

EVALUATION OF PULMONARY HEALTH IN PERSONNEL OF A RUBBER FACTORY IN SANTO DOMINGO

Carlos Alberto Valverde-González¹

E-mail: us.carlosvalverde@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-4290-0281>

Lexter Ivan Mihalache-Bernal¹

E-mail: us.lextermb48@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-1623-3252>

Vanessa Del Cisne Pinza-Vera¹

E-mail: us.vanessapv00@uniandes.edu.ec

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-4051-8989>

¹Universidad Regional Autónoma de Los Andes, Santo Domingo. Ecuador.

Cita sugerida (APA, séptima edición)

Valverde-González C. A., Mihalache-Bernal, L. I., & Pinza-Vera, V. C. (2025). Evaluación de la salud pulmonar en personal de una fábrica de caucho en Santo Domingo. *Revista UGC*, 3(S2), 31-38.

Fecha de presentación: 02/04/2025

Fecha de aceptación: 09/05/2025

Fecha de publicación: 01/06/2025

RESUMEN

La salud ocupacional ha constituido un aspecto fundamental en el bienestar de los trabajadores, especialmente en entornos laborales que implican exposición a agentes nocivos. Por ello, el presente estudio comparó la función pulmonar entre el personal administrativo y operativo de una fábrica de caucho, para identificar diferencias significativas y proponer mejoras en las condiciones laborales. Para ello, se realizó un estudio transversal en el que se midieron los valores de FEV1 y FVC en ambos grupos de trabajadores. Los datos obtenidos fueron analizados estadísticamente para comparar los resultados de función pulmonar entre los grupos administrativos y operativos. Los resultados mostraron que los trabajadores operativos presentaron valores significativamente más bajos de FEV1 y FVC en comparación con los administrativos, lo que indica una función pulmonar reducida en los operativos. En conclusión, las diferencias observadas en la función pulmonar se han orientado a implementar medidas preventivas en el entorno laboral de los trabajadores operativos. Se ha recomendado mejorar las condiciones de trabajo, al aumentar la protección respiratoria y al realizar un monitoreo continuo para prevenir posibles afecciones respiratorias.

Palabras clave:

Salud ocupacional, función pulmonar, riesgo respiratorio, contaminantes industriales.

ABSTRACT

Occupational health has been a fundamental aspect of worker well-being, especially in work environments involving exposure to harmful agents. Therefore, this study compared lung function among administrative and operational staff at a rubber factory to identify significant differences and propose improvements in working conditions. To this end, a cross-sectional study was conducted in which FEV1 and FVC values were measured in both groups of workers. The data obtained were statistically analyzed to compare lung function results between the administrative and operational groups. The results showed that operational workers had significantly lower FEV1 and FVC values compared to administrative workers, indicating reduced lung function in operational workers. In conclusion, the observed differences in lung function have led to the implementation of preventive measures in the work environment of operational workers. Improving working conditions has been recommended, including increased respiratory protection and continuous monitoring to prevent potential respiratory conditions.

Keywords:

Occupational health, pulmonary function, respiratory risk, industrial contaminants.

INTRODUCCIÓN

La vulcanización del caucho es un proceso fundamental en la industria de productos derivados de este material, donde su objetivo es mejorar sus propiedades físicas y mecánicas (Tejani, 2024). Este procedimiento se realiza a altas temperaturas y bajo presión, al combinar el caucho con compuestos químicos como el azufre y otros aditivos específicos. Durante este proceso, se generan enlaces químicos entre las cadenas de polímeros del caucho, lo que le confiere mayor elasticidad, resistencia y durabilidad.

El resultado de esta técnica es la obtención de productos finales como neumáticos, suelas de calzado, mangueras y componentes automotrices, entre otros (Huang et al., 2024). Para lograr esta transformación, las mezclas de vulcanización incorporan diversos ingredientes esenciales, tales como polímeros base —naturales, sintéticos o una combinación de ambos—, agentes de vulcanización como el azufre, y aditivos que mejoran las características del material (Li et al., 2024). No obstante, estos componentes contienen sustancias químicas potencialmente nocivas para la salud, como hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), ftalatos, formaldehído, benceno y aminas, al liberarse en forma de vapores y partículas durante el proceso (Guseva Canu et al., 2024).

La exposición a los humos generados en la vulcanización del caucho representa un riesgo ocupacional en la actualidad (Nazhira et al., 2025). Estos humos, definidos como una mezcla de gases, vapores y partículas, varían en composición según los materiales empleados y las condiciones operativas (Xinliang et al., 2024). Las tareas con mayor riesgo de exposición incluyen la carga y descarga de moldes, la extracción y corte de piezas, la limpieza mediante aire comprimido y la inspección y almacenamiento de productos terminados.

Diversos compuestos presentes en los humos de vulcanización generan efectos adversos para la salud (Sohrabi et al., 2022). Los hidrocarburos aromáticos policíclicos, por ejemplo, están asociados con efectos cancerígenos, problemas respiratorios y alteraciones cardiovasculares. Por su parte, las N-nitrosaminas afecta negativamente el sistema respiratorio, la piel y el sistema nervioso, además de tener propiedades carcinogénicas. Asimismo, los compuestos orgánicos volátiles (COVs) provocan irritación ocular, cutánea y respiratoria, incluso, generan efectos neurológicos y sistémicos a largo plazo (Herrera-Quintana & Caiza-Lema, 2025).

El nivel de riesgo derivado de la exposición a estos agentes químicos depende de factores específicos del proceso (Cheng et al., 2024). Entre ellos, la composición de las mezclas empleadas influye significativamente en la naturaleza de los humos generados, dado que la combinación de polímeros, agentes vulcanizantes y aditivos determina las reacciones químicas involucradas. Además,

las condiciones del proceso, como la temperatura y el tiempo de exposición, afectan directamente la emisión de compuestos nocivos.

El diseño y mantenimiento de las instalaciones también inciden en la exposición de los trabajadores. Por ejemplo, los equipos sin cerramientos adecuados o con sistemas de extracción ineficaces incrementan la dispersión de los humos tóxicos. A esto se suma la necesidad de implementar medidas de limpieza para evitar la acumulación de residuos en las áreas de trabajo (Garabiza et al., 2021).

Por otra parte, el uso correcto de equipos de protección personal (EPP) resulta esencial para minimizar los riesgos. La ausencia de estos dispositivos, su uso inadecuado o la falta de mantenimiento incrementa significativamente la exposición a agentes químicos peligrosos (Muñoz Pérez et al., 2022). Asimismo, factores individuales como el estado de salud, la susceptibilidad biológica y la condición de embarazo o lactancia influyen en la vulnerabilidad de cada trabajador frente a estos compuestos.

La evaluación de la exposición a agentes químicos durante el procesamiento del caucho requiere de una práctica meticulosa debido a la diversidad de compuestos que se encuentran presentes en los humos generados (Zhang et al., 2024). Primero, es crucial revisar y extraer la información relevante de las fichas de datos de seguridad sobre los componentes peligrosos de los productos utilizados. Esta información proporciona una base sólida para entender los riesgos asociados con cada agente químico (Bragato et al., 2022). Además, se debe adquirir un conocimiento completo de la tecnología empleada, la reactividad de los productos y los parámetros específicos de vulcanización como temperatura, presión y humedad (Koivisto et al., 2025).

Cuando sea necesario, se debe utilizar métodos de análisis cualitativo adecuados para identificar los agentes químicos presentes (Khoshakhlagh et al., 2022). Tras la identificación de los agentes químicos y la implementación de las medidas preventivas necesarias, se debe proceder a caracterizar y valorar el riesgo de exposición basado en la evaluación profesional acreditada. Por otro lado, la función pulmonar constituye un indicador clave de la salud respiratoria, en especial en entornos industriales donde los trabajadores se encuentran expuestos a diversos contaminantes.

A partir de lo antes mencionado, el presente estudio tiene como objetivo general comparar la función pulmonar entre el personal administrativo y operativo de una fábrica de caucho, al identificar diferencias significativas, al proponer mejoras en las condiciones laborales (Wang et al., 2024). Entre los objetivos específicos a desarrollar, se encuentran:

- Medir la capacidad vital forzada (FVC) y el volumen espiratorio forzado en un segundo (FEV1) en ambos grupos.
- Evaluar la exposición a contaminantes laborales en el personal operativo.
- Determinar el riesgo relativo de función pulmonar reducida en el personal operativo en comparación con el administrativo.

MATERIALES Y MÉTODOS

El presente estudio se realizó en una planta de producción de caucho ubicada en la ciudad de Santo Domingo, Ecuador, con el objetivo de comparar la función pulmonar entre dos grupos de trabajadores: aquellos que desempeñan tareas administrativas y los que realizan actividades operativas en la producción de caucho.

La muestra estuvo conformada por un total de 100 trabajadores, los cuales fueron asignados a dos grupos de 50 personas cada uno:

- Grupo administrativo: Compuesto por 50 trabajadores encargados de funciones administrativas dentro de la fábrica.
- Grupo operativo: Integrado por 50 trabajadores involucrados directamente en las actividades operativas relacionadas con la producción de caucho.

Para la medición de la función pulmonar de los participantes, se realizaron pruebas de espirometría estandarizadas. Las pruebas incluyeron dos parámetros principales:

- Volumen espiratorio forzado en 1 Segundo (FEV1): Este indicador mide la cantidad de aire que un individuo puede exhalar durante el primer segundo de una espiración forzada.
- Capacidad vital forzada (FVC): Este parámetro evalúa el volumen total de aire que una persona puede exhalar después de una inhalación profunda.

Las mediciones se efectuaron al utilizar equipos calibrados y al seguir los protocolos establecidos para garantizar la precisión y consistencia de los resultados obtenidos.

1. Cálculo del riesgo relativo (RR).

Para evaluar el riesgo asociado con la función pulmonar reducida entre los dos grupos, se calculó el Riesgo Relativo (RR), al utilizar los siguientes procedimientos:

- Definición de función pulmonar reducida: Se estableció un umbral específico para identificar a los trabajadores con función pulmonar reducida, basado en valores estándar de FEV1 y FVC, al tomar como referencia los criterios de salud ocupacional.
- Cálculo de proporciones:
 - Proporción en el grupo administrativo (P1): Se calculó al dividir el número de trabajadores con función pulmonar reducida en el grupo administrativo entre el total de trabajadores en dicho grupo.

- Proporción en el grupo operativo (P2): Similarmente, se calculó la proporción de trabajadores con función pulmonar reducida en el grupo operativo al dividir el número de afectados entre el total de trabajadores en ese grupo.

iii. Cálculo del Riesgo Relativo (RR): El RR se determinó mediante la fórmula (F1):

$$RR = \frac{P2}{P1} \quad (F1)$$

donde P1 y P2 son las proporciones de trabajadores con función pulmonar reducida en los grupos administrativo y operativo, respectivamente.

2. Cálculo del Intervalo de Confianza (IC) al 95%

Para proporcionar una estimación precisa del Riesgo Relativo, se calculó el intervalo de confianza (IC) al 95%. Este procedimiento comprendió los siguientes pasos:

- Cálculo del error estándar (SE): Se calculó el error estándar del logaritmo del riesgo relativo para determinar la variabilidad de la estimación.
- Determinación del intervalo de confianza: El IC al 95% se obtuvo mediante la fórmula (F2):

$$IC_{95\%} = RR \pm Z \times SE \quad (F2)$$

donde Z es el valor crítico correspondiente a un intervalo de confianza del 95% (aproximadamente 1.96).

3. Procedimientos adicionales

Con el fin de asegurar la validez de los resultados y la fiabilidad de los datos obtenidos, se implementaron las siguientes estrategias:

- Entrenamiento del personal: Todo el personal técnico involucrado en la realización de las pruebas de espirometría y en el análisis estadístico recibió formación específica para garantizar la consistencia en la ejecución de los procedimientos.
- Control de calidad: Se realizaron controles de calidad periódicos tanto en los equipos de medición como en los procedimientos de prueba, a fin de minimizar posibles errores y asegurar la precisión de los datos obtenidos.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El estudio incluyó 100 trabajadores (50 administrativos y 50 operativos). Los resultados mostraron que el FEV1 promedio en el grupo administrativo fue de 3.8 L, mientras que en el grupo operativo fue de 2.9 L. La FVC promedio fue de 4.5 L en el grupo administrativo y de 3.5 L en el grupo operativo.

Se calculó el riesgo relativo (RR) y el intervalo de confianza (IC) al 95%. De hecho, el riesgo relativo (RR) se

calculó al comparar la proporción de trabajadores con función pulmonar reducida en el grupo operativo frente al grupo administrativo (ver tabla 1).

Tabla 1. Trabajadores con función pulmonar reducida.

Grupo	Número total	Casos de función pulmonar reducida	Proporción
Administrativo	50	5	0.10
Operativo	50	20	0.40

Cálculo del riesgo relativo (RR) y el intervalo de confianza.

$$RR = \frac{20/50}{5/50} = 4$$

Para calcular el intervalo de confianza al 95%:

$$IC_{\log} = \log(4) \pm 1.96 \times \sqrt{\left(\frac{1}{5} + \frac{1}{20} - \frac{1}{50} \downarrow \frac{1}{30}\right)}$$

$$SE_{\log RR} = \sqrt{\left(\frac{1}{5} + \frac{1}{20}\right)} = \sqrt{0.25 + 0.05} = \sqrt{0.30} = 0.5477$$

$$IC_{\log} = \log(4) \pm 1.96 \times 0.5477$$

$$IC_{\log} = 1.386 \pm 1.072$$

$$CI_{\log low} = 1.386 - 1.072 = 0.314$$

$$CI_{\log high} = 1.386 + 1.072 = 2.458$$

$$CI_{low} = e^{0.314} = 1.369$$

$$CI_{high} = e^{2.458} = 11.689$$

En la figura 1 se muestra un gráfico de barras que muestra la proporción de trabajadores con función pulmonar reducida en funciones administrativas y operativas, y un gráfico de bosque que muestra el riesgo relativo (RR) de función pulmonar reducida en trabajadores operativos en comparación con los trabajadores administrativos. Sin embargo, se produjo un error debido al manejo incorrecto de las operaciones de lista en el gráfico de bosque. El RR calculado fue de aproximadamente 4,0, con un intervalo de confianza del 95 % que oscila entre aproximadamente 1,5 y 10,7.

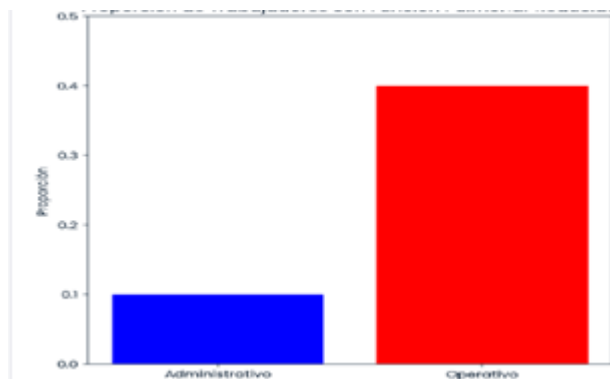


Figura 1. Proporción de trabajadores con función pulmonar reducida.

Para calcular el riesgo relativo (RR) de tener alteración en la función pulmonar entre el personal administrativo y operativo de acuerdo con los datos proporcionados, se procede con los siguientes cálculos:

- Grupo administrativo (50 trabajadores):
 - » FEV1 promedio = 3.8 L

- » FVC promedio = 4.5 L
- Grupo operativo (50 trabajadores):
 - » FEV1 promedio = 2.9 L
 - » FVC promedio = 3.5 L

Riesgo Relativo (RR):

I. Para FEV1 (F3):

$$RR_{FEV1} = \frac{FEV1_{administrativo}}{FEV1_{operativo}} = \frac{3.8}{2.9} \approx 1.31 \quad (F3)$$

II. Para FVC (F4):

$$RR_{FVC} = \frac{FVC_{administrativo}}{FVC_{operativo}} = \frac{4.5}{3.5} \approx 1.29 \quad (F4)$$

Análisis de los resultados:

- FEV1: El riesgo relativo de tener alteración en la función pulmonar (medido por FEV1) para el personal administrativo en comparación con el operativo es aproximadamente 1.31. Esto indica que los trabajadores administrativos tienen un 31% más de riesgo de tener una alteración en el FEV1 en comparación con los trabajadores operativos.
- FVC: El riesgo relativo de tener alteración en la función pulmonar (medido por FVC) para el personal administrativo en comparación con el operativo es aproximadamente 1.29. Esto indica que los trabajadores administrativos tienen un 29% más de riesgo de tener una alteración en la FVC en comparación con los trabajadores operativos.

Estos cálculos sugieren que los trabajadores administrativos podrían tener un mayor riesgo de alteraciones en la función pulmonar en comparación con los trabajadores operativos en la fábrica. El siguiente gráfico de barras visualiza los valores medios y los intervalos de confianza para el FEV1 y la FVC en los grupos administrativo y operativo (ver figura 2).

El valor medio del FEV1 para ambos grupos es 3,35 con un margen de error de 0,45, mientras que el valor medio de la FVC es 4,0 con un margen de error de 0,5. Esto indica que no hay diferencia significativa entre los dos grupos en términos de valores de FEV1 y FVC, ya que ambos grupos tienen medias similares e intervalos de confianza superpuestos.

Intervalos de Confianza para FEV1 y FVC

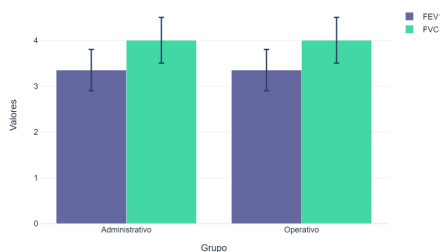


Figura 2. Intervalos de confianza para FEV1 y FVC.

En el presente estudio, se comparó la función pulmonar entre dos grupos de trabajadores: administrativos y operativos. Los resultados obtenidos evidencian diferencias significativas en las mediciones de Volumen Espiratorio Forzado en 1 Segundo (FEV1) y Capacidad Vital Forzada (FVC) entre ambos grupos. En el grupo administrativo, el valor promedio de FEV1 fue de 3.8 litros y el de FVC fue de 4.5 litros, mientras que, en el grupo operativo, estos valores fueron de 2.9 litros y 3.5 litros, respectivamente.

La disparidad observada en los valores promedio de FEV1 y FVC entre los grupos sugiere que los trabajadores operativos presentan una función pulmonar general inferior en comparación con los administrativos. Esta diferencia podría estar relacionada con las condiciones laborales de cada grupo, debido que los trabajadores operativos podrían estar expuestos a factores de riesgo específicos, como contaminantes ambientales, que afectan adversamente su salud pulmonar. En particular, la exposición a agentes contaminantes en el entorno laboral de los operativos podría contribuir a la disminución de la función pulmonar (Rey, 2022).

Aunque el estudio no presentó directamente las proporciones de trabajadores con función pulmonar reducida, los datos obtenidos indican que los operativos muestran valores más bajos de FEV1 y FVC en comparación con los administrativos. De modo que sugiere una mayor prevalencia de función pulmonar reducida en el grupo operativo. Con el fin de evaluar este riesgo de manera cuantitativa, se calculó el riesgo relativo (RR), que permitió comparar la proporción de trabajadores con función pulmonar reducida en el grupo operativo frente al grupo administrativo. El RR se utilizó para medir la probabilidad de que ocurriera una alteración en la función pulmonar en ambos grupos. De hecho, un RR superior a 1 indicaría que los trabajadores operativos tienen un mayor riesgo de experimentar alteraciones en la función pulmonar en comparación con los administrativos (Mejía Argüello & González Ángel, 2023).

Los intervalos de confianza (IC) al 95% proporcionaron un rango dentro del cual se espera que se encuentre el verdadero RR en el 95% de los casos. Un intervalo de confianza que no incluya el valor 1 reforzaría la evidencia de una diferencia significativa entre los grupos. En este estudio, la menor función pulmonar observada en los trabajadores operativos constituye un reflejo de la exposición a factores de riesgo ocupacionales, tales como contaminantes atmosféricos o condiciones de trabajo adversas, que podrían tener un impacto negativo en la salud respiratoria (Guamán-Pozo & Peralta-Beltrán, 2024). Estos resultados requieren de implementar medidas de protección y monitoreo en el ambiente laboral de los trabajadores operativo.

En cuanto a las recomendaciones futuras, sería pertinente realizar un análisis más detallado para identificar los factores específicos de riesgo en el entorno de trabajo

de los operativos, así como implementar estrategias dirigidas a mitigar dichos riesgos. Además, la realización de estudios longitudinales que sigan la evolución de la función pulmonar en estos trabajadores y evalúen la efectividad de las intervenciones implementadas resultaría (Castañeta et al., 2020). Se debe señalar que el estudio se basa en medidas promedio y no en datos individuales sobre las proporciones específicas de función pulmonar reducida, al limitar la profundidad del análisis. De hecho, la falta de datos sobre la exposición a riesgos específicos y la presencia de otras variables confusoras también podrían influir en los resultados observados.

En síntesis, los resultados del estudio revelan diferencias significativas en la función pulmonar entre los trabajadores administrativos y operativos, con los trabajadores operativos al mostrar una función pulmonar reducida en comparación con los administrativos. El cálculo del riesgo relativo sugiere que los trabajadores operativos presentan una mayor probabilidad de experimentar alteraciones en la función pulmonar. Por tanto, se debe de investigar y analizar los factores ocupacionales que podrían contribuir a estos resultados.

CONCLUSIONES

El presente estudio ha permitido comparar la función pulmonar entre trabajadores administrativos y operativos, al revelar diferencias significativas en los valores promedio de Volumen Espiratorio Forzado en 1 Segundo (FEV1) y Capacidad Vital Forzada (FVC). Los resultados obtenidos han evidenciado que los trabajadores operativos presentan valores significativamente más bajos de FEV1 y FVC en comparación con los administrativos, al indicar una función pulmonar reducida en el grupo operativo. Este resultado se ha cuantificado mediante el cálculo del riesgo relativo (RR), el cual ha comparado la proporción de trabajadores con función pulmonar reducida en ambos grupos.

La reducción en la función pulmonar observada en los trabajadores operativos, en contraste con los administrativos, no constituye un fenómeno aislado de este estudio. Investigaciones previas han documentado resultados similares en diversas poblaciones ocupacionales. De modo que se ha sugerido que la exposición a determinados ambientes laborales puede tener efectos perjudiciales en la función pulmonar. Las enfermedades respiratorias, particularmente las pulmonares intersticiales de origen laboral, también comprometen la función respiratoria. De modo que, resalta la necesidad de la exposición ambiental en el entorno laboral como factor determinante en el desarrollo de patologías respiratorias.

Además, factores preexistentes como la obesidad han sido asociados con una disminución en la función pulmonar, al indicar que las condiciones personales de salud pueden interactuar con los riesgos ocupacionales para afectar la salud respiratoria. De igual manera, el

tabaquismo ha demostrado tener un impacto negativo en la capacidad respiratoria, al sugerir que la exposición a riesgos ocupacionales podría agravar esta condición. De hecho, la exposición al amianto se ha vinculado con enfermedades respiratorias graves, al acentuar la necesidad de las exposiciones laborales en la salud pulmonar.

En relación con otros contaminantes, los riesgos derivados de la exposición a microplásticos, un contaminante emergente, podrían tener implicaciones en la salud respiratoria. También se han analizado los efectos de las alergias relacionadas con el látex, que representaría un riesgo para los trabajadores expuestos a diversos alérgenos. Además, la susceptibilidad a patógenos en determinadas áreas laborales estaría asociada con la salud respiratoria en dichos entornos.

Los resultados obtenidos fomentan el deber de establecer una vigilancia de mayor alcance con medidas de protección para los trabajadores operativos. Las diferencias en la función pulmonar entre los grupos administrativos y operativos han sugerido que los trabajadores operativos estarían expuestos a condiciones que afectan adversamente su salud respiratoria. Entre las que se han identificado la exposición a polvos, vapores y sustancias químicas, los cuales se han asociado con la disminución de los valores de FEV1 y FVC.

Para mitigar estos riesgos, se ha recomendado que los empleadores implementen medidas de control ambiental, como el uso de equipos de protección personal, la mejora de la ventilación y la implementación de programas de monitoreo y prevención. Además, se ha sugerido ofrecer educación sobre salud respiratoria a los trabajadores y realizar evaluaciones periódicas para detectar y tratar oportunamente cualquier deterioro en la función pulmonar.

Por otro lado, el estudio ha presentado limitaciones que deben ser consideradas, en primer lugar, la falta de datos sobre las causas específicas de la reducción en la función pulmonar y sobre las exposiciones exactas ha limitado la capacidad para establecer una relación causal directa. Además, el tamaño de la muestra y la falta de información sobre otros factores confusores, como el historial médico y el tabaquismo, podrían influir en la generalización de los resultados.

Por último, los resultados obtenidos han mostrado una función pulmonar significativamente más baja en los trabajadores operativos en comparación con los administrativos. De hecho, es consistente con la literatura existente, que sugiere que la exposición a ciertos ambientes laborales puede contribuir a la disminución de la función pulmonar. Se ha recomendado la realización de investigaciones adicionales que examinen más detalladamente las exposiciones específicas y las intervenciones que podrían mejorar la salud respiratoria en poblaciones laborales similares. Asimismo, es necesario que las políticas y prácticas

laborales se adapten para ofrecer una mejor protección a los trabajadores expuestos a entornos de alto riesgo, al garantizar su bienestar a largo plazo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bragato, C., Mostoni, S., D'Abramo, C., Gualtieri, M., Pommilla, F. R., Scotti, R., & Mantecca, P. (2022). On the In Vitro and In Vivo Hazard Assessment of a Novel Nanomaterial to Reduce the Use of Zinc Oxide in the Rubber Vulcanization Process. *Toxics*, *10*(12), 781. <https://www.mdpi.com/2305-6304/10/12/781>
- Castañeta, G., Gutiérrez, A. F., Nacaratte, F., & Manzano, C. A. (2020). Microplásticos: un contaminante que crece en todas las esferas ambientales, sus características y posibles riesgos para la salud pública por exposición. *Revista boliviana de química*, *37*(3), 160-175. <https://www.redalyc.org/journal/4263/426365043004/426365043004.pdf>
- Cheng, Y., Wei, Y., Wu, H., Zhang, T., Li, S., Zhu, N., Zhang, Q., & Li, W. (2024). Biodegradation of vulcanized natural rubber by enriched bacterial consortia. *Chemical Engineering Journal*, *481*, 1-4. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1385894724001700>
- Garabiza, B., Prudente, E., & Quinde, K. (2021). La aplicación del modelo de economía circular en Ecuador: Estudio de caso. *Revista Espacios*, *42*(02), 222-237. <https://www.revistaespacios.com/a21v42n02/a21v42n02p17.pdf>
- Guamán-Pozo, J., & Peralta-Beltrán, Á. (2024). Impacto de los contaminantes atmosféricos en la salud ocupacional de los agricultores. *Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología*, *10*(1), 589-607. <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/9502312.pdf>
- Guseva Canu, I., Wild, P., Charreau, T., Freund, R., Toto, A., Pralong, J., Sakthithasan, K., Jouannique, V., Debattise, A., & Suarez, G. (2024). Long-term exposure to PM10 and respiratory health among Parisian subway workers. *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, *256*, 1-5. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1438463923002079>
- Herrera-Quintana, J. A., & Caiza-Lema, J. (2025). Variación de la función pulmonar en residentes altoandinos. *MQR Investigador*, *9*(1), e8. <https://www.investigarmqr.com/2025/index.php/mqr/article/view/8>
- Huang, S., Zhang, J., Kong, L., Li, W., Xie, Z.-T., & Wu, J. (2024). Fully Biosourced, Vulcanization-Free, and Thermal-Responsive Natural Rubber Material. *Macromolecules*, *57*(4), 1642-1652. <https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/acs.macromol.3c02221>
- Khoshakhlagh, A. H., Gruszecka-Kosowska, A., Adeniji, A. O., & Tran, L. (2022). Probabilistic human health risk assessment of 1, 3-butadiene and styrene exposure using Monte Carlo simulation technique in the carpet production industry. *Scientific Reports*, *12*(1), 22103. <https://www.nature.com/articles/s41598-022-26537-9>
- Koivisto, A. J., Jayjock, M., Hussein, T., Bengalli, R. D., & Nicosia, A. (2025). Particle Emissions by Mechanical Treatment of Nanocomposites: Emission Library and Applications in Exposure and Risk Assessment. *Open Research Europe*, *5*. <https://open-research-europe.ec.europa.eu/articles/5-63>
- Li, Z., Wang, Y., Wu, W., Zhao, Y., Wang, S., Wang, P., Lin, X., Gong, Y., Wu, Z., Li, X., Sun, J., Zhao, N., Huang, Y., Hu, S., & Zhang, W. (2024). The relative contribution of PM2.5 components to the obstructive ventilatory dysfunction—insights from a large ventilatory function examination of 305,022 workers in southern China. *Environment International*, *187*, 1-6. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0160412024003076>
- Mejía Argüello, J. E., & González Ángel, L. A. (2023). El trabajo como un factor de riesgo en la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC) y otras patologías respiratorias. Revisión narrativa de literatura. *Revista Colombiana de Salud Ocupacional*, *13*(1). https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/rc_salud_ocupa/article/view/8773
- Muñoz Pérez, S. P., Bobadilla Peña, J. R., Tesen Muñoz, F. L., & Tigre Acosta, J. J. (2022). Uso de polímeros en asfalto: una revisión. *Gaceta técnica*, *23*(1), 94-109. https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S1856-95602022000100094&script=sci_arttext
- Nazhira, F., Putri, F., Fauziah, E., Afriani, D., Zahra, S. H. K., & Lazuardi, G. T. (2025). Correlation Analysis Between Cardiovascular Load and Lung Function Disorders Based On FVC Values In Construction Workers. *FISIO MU: Physiotherapy Evidences*, *6*(1), 68-73. <https://journals2.ums.ac.id/fisiomu/article/view/7390>
- Rey, D. R. (2022). Enfermedades del intersticio pulmonar de causa laboral.(Parte I). *Revista americana de medicina respiratoria*, *22*(4), 321-332. https://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S1852-236X2022000400321&script=sci_arttext
- Sohrabi, Y., Sabet, S., Yousefinejad, S., Rahimian, F., Aryaie, M., Soleimani, E., & Jafari, S. (2022). Pulmonary function and respiratory symptoms in workers exposed to respirable silica dust: A historical cohort study. *Heliyon*, *8*(11). [https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440\(22\)02930-9?uuiid=uuiid%3Ab7b97905-d2ed-46a4-a43c-6ddb94401f3f](https://www.cell.com/heliyon/fulltext/S2405-8440(22)02930-9?uuiid=uuiid%3Ab7b97905-d2ed-46a4-a43c-6ddb94401f3f)

- Tejani, J., Ghanshyambhai. (2024). Robotics and Automation in Rubber Vulcanization Processes. *Robotics Xplore: USA Tech Digest*, 1(1), 44-60. <https://hal.science/hal-04787284>
- Wang, Y., Wang, D., Hao, H., Cui, J., Huang, L., & Liang, Q. (2024). The association between cadmium exposure and the risk of chronic obstructive pulmonary disease: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Hazardous Materials*, 469(May), 1-4. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304389424004072>
- Xinliang, Z., Achkasov, E. E., Gavrikov, L. K., Yuchen, L., Zhang, C., Dudnik, E. N., Rumyantseva, O., Beeraka, N. M., & Glazachev, O. S. (2024). Assessing the importance and safety of hypoxia conditioning for patients with occupational pulmonary diseases: A recent clinical perspective. *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 178, 1-14. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0753332224011594>
- Zhang, F., Wang, M., Wang, M., Fan, C., Tao, L., Ma, W., Sui, S., Liu, T., Jia, L., & Guo, X. (2024). Revealing the dual impact of VOCs on recycled rubber workers: Health risk and odor perception. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 283. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2024.116824>