

Health impact of occupational exposure to benzene in service station workers in the city of Guayaquil - Ecuador

Orlando Macias-Pazmiño, Master¹, Carlos Rivera-Aguilar, Master¹, Yulisa Narea-Quiroz, Master², Gabriela Zambrano-Ganchozo, Master³, Luis Duque-Córdova, Master³, Kenny Escobar-Segovia, Master⁴

¹Universidad Espíritu Santo, Samborondón – Ecuador

kevin.macias@uees.edu.ec, carlos.riveraa@uees.edu.ec

²Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí, Portoviejo – Ecuador

yulisa.nq16@gmail.com

³Universidad del Pacifico, Guayaquil – Ecuador

gabrielazambranoganchozo@gmail.com, luisduque@upacifico.edu.ec

⁴Escuela Superior Politécnica del Litoral, Guayaquil – Ecuador

kescobar@espol.edu.ec

Abstract: *The present study aimed to evaluate the health impact associated with occupational exposure to benzene in fuel dispensers at service stations in the city of Guayaquil. This was a cross-sectional study with a mixed, descriptive-correlational approach, based on the application of internationally validated questionnaires and semi-structured interviews to 103 workers. The results revealed that 53.4% of workers reported at least one respiratory symptom, with the most prevalent being those with a work-related temporal relationship: improvement during weekends (17.5%), nocturnal cough (13.6%), and additional symptoms such as headache and dizziness. 83.5% of workers were exposed to fuel vapors for 6 or more hours daily. Statistical analysis showed no significant associations between individual risk factors (exposure time, PPE use, hygiene practices) and symptoms, suggesting that baseline exposure is elevated for the entire working population regardless of the protective measures implemented. These findings contribute to the generation of local empirical evidence to support the implementation of specific medical surveillance programs, periodic environmental measurements, and more robust engineering control strategies in the Ecuadorian service station sector.*

Keywords: *Hydrocarbons, fuel dispensers, hematological symptoms, medical surveillance, industrial hygiene*

Impacto en la salud de la exposición ocupacional al benceno en trabajadores de estaciones de servicio en la ciudad de Guayaquil - Ecuador

Resumen: El benceno, clasificado como carcinógeno del Grupo 1 por la IARC, puede generar diversos efectos adversos tanto agudos como crónicos en la salud humana, incluyendo síntomas neurológicos, respiratorios y efectos hematológicos. El presente estudio tuvo como objetivo evaluar el impacto en la salud asociado a la exposición ocupacional a benceno en despachadores de combustible de estaciones de servicio de la ciudad de Guayaquil. Se trató de un estudio transversal con enfoque mixto, descriptivo-correlacional, basado en la aplicación de cuestionarios validados internacionalmente y entrevistas semiestructuradas a 103 trabajadores. Los resultados revelaron que el 53,4% de los trabajadores reportó al menos un síntoma respiratorio, siendo los más prevalentes aquellos con relación temporal laboral: mejoría durante fines de semana (17,5%), tos nocturna (13,6%), y síntomas adicionales como cefalea y mareos. El 83,5% de los trabajadores estuvo expuesto a vapores de combustible durante 6 o más horas diarias. El análisis estadístico no mostró asociaciones significativas entre factores de riesgo individuales (tiempo de exposición, uso de EPP, prácticas de higiene) y síntomas, sugiriendo que la exposición base es elevada para toda la población trabajadora independientemente de las medidas de protección implementadas. Estos hallazgos contribuyen a la generación de evidencia empírica local para fundamentar la implementación de programas de vigilancia médica específicos, mediciones ambientales periódicas y estaciones de servicio ecuatoriano.

Palabras clave: Hidrocarburos, despachadores de combustible, síntomas hematológicos, vigilancia médica, higiene industrial.

I. INTRODUCCIÓN

La exposición ocupacional a hidrocarburos aromáticos, particularmente al benceno, constituye un riesgo significativo para la salud de los trabajadores de estaciones de servicio y también constituye un riesgo relativamente menor para la población general que visita las instalaciones de las estaciones de servicio en busca de adquirir combustible para sus vehículos, en caso de que la exposición sea inadecuada, repetitiva y prolongada. El benceno, clasificado como carcinógeno del Grupo 1 por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), puede generar diversos efectos adversos tanto agudos como crónicos en la salud humana [1], y es considerado también como grupo A de agentes carcinogénicos según las directrices de valoración de riesgos de la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos [2].

Estudios internacionales han demostrado la magnitud de este problema. En Tailandia evaluaron el riesgo de salud por exposición inhalatoria a benceno en 150 trabajadores de estaciones de servicio, mostrando que la exposición crónica a concentraciones de benceno por debajo del límite de exposición ocupacional podría incrementar la incidencia del desarrollo de cáncer en un $>2.2 \times 10^{-6}$ en el 70.67% de los trabajadores [3]. En Kuwait (2020) se encontraron concentraciones promedio de

723 μg benceno/ m^3 en las bombas de combustible, con trabajadores reportando cefalea, depresión, fatiga e irritación de garganta, y un riesgo de cáncer elevado (4.2×10^{-4} a 1.4×10^{-3}), superior al límite aceptable de 1×10^{-6} [4]. En Brasil, Poça et al., (2021) encontraron que los trabajadores de estaciones de servicio tuvieron mayor razón de probabilidades de presentar efectos genotóxicos que el grupo control, evidenciando que la exposición a la gasolina indujo daño al ADN [5]. La exposición crónica al benceno representa un factor de riesgo para malignidades hematológicas [6].

En el contexto ecuatoriano, se han desarrollado estudios que evalúan los efectos negativos sobre la salud que genera la exposición ocupacional a hidrocarburos en los despachadores de combustible. Un estudio en una empresa ecuatoriana brinda una descripción porcentual de los resultados obtenidos con respecto a los síntomas que se han presentado en los colaboradores evaluados, y permite conocer cuáles son los patrones de afectación a la salud por dicha exposición ocupacional. Entre los síntomas más frecuentemente desarrollados se encontraron el prurito nasal y el lagrimeo ocular con un 66% en el sexo masculino y en el sexo femenino se presentó en un 33%, de igual manera la cefalea fue un síntoma frecuente en el sexo femenino con un 50%, se presentó eritema ocular en el sexo masculino en un 68%, mientras que en el sexo femenino se presentó en un 32%, además se pudo comprobar que el sexo masculino tuvo mayor prevalencia en presentar alteraciones respiratorias [6].

Un estudio de revisión sistemática desarrollado en Ecuador establece en sus conclusiones, las cuales fueron desarrolladas en base al análisis de 32 artículos obtenidos de bases de datos de acceso abierto y de carácter científico, que el benceno afecta significativamente la salud y la seguridad de los trabajadores que se encuentran expuestos durante su jornada laboral. Sin embargo, a pesar de que bibliográficamente se describe la problemática, aún no se aplican estrategias sanitarias globales para precautelar la salud de los trabajadores expuestos a este compuesto volátil. Además, recalcan que aún no se ha enfocado esta problemática como una necesidad científica en países como Ecuador, debido a que, en la literatura científica disponible en las principales bases de datos, existe insuficiente información referente de estudios desarrollados en el país [3] [7].

En este contexto, en el Ecuador, particularmente en la provincia del Guayas, existe una considerable población laboral dedicada al despacho de combustibles en estaciones de servicio, que se encuentra potencialmente expuesta al benceno y otros compuestos hidrocarburos aromáticos. A pesar de que existe bibliografía de carácter científico que describe cuáles son los

riesgos para la salud asociados con esta exposición a corto y largo plazo, aún no se aplican estrategias sanitarias globales que se enfoquen en crear programas preventivos que permitan vigilar y precautelar la salud de los trabajadores expuestos a estos compuestos volátiles. La caracterización sistemática de los síntomas asociados a esta exposición ha sido limitada, lo cual justifica el desarrollo de investigaciones enfocadas en este ámbito.

Por este motivo el presente estudio tuvo como objetivo evaluar los efectos sobre la salud asociados a la exposición ocupacional a benceno, en la población trabajadora de despachadores de combustible de estaciones de servicio, en el contexto específico de la provincia del Guayas de la ciudad de Guayaquil, con la finalidad de analizar la influencia de los factores de riesgo asociados tales como tiempo de exposición, uso de medidas de protección personal y prácticas laborales aplicadas en el desarrollo de la actividad laboral, con la finalidad de establecer de manera adecuada el enfoque de la implementación de medidas preventivas, recomendaciones efectivas y programas de vigilancia médica continua para mejorar las condiciones de salud de esta población laboral.

II. REVISIÓN DE LA LITERATURA

El benceno es un líquido incoloro e inflamable con un olor dulce característico, clasificado como carcinógeno del Grupo 1 por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer [8]. Se forma tanto por procesos naturales como actividades humanas, incluyendo volcanes e incendios forestales, siendo también un componente natural del petróleo crudo, la gasolina y el humo de cigarrillo [9]. Aproximadamente 3 millones de trabajadores en Estados Unidos y 1.4 millones de trabajadores en la Unión Europea están expuestos al benceno en industrias como desarrollo de materiales adhesivos, reparación automotriz, industria química, estaciones de servicio de combustible, procesos de refinación del petróleo, procesos de manufactura de pintura, caucho, calzado/cuero y transporte marítimo [10].

Las personas que ocupan estos puestos de trabajo se encuentran expuestas a este compuesto a nivel de su aparato respiratorio principalmente, al respirar el aire disponible en sus ambientes de trabajo el cual contiene benceno. El benceno también puede absorberse a través de la piel durante el contacto con una fuente como la gasolina, pero debido a que el benceno líquido se evapora rápidamente, este tipo de exposición es menos común [1]. El benceno es absorbido rápidamente por el cuerpo después de la inhalación e ingestión. La absorción a través de la piel intacta, aunque menos extensa, puede aumentar la carga corporal total del compuesto [10].

En cuanto a los efectos agudos, la exposición a corto plazo a altos niveles de benceno puede causar somnolencia, mareos, inconsciencia y muerte [11]. Los efectos leves incluyen visión borrosa, confusión, mareos, náuseas y dificultad para caminar. Los efectos severos incluyen coma o muerte a niveles muy altos, pérdida de conciencia, depresión respiratoria y temblores [12]. Se han reportado efectos respiratorios en humanos

después de la exposición aguda a vapores de benceno, observándose irritación de membranas mucosas y disnea en trabajadores con exposiciones ocupacionales elevadas [13].

Respecto a los efectos crónicos y carcinogénicos, las tasas de leucemia, particularmente leucemia mieloide aguda (LMA), han sido encontradas más altas en estudios de trabajadores expuestos a altos niveles de benceno, como aquellos en las industrias química, de calzado y de refinación de petróleo. Con exposiciones desde menos de cinco años hasta más de 30 años, los individuos han desarrollado, y muerto de, leucemia. La exposición a largo plazo puede afectar la médula ósea y la producción de sangre [11]. El benceno es un carcinógeno humano conocido vinculado principalmente al desarrollo de cáncer de sangre y médula ósea, incluyendo leucemia, linfoma y mieloma múltiple [10].

En trabajadores de estaciones de servicio específicamente, encontraron que los cinco principales síntomas adversos reportados fueron fatiga, cefalea, mareos, congestión nasal y rinorrea entre trabajadores expuestos al benceno. Síntomas más específicos de toxicidad por benceno fueron dolor torácico, sangrado/epistaxis y anemia [3]. La mayoría de los participantes estuvieron expuestos a concentraciones de benceno en el aire ambiente de trabajo por debajo del estándar del OEL-NIOSH, aunque algunos trabajadores continuaron estando expuestos a concentraciones superiores al nivel de seguridad.

Un análisis de regresión logística múltiple identificó que los factores de riesgo significativamente asociados con síntomas adversos incluían no tener experiencia en capacitación de seguridad (OR ajustado = 5.22) y comer durante las horas de trabajo (OR ajustado = 16.08) [3]. Los comportamientos de trabajo, como el lavado regular de manos, ducharse después del trabajo, o el uso de EPP no estuvieron significativamente asociados con los efectos adversos. Para la prevención contra la exposición a mezclas químicas en productos petrolíferos, el EPP adecuado debería incluir protección respiratoria apropiada para vapores orgánicos, zapatos de seguridad y ropa de protección adecuada.

La evidencia científica actual demuestra claramente que la exposición ocupacional al benceno en trabajadores de estaciones de servicio representa un riesgo significativo para la salud, con efectos que van desde síntomas agudos hasta consecuencias carcinogénicas a largo plazo. Los estudios revisados establecen la necesidad urgente de implementar programas de vigilancia médica integral, medidas de control de exposición más estrictas y estrategias preventivas específicas para esta población ocupacional vulnerable [4-5,10].

III. METODOLOGÍA

La presente investigación adoptó un enfoque mixto que combina elementos cuantitativos y cualitativos, elementos que permitieron obtener una comprensión integral de los efectos en la salud por exposición ocupacional a benceno en despachadores de combustible. Este enfoque metodológico se fundamentó en la necesidad de cuantificar la prevalencia de

síntomas y efectos en la salud, mientras que simultáneamente se exploran las experiencias, percepciones y contextos laborales que influyen en la exposición y sus consecuencias para la salud ocupacional [11]. La selección del enfoque mixto se justificó por la complejidad del fenómeno estudiado, que requiere tanto datos numéricos para establecer patrones estadísticos, como información cualitativa para comprender los contextos y experiencias laborales que modulan la exposición ocupacional a benceno [12].

El estudio se desarrolló bajo un diseño no experimental, de tipo descriptivo-correlacional y transversal. Este diseño permitió observar los fenómenos tal como se presentan en su contexto natural, sin manipular variables independientes, lo que resulta apropiado para estudios de salud ocupacional donde la manipulación experimental no es ética ni factible [13]. El carácter descriptivo permitió caracterizar a la población expuesta y la prevalencia de síntomas asociados a la exposición, mientras que el componente correlacional facilitó el análisis de las relaciones entre las variables de exposición y los efectos en la salud. La naturaleza transversal del estudio implica que los datos se recopilaron en un momento específico en el tiempo, proporcionando una fotografía instantánea de la situación de salud ocupacional en las estaciones de servicio de Guayaquil, metodología ampliamente utilizada en estudios epidemiológicos ocupacionales [19].

La población de estudio estuvo constituida por todos los despachadores de combustible de 11 estaciones de servicio ubicadas en la ciudad de Guayaquil. Se trabajó con la población completa (N=103 trabajadores) que cumplieran con los criterios de inclusión establecidos, por lo que no fue necesario realizar cálculo de muestra. Los criterios de selección se establecieron considerando aspectos éticos y metodológicos que garantizaran la validez del estudio. La Tabla 1 presenta los criterios de inclusión y exclusión aplicados para la selección de los participantes del estudio. La población evaluada en la investigación fue de 103 trabajadores, que ocupaban el cargo de despachadores de combustible en el momento de la aplicación del método científico.

TABLA 1
 CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN PARA LA SELECCIÓN DE PARTICIPANTES

Criterios de Inclusión	Criterios de Exclusión
Trabajadores mayores de 18 años	Trabajadores con enfermedades respiratorias preexistentes no relacionadas con la exposición ocupacional
Tiempo mínimo de exposición de 6 meses	Trabajadores expuestos a otros agentes químicos significativos fuera del ambiente laboral
Trabajadores activos en funciones de despacho de combustible	Trabajadores temporales con menos de 6 meses de exposición
Consentimiento informado para participar en el estudio	Trabajadores que no proporcionen consentimiento informado

La recolección de datos cuantitativos se basó en la aplicación de dos instrumentos validados y estandarizados que permitieron la medición objetiva de las variables de estudio.

- Cuestionario 1 - Síntomas Respiratorios (ATS-DLD-78):** Se utilizó el cuestionario estandarizado de la American Thoracic Society [21], ampliamente validado para estudios de salud respiratoria ocupacional. Este instrumento evalúa 25 ítems sobre síntomas respiratorios específicos distribuidos en cinco secciones: antecedentes respiratorios (tos, expectoración), disnea, sibilancias y opresión torácica, síntomas relacionados con el trabajo, y antecedentes médicos.

TABLA 2
 CUESTIONARIO 1. SÍNTOMAS RESPIRATORIOS (ATS-DLD-78)

Sección	Contenido	Variables
Datos Sociodemográficos	Edad, sexo, nivel educativo, antigüedad laboral	8
Historia Laboral	Jornada de trabajo, turnos rotativos, horas de exposición	12
Frecuencia de Exposición	Manejo diario de gasolina regular, super, diésel	5
Actividades de Riesgo	Despacho directo, limpieza de derrames, mantenimiento	6
Condiciones Ambientales	Ventilación, sistemas de recuperación de vapores, percepción de olores	8
Equipo de Protección Personal	Provisión de EPP, entrenamiento, uso consistente	7
Prácticas de Higiene	Lavado de manos, consumo de alimentos en área, cambio de ropa	6
Conocimiento de Riesgos	Capacitación sobre químicos, conocimiento sobre benceno, primeros auxilios	5

- Cuestionario 2 - Exposición Ocupacional a Químicos:** Se aplicó el cuestionario adaptado de Cuestionario adaptado de Chaiklieng et al. [3], diseñado para evaluar factores de exposición ocupacional a sustancias químicas. Este instrumento incluyó variables de exposición (frecuencia, duración, actividades de riesgo), condiciones ambientales de trabajo, uso de equipo de protección personal, prácticas de higiene laboral, y conocimiento sobre riesgos químicos. Ambos cuestionarios fueron administrados por personal capacitado mediante entrevista directa con una duración aproximada de 30 a 45 minutos por participante.

TABLA 3
 ESTRUCTURA DEL CUESTIONARIO 2: EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A QUÍMICOS

Sección	Contenido	Variables
Datos Sociodemográficos	Edad, sexo, nivel educativo, antigüedad laboral	8
Historia Laboral	Jornada de trabajo, turnos rotativos, horas de exposición	12
Frecuencia de Exposición	Manejo diario de gasolina regular, super, diésel	5
Actividades de Riesgo	Despacho directo, limpieza de derrames, mantenimiento	6
Condiciones Ambientales	Ventilación, sistemas de recuperación de vapores, percepción de olores	8

Equipo de Protección Personal	Provisión de EPP, entrenamiento, uso consistente	7
Prácticas de Higiene	Lavado de manos, consumo de alimentos en área, cambio de ropa	6
Conocimiento de Riesgos	Capacitación sobre químicos, conocimiento sobre benceno, primeros auxilios	5

La aplicación del cuestionario siguió protocolos estandarizados para garantizar la consistencia en la recolección de datos, siguiendo las directrices de Groves et al. [13], para investigación por encuestas.

La fase cualitativa del estudio se desarrolló mediante entrevistas semiestructuradas aplicadas a toda la población participante, con una duración de 15 a 20 minutos por participante. Esta técnica permitió explorar en profundidad las experiencias, percepciones y contextos laborales que influyen en la exposición ocupacional a benceno. La Tabla 3 presenta la estructura de la guía de entrevista semiestructurada.

TABLA 4
ESTRUCTURA DE LA GUÍA DE ENTREVISTA SEMIESTRUCTURADA

Dimensión	Temas Principales	Preguntas Guía
Experiencias de Exposición	Percepción de riesgos, situaciones de mayor exposición	6
Estrategias de Protección	Uso de EPP, medidas individuales y colectivas	5
Impacto en la Salud	Síntomas percibidos, cambios en el tiempo	7
Condiciones Laborales	Ambiente de trabajo, apoyo organizacional	4
Necesidades y Sugerencias	Capacitación, mejoras en protección	3

IV. RESULTADOS

Se evaluaron 103 trabajadores de estaciones de servicio (87 hombres, 16 mujeres; edad media 27.6 ± 6.4 años). El estudio empleó métodos mixtos: evaluación cuantitativa de 25 ítems para determinar síntomas respiratorios mediante el cuestionario estandarizado ATS, determinación de factores de exposición ocupacional mediante la aplicación del cuestionario de exposición a agentes químicos y un análisis cualitativo mediante entrevistas semiestructuradas sobre percepciones y prácticas laborales. Se realizaron análisis estadísticos de asociaciones entre variables de riesgo y efectos en salud.

La población presentó predominancia masculina (84,5%) con edad media de $27,6 \pm 6,4$ años (rango: 18-43). El 93,2% (n=96) labora bajo modalidad de turnos rotativos de 8 horas, con una jornada semanal promedio de $36,1 \pm 14,5$ horas (mediana: 40 horas). En cuanto a la exposición ocupacional, el 83,5% (n=86) de los trabajadores reportó exposición a vapores de combustible durante 6 o más horas diarias, siendo el despacho directo de combustible la actividad de mayor exposición (70,9%, n=73). El 90,3% manipula gasolina regular diariamente, 87,4% gasolina super y 85,4% diésel. La percepción frecuente de olores de combustible fue reportada por el 78,7% de los trabajadores (Figura 1).

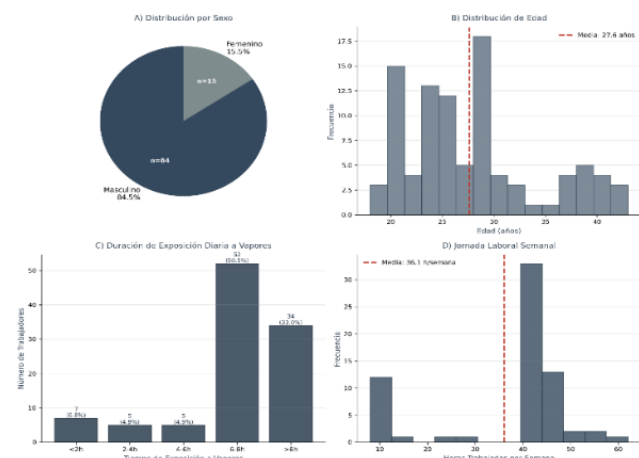


Fig 1. Características sociodemográficas y laborales de la población (N=103)

Prevalencia de Síntomas Respiratorios y Relacionados con Exposición

De los 103 trabajadores evaluados mediante los 25 ítems del cuestionario ATS, 55 (53,4%) reportaron al menos un síntoma, mientras que 48 (46,6%) no reportaron síntomas. El número promedio de síntomas por trabajador fue de $1,33 \pm 1,94$ (rango: 0-10). La distribución mostró que 50 trabajadores (48,5%) no reportaron síntomas, 37 (35,9%) presentaron 1-2 síntomas, 12 (11,7%) reportaron 3-5 síntomas, y 6 (5,8%) presentaron más de 5 síntomas.

Los síntomas más prevalentes fueron aquellos con clara relación temporal con la actividad laboral: mejoría de síntomas durante fines de semana/vacaciones (17,1%, n=18), despertado por episodios de tos (13,3%, n=14), episodios recurrentes de tos y flema de más de 3 semanas (10,5%, n=11), y empeoramiento de síntomas con olores del trabajo (9,5%, n=10). Los síntomas de irritación de vías respiratorias (tos 6,7%, expectoración matutina 8,6%) fueron más frecuentes que los síntomas de limitación funcional severa (disnea impide salir de casa 0%, dificultad al vestirse 1,0%). Se identificaron 5 casos (4,8%) con diagnóstico previo de asma (Figura 2). Adicionalmente, mediante pregunta abierta sobre síntomas relacionados directamente con la exposición laboral, el 27,2% (n=28) de los trabajadores reportó síntomas adicionales no contemplados en los 25 ítems estructurados del cuestionario ATS. Los síntomas adicionales más frecuentemente mencionados incluyeron: cefalea (n=7: "dolor de cabeza", "migrañas", "leve dolor de cabeza"); síntomas neurológicos (n=10: "mareo", "falta de concentración", "cansancio"); síntomas dermatológicos (n=4: "alergia", "enrojecimiento en cuello y espalda"); síntomas gastrointestinales (n=3: epigastralgia); síntomas respiratorios adicionales (n=4: "rinorrea y odinofagia"). Es relevante destacar que varios trabajadores mencionaron específicamente el "olor a gasolina" o "olor del combustible" como el principal síntoma percibido (n=3), evidenciando la exposición sensorial constante a vapores.

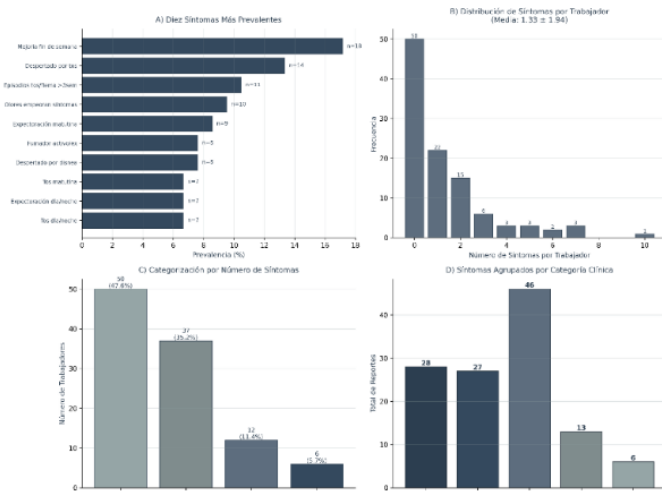


Fig 2. Prevalencia de Síntomas Respiratorios y Relacionados con Exposición Ocupacional

Medidas de Protección Personal y Prácticas de Higiene

El 69,9% (n=72) de los trabajadores reportó recibir EPP de manera consistente, mientras que el 30,1% lo recibe de forma inconsistente o nunca. Respecto al entrenamiento, el 45,6% recibió capacitación formal en uso de EPP y otro 45,6% solo instrucciones básicas. El 68,0% (n=70) ha recibido capacitación formal sobre riesgos de exposición a químicos en combustibles. Sin embargo, en cuanto al conocimiento específico sobre benceno, únicamente el 20,4% (n=21) manifestó conocer muy bien sus efectos en la salud, mientras que el 44,6% tiene poco o ningún conocimiento sobre este riesgo específico. Las prácticas de higiene laboral mostraron áreas de mejora: solo el 51,5% (n=53) se lava las manos siempre después de manejar combustibles, el 54,4% consume alimentos o bebidas en el área de trabajo ocasional o regularmente, y únicamente el 31,1% (n=32) se cambia de ropa siempre al finalizar el turno. En cuanto a vigilancia médica, el 77,7% (n=80) participa en exámenes médicos ocupacionales anuales, sin embargo, solo el 35,9% (n=37) reportó que su empresa realiza monitoreo ambiental del aire de manera regular (Figura 3).

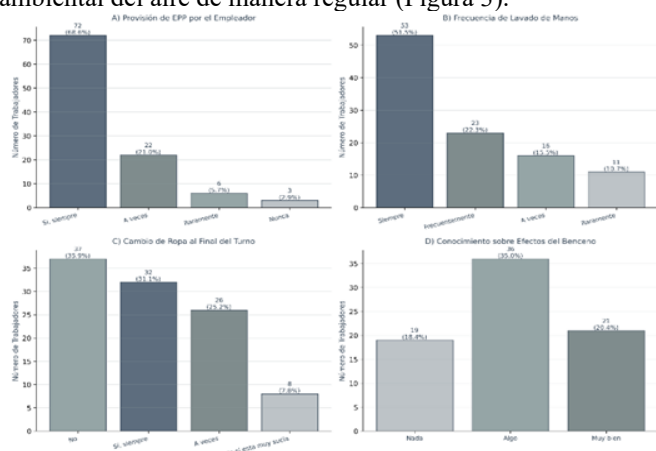


Figura 3. Medidas de Protección Personal y Prácticas de Higiene Laboral

Hallazgos de las Entrevistas Cualitativas

Las entrevistas semiestructuradas (n=103) revelaron perspectivas importantes sobre la experiencia de los trabajadores. Percepción del apoyo empresarial: La mayoría de los trabajadores evaluó positivamente el apoyo de sus empresas en temas de salud y seguridad, con respuestas como "Buena" (n=14), "Excelente" (n=5), "Muy bueno" (n=4) y "Bien" (n=4). Solo una minoría expresó que el apoyo es "Regular" (n=3). Prácticas de protección personal: Al indagar sobre medidas personales de protección contra vapores, 10 trabajadores respondieron explícitamente "Nada", mientras que 16 mencionaron el uso de mascarilla, y 2 trabajadores mencionaron "Tomar leche" como medida protectora (creencia popular sin respaldo científico).

Cambios percibidos en salud: El 67,0% de los entrevistados (respuestas "No", n≈60) indicaron no haber notado cambios en su salud desde que trabajan en estaciones de servicio, mientras que aproximadamente el 10,7% (respuestas "Si", n≈11) reportaron cambios, y 4 trabajadores mencionaron cambios "Un poco" o "Parcialmente".

Estos hallazgos cualitativos complementan los datos cuantitativos, evidenciando que, aunque las empresas proveen capacitación y EPP (reportado cuantitativamente), existe una brecha entre la provisión de recursos y la percepción de necesidad de protección por parte de algunos trabajadores, como lo demuestra el hecho de que 10 trabajadores declaran no usar ninguna medida de protección personal.

Análisis de Asociaciones entre Factores de Riesgo y Síntomas

Se realizó análisis de correlaciones y comparaciones entre grupos para evaluar la asociación entre factores de riesgo ocupacional y la presencia de síntomas respiratorios. Los resultados del análisis estadístico no mostraron asociaciones estadísticamente significativas ($p < 0,05$) entre las variables evaluadas:

- **Tiempo de exposición:** Los trabajadores con alta exposición (≥ 6 h/día, n=86) presentaron una media de $1,31 \pm 1,94$ síntomas, mientras que aquellos con baja exposición (< 6 h/día, n=17) presentaron $1,42 \pm 1,98$ síntomas ($U=794,0$; $p=0,842$).
- **Uso de EPP:** Trabajadores con EPP consistente (n=72) mostraron media de $1,15 \pm 1,72$ síntomas versus $1,73 \pm 2,34$ en aquellos con EPP inconsistente (n=31) ($U=1120,0$; $p=0,619$).
- **Prácticas de higiene:** El lavado apropiado de manos no mostró diferencias significativas en número de síntomas (lavado apropiado: $1,49 \pm 2,09$ vs inadecuado: $0,93 \pm 1,41$; $U=1250,0$; $p=0,260$).
- **Percepción de olores:** La frecuencia de percepción de olores (indicador directo de exposición) tampoco mostró asociación significativa con síntomas (percepción

frecuente: $1,43 \pm 2,02$ vs ocasional: $1,00 \pm 1,62$; $U=1081,0$, $p=0,377$).

- **Variables continuas:** No se encontraron correlaciones significativas entre edad y total de síntomas ($\rho=-0,079$; $p=0,445$) ni entre horas trabajadas por semana y síntomas ($\rho=0,029$; $p=0,819$).

Estos hallazgos sugieren que la exposición ocupacional a vapores de combustible afecta a los trabajadores de manera relativamente homogénea, independientemente del tiempo de exposición diario, uso de medidas de protección o prácticas de higiene. La alta prevalencia de síntomas con relación temporal laboral (17,5% con mejoría en días de descanso) y la percepción frecuente de olores (78,7%) confirman la exposición significativa de toda la población trabajadora. La ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre grupos podría explicarse por: (1) exposición base elevada en todos los trabajadores debido a la naturaleza del trabajo (83,5% expuestos ≥ 6 h/día, 93.2% en turnos rotativos de 8 horas); (2) contacto inevitable con vapores durante el despacho de combustible independientemente de las medidas de protección; (3) tamaño de muestra que limita el poder estadístico para de'hble efecto del trabajador sano. Los datos cualitativos respaldan estos hallazgos al mostrar que, aunque las empresas proveen capacitación y EPP (percepción positiva del apoyo empresarial), la exposición inherente al trabajo persiste (Figura 4).

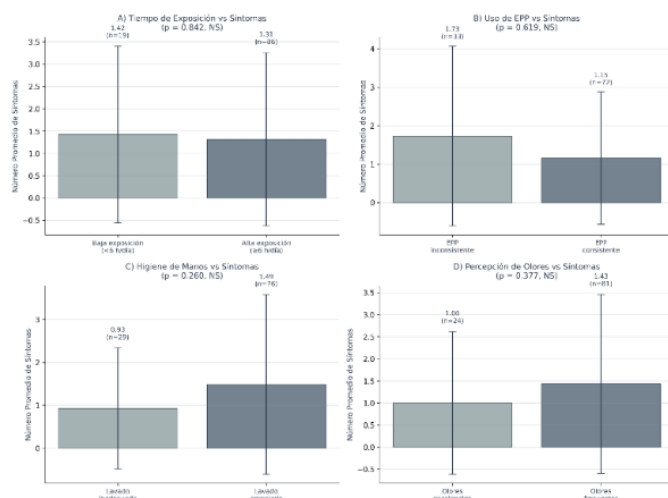


Figura 4. Análisis de Asociación entre Factores de Riesgos y Síntomas Respiratorios

Este estudio documenta que: (1) La exposición ocupacional a vapores de combustible es intensa y prolongada (83,5% expuestos ≥ 6 h/día en turnos rotativos de 8 horas) con alta percepción de olores (78,7%); (2) El 53,4% de los trabajadores reporta al menos un síntoma respiratorio, con prevalencia significativa de síntomas con relación temporal laboral, particularmente mejoría durante días de descanso (17,5%) y síntomas nocturnos (13,6%); (3) Aunque las empresas proveen capacitación (68,0%) y EPP (69.9% consistente), persisten

inconsistencias: 30,1% sin EPP consistente, 48,5% con prácticas inadecuadas de lavado de manos, y 68,9% sin cambio regular de ropa, además algunos trabajadores no utilizan medidas de protección personal; (4) La percepción del apoyo empresarial en salud y seguridad es mayoritariamente positiva según las entrevistas cualitativas, aunque el conocimiento específico sobre riesgos del benceno es limitado (44,6% con poco o ningún conocimiento); (5) No se identificaron asociaciones estadísticamente significativas entre factores de riesgo individuales y síntomas, sugiriendo que la exposición base es elevada para toda la población trabajadora, independientemente de las medidas de protección implementadas; y (6) La integración de métodos cuantitativos y cualitativos permite comprender mejor la complejidad de la exposición ocupacional y la brecha entre provisión de medidas de protección y su efectividad práctica en un contexto de exposición inherentemente elevada.

V. DISCUSIÓN

La gestión de Seguridad y la Salud en la población trabajadora que desarrolla una actividad laboral, es una temática que debe ser tomada y gestionada por la gerencia y el equipo de Seguridad y Salud con mucha responsabilidad, no solo por cumplimiento de leyes establecidas, sino por salvaguardar la integridad de los trabajadores desde un punto de vista humanístico, todo ambiente de trabajo debe brindar las garantías necesarias para que el colaborador no desarrolle ningún tipo de afectación en su Salud, por condiciones inadecuadas presentes en sus ambientes laborales o por falta de gestión de Seguridad y Salud Ocupacional que minimice la exposición o el impacto que los riesgos presentes en el puesto de trabajo puedan provocar, mediante la aplicación de medidas adecuadas de mitigación de riesgos.

En virtud de lo previamente descrito, el presente trabajo de investigación buscó no solamente desarrollar un análisis mediante técnicas cualitativas y cuantitativas de un fenómeno de estudio, como lo es el impacto que se genera en la salud de los trabajadores que ocupan el puesto de trabajo de despacho de combustible, al encontrarse expuestos a compuestos hidrocarburos aromáticos como lo es el benceno, sino que pretende también ser una guía que fomenta el desarrollo de nuevos estudios investigativos que apliquen las mismas metodologías con cuestionarios validados internacionalmente, en diferentes poblaciones trabajadoras que ocupen el mismo cargo laboral y que se encuentren expuestos a las mismas condiciones de trabajo. Todo esto en virtud de que en el Ecuador se puedan obtener cada vez más referentes bibliográficos que aborden este fenómeno y que proporcionen datos estadísticos y conclusiones, que permitan a largo plazo la comprensión de la realidad sobre el efecto que genera esta exposición ocupacional a este tipo de compuestos químicos, en esta población trabajadora.

El desarrollo de este tipo de investigaciones se justifica por lo descrito en el artículo de revisión sistemática de Santana et al.

[7], el cual argumenta claramente que existe mucha literatura científica disponible que describe los potenciales efectos que puede provocar la exposición a benceno a corto y largo plazo, pero existe también insuficiente información estadística aportada por estudios desarrollados en Ecuador, que amplíe la apreciación sobre este fenómeno de estudio y permitan fomentar la aplicación de medidas, como valoraciones ambientales de hidrocarburos aromáticos en el puesto de trabajo, desarrollo de planes de vigilancia continua de la salud de los colaboradores expuestos a estos compuestos, implementación de elementos de protección personal y capacitaciones sobre prácticas laborales adecuadas que busquen minimizar la exposición y el riesgo de afectación de la salud por la presencia de estos compuestos en los puestos de trabajo.

Los hallazgos del presente estudio revelan que el 53,4% de los trabajadores reportó al menos un síntoma respiratorio, dato que resulta concordante con la literatura internacional sobre exposición ocupacional a vapores de combustible en estaciones de servicio. Tongsantia et al. [14] identificaron que los cinco principales síntomas adversos reportados en trabajadores de estaciones de servicio en Tailandia fueron fatiga, cefalea, mareos, congestión nasal y rinorrea, síntomas que guardan similitud con los patrones observados en la población estudiada de Guayaquil. De manera particular, la alta prevalencia de síntomas con relación temporal laboral documentada en el presente estudio (17,5% con mejoría en días de descanso y 13,6% con síntomas nocturnos) proporciona evidencia adicional del vínculo causal entre la exposición ocupacional y las manifestaciones clínicas, patrón que no siempre es documentado de manera sistemática en otros estudios de la región.

En el contexto ecuatoriano, los resultados son consistentes con lo reportado por Jácome et al. [6], quienes encontraron en trabajadores de una empresa petrolera ecuatoriana que los síntomas más frecuentes fueron prurito nasal y lagrimeo ocular (66% en hombres, 33% en mujeres), cefalea (50% en mujeres) y eritema ocular (68% en hombres, 32% en mujeres), con mayor prevalencia de alteraciones respiratorias en el sexo masculino. La concordancia entre ambos estudios ecuatorianos sugiere patrones de afectación similares en poblaciones laborales nacionales expuestas a hidrocarburos, aunque las diferencias metodológicas y de composición poblacional entre ambos estudios limitan la comparación directa de prevalencias específicas.

Un hallazgo particularmente relevante del presente estudio es la ausencia de asociaciones estadísticamente significativas entre los factores de riesgo individuales evaluados (tiempo de exposición, uso de EPP, prácticas de higiene) y el desarrollo de síntomas respiratorios. Este resultado contrasta marcadamente con lo reportado por Tongsantia et al. [14], quienes mediante análisis de regresión logística múltiple identificaron factores de riesgo significativamente asociados con síntomas adversos, incluyendo no tener experiencia en capacitación de seguridad (OR ajustado = 5.22) y comer durante las horas de trabajo (OR ajustado = 16.08). Es importante destacar que en el estudio de

Chaiklieng et al. [3], los comportamientos de trabajo como el lavado regular de manos, ducharse después del trabajo, o el uso de EPP tampoco estuvieron significativamente asociados con los efectos adversos, hallazgo que sí coincide con los resultados y sugiere que las medidas de protección personal convencionales podrían tener una efectividad limitada en contextos de exposición inherentemente elevada.

La ausencia de asociaciones significativas en el presente estudio puede explicarse por múltiples factores interrelacionados. Primero, la exposición base es inherentemente elevada para toda la población trabajadora estudiada, con 83,5% de los participantes expuestos ≥ 6 horas/día y 78,7% reportando percepción frecuente de olores a hidrocarburos, lo que sugiere que todos los trabajadores, independientemente de sus prácticas individuales, están sometidos a niveles considerables de exposición durante su jornada laboral. Segundo, la naturaleza misma del trabajo de despacho de combustible implica contacto inevitable con vapores de hidrocarburos, independientemente de las medidas de protección implementadas, particularmente en ausencia de controles de ingeniería efectivos como sistemas de ventilación o recuperación de vapores en las islas de despacho. Tercero, el tamaño de muestra del presente estudio ($n=103$) puede haber limitado el poder estadístico para detectar asociaciones pequeñas o moderadas entre variables, sugiriendo la necesidad de estudios con mayor número de participantes para confirmar o refutar estos hallazgos.

La intensidad de la exposición documentada en este estudio, con 93,2% de trabajadores en turnos rotativos de 8 horas y 83,5% expuestos ≥ 6 horas/día, plantea preocupaciones sobre el riesgo a largo plazo de esta población trabajadora. Chaiklieng et al. [3], demostraron en un estudio con 150 trabajadores de estaciones de servicio en Tailandia que la exposición crónica a concentraciones de benceno por debajo del límite de exposición ocupacional podría incrementar la incidencia del desarrollo de cáncer en un $>2.2 \times 10^{-6}$ en el 70.67% de los trabajadores. Similarmente, Al-Harbi, et al. (2020), reportaron en Kuwait concentraciones promedio de 723 μg benceno/ m^3 en las bombas de combustible, con un riesgo de cáncer elevado (4.2×10^{-4} a 1.4×10^{-3}), muy superior al límite aceptable de 1×10^{-6} [21]. Aunque el presente estudio no incluyó mediciones ambientales de concentraciones de benceno, la alta percepción de olores (78,7%) y la prevalencia significativa de síntomas sugieren niveles de exposición comparables a los reportados en estos estudios internacionales.

Los efectos genotóxicos documentados por Poça et al. [5], en trabajadores de estaciones de servicio en Brasil, donde se evidenció que la exposición a gasolina indujo daño al ADN con mayor razón de probabilidades de efectos genotóxicos comparado con el grupo control, subrayan la urgencia de implementar programas de vigilancia médica continua que incluyan no sólo evaluación clínica de síntomas agudos, sino también monitoreo de biomarcadores de exposición y efecto. La exposición crónica al benceno representa un factor de riesgo para malignidades hematológicas, lo cual es particularmente

relevante dado que en el presente estudio se documentó que 44,6% de los trabajadores tiene poco o ningún conocimiento sobre los riesgos específicos del benceno, evidenciando una brecha crítica en la educación y concientización sobre los riesgos a largo plazo de esta exposición ocupacional [6].

Los hallazgos del presente estudio, en conjunto con la evidencia internacional, sugieren que las estrategias convencionales de prevención basadas únicamente en la provisión de equipos de protección personal y capacitaciones generales resultan insuficientes para mitigar efectivamente la exposición al benceno en ambientes de trabajo de despacho de combustible. A pesar de que 68,0% de los trabajadores reportó haber recibido capacitación y 69,9% indicó uso consistente de EPP, la alta prevalencia de síntomas (53,4%) y la ausencia de diferencias significativas entre grupos con y sin medidas de protección evidencian la necesidad de implementar controles de ingeniería más efectivos, tales como sistemas de recuperación de vapores en las islas de despacho, mejora en la ventilación de las áreas de trabajo, y mantenimiento preventivo riguroso de los sistemas de almacenamiento y dispensación de combustibles.

Las inconsistencias documentadas en las prácticas de seguridad, incluyendo 30,1% de trabajadores sin uso consistente de EPP, 48,5% con prácticas inadecuadas de lavado de manos, y 68,9% sin cambio regular de ropa de trabajo, reflejan no solo problemas individuales de cumplimiento sino también posibles deficiencias sistémicas en los programas de seguridad y salud ocupacional implementados por las empresas operadoras de estaciones de servicio. La integración de métodos cuantitativos y cualitativos en el presente estudio permitió identificar esta brecha entre la provisión formal de medidas de protección y su efectividad práctica, hallazgo que debe orientar el desarrollo de intervenciones más integrales que consideren no sólo los aspectos técnicos sino también los factores organizacionales, culturales y de supervisión que influyen en la implementación efectiva de medidas preventivas.

Este estudio contribuye a llenar un vacío importante identificado por Santana et al. (2020), en su revisión sistemática, donde señalaron la existencia de insuficiente información científica sobre efectos de la exposición ocupacional a benceno en trabajadores ecuatorianos [7]. La caracterización sistemática de síntomas mediante cuestionarios validados internacionalmente (Cuestionario Estándar de la American Thoracic Society y Cuestionario de Exposición Ocupacional de la NIOSH) y el enfoque mixto que integra datos cuantitativos y cualitativos establecen una línea base metodológica que puede ser replicada en otras poblaciones trabajadoras del país y la región. Los resultados obtenidos fundamentan la necesidad de desarrollar programas de vigilancia médica específicos para esta población trabajadora, que incluyan evaluaciones periódicas con énfasis en la detección temprana de síntomas respiratorios, evaluación de función pulmonar, y eventualmente, estudios de biomarcadores de exposición y efecto que permitan cuantificar de manera objetiva la carga tóxica a la que están sometidos estos trabajadores.

Las futuras investigaciones en este campo deberían priorizar la realización de mediciones ambientales de concentraciones de benceno y otros compuestos BTEX (benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos) en los puestos de trabajo de despacho de combustible, lo cual permitiría establecer correlaciones objetivas entre niveles de exposición y desarrollo de síntomas, así como evaluar el riesgo de cáncer en esta población trabajadora. Adicionalmente, estudios longitudinales con seguimiento a largo plazo de trabajadores expuestos permitirían documentar la incidencia de malignidades hematológicas y otros efectos crónicos, información que actualmente es limitada en el contexto ecuatoriano debido a restricciones en el acceso a bases de datos del Instituto Ecuatoriano de Seguridad Social por temas de protección de datos personales. La evaluación de la efectividad de diferentes medidas de control, incluyendo controles de ingeniería como sistemas de recuperación de vapores, representa otra área crítica de investigación futura que podría orientar políticas públicas de salud ocupacional más efectivas en el sector de estaciones de servicio a nivel nacional.

VI. CONCLUSIÓN

El presente estudio documenta que la exposición ocupacional a vapores de combustible en despachadores de estaciones de servicio de la ciudad de Guayaquil constituye un riesgo significativo para la salud de esta población trabajadora. Los hallazgos revelan que más de la mitad de los trabajadores (53,4%) presenta sintomatología respiratoria asociada a la exposición, siendo especialmente relevante la presencia de síntomas con relación temporal laboral, lo cual confirma el vínculo entre la actividad ocupacional y las manifestaciones clínicas observadas. La intensidad de la exposición, caracterizada por jornadas prolongadas (83,5% expuestos ≥ 6 h/día) y alta percepción de olores a hidrocarburos (78,7%), demuestra que todos los trabajadores enfrentan condiciones de riesgo elevadas independientemente de las medidas de protección implementadas.

La ausencia de asociaciones estadísticamente significativas entre los factores de riesgo individuales evaluados y el desarrollo de síntomas sugiere que la exposición base es inherentemente elevada para toda la población trabajadora, independientemente del uso de equipos de protección personal o prácticas de higiene implementadas. Este hallazgo subraya la naturaleza sistémica del riesgo químico en estos ambientes laborales y evidencia que las medidas de control actuales resultan insuficientes para mitigar efectivamente la exposición al benceno y otros compuestos hidrocarburos aromáticos presentes en los vapores de combustible.

Los resultados de esta investigación proveen evidencia empírica local que fundamenta la urgente necesidad de implementar programas integrales de vigilancia médica continua, realizar evaluaciones ambientales periódicas de concentraciones de benceno en los puestos de trabajo, y desarrollar estrategias de prevención del riesgo químico más robustas que incluyan controles de ingeniería efectivos, además

de las medidas de protección personal. La caracterización sistemática de los patrones de síntomas asociados a la exposición ocupacional a benceno contribuye a la generación de referentes bibliográficos nacionales en un campo donde existe limitada información científica desarrollada en el contexto ecuatoriano, estableciendo una línea base para futuras investigaciones epidemiológicas y fortaleciendo la comprensión de esta problemática de salud ocupacional en Ecuador.

VII. FORTALEZAS Y LIMITACIONES

Fortalezas

La integración de métodos cuantitativos y cualitativos permitió obtener una comprensión más profunda y matizada de la exposición ocupacional a vapores de combustible, combinando datos estadísticos objetivos con la experiencia vivencial de los trabajadores, lo cual enriquece significativamente la interpretación de los hallazgos.

La aplicación del Cuestionario Estándar de la American Thoracic Society [23] y Cuestionario adaptado de Chaiklieng et al. [3], siguiendo el protocolo de muestreo ambiental NIOSH 1501 (NIOSH, 2003) garantiza la validez y confiabilidad de los datos recolectados, además de permitir la comparabilidad con estudios internacionales [15] [17].

La colaboración de la gerencia de la empresa de estaciones de servicio facilitó el acceso directo a la población trabajadora en sus lugares de trabajo durante el desarrollo de sus actividades laborales, minimizando sesgos de selección y permitiendo la observación de condiciones reales de exposición.

La colaboración voluntaria y la autorización de consentimiento informado por parte de los trabajadores despachadores de combustible resultó en una tasa de participación elevada, fortaleciendo la representatividad de la muestra dentro del contexto de la empresa estudiada.

Este estudio contribuye a llenar un vacío identificado en la literatura científica nacional sobre exposición ocupacional a benceno en trabajadores de estaciones de servicio, estableciendo una línea base para futuras investigaciones en el país.

Limitaciones

La falta de mediciones objetivas de concentraciones de benceno y otros compuestos BTEX en los ambientes de trabajo impide cuantificar con precisión los niveles de exposición ocupacional y establecer correlaciones dosis-respuesta entre concentraciones ambientales y desarrollo de síntomas.

Por temas relacionados con la ley de protección de datos personales y la confidencialidad médico-paciente, no fue posible incluir datos referentes a los principales motivos de consulta médica y cuadros clínicos diagnosticados que desarrollaron los colaboradores en el último año, información que habría enriquecido el análisis de efectos en salud.

El tamaño de muestra (n=103) puede haber limitado el poder estadístico para detectar asociaciones pequeñas o moderadas entre factores de riesgo y síntomas, lo que podría explicar parcialmente la ausencia de asociaciones estadísticamente significativas observada en el análisis.

El estudio se desarrolló en estaciones de servicio de una única empresa en la ciudad de Guayaquil, lo cual limita la generalización de los resultados a otras empresas operadoras, otras ciudades del Ecuador, o contextos laborales con diferentes características operativas o condiciones ambientales.

Futuras líneas de investigación

Las siguientes líneas de investigación representan oportunidades para profundizar en el conocimiento sobre la exposición ocupacional a benceno en trabajadores de estaciones de servicio y desarrollar intervenciones más efectivas para la protección de la salud de esta población laboral:

Determinación de concentraciones de benceno y otros compuestos BTEX (tolueno, etilbenceno, xilenos) en los puestos de trabajo de despacho de combustible, comparándolas con los valores límites permisibles establecidos por NIOSH (Ca TWA de 0.1 ppm, ST de 1 ppm) y OSHA (TWA de 1 ppm, ST de 5 ppm) [16].

Evaluación de biomarcadores de exposición al benceno (ácido S-fenilmercaptúrico en orina, ácido trans-trans-mucónico) y biomarcadores de efecto biológico (daño genotóxico, alteraciones hematológicas) en trabajadores de estaciones de servicio.

Evaluación de la efectividad de sistemas de recuperación de vapores, mejoras en ventilación y otras medidas de control de ingeniería mediante mediciones ambientales pre y post-intervención.

REFERENCIAS

- [1] G. Turner, P. Guénel, N. Hopf, B. Quintanilla, S. Soares, S. Chaiklieng, J. Da Silva, S. Fustinoni, M. Gi, J. Heck, F. Huaux, G. Johanson, J. Kirkeleit, K. Kirsanov, L. Richiardi, J. Teixeira, A. Terron, J. Topinka y M. White, «Carcinogenicity of automotive gasoline and some oxygenated gasoline additives,» *The Lancet. Oncology*, 2025.
- [2] US EPA - Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, «Benzene - IRIS Assessment,» 2020. [En línea]. Available: https://cfpub.epa.gov/ncea/iris2/chemicallanding.cfm?substance_nmbr=276.
- [3] S. Chaiklieng, P. Suggaravetsiri y H. Autrup, «Risk Assessment on Benzene Exposure among Gasoline Station Workers,» *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 16, n° 14, p. 2545, 2019.
- [4] M. Al-Harbi, I. Alhajri, A. AlAwadhi y J. Whalen, «Health symptoms associated with occupational exposure of gasoline station workers to BTEX compounds,» *Atmospheric Environment*, vol. 241, pp. 1352-2310, 2020.
- [5] K. Poça, I. Giardini, P. Baptista, B. Rodrigues, A. Bellomo, J. Araújo, T. Ramos, H. Pereira, U. Barros, F. Klabund, K.

- Friedrich y M. Sarpa, «Gasoline-station workers in Brazil: Benzene exposure,» *Genotoxic and immunotoxic effects. Mutat Res Genet Toxicol Environ Mutagen*, 2021.
- [6] American Cancer Society, «Benzene and Cancer Risk,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.cancer.org/cancer/risk-prevention/chemicals/benzene.html>.
- [7] A. Jacome-Muñoz, E. Navarrete-Arboleda, V. Vega-Falcón y P. Acurio-Padilla, «Efectos sobre la salud de exposición a gasolina en compañía de petróleo de Ecuador,» *Revista Arbitrada Interdisciplinaria de Ciencias de la Salud. Salud y Vida*, vol. 2, n° 4-13, p. 6, 2022.
- [8] M. Santana, M. Torrens, L. Santana y E. García, «Enfermedades ocupacionales por exposición a benceno en trabajadores de gasolineras,» *Revista San Gregorio*, n° 40, pp. 157-175, 2020.
- [9] Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Toxicological profile for benzene. U.S., Department of Health and Human Services, 2007.
- [10] Centers for Disease Control and Prevention, «Chemical Fact Sheets,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.cdc.gov/chemical-emergencies/chemical-fact-sheets/benzene.html>.
- [11] WorkCare, «Benzene Medical Surveillance: Protecting Worker Health,» 2025. [En línea]. Available: <https://workcare.com/resources/fact-sheets/benzene-medical-surveillance/>.
- [12] Occupational Safety and Health Administration, «Benzene - Overview,» 2025. [En línea]. Available: <https://www.osha.gov/benzene>.
- [13] Consumer Notice, «Benzene Side Effects: What Are The Health Risks?,» 2023. [En línea]. Available: <https://www.consumernotice.org/environmental/benzene/exposure-symptoms/>.
- [14] Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Toxicological profile for benzene, Estados Unidos: Department of Health and Human Services, 2007.
- [15] H. Abdel, G. Elharif, K. Mahfouz, A. Omnia, H. Abdullah y E. Eltabey, «Biochemical study on occupational inhalation of benzene vapours in petrol station,» *Respir Med Case Rep.*, vol. 8, n° 27, 2019.
- [16] J. Creswell y V. Plano, *Designing and Conducting Mixed Methods Research*, 3rd ed. ed., Thousand Oaks: SAGE Publications, 2018.
- [17] R. Hernández-Sampieri, C. Fernández-Collado y P. Baptista-Lucio, *Metodología de la investigación*, 6ª ed. ed., McGraw-Hill Education, 2014.
- [18] F. Kerlinger y H. Lee, . *Investigación del comportamiento: Métodos de investigación en ciencias sociales*, 4ª ed. ed., McGraw-Hill, 2002.
- [19] K. Rothman, S. Greenland y T. Lash, *Modern Epidemiology*, 3rd ed. ed., Lippincott Williams & Wilkins, 2008.
- [20] R. Groves, F. Fowler, M. Couper, J. Lepkowski, E. Singer y R. Tourangeau, *Survey methodology*, 2nd ed. ed., John Wiley & Sons, 2009.
- [21] U. Tongsantia, S. Chaiklieng, P. Suggaravetsiri, S. Andajani y H. Autrup, «Factors Affecting Adverse Health Effects of Gasoline Station Workers,» *Int J Environ Res Public Health*, vol. 18, n° 19, p. 23, 2021.
- [22] M. A. I. Al-Harbi y J. Whalen, «Health risks associated with the polycyclic aromatic hydrocarbons in indoor dust collected from houses in Kuwait,» *Environmental Pollution*, vol. 266, 2020.
- [23] B. Ferris, «Epidemiology Standardization Project (American Thoracic Society),» *American Review of Respiratory Disease*, vol. 118, pp. 1-120, 1978.
- [24] National Institute for Occupational Safety and Health, *Manual of Analytical Methods (NMAM): Method 1501*, 4th ed ed., Centers for Disease Control and Prevention, 2003.