Evaluación de la Exposición a Compuestos Orgánicos Volátiles en la Industria del Calzado: Un Enfoque de Caso [1]

Assessment of Exposure to Volatile Organic Compounds in the Footwear Industry: A Case Approach

Wilman Yesid Ardila Barbosa
wilman.ardila@unad.edu.co
Ing. Petróleos
Esp. Gerencia de Riesgos Laborales Seguridad y Salud en el Trabajo
Mg. Gestión Integrada de Prevención, Calidad y Medio Ambiente
Doctor en Educación
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD
Escuela de Ciencias de la Salud

Liliana Margarita Pérez Olmos
liliana.perez@uniminuto.edu
Administradora de Empresas con Énfasis en Finanzas
Esp. Dirección para el Desarrollo de la Gestión Pública
Mg. Dirección General
Mg. Sistemas Integrados de Gestión
Mg. Prevención de Riesgos Laborales
Doctor en Dirección de Proyectos
Corporación Universitaria Minuto de Dios - UNIMINUTO
Administración en seguridad y salud en el trabajo

Hermes Ramón González Acevedo
hermes.gonzales@unad.edu.co
Enfermero
Esp. Salud Ocupacional
Mg. Prevención de Riesgos Laborales
Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD
Escuela de Ciencias de la Salud

Resumen

Evaluar los niveles de exposición ocupacional a Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) en un trabajador del sector calzado en Bucaramanga, utilizando monitoreo ambiental con Monitores de Vapores Orgánicos (OVM) y un análisis de percepción de riesgos laborales. Se llevó a cabo un estudio cuantitativo, con un diseño descriptivo de corte transversal. La muestra estuvo compuesta por un trabajador de una empresa de calzados con 21 años de experiencia en labores de solado. Se implementó un monitoreo ambiental con un OVM instalado en la vestimenta del trabajador durante toda su jornada laboral (7:00 am – 5:30 pm). El análisis de COV se realizó mediante cromatografía de gases, conforme a los protocolos de la EPA TO-15. Se hizo uso de una encuesta estructurada con el fin de evaluar las condiciones laborales, así como el nivel

[1] Resultado del proyecto de investigación: *"Determinación de la susceptibilidad genética, daño en el ADN y alteraciones epigenéticas por exposición ocupacional al benceno en trabajadores de la industria del calzado de la ciudad de Bucaramanga (Santander) 2019- 2020"*; código del proyecto 126780763345; Convocatoria 807 de 2018 Minciencias; Corporación Universitaria Minuto de Dios.

de percepción del riesgo y síntomas neurológicos debido a la exposición a solventes. El monitoreo realizado mostró que los niveles de tolueno alcanzaron las 155.67 ppm, lo cual está 7.78 veces más arriba del valor límite permisible de la ACGIH (20 ppm) y 3.11 veces más del límite del INSST (50 ppm). No se encontraron niveles de benceno. Se presentan jornadas laborales de 13 horas diarias (78 horas semanales). Existe una ausencia de medidas preventivas, así como ausencia de elementos de protección personal. La exposición a COV en la empresa de calzado muestra un riesgo importante para la salud de los trabajadores, especialmente por la concentración de tolueno. Se sugiere la implementación de medidas de control para el riesgo químico, revisar la reducción de tiempos de exposición, mejorar la ventilación mecánica, así como suministrar los elementos de protección respiratoria y generar programas de capacitación en SST.

Palabras clave: Valores Límite Permisibles, Riesgo; MSDS (Hojas de seguridad del material); Monitores de vapor orgánico (OVM); Compuestos Volátiles Orgánicos (COV).

Recepción: 25.07.2025 | Aceptación: 31.03.2025
Cite este artículo como: Ardila, W. Y., Pérez, L. M., & González, H. R. (2025). Evaluación de la Exposición a Compuestos Orgánicos Volátiles en la Industria del Calzado: Un Enfoque de Caso. (M. M. Quiroz, D. Zamora, & M. J. Cifuentes, Edits.) Revista Gestión de la Seguridad y la Salud en el Trabajo, 7(1), 116-125.

Abstract

To assess occupational exposure levels to Volatile Organic Compounds (VOC) in a footwear sector worker in Bucaramanga, using environmental monitoring with Organic Vapor Monitors (OVM) and an analysis of risk feeling in occupational health. A quantitative study with a descriptive cross-sectional design was conducted. The sample consisted of a worker with 21 years of experience in sole assembly within a footwear company. For the environmental evaluation, an OVM was placed on the worker's clothing during the entire workday (7:00 a.m. – 5:30 p.m.). VOC determination was conducted through gas chromatography, following the EPA TO-15 protocols. Additionally, a structured survey was applied to analyze working conditions, risk belief, and neurological symptoms associated with solvent exposure. Environmental monitoring revealed that the toluene concentration reached 155.67 ppm, exceeding the ACGIH permissible limit value by 7.78 times (20 ppm) and the value set up by INSST by 3.11 times (50 ppm). No significant levels of benzene were detected. The risk feeling evaluation revealed long working hours (78 hours per week), absence of preventive measures, poor ventilation, and lack of adequate personal protective equipment. The study proves that occupational exposure to VOCs in the footwear industry, particularly toluene, poses a health risk to workers. Despite sample limitations, the results highlight the need to implement control measures, reduce exposure times, improve ventilation, and provide respiratory protection.

Keywords: Threshold Limit Values; Risk; MSDS (Material Safety Data Sheet); Organic Vapor Monitor (OVM); Volatile Organic Compounds (VOCs).

Introducción

El sector de calzado ocupa un lugar relevante en la economía colombiana, pero así mismo viene siendo objeto de preocupación en materia de seguridad y salud en el trabajo, esto debido a la exposición continua a compuestos orgánicos volátiles (COV), los cuales hacen parte de la composición de los solventes y pegantes que se usan durante el proceso de fabricación de estos (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo [INSST], 2019). La exposición a este tipo de agentes genera efectos adversos en la salud de los trabajadores como trastornos neurológicos, enfermedades en el sistema respiratorio y en algunos casos cáncer (International Agency for Research on cáncer [IARC], 2019); (Romero et al., 2017). Investigaciones realizadas en Venezuela demostraron que los trabajadores están expuestos a concentraciones altas de analitos como el benceno y el tolueno (Rodríguez, Squillante & Rojas, 2003). Por otra parte, la exposición a COV en sectores similares, como la fabricación de pinturas, vienen confirmando que hay situaciones donde la concentración de estos agentes puede superar los valores límites permisibles de exposición y causar daños significativos en la salud (Rubiano, Marciales y Duarte, 2002); (Palma et al., 2015). En Colombia, no se cuenta con estudios acerca de la exposición a COV en la industria del calzado. Es por esto que el no monitoreo ambiental es un reto significativo para la seguridad y salud en el trabajo (Villalobos et al., 2024). La importancia de evaluar estos factores se hace evidente cuando se consideran estudios en otras regiones, como China, donde la evaluación detallada de la exposición al benceno en fábricas de calzado ha permitido implementar medidas de mitigación para reducir los riesgos ocupacionales (Vermeulen et al., 2004).

La exposición a COV en la industria del calzado plantea una problemática de salud pública y laboral que no ha sido suficientemente abordada en Colombia. A pesar de la existencia de normativas internacionales sobre los límites de exposición a estos compuestos, su aplicación en el sector manufacturero del país sigue siendo deficiente. La carencia de datos locales sobre la concentración de estos compuestos en los ambientes laborales impide una evaluación real del riesgo y dificulta la implementación de estrategias preventivas efectivas (Partanen, Monge & Wesseling, 2009). Este estudio tiene como objetivo evaluar los niveles de exposición ocupacional a COV en la industria del calzado en Bucaramanga, con el fin de proporcionar información que permita el diseño de estrategias de mitigación y mejora de las condiciones laborales. El objetivo de esta pesquisa se centra en evaluar la exposición ocupacional a compuestos orgánicos volátiles en trabajadores de la industria del calzado en Bucaramanga mediante el uso de monitores de vapores orgánicos para el análisis de las concentraciones de COV; se coadyuva a través de algunos objetivos específicos como lo son: Reconocer los compuestos orgánicos volátiles presentes en el entorno laboral de la empresa de

calzado; Determinar los niveles de concentración de analitos en los solventes y pegamentos usados en la fabricación del calzado; Examinar los efectos generados en la salud de los trabajadores expuestos a niveles que superan los valores límites permisibles de exposición a COV; Proponer medidas de control para minimizar la exposición a analitos de importancia presentes en los compuestos volátiles orgánicos.

Marco metodológico

Tipo de investigación y alcance

Se hizo uso de un enfoque cuantitativo, el tipo de diseño fue descriptivo y de corte transversal, con el fin de caracterizar los niveles de concentración de los analitos de los compuestos volátiles orgánicos y comparar estos con los valores permisibles de exposición.

Población y muestra

Trabajadores de una empresa de calzado en Bucaramanga. El estudio se realizó a un trabajador del área de pegado. El trabajador tiene 21 años de experiencia en el sector y realizó la firma del consentimiento informado.

Técnica de Recolección de Datos

- ✓ Encuesta estructurada: Con el fin de identificar los peligros presentes en la empresa.
- ✓ Medidor de Vapores Orgánicos (OVM): Para determinar los niveles de concentración de cada analito. El muestreo se realizó desde las 7:00 am hasta las 5:30 pm.

Criterios de Inclusión

- ✓ Trabajadores del sector calzado con al menos 10 años de experiencia en contacto con adhesivos y solventes.
- ✓ Consentimiento informado firmado.

Criterios de exclusión:

- ✓ Trabajadores con antecedentes de enfermedades respiratorias diagnosticadas antes de su ingreso al sector.
- ✓ Trabajadores en procesos administrativos sin contacto directo con COV.

Validez y Confiabilidad

Se realizó la validación de la encuesta estructurada a través de expertos en Seguridad y Salud en el Trabajo (SST). El monitoreo siguió los lineamientos de la EPA TO-15 y estándares de la American Industrial Hygiene Association (AIHA).

Fase 1:

Aplicación de encuesta estructurada para el proceso de identificación, evaluación higiénica y control del riesgo químico en el trabajador. El proceso de identificación, evaluación y control de la exposición ocupacional a riesgos químicos, en los diferentes ambientes de trabajo, se basó en la aplicación de una encuesta estructurada cuya finalidad fue evaluar los factores de riesgo que determinan la exposición ocupacional del trabajador en su puesto de trabajo. Dicha encuesta incluyó aspectos como:

Condiciones económicas, salud, educación y uso del tiempo libre, factores relacionados con el trabajo en el sector de calzado, programas de bienestar recibidos por parte de la empresa, acceso a servicios de salud. Por último, incluye el cuestionario de síntomas neurológicos Q16, cuya finalidad es facilitar la detección temprana de personas que sufren efectos a causa de la exposición a solventes orgánicos. Así, esta intervención puede ser hecha para reducir o eliminar la exposición a solventes o recibir tratamiento cuando otros factores fueren la causa del problema (Jiménez, Khuu, & Ying, 2011).

Fase 2. Monitores de Vapores Orgánicos (OVMs)

Los monitores constituyen un método sencillo para medir concentraciones de contaminantes en forma de gas o vapor que se fijan por difusión durante un período de tiempo determinado (3M Science Applied to Life, 2018). El método de análisis utilizado dentro del estudio siguió los lineamientos dados dentro de la: EPA TO-15 (Complementado por los métodos de OSHA y NIOSH) para la determinación de COV presentes en el ambiente de trabajo. El procedimiento de análisis por cromatografía de gases para la determinación de estos se realizó en EE. UU. en las instalaciones de Advanced Chemical Sensors quienes cuentan con laboratorios acreditados bajo la norma ISO/IEC 17025:2005, reconocido por la AIHA Laboratory Accreditation Programé, LLC (AIHA-LAP, LLC), organismo de acreditación reconocido internacionalmente (AIHA®, LLC, 2018). El muestreo realizado inició a las 7:00 am y finalizó a las 5:30 pm cubriendo toda la jornada laboral. Se utilizó un OVM, el cual fue instalado en el cuello de la camisa de la ropa de trabajo del empleado con el fin de estar lo más cerca posible a sus vías respiratorias. Terminado el proceso de muestreo, el OVM fue preservado en su estuche original y enviado a EE. UU. donde se realizó su desorción con diclorometano y análisis mediante cromatografía de gases, ver imagen 1.

Imagen 1. Procedimiento de muestreo con Monitores de Vapores Orgánicos (OVM), realizado al trabajador de la empresa de Calzado en Bucaramanga. Muestreador utilizado en el estudio.

Fuente: Elaboración propia

Resultados

Encuesta estructurada para evaluar los factores de riesgo que determinan la exposición ocupacional

Los resultados evidencian que se trataba de un trabajador de 38 años de los cuales ha laborado como ayudante de solador durante 21 años en el sector de calzado. En cuanto a sus condiciones económicas, salud, educación y uso del tiempo libre, se pudo determinar que el trabajador posee un nivel de educación de primaria completa, sus ingresos económicos mensuales en promedio siempre están por debajo del salario mínimo colombiano; no tiene hijos ni esposa. Por otra parte, es una persona que dice practicar deporte una vez a la semana, fuma más de cuatro cigarrillos al día y consume alcohol esporádicamente (en los días de descanso). En cuanto a los factores relacionados con el trabajo en el sector calzado se encontró que el tipo de contrato es por obra o labor, su jornada laboral es diurna con un día de descanso a la semana, no hay rotaciones de turno y su jornada laboral es de 7 am a 8 pm, trabajando un total de 13 horas al día y 78 horas a la semana, aumentando el riesgo por exposición a COV. En el sitio de trabajo nunca se realizan pausas activas dentro de la jornada laboral y la empresa no proporciona los elementos de protección personal (EPP) requeridos para el desarrollo de sus actividades; el trabajador cambia su ropa de trabajo dos veces a la semana. De igual forma, está expuesto continuamente al contacto físico con pegamentos que contienen solventes orgánicos, lo cual es un factor importante para tener presente, debido a que aumenta la exposición por vía dérmica. La empresa no cuenta con programas de bienestar ofrecidos a sus empleados ni hace el pago de seguridad social. Finalmente, en cuanto al Cuestionario de Síntomas Neurológicos Q16, el trabajador afirma que está de acuerdo en dos de los factores evaluados por el instrumento, que son: “Que sus amigos y familiares le dicen que es olvidadizo y afirma que a menudo se despierta y luego no se puede volver a dormir”.

Análisis por cromatografía de gases al Monitores de Vapor Orgánico (OVMs) en un trabajador de la empresa de Calzado

Los valores informados en las imágenes 2 y 3 corresponden a las concentraciones promedio para el período de monitoreo, utilizado que equivale al total de la jornada laboral del trabajador. Los resultados obtenidos a través de la medición realizada utilizando OVM en la cual se analizaron un total de 23 analitos, se pueden observar de dos formas. En la imagen 2 muestra el análisis por cromatografía de gases obtenidos y su comparación valores límites permisibles, según ACGIH de EE. UU. Los resultados evidencian que la mayoría de los analitos no superan los valores límites permisibles de exposición, pero existe un analito que es el Tolueno el cual llega a superar el TLV permisible de exposición el cual es 20 ppm y los resultados muestran que se obtuvo un TLV de 155,67 ppm, superando en 7,78 veces el valor límite permisible según la ACGIH. A su vez, muestra el análisis por cromatografía de gases y su comparación, con valores límites permisibles determinados por el INSHT de España, en este punto se observa que los datos concuerdan con los presentados en la imagen 2 la mayoría de los analitos no superan los valores límites permisibles de exposición, pero existe un analito que es el Tolueno el cual llega a superar el VLA permisible de exposición que es 50 ppm y los resultados muestran que se obtuvo un VLA de 155,67 ppm, superando en 3,11 veces el valor límite permisible según el INSHT de España, ver imagen 2 y 3.

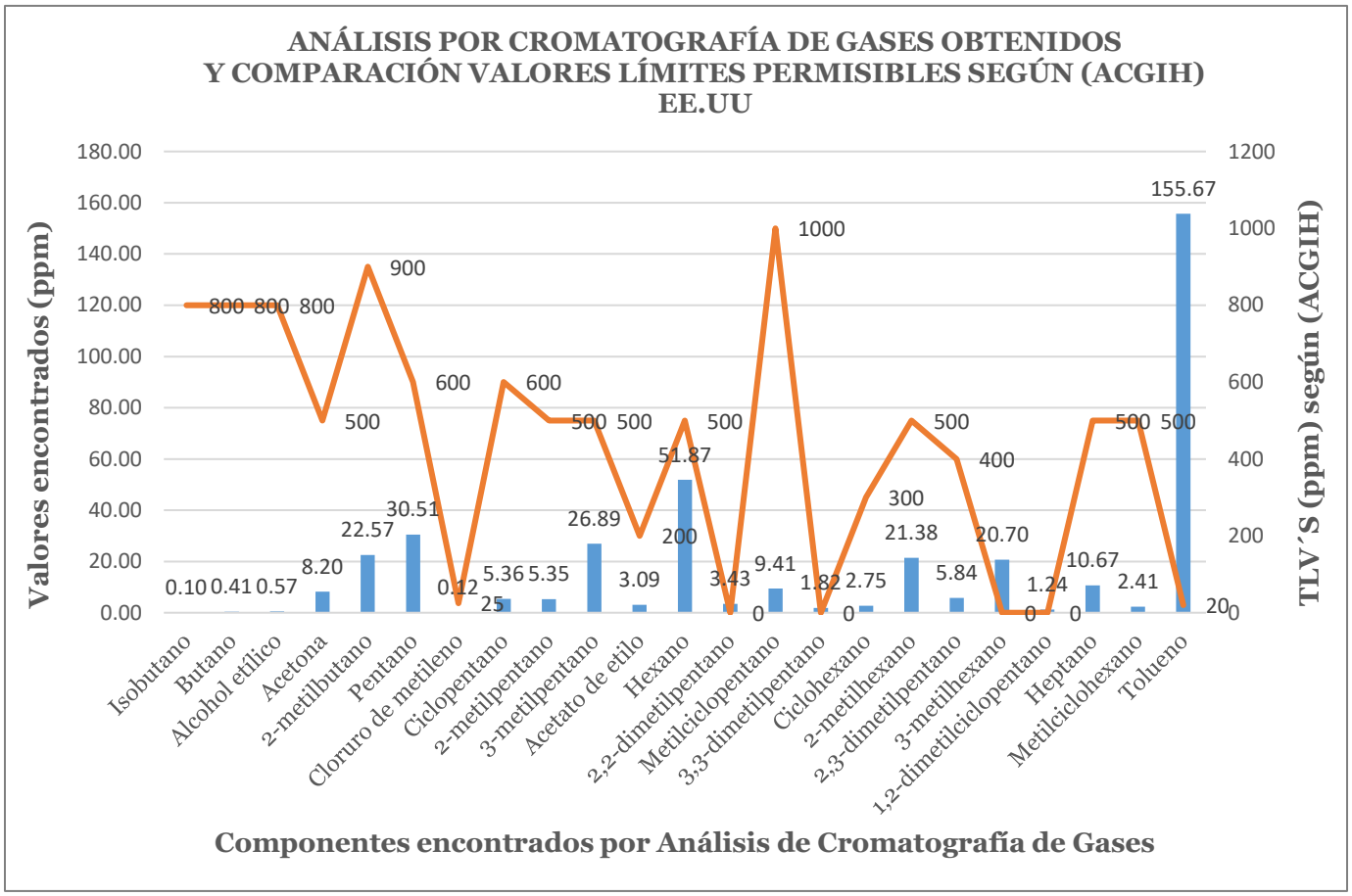

Imagen 2. Análisis por cromatografía de gases obtenidos y comparación valores límites permisibles según (ACGIH) EE. UU.

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

El monitoreo de los niveles de COV es una técnica óptima para vigilar la exposición ocupacional a sustancias químicas e identificar peligros en poblaciones expuestas. Esto permite establecer intervenciones para reducir o eliminar intoxicaciones en trabajadores que manipulan solventes industriales. En el estudio de caso realizado se observó la poca importancia sobre la prevención del riesgo químico, lo cual se refleja en la falta de uso de los elementos de protección individual y las nulas medidas de higiene y seguridad industrial observadas en el sitio de trabajo (ausencia de medidas de seguridad, protectores de respiratorios y sistema de ventilación). Como tal, no existen muchos estudios anteriores realizados en el sector de calzado en Colombia, los cuales permitan hacer una comparación acerca de los resultados obtenidos a través de la medición de Compuestos Volátiles Orgánicos (COV) utilizando Monitores de Vapores Orgánicos (OVM). Según los resultados obtenidos, es importante resaltar que aunque no se detectó la presencia de benceno, el cual es el agente carcinogénico del grupo 1 de exposición ocupacional que se esperaba encontrar en esta medición, los resultados

obtenidos reflejan que algunas de las concentraciones de los COV analizados como el tolueno con 155.67 ppm sobrepasan los Valores Límite Ambiental-Exposición Diaria (VLA-ED®) publicados por el INSHT de España el cual es 50 ppm para este agente, así como los Valores Límite Umbral (Threshold Limit Values -TLVs) de la ACGIH quien tiene un TLV de 20 ppm para el Tolueno. Con base en estos hallazgos, se encontró que existe riesgo ocupacional importante por exposición a COV, especialmente a tolueno en el puesto del trabajador lo cual es preocupante si se tiene en cuenta que la jornada laboral excede las ocho horas diarias de una jornada laboral normal, situación que incrementa el riesgo de intoxicación.

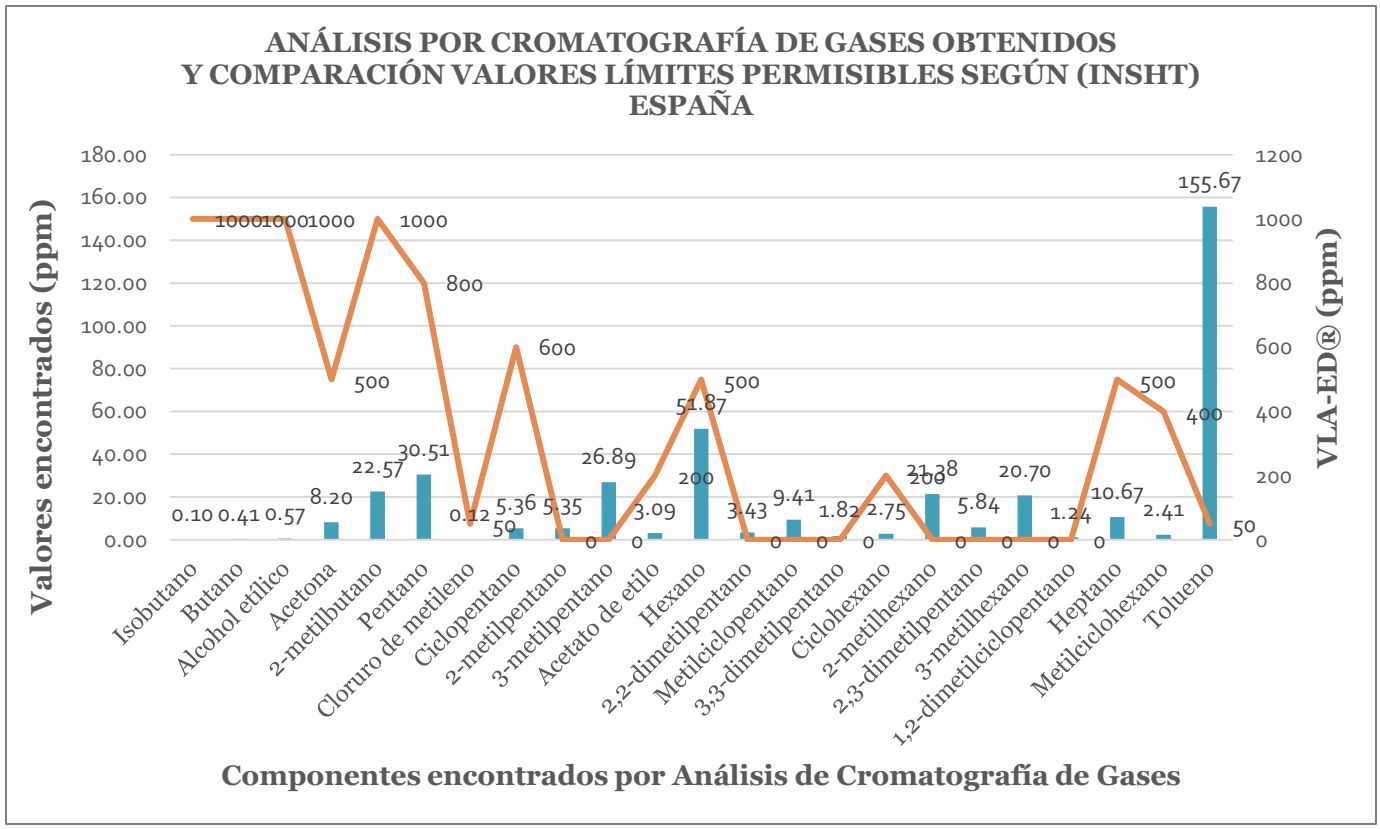

Imagen 3. Análisis por cromatografía de gases obtenidos y comparación valores límites permisibles según (INSHT) España.

Fuente: Elaboración propia

Como tal, los productos de manufactura más importantes en términos de riesgos ocupacionales de la industria del calzado son los pegamentos y las soluciones limpiadoras basadas en solventes orgánicos (Mayan, Teixeira, y Pires, 2001). Estos productos han sido estudiados previamente. Como ejemplo, un trabajo realizado en Uruguay (Cousillas, Korbut, Mañay, y Pereira, 1998), encontró que los pegamentos estaban compuestos en mayor proporción por: acetona, tolueno, benceno, n-hexano y acetato de etilo. Otros autores como (Perbellini, Soave, & Cerpelloni, 1992), en Italia, identificaron la mezcla de solventes contenidas en los pegamentos y los diluentes, encontrando acetona, etilacetato y ciclohexano, como los más frecuentemente usados, muchos de estos solventes concuerdan con los datos obtenidos en nuestro estudio de caso. Por otra parte, evidencias obtenidas en estudios italianos, mostraron un aumento

significativo en la incidencia de anemia aplásica y leucemia en una cohorte de 3104 trabajadores de la industria del calzado en Florencia, seguidos durante un período de 34 años. Un total de 14 casos de alteraciones hematológicas (12 leucemias y 2 anemias aplásicas), fueron reportados durante el seguimiento (Paci et al, 1989). Otra investigación realizada en fábricas de zapatos y talleres en la ciudad de Hebrón, Cisjordania, se realizó para identificar las condiciones de trabajo y estimar las concentraciones de solventes orgánicos utilizados, en donde se recolectaron muestras en fábricas y talleres para analizarlas mediante cromatografía de gases. Seis principales disolventes orgánicos fueron detectados en las fábricas los cuales coinciden con lo encontrado en el estudio piloto que realizamos en Bucaramanga, la acetona fue común en las tareas de encolado, el diclorometano fue común en las tareas de limpieza, heptano, metiletilcetona, n-hexano y tolueno fueron comunes en las tareas de encolado o pegado de zapatos (Nijem et al, 2001).

Es importante resaltar que los resultados encontrados en el presente estudio no nos permiten establecer una relación directa entre el estado de salud del trabajador y la exposición a solventes en el sitio de trabajo, sin embargo, se puede asumir que las condiciones laborales deficientes encontradas en la fábrica aumentan el riesgo de padecer efectos en la salud derivados del uso de COV como el tolueno. Asímismo, consideramos que es necesario efectuar estudios complementarios en una muestra mayor, utilizando como complemento biomarcadores biológicos y ambientales. Es inminentemente prioritaria la implementación de mecanismos de prevención y control como la disminución del tiempo de exposición, uso de equipo de elementos de protección de individual y cumplimiento de la normatividad legal (decreto 1072 de 2012). Es importante resaltar que, si bien no se encontró benceno dentro de la empresa a través de la medición y análisis por cromatografía de gases, se obtuvo la presencia de otro tipo de compuestos químicos que poseen características peligrosas interesantes. Dentro de esta lista de compuestos a tener presente en las siguientes fases de la investigación se encuentra el tolueno, analito de interés por ser un agente con potencial carcinogénico, además de poseer características de toxicidad específica en determinados órganos diana por exposiciones repetidas, generar afectaciones al sistema nervioso central, toxicidad para la reproducción, peligros por aspiración y toxicidad específica en determinados órganos por exposición única.

Teniendo presentes las respuestas dadas por el trabajador a la encuesta estructurada, se concluye que existe la necesidad de mejorar aspectos de esta como lo son la identificación de peligros, incluir aspectos relacionados con las condiciones locativas y de infraestructura, revisión de controles existentes en la empresa y medidas de intervención (eliminación, sustitución, controles de ingeniería, controles administrativos y elementos de protección personal) y volver a realizar su validación a través de un grupo de expertos. Es necesario realizar un inventario de las sustancias químicas utilizadas en la fabricación del calzado, con el fin de determinar si los productos químicos utilizados generan efectos combinados. Esto se debe a que algunos agentes químicos producen más de un solo efecto toxicológico. Por otro lado, la presencia simultánea de más de un tóxico puede producir efectos combinados, es decir, alterar la capacidad toxicológica que tendría cada tóxico por separado, generando efectos aditivos, sinérgicos o potenciadores, independientes, o antagónicos o inhibidores.

Referencias

[1] AIHA (American Industrial Hygiene Association). (2018). AIHA Laboratory Accreditation Programs (AIHA-LAP, LLC): Accreditation details. https://www.aiha.org/get-involved/AIHA-LAP

[2] Cousillas, A., Korbut, M., Mañay, N., & Pereira, R. (1998). Composición de solventes y evaluación de riesgo en trabajadores de la industria del calzado. Revista de Salud Ocupacional del Uruguay, 4(2), 25–32.

[3] Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). (2019). Utilización de adhesivos en la industria del calzado: exposición a vapores orgánicos. https://www.insst.es/stp/basequim/028-utilizacion-de-adhesivos-en-la-industria-del-calzado-exposicion-a-vapores-organicos-2019

[4] International Agency for Research on Cancer (IARC). (2019). Agents classified by the IARC monographs, volumes 1–123. https://monographs.iarc.fr/list-of-classifications

[5] Jiménez, J., Khuu, A., & Ying, L. (2011). Q16: Cuestionario de síntomas neurológicos por exposición a solventes. Revista de Higiene Ocupacional y Tóxicos Ambientales, 19(1), 17–25.

[6] Mañay, N., Teixeira, L., & Pires, E. (2001). Occupational exposure to organic solvents in the footwear industry: Chemical risk factors. Salud Ambiental, 17(3), 105–112.

[7] Nijem, K., & colaboradores. (2001). Exposure to organic solvents in shoe factories and workshops in Hebron, West Bank. International Journal of Occupational and Environmental Health, 7(3), 208–213. https://doi.org/10.1179/oeh.2001.7.3.208

[8] Paci, E., Buiatti, E., Miligi, L., & Scarselli, A. (1989). Cancer mortality among shoe workers in Florence: A 34-year cohort study. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 15(4), 302–308. https://doi.org/10.5271/sjweh.1946

[9] Palma, M., Briceño, L., Idrovo, A. J., & Varona, M. (2015). Evaluación de la exposición a solventes orgánicos en pintores de carros de la ciudad de Bogotá. Biomédica, 35(Supl. 2), 66–76.

[10] Partanen, T., Monge, P., & Wesseling, C. (2009). Causes and prevention of occupational cancer. Acta Médica Costarricense, 51, 33–44.

[11] Perbellini, L., Soave, C., & Cerpelloni, M. (1992). Exposure to solvents in the shoe industry: A study of solvent mixtures in adhesives and thinners. Giornale italiano di Medicina del Lavoro ed Ergonomia, 14(3), 151–157.

[12] Rodríguez, M., Squillante, G., & Rojas, M. (2003). Exposición ocupacional a solventes orgánicos en una fábrica de calzado en Valencia, Venezuela. Gaceta Médica de Caracas, 111(4), 294–301. https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0367-47622003000400005

[13] Romero, G., Palencia, A., Marrero, S., Moran, A., Montoya, O., & Torrealba, J. (2017). Evaluación de la exposición a benceno en trabajadores de diferentes áreas laborales. Salud Uninorte, 33(3), 363–372. https://www.redalyc.org/pdf/817/81753881011.pdf

[14] Rubiano, M., Marciales, C., & Duarte, M. (2002). Evaluación del riesgo ocupacional por exposición a benceno, tolueno y xilenos en una industria de pinturas en Bogotá. Revista Colombiana de Química, 31(1), 33–43. https://doi.org/10.15446/rev.colomb.quim

[15] Vermeulen, R., Li, G., Lan, Q., Dosemeci, M., Rappaport, S. M., Bohong, X., Smith, M. T., Zhang, L., Hayes, R. B., Linet, M., Mu, R., Wang, L., Xu, J., Yin, S., & Rothman, N. (2004). Detailed exposure assessment for a molecular epidemiology study of benzene in two shoe factories in China. Annals of Occupational Hygiene, 48(2), 105–116.

[16] Villalobos, J. A., Mora, J. C., Sibaja, J. P., Zárate, G., Alfaro, R., Borbón, H., & Retana, A. (2024). Evaluación de la exposición laboral a compuestos orgánicos volátiles (COV): Caso de estudio en una empresa química. Revista Tecnología en Marcha, 37(3). https://doi.org/10.18845/tm.v37i3.6837