículas que son fundamentales para el crecimiento y la reproducción de plantas y animales.

Sin embargo, en los últimos tiempos, el aire se ha convertido en un foco de preocupación debido a la contaminación generada por actividades humanas, lo que ha afectado su calidad y ha tenido consecuencias adversas para la salud humana y el medio ambiente. La contaminación del aire se define como todos los efectos destructivos de cualquier fuente que contribuya a la contaminación de la atmósfera y/o al deterioro del ecosistema. La contaminación del aire es causada tanto por acciones antrópicas como por fenómenos naturales, y está compuesta por muchos tipos de contaminantes, incluyendo materiales en fase sólida, líquida y gaseosa.

El término agricultura incluye actividades agrícolas, forestales, cría de animales, transformación primaria de productos agrícolas y animales, maquinaria y su respectivo mantenimiento, equipos, instalaciones agrícolas, y cualquier otro proceso relacionado con la producción agrícola.

Los factores de riesgo preponderantes en la agricultura son la manipulación de la maquinaria, y la exposición a condiciones meteorológicas adversas y los riesgos

Jessica Michelle Guamán-Pozo; Álvaro Raúl Peralta-Beltrán

químicos derivados del manejo de plaguicidas (Balbastre et al., 2016). Los plaguicidas utilizados contra endemias y epidemias son considerados un riesgo químico. Este riesgo genera un impacto negativo en la salud de los trabajadores que manejan estos productos tóxicos (Santos et al., 2021). La toxicidad depende de factores como el tipo de pesticida utilizado, la forma en que se aplican los productos, los mecanismos de vigilancia de la salud, la falta de uso o el uso inadecuado de equipos de protección personal (EPP) y/o colectiva (Matabanchoy, 2021).

La calidad del aire en entornos agrícolas puede medirse según las concentraciones de contaminantes específicos, como PM, O₃, CO y SO_x, así como en la exposición de los trabajadores agrícolas a través de métodos como muestreo personal o ambiental. Existen varios métodos para evaluar la calidad del aire en un determinado entorno. Uno de los enfoques más comunes es el monitoreo directo de los contaminantes atmosféricos utilizando estaciones de monitoreo distribuidas de forma estratégica.

Estas estaciones miden concentraciones de contaminantes como PM, O₃, CO y SO_x. Además del monitoreo continuo, se pueden realizar muestreos periódicos en áreas específicas para evaluar la calidad del aire a lo largo del tiempo. Otro enfoque implica el uso de modelos matemáticos para predecir la dispersión de contaminantes atmosféricos en función de factores como la geografía, las condiciones meteorológicas y las emisiones locales. Estos modelos proporcionan estimaciones de la calidad del aire en lugares donde no se encuentran estaciones de monitoreo y pueden ayudar a identificar áreas de preocupación. Además, las mediciones de calidad del aire también se pueden realizar utilizando dispositivos portátiles y sensores de bajo costo, aunque estos métodos pueden ser menos precisos y requieren validación adicional.

En la legislación, varios países tienen normativas para proteger la salud ocupacional de los trabajadores agrícolas y abordar la contaminación del aire en entornos laborales. Estas regulaciones pueden incluir límites de exposición ocupacional a contaminantes, requisitos para el uso de equipos de protección personal, y medidas para prevenir la contaminación atmosférica en actividades agrícolas.

Jessica Michelle Guamán-Pozo; Álvaro Raúl Peralta-Beltrán

El objetivo es identificar medidas para reducir los riesgos de contaminación química y promover la salud en estos entornos.

MÉTODO

La investigación se llevó a cabo descriptivo con diseño no experimental. Para la recopilación, análisis y síntesis de datos, se utilizó el enfoque analítico-sintético. Se evaluaron los artículos mediante una revisión de artículos de investigación actuales, publicados entre 2010 y 2023, utilizando cinco bases de datos relevantes: Web of Science, PubMed, Google Académico, Scopus y Scielo.

Las palabras clave empleadas durante la búsqueda fueron "Salud Ocupacional", "Calidad del Aire", "Agricultura", "Contaminación del Aire", "Trabajadores Agrícolas" y "Occupational Health". Se utilizó la metodología PRISMA para evaluar la calidad y confiabilidad de los estudios mediante la aplicación de criterios predefinidos (Figura 1). Posteriormente, se llevó a cabo la extracción de datos para analizar la metodología y los resultados, identificando patrones y tendencias significativas.

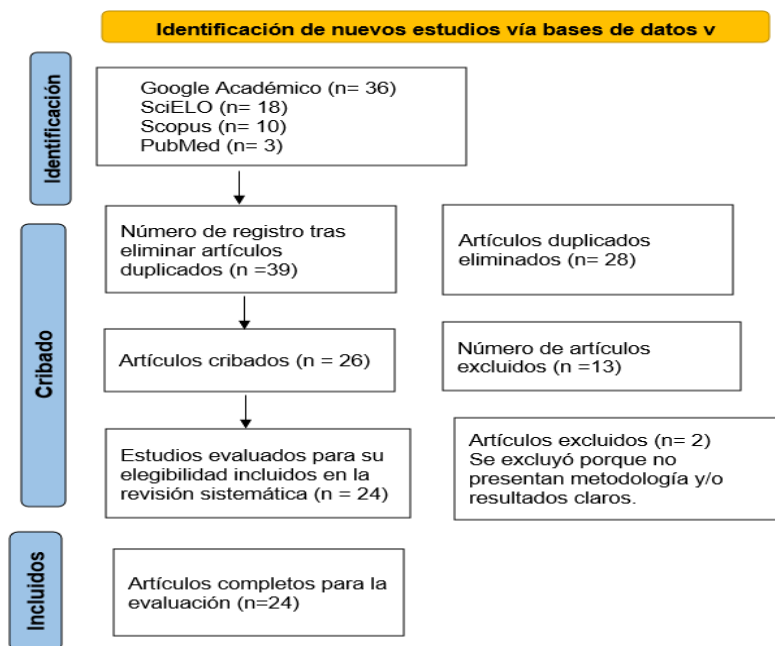


Figura 1. Diagrama de flujo PRISMA 2020.
Elaboración: Los autores.

Jessica Michelle Guamán-Pozo; Álvaro Raúl Peralta-Beltrán

Los criterios de inclusión consideraron el título, resumen, palabras clave, fechas de publicación, revisión por pares, tema del artículo e idioma. Por otro lado, los criterios de exclusión abarcaron investigaciones sin relación directa con el tema principal y aquellas que carecían de metodología y/o resultados claros. De las 67 investigaciones científicas revisadas, se eliminaron 12 que estaban fuera del periodo de estudio y posteriormente se excluyeron 13 fuentes que no guardaban relación directa con el tema. Finalmente, se seleccionaron 24 estudios que cumplían con los criterios de inclusión y exclusión, proporcionando una base sólida para el análisis y la interpretación de los hallazgos.

RESULTADOS

Los resultados obtenidos de la revisión muestran una clara asociación entre la calidad del aire y la salud ocupacional de los agricultores. Se clasificaron las investigaciones en 5 subtemas relacionados con la salud ocupacional de los agricultores, con el fin de abordar de manera integral los diversos aspectos que influyen en la exposición a contaminantes atmosféricos y sus efectos en la salud.

Estos subtemas incluyen el impacto de la actividad agrícola en la calidad del aire, los efectos adversos de la contaminación del aire en la salud, los factores ocupacionales determinantes en la exposición a contaminantes, las consecuencias transversales de la contaminación atmosférica en la salud ocupacional y la tecnología e innovación para la protección de la salud ocupacional en agricultura.

Esta clasificación facilitó un análisis detallado y multidimensional de la problemática, así como la identificación de áreas de intervención y el desarrollo de soluciones específicas para mejorar la salud y seguridad de los trabajadores agrícolas. A continuación, se presenta la tabla 1, que incluye los autores y la temática, para comprender la relación entre la salud ocupacional de los agricultores y la calidad del aire. En la tabla se presenta los subtemas relevantes relacionados con la salud ocupacional en la agricultura en el contexto de la contaminación del aire, el subtema

Jessica Michelle Guamán-Pozo; Álvaro Raúl Peralta-Beltrán

y los autores asociados que han contribuido con investigaciones en estos campos específicos.

Tabla 1.

Subtemas y Autores Relacionados con la Salud Ocupacional en Agricultura y Contaminación del Aire.

Subtema	Descripción	Autores
Impacto de la actividad agrícola en la calidad del aire	Analiza cómo las actividades agrícolas contribuyen a la emisión de contaminantes atmosféricos.	(Jianfeng et al., 2014) (Anenberg et al., 2020) (Nordgren y Charavaryamath, 2018)
Efectos adversos de la contaminación del aire en la salud	Examina los efectos específicos de la contaminación atmosférica en la salud ocupacional de los trabajadores agrícolas.	(Jiménez et al., 2016) (Cordero et al., 2018) (Stoecklin et al., 2015)
Factores ocupacionales determinantes en la exposición a contaminantes	Identifica los factores inherentes al trabajo agrícola que influyen en la exposición de los agricultores a los contaminantes atmosféricos.	(Clarke, 2021) (Santos et al., 2021) (Vega et al., 2021) (Gregory y Kearney, 2014)
Consecuencias transversales de la contaminación atmosférica en la salud ocupacional	Analiza los impactos más amplios de la contaminación del aire en la salud ocupacional de los agricultores, considerando aspectos sociales, económicos y psicológicos.	(Lu, 2020) (Matabanchoy, 2021) (Hachem, 2019) (Anenberg et al., 2020)
Tecnología innovadora para la protección de la salud ocupacional en agricultura	Explora las nuevas tecnologías y prácticas agrícolas diseñadas para mejorar la salud y seguridad ocupacional de los trabajadores del campo.	(De Soto et al., 2016) (Morales y Núñez, 2016) (Chen et al., 2017) (Hutter et al., 2021) (Hidalgo et al., 2016)

Elaboración: Los autores.

Impacto de la actividad agrícola en la calidad del aire

Los contaminantes del aire son gases o partículas cuya concentración elevada puede ser dañina para la vida y el medio ambiente. Por otro lado, Nordgren y Charavaryamath (2018) explica que los contaminantes pueden tener origen natural,

Jessica Michelle Guamán-Pozo; Álvaro Raúl Peralta-Beltrán

como los volcanes, o ser de origen antropogénico, como en el caso del sector agrícola. Bajo este contexto, la investigación de Chen et al. (2017) destacan diversas actividades agrícolas como importantes fuentes de generación de contaminantes atmosféricos, tales como la aplicación de sustancias químicas, la quema de residuos, la fertilización y la cosecha de cultivos, como se detalla en la Tabla 2. En la tabla se resume los contaminantes generados en la agricultura y sus fuentes de emisión, así como los posibles efectos en la salud humana.

Tabla 2.
 Contaminantes Atmosféricos Agrícolas y sus efectos en la salud.

Contaminante	Fuente de emisión	Efectos en la salud
Partículas en Suspensión (PM)	Cosecha de cultivos, manipulación de cultivos, quema de residuos agrícolas	Problemas respiratorios, enfermedades cardiovasculares
Compuestos Orgánicos Volátiles (COV)	Pesticidas, fertilizantes, actividad microbiana en el suelo	Irritación respiratoria, contribuyen a la formación de ozono
Amoníaco (NH₃)	Estiércol, fertilizantes nitrogenados	Irritación ocular y respiratoria, afecta la calidad del aire
Óxidos de Nitrógeno (NOx)	Quema de residuos agrícolas, fertilizantes	Problemas respiratorios, contribuyen a la formación de ozono
Dióxido de Azufre (SO₂)	Quema de residuos agrícolas, ciertos fertilizantes	Problemas respiratorios, irritación de ojos y garganta
Metano (CH₄)	Sistemas de gestión de estiércol	Contribuye al cambio climático, no directamente tóxico
Ozono Troposférico (O₃)	Reacciones Químicas Naturales	Problemas respiratorios, Irritación respiratoria, Daño pulmonar.

Elaboración: Los autores.

Es importante tener en cuenta que los efectos en la salud pueden variar dependiendo de diversos factores, como la situación económica y educativa de las poblaciones afectadas, entre otros. Se destaca que el material particulado (PM) es uno de los

Jessica Michelle Guamán-Pozo; Álvaro Raúl Peralta-Beltrán

contaminantes más nocivos para la salud y se resaltan varias fuentes de emisión, como la quema de residuos, la labranza del suelo, la fertilización y la manipulación de cultivos, entre otras actividades agrícolas.

Por otro lado, Balbastre et al. (2016) y Clarke (2021) han identificado los seis principales contaminantes del aire, y su afectación a corto, mediano y largo plazo. Estos abarcan los contaminantes primarios, los cuales son liberados directamente en la atmósfera, como el SO₂, conocido por irritar los pulmones y causar daños a la vegetación. Además, están los contaminantes secundarios, estos son el resultado de procesos químicos en la atmósfera, un ejemplo es H₂SO₄, formado por la oxidación del SO₂, y el ozono (O₃), que se forma a partir de contaminantes primarios.

Clarke (2021) menciona que el metano (CH₄) y el óxido nitroso (N₂O) son gases que alteran la atmósfera, contribuyen al calentamiento global. Tienen una larga vida atmosférica y son sustancias potentes de efecto invernadero, como fuentes de emisión que incluyen procesos industriales del sector agrícola. Las características de algunos contaminantes se detallan en la tabla 3. La tabla presenta una síntesis de las características fisicoquímicas de diversos contaminantes atmosféricos que pueden originarse a partir de actividades agrícolas.

Tabla 3.

Características de Contaminantes Atmosféricos Asociados con la Agricultura.

Contaminante	Características
Partículas en suspensión	<ul style="list-style-type: none"> - Sólidas o líquidas - Orgánicas o inorgánicas - Diámetros <0.1 µm - 10 µm - Pueden permanecer suspendidas durante horas o días - Principales componentes incluyen carbono, hidrocarburos, sulfato de amonio, metales
Dióxido de azufre (SO ₂)	<ul style="list-style-type: none"> - Gas presente, incoloro con sabor y olor cáustico - Se disuelve en agua para formar ácido sulfuroso (H₂SO₃) - Se oxida para formar ácido sulfúrico (H₂SO₄) - Presente en forma gaseosa, como ácido sulfúrico y sulfatos en la atmósfera urbana

Jessica Michelle Guamán-Pozo; Álvaro Raúl Peralta-Beltrán

Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	de	<ul style="list-style-type: none"> - Se forma por la combinación de nitrógeno y oxígeno durante combustiones - Contaminante secundario, producto de la oxidación del óxido nítrico (NO)
Monóxido de carbono (CO)	de	<ul style="list-style-type: none"> - Gas incoloro, inodoro e insípido - Se forma por combustiones incompletas - Se une a la hemoglobina para crear carboxihemoglobina, reduciendo así la habilidad de transportar oxígeno.
Ozono (O ₃)		<ul style="list-style-type: none"> - Es un gas altamente reactivo que consiste en tres átomos de oxígeno. - Se forma como un contaminante secundario cuando los contaminantes primarios reaccionan en presencia de luz solar. - Sus niveles aumentan en condiciones climáticas favorables.

Elaboración: Los autores.

Para evaluar la prevalencia y el impacto del contaminante, el estudio de Jianfeng et al. (2014) analizó los niveles temporales de partículas PM2.5 en Suixi, China, durante tres fases distintas: antes, durante y después de la quema de residuos de trigo. Este estudio identificó la quema de residuos de trigo como la principal fuente de contaminación atmosférica en la zona, observando una elevada concentración de PM2.5 durante la fase de quema, con mayor intensidad durante las horas nocturnas. Además, estudios realizados por Hill et al. (2023) y Anenberg et al. (2020) resaltan que las altas concentraciones de contaminantes atmosféricos no solo aumentan la morbilidad, sino que también representan el principal factor de riesgo en la progresión de enfermedades respiratorias y están relacionadas con la productividad agrícola.

Efectos adversos de la contaminación del aire en la salud

Desde la perspectiva de la salud pública, se considera que los riesgos para la salud están asociados con la presencia de sustancias tóxicas suspendidas en el aire, las cuales provocan dificultades en el funcionamiento normal de los órganos humanos. A continuación, se detallan los efectos adversos significativos en la salud. El sistema respiratorio se ve comprometido debido a la inhalación de contaminantes que causan irritación en el tracto respiratorio superior, exacerbando enfermedades como el asma

Jessica Michelle Guamán-Pozo; Álvaro Raúl Peralta-Beltrán

y aumentando el riesgo de cáncer de pulmón (Duque Morales y Núñez Camargo, 2019). Asimismo, el sistema cardiovascular se ve afectado, con asociaciones claras entre la exposición a contaminantes del aire y enfermedades cardíacas, hipertensión y cambios en el recuento de glóbulos blancos.

El sistema neuropsiquiátrico también se ve afectado por la contaminación del aire, vinculándose a complicaciones neurológicas, trastornos psiquiátricos, agresión y enfermedades neurodegenerativas como Alzheimer y Parkinson (Galvis et al., 2021). Otros sistemas, como la piel, el inmunológico y el oftalmológico, también experimentan efectos adversos, que incluyen el envejecimiento prematuro de la piel, el aumento de la susceptibilidad a enfermedades inflamatorias, el síndrome del ojo seco e incluso la ceguera.

Un ejemplo de los efectos adversos se puede observar en el estudio realizado en Bolivia por Cordero et al. (2018), el cual identificó una relación causa-efecto entre la contaminación atmosférica y las infecciones respiratorias. Los principales efectos tóxicos de la exposición a estos contaminantes que se encontraron afectaban los sistemas respiratorio, cardiovascular, oftalmológico, dermatológico, neuropsiquiátrico, hematológico, inmunológico y reproductivo. Sin embargo, la toxicidad a nivel molecular y celular puede inducir una variedad de cánceres a largo plazo (Galvis et al., 2021). Incluso pequeñas cantidades de tóxicos en el aire demostraron ser peligrosas para grupos susceptibles, como niños y personas mayores.

Según Lu (2020), los contaminantes atmosféricos afectan tanto a la salud física, como también al bienestar emocional y cognitivo de las personas. Se ha demostrado que estos contaminantes disminuyen la felicidad y la satisfacción laboral, aumentan las molestias, la ansiedad, los trastornos mentales, las autolesiones y el suicidio. A nivel cognitivo, afectan el funcionamiento cognitivo y la toma de decisiones. Desde una perspectiva conductual, provocan conductas de evitación y gestos defensivos, y económicamente perjudican la productividad laboral. En el aspecto social, agravan las actividades criminales y deterioran la percepción del gobierno.

Jessica Michelle Guamán-Pozo; Álvaro Raúl Peralta-Beltrán

Factores ocupacionales determinantes en la exposición a contaminantes

En este orden, Vega et al. (2021) mencionaron que existen numerosos factores de riesgo relacionados con el sector de la agricultura, que aumentan la posibilidad de sufrir un accidente laboral. Algunos de estos factores se pueden visualizar en la tabla 4, por lo que se analizó la relación entre la siniestralidad laboral y los contaminantes atmosféricos. Un factor de riesgo lo explica la investigación realizada por Santos et al. (2021), quien destaca que el uso masivo de pesticidas conlleva importantes problemas tanto para la salud, como para el medio ambiente. La revisión pone de manifiesto cómo estos productos químicos, utilizados en la agricultura y otras actividades, pueden tener efectos adversos en la salud de las personas y generar impactos negativos en los ecosistemas.

Tabla 4.
Descripción de los riesgos agrícolas.

Riesgo/Factor	Descripción
Exposición a productos químicos	Manejo y aplicación de pesticidas y fertilizantes sin medidas de protección adecuadas puede causar toxicidad y enfermedades a corto y largo plazo.
Contaminación atmosférica	Emisión de partículas finas y compuestos orgánicos volátiles durante la actividad agrícola, afectando la salud respiratoria de los trabajadores y comunidades cercanas.
Uso de maquinaria agrícola	Operación de equipos pesados sin capacitación y precauciones adecuadas aumenta el riesgo de accidentes y lesiones.
Condiciones laborales extremas	Exposición a condiciones climáticas adversas, largas jornadas de trabajo y falta de descanso adecuado contribuyen al agotamiento físico y mental.
Estrés psicosocial	Presiones económicas, fluctuaciones en los precios de los productos agrícolas y la incertidumbre climática pueden generar estrés y afectar la salud mental.
Falta de medidas de seguridad	Ausencia de equipos de protección personal, entrenamiento insuficiente y falta de implementación de prácticas seguras en el trabajo.
Exposición a radiación solar	Trabajadores agrícolas al aire libre están expuestos a la radiación solar, aumentando el riesgo de enfermedades de la piel y problemas oculares.

Elaboración: Los autores.

Jessica Michelle Guamán-Pozo; Álvaro Raúl Peralta-Beltrán

Los riesgos presentes son el resultado de procesos que están relacionados con la producción agrícola. Un ejemplo es la exposición a condiciones laborales extremas, el uso inadecuado de maquinaria Agrícola.

La susceptibilidad individual a los contaminantes atmosféricos es un fenómeno multidimensional que involucra factores genéticos, ambientales y de comportamiento, Por ejemplo, el análisis de Hutter (2021) en Ecuador señala una carencia de medidas de protección y educación formal entre los trabajadores agrícolas de plantaciones de plátano, lo que los hace más vulnerables a la exposición a contaminantes.

Por otro lado, Jiménez et al. (2016) y Chen et al. (2017) destacan la presencia de una distribución espacio-temporal en la emisión de contaminantes. Esto implica que factores como la ubicación geográfica, la humedad del suelo, la velocidad del viento e incluso el tipo de suelo desempeñan un papel crucial en la generación y prevalencia de emisiones contaminantes. Es decir, algunas regiones exhiben una concentración de contaminantes más elevada que otras. Al mismo tiempo, señala que la variación temporal de estas emisiones tiene lugar entre los meses de marzo y noviembre. Según Vega et al. (2021), los hombres jóvenes, con menos experiencia, tienen más riesgos de sufrir accidentes laborales en la agricultura, influenciados por el día, el horario y las temperaturas climáticas. También, encontraron una relación directa entre la presencia de contaminantes y el aumento de accidentes.

Según Hutter (2021) los agricultores no están protegidos durante la aplicación de pesticidas. En su estudio de un total de 31 agricultores encuestados, solo 3 habían utilizado guantes, y apenas 6 trabajadores utilizaron máscara durante una fumigación. Además, todos los encuestados admitieron haber utilizado pesticidas en algún momento, pero la mayoría desconocía qué tipo de pesticida estaban utilizando. Esta falta de conocimiento podría atribuirse a varios factores, como la falta de información sobre los pesticidas en su idioma o la incapacidad para leer las etiquetas de los productos (Kearney et al., 2014).

Por otro lado, Hutter (2021) observó que solo el 50% de los trabajadores se cambiaban de ropa después de la fumigación, lo que indica una falta de conciencia sobre la importancia de proteger la piel de la exposición residual de pesticidas.

Jessica Michelle Guamán-Pozo; Álvaro Raúl Peralta-Beltrán

Además, solo el 61% de los colaboradores se lavaban las manos después de manipular pesticidas, lo que sugiere una falta de prácticas de higiene adecuadas para minimizar la exposición dérmica y la contaminación cruzada. Estas cifras reflejan una preocupante falta de medidas de seguridad y conciencia entre los trabajadores agrícolas, lo que aumenta su riesgo de efectos adversos para la salud relacionados con la exposición a pesticidas.

Consecuencias transversales de la contaminación atmosférica en la salud ocupacional

La contaminación atmosférica derivada de la agricultura puede tener varios efectos, a continuación, se detallan algunos. En términos ambientales, los productos químicos utilizados en la agricultura pueden lixiviar hacia el suelo y contaminar las aguas subterráneas, lo que afecta la fertilidad del suelo y la disponibilidad de agua para el consumo humano y el riego de cultivos (Hachem, 2019). Además, los contaminantes atmosféricos pueden depositarse en cuerpos de agua cercanos, causando la eutrofización y la muerte de vida acuática.

Desde la biodiversidad, la contaminación atmosférica puede afectar la salud y la diversidad de especies tanto en ecosistemas terrestres como acuáticos. Los contaminantes pueden afectar la reproducción, el desarrollo y la supervivencia de organismos, lo que puede tener consecuencias negativas en toda la cadena alimentaria y en la estabilidad de los ecosistemas (Liu et al., 2018).

En temas económicos, la contaminación atmosférica puede tener impactos socioeconómicos significativos, es decir, la disminución de la calidad del aire y la contaminación de recursos naturales pueden afectar la salud de las comunidades locales, lo que resulta en mayores costos de atención médica y pérdidas económicas debido a la disminución de la productividad laboral, Anenberg et al. (2020) explican que los contaminantes atmosféricos también pueden afectar la industria del turismo y la reputación de las áreas afectadas, lo que lleva a una disminución en los ingresos por el turismo y el desarrollo económico local.

Jessica Michelle Guamán-Pozo; Álvaro Raúl Peralta-Beltrán

Respecto del cambio climático, la presencia de contaminantes en la atmósfera puede desempeñar un papel considerable en la alteración del clima, contribuyendo así a su deterioro. Esta influencia se manifiesta a través de diversas variables climáticas, como las temperaturas mínimas y máximas, los patrones de precipitación, las estaciones del año, fenómenos naturales y eventos climáticos extremos, entre otros. Por ejemplo, los gases de efecto invernadero y aerosoles atmosféricos puede modificar el balance energético de la Tierra, provocando un aumento en las temperaturas globales y alteraciones en los patrones climáticos regionales.

Además, la presencia de contaminantes atmosféricos puede intensificar fenómenos climáticos extremos, como precipitaciones intensas, temperaturas elevadas, sequías, inundaciones y tormentas, exacerbando sus impactos a escala global). Estos cambios climáticos pueden tener consecuencias devastadoras en la agricultura, los ecosistemas naturales, la seguridad alimentaria, salud pública e infraestructura urbana (Jin et al., 2022).

Tecnología e innovación para la protección de la salud ocupacional en agricultura

Este enfoque tecnológico implica la utilización de vehículos autónomos, drones y sensores avanzados para la gestión precisa de los recursos agrícolas. Esto permite minimizar la utilización de insumos y reducir los impactos ambientales y ocupacionales asociados a las prácticas agrícolas convencionales (Duque Morales y Núñez Camargo, 2016).

También se promueve un enfoque holístico que integre la investigación biomédica, el diseño de controles de ingeniería y la educación en seguridad agrícola como estrategia clave para mitigar la carga de enfermedades respiratorias inducidas por la exposición a contaminantes agrícolas. Chen et al. (2017) mencionan la importancia de promover y popularizar prácticas agrícolas más alineadas con la conservación, sugiriendo la realización de un inventario químico a nivel nacional para establecer límites en la emisión de contaminantes agrícolas. Además, se recomienda el uso de técnicas como la agricultura de precisión, cultivos intercalados, control biológico y el

Jessica Michelle Guamán-Pozo; Álvaro Raúl Peralta-Beltrán

empleo de pesticidas naturales como alternativas más sostenibles (Hutter et al., 2021). Estas estrategias no solo tienen el potencial de reducir los impactos adversos de la agricultura en la salud humana y el medio ambiente, sino que también pueden mejorar la eficiencia de las prácticas agrícolas.

CONCLUSIONES

La exposición laboral en la agricultura plantea importantes desafíos para la salud respiratoria, no solo en el ámbito laboral, sino también en la población civil del sector urbano y rural, a grupos vulnerables como ancianos, niños, mujeres embarazadas y residentes expuestos a pesticidas. Sin embargo, la falta de educación, las condiciones socioeconómicas precarias y las limitaciones en la identificación de enfermedades relacionadas con productos químicos agroindustriales, contribuyen a la invisibilidad de la carga de enfermedades entre los trabajadores.

Dado que las enfermedades más comunes, como las respiratorias, afectaciones al sistema reproductor y problemas gastrointestinales, están vinculadas a agentes comunes como gases, pesticidas y solventes, se debe usar equipos de protección personal (EPP) durante los trabajos de campo en la aplicación de pesticidas para reducir el riesgo de contaminación química.

Es fundamental promover la capacitación y la conciencia entre los trabajadores sobre los riesgos asociados con la exposición a contaminantes atmosféricos y las medidas de seguridad necesarias para proteger su salud. Además, se requiere una supervisión y monitoreo continuos de la calidad del aire en los lugares de trabajo, junto con el cumplimiento estricto de las regulaciones y normativas ambientales pertinentes. Estas acciones no solo protegerán la salud y el bienestar de los trabajadores, sino que también contribuirán a la sostenibilidad y productividad a largo plazo de las operaciones agrícolas.

FINANCIAMIENTO

No monetario.

Jessica Michelle Guamán-Pozo; Álvaro Raúl Peralta-Beltrán

AGRADECIMIENTO

A todos los actores sociales involucrados en el desarrollo de la investigación.

REFERENCIAS CONSULTADAS

- Anenberg, S., Haines, S., Wang, E., Nassikas, N., y Kinney, P. L. (2020). Synergistic health effects of air pollution, temperature, and pollen exposure: a systematic review of epidemiological evidence. *Environmental health: a global access science source*, 19(1), 130. <https://doi.org/10.1186/s12940-020-00681-z>
- Balbastre, M., Andani Cervera, J., Garrido Lahiguera, R., y López Ferreres, A. (2016). Análisis de factores de riesgo laborales y no laborales en Síndrome de Túnel Carpiano (STC) mediante análisis bivalente y multivalente [Analysis of occupational and non-occupational risk factors in Carpal Tunnel Syndrome (CTS) using bivariate and multivariate analysis]. *Revista de la Asociación Española de Especialistas en Medicina del Trabajo*, 25(3), 126-141.
- Chen, W., Tong, D. Q., Zhang, S., Zhang, X., & Zhao, H. (2017). Local PM₁₀ and PM_{2.5} emission inventories from agricultural tillage and harvest in northeastern China. *Journal of environmental sciences (China)*, 57, 15-23. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2016.02.024>
- Clarke, K., Manrique, A., Sabo Attwood, T., & Coker, E. S. (2021). A Narrative Review of Occupational Air Pollution and Respiratory Health in Farmworkers. *International journal of environmental research and public health*, 18(8), 4097. <https://doi.org/10.3390/ijerph18084097>
- Cordero, E. J., Cornejo Pinto, A. J., Cruz Fuentes, D., y Mamani Chambi, J. V. (2018). Efectos de la contaminación atmosférica en la salud de la población del distrito N°3 Vinto – Oruro [Effects of atmospheric pollution on the health of the population of district N° 3 Vinto-Oruro]. *Acta Nova*, 8(3), 277-289.
- Duque Morales, J. B., y Núñez Camargo, D. (2019). Revisión bibliográfica para determinar la relación entre la calidad del aire y el impacto sobre la salud ocupacional durante los años 2000-2015 [Literature review to determine the relationship between air quality and occupational health impacts during the years 2000-2015]. *Salud Areandina*, 5(1).
- Galvis, S., León, I., Padilla, D., Pombo, Y., Rada, B., Vera, J., y Rebolledo, C. (2021). Material particulado y trastornos de los sistemas cardiovascular y respiratorio en trabajadores de diferentes áreas: una revisión narrativa [Particulate matter and disorders of the cardiovascular and respiratory systems in workers in different areas: a narrative review]. *Revista de la Asociación Española de Especialistas en Medicina del Trabajo*, 30(3), 362-372.

Jessica Michelle Guamán-Pozo; Álvaro Raúl Peralta-Beltrán

- Hachem, M., Saleh, N., Paunescu, A. C., Momas, I., y Bensefa-Colas, L. (2019). Exposure to traffic air pollutants in taxicabs and acute adverse respiratory effects: A systematic review. *The Science of the total environment*, 693, 133439. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.07.245>
- Hill, E., Burkhardt, J., Bayham, J., O'Dell, K., Ford, B., Fischer, E., y Pierce, R. (2023). Air pollution, weather, and agricultural worker productivity. *American Journal of Agricultural Economics*. <https://doi.org/10.1111/ajae.12439>
- Hutter, P., Poteser, M., Lemmerer, K., Wallner, P., Kundi, M., Moshhammer, H., y Weitensfelder, L. (2021). Health symptoms related to pesticide use in farmers and laborers of ecological and conventional banana plantations in Ecuador. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(3), 1126.
- Jianfeng, J., Song, Y., Mao, Y., Mao, Z., Wu, Y., Li, M., & Hu, M. (2014). Chemical characteristics and source apportionment of PM_{2.5} during the harvest season in eastern China's agricultural regions. *Atmospheric Environment*, 92, 442-448. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2014.04.058>
- Jiménez, C. A., Pantoja Estrada, A. H., & Leonel, H. F. (2016). Riesgos en la salud de agricultores por uso y manejo de plaguicidas, microcuenca "La Pila" [Health risks for farmers due to the use and handling of pesticides, micro-watershed "La Pila"]. *Universidad y Salud*, 18(3), 417-431. <https://doi.org/10.22267/rus.161803.48>
- Jin, X., Cai, X., Yu, M., Wang, X., Song, Y., Wang, X., Zhang, H., & Zhu, T. (2022). Regional PM_{2.5} pollution confined by atmospheric internal boundaries in the North China Plain: Analysis based on surface observations. *The Science of the total environment*, 841, 156728. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.156728>
- Kearney, G. D., Chatterjee, A. B., Talton, J., Chen, H., Quandt, S. A., Summers, P., & Arcury, T. A. (2014). The association of respiratory symptoms and indoor housing conditions among migrant farmworkers in eastern North Carolina. *Journal of agromedicine*, 19(4), 395-405. <https://doi.org/10.1080/1059924X.2014.947458>
- Liu, A., Ma, Y., Gunawardena, J. M. A., Egodawatta, P., Ayoko, G. A., & Goonetilleke, A. (2018). Heavy metals transport pathways: The importance of atmospheric pollution contributing to stormwater pollution. *Ecotoxicology and environmental safety*, 164, 696-703. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.08.072>
- Lu, J. G. (2020). Air pollution: A systematic review of its psychological, economic, and social effects. *Current opinion in psychology*, 32, 52-65. <https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2019.06.024>

Jessica Michelle Guamán-Pozo; Álvaro Raúl Peralta-Beltrán

Matabanchoy, M. (2021). Job related risks in agriculture workers from Latin America: a systematic review. *Universidad y Salud*.

Nordgren, T. M., & Charavaryamath, C. (2018). Agriculture Occupational Exposures and Factors Affecting Health Effects. *Current allergy and asthma reports*, 18(12), 65. <https://doi.org/10.1007/s11882-018-0820-8>

Santos, O., de Araújo, O., Bitencourt, M., Santos, S., de Moura, M., Humia, V., y Oliveira, S. (2021). Incidência dos agrotóxicos no organismo humano: revisão de literatura. *Saúde Coletiva (Barueri)*, 11(68), 7421-7432.

Vega, L., Almendra, R., Fdez Arroyabe, P., Zarrabeitia, M. T., & Santurtún, A. (2021). Air pollution and occupational accidents in the Community of Madrid, Spain. *International journal of biometeorology*, 65(3), 429-436. <https://doi.org/10.1007/s00484-020-02027-3>