

Enfermedades ocupacionales por exposición a benceno en trabajadores de gasolineras

Occupational diseases from exposure to benzene in gas station workers

Autoras

María Mercedes Santana Castro. <https://orcid.org/0000-0003-2879-7472>
Manadialisis Manta. Universidad San Gregorio de Portoviejo. Manabí. Ecuador. Graduada de la Maestría de Seguridad y Salud Ocupacional “Tercera Cohorte”.
ma_mercedes_23@hotmail.com

Coautores

María Elena Torrens Pérez. <https://orcid.org/0000-0003-3989-9765>
Universidad San Gregorio de Portoviejo. Manabí. Ecuador.
mariaelenatorrensperez@gmail.com

Luis Alberto Santana Castro. <http://orcid.org/0000-0003-2336-3130>
Ministerio de Educación. Portoviejo. Manabí. Ecuador.
luisio_@hotmail.com

Estelia García Delgado. <http://orcid.org/0000-0003-2033-8984>
Universidad Laica Eloy Alfaro de Manta. Manabí. Ecuador.
esteliagarcia@hotmail.com

Fecha de recibido: 2020-06-26

Fecha de aceptado para publicación: 2020-08-26

Fecha de publicación: 2020-09-30



Resumen

El estudio comprende una revisión sistemática exploratoria sobre las “Enfermedades ocupacionales por exposición a benceno en trabajadores de gasolineras”, partiendo del conocimiento, que las exposiciones al benceno generan serias repercusiones en la salud de las personas, reconocidas estas afectaciones a nivel internacional por estudios y normas que establecen los límites permisibles, en el Ecuador los estudios son incipientes, por lo que se lleva a efectos esta revisión con el objetivo de analizar y sintetizar la información existente sobre las



enfermedades ocupacionales por exposición a benceno en trabajadores de gasolineras. La metodología empleada fue una revisión sistemática exploratoria, con estrategia de búsqueda, efectuada en bases de datos de acceso abierto de Scopus, Redalyc y SciELO, la selección se realizó por decantaciones, basadas en los criterios de inclusión y exclusión, además del apoyo de las variables de estudio, para la selección de los 32 artículos pertinentes. Los resultados corroboran las afectaciones que produce la exposición al benceno y se concluye que es necesario realizar estudios que identifiquen las exposiciones extremas de acuerdo al cumplimiento de las normas internacionales; es oportuno que en Ecuador se profundice en este tema y se capacite a los trabajadores expuestos al benceno.

Palabras clave: Enfermedades ocupacionales por exposición a benceno; exposición a benceno; riesgos químicos.

Abstract

The study includes a systematic exploratory review on "Occupational diseases due to exposure to benzene in gas station workers", based on the knowledge that exposures to benzene generate serious repercussions on people's health, these conditions being recognized internationally by studies and norms that establish the permissible limits, in Ecuador the studies are incipient, so this review is carried out with the aim of analyzing and synthesizing the existing information on occupational diseases due to exposure to benzene in gas station workers. The methodology used was a systematic exploratory review, with a search strategy, carried out in open access databases of Scopus, Redalyc and SciELO, the selection was made by decantations, based on the inclusion and exclusion criteria, in addition to the support of the study variables, for the selection of the 32 relevant articles. The results corroborate the affectations produced by the exposure to benzene and it is concluded that it is necessary to carry out studies that identify extreme exposures according to compliance with international standards; it is opportune that in Ecuador this topic is deepened and workers exposed to benzene are trained.

Keywords: Occupational diseases from exposure to benzene; benzene exposure; chemical hazards.

Introducción



El benceno es un compuesto químico orgánico volátil (COV) que se obtiene como un derivado del petróleo con propiedades físico-químicas que le permiten disolver y dispersar un gran número de sustancias, además, actúa como precursor de muchos materiales sintéticos. No obstante, se ha determinado que el benceno genera serias repercusiones en la salud de las personas que se exponen a este compuesto, especialmente en el sistema nervioso, ocasionando síntomas como el mareo, dolor de cabeza, náuseas y somnolencia. La depresión del sistema nervioso se alcanza cuando la inhalación de benceno genera una concentración en la sangre de 2,1 mg/L (Fracasso *et al.*, 2010). Por otra parte, concentraciones de benceno en el aire de 65 mg/L provocan consecuencias letales desde el período de 5-10 minutos de exposición. Por razones asociadas a su efecto leucemogénito, el benceno ha sido definido como una sustancia cancerígena, según la Agencia Internacional de Investigación en Cáncer (De Vito *et al.*, 2008). Para determinar el potencial cancerígeno del benceno en trabajadores de gasolineras se emplean exámenes de biomarcadores como intercambio de cromátidas y ácido trans (Tunsaringkarn *et al.*, 2011).

Este COV es señalado por su alto riesgo en la seguridad y salud de los trabajadores, puesto que en la mayoría de los casos el personal no utiliza las debidas medidas de prevención. Según la Organización Internacional del Trabajo (OIT) se establece una lista de enfermedades profesionales originadas por la exposición a agentes químicos que resulten de las actividades laborales; en el apartado 1.1.12 de la lista de enfermedades profesionales en la resolución 513, propuestas por la OIT (2010) se incluyen las enfermedades causadas por benceno o sus homólogos. Esta clasificación de enfermedades profesionales se realiza según estadísticas exhaustivas sobre los accidentes del trabajo y las enfermedades profesionales, y cuando sea procedente, sobre los sucesos peligrosos y los accidentes de trayecto, con miras a facilitar el intercambio y la comparación internacional de estas. La lista propone diferentes subclasificaciones, no obstante, las ocasionadas por exposición a agentes químicos se ubican en el primer acápite, y en el punto 12 de este acápite, se menciona a las enfermedades provocadas por exposición a benceno y similares.

En el Ecuador, los trabajadores de gasolineras presentan un alto nivel de exposición a benceno, debido a que combinan las actividades propias de la venta de hidrocarburos con la venta y consumo de alimentos y en algunos casos permanecen en las estaciones de servicio durante



largos períodos. El riesgo por exposición a benceno asociado por la venta y consumo de alimentos en gasolineras afecta también a toda persona que transite en el lugar, incluyendo a clientes. Según Sinche-Arias (2012) la gasolina súper distribuida en el Ecuador tiene una composición de benceno de 1,1733% en masa y 0,9684% en volumen; la norma INEN 935-2012 (del Ecuador) regula los combustibles en términos de calidad y cantidad, resaltando entre otros parámetros que el nivel máximo de benceno para gasolinas súper y extra es 2 y 1%, respectivamente. Sin embargo, según la NIOSH (National Institute for Occupational and Safety Health), el límite permisible de vapor de benceno en el aire para las personas que por ocupación o trabajo se encuentran continuamente expuestas durante 8 horas, es 1 ppm (partes por millón-mg/L) (NIOSH, 2011).

Las consecuencias de la exposición al benceno han sido demostradas en estudios experimentales que han establecido los límites permisibles para trabajadores permanentes, ocasionales y usuarios de las estaciones de servicio (Dehghani *et al.*, 2018); no obstante, en muchas ocasiones no se cumplen estos requisitos de seguridad y salud, ocasionando factores de riesgo en los trabajadores de las gasolineras ecuatorianas. A pesar de que se trata de una enfermedad ocupacional catalogada como tal en el Ecuador y en los reportes de la OIT (2010), en este país tan solo existen dos referencias que aportan con la descripción, evaluación e impacto de los riesgos asociados a la exposición de los compuestos orgánicos volátiles y específicamente del benceno; la investigación de Sinche-Arias (2012) y la norma técnica ecuatoriana INEN 935 (2012), establecida con fines de regulación y control de hidrocarburos. Se resalta que en las bases de datos con literatura científica la mayoría de los estudios se han efectuado en Asia, denotando que en países como Ecuador aún está poco explorado el campo de los riesgos y efectos asociados con la exposición al benceno.

La gasolina contiene en promedio, una composición de benceno que oscila entre 1,8 y 3,7%, de modo que los trabajadores de estaciones de gasolina están expuestos a niveles de exposición a corto plazo (STEL, por sus siglas en inglés) de 0,064 a 1,79 partes por millón. Así mismo, la exposición promedio ponderada por tiempo (TWA) de 8 horas se encuentra entre 0,028-0,071 partes por millón (Foo, 1991). Por otra parte, una enfermedad ocupacional se relaciona de diversas maneras y por la exposición continua a la sustancia contaminante, resaltando que una



de sus características es que las actividades desarrolladas por el empleador son ejecutadas con la entera responsabilidad de la empresa o empleador.

De acuerdo a las investigaciones consultadas, se constata la necesidad de continuar con estudios sobre las “Enfermedades ocupacionales por exposición a benceno en trabajadores de gasolineras”, con el objetivo de analizar y sintetizar la información existente sobre las enfermedades ocupacionales por exposición a benceno en trabajadores de gasolineras.

Metodología

Se realizó una revisión sistemática de tipo exploratorio entre noviembre/2019 y enero/2020, a partir del protocolo para realizar revisiones sistemáticas exploratorias (Manchado-Garabito *et al.*, 2009) y (Orsini *et al.*, 2019) para el tema escogido relacionado al benceno.

Estrategia de búsqueda

A partir del objetivo trazado se identificaron las palabras clave de búsqueda: benceno; seguridad y salud; trabajadores de estaciones de gasolina. Se realizó una búsqueda preliminar que permitió revisar manuscritos con información relevante sobre la exposición al benceno, en diferentes ambientes laborales y su efecto en la seguridad y salud de los trabajadores. La búsqueda de la información pertinente fue identificada en las bases datos de Scopus, Scielo, Redalyc, priorizando la información de acceso abierto.

Una vez identificadas las fuentes de información, se revisaron 50 artículos, los cuales fueron reducidos, al delimitar los criterios de inclusión y exclusión expresados en la tabla 1. Que permitieron centrar la investigación y enfocarla en la selección que garantizará la pertinencia y relevancia científica de la información a estudiar.



Tabla 1. Criterios de inclusión y exclusión empleados en la investigación

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
<ul style="list-style-type: none"> • Investigaciones de exposición a benceno en trabajadores o asistentes de gasolineras. • Investigaciones originales, sean estudios experimentales y revisiones bibliográficas. Idioma inglés y español. • Investigaciones de carácter y rigor científico que cuenten con una metodología definida y estructurada. Se incluyen estudios de hasta 5 años de actualidad • Se priorizan artículos científicos en acceso abierto. 	<p>Investigaciones realizadas con un diseño metodológico que incluya muestras no representativas.</p> <p>Investigaciones que aportan puntos de vista y criterios propios de editores, así como cartas dirigidas al editor.</p> <p>Investigaciones ambiguas que no manifiesten con claridad el diseño metodológico y sus componentes. Investigaciones publicadas en idiomas que no sean inglés y español.</p> <p>Tesis de pregrado.</p> <p>Hasta un 15% de estudios con más de 5 años de actualidad.</p>

Fuente: Parte del diseño de la revisión sistemática exploratoria

Aplicando los criterios de inclusión y exclusión se redujeron en 40 los artículos. No obstante, para definir y centrar mejor el estudio se eligieron las variables: nivel de exposición al benceno en trabajadores de estaciones de gasolina, y enfermedades ocupacionales en trabajadores expuestos al benceno, lo que permitió cerrar la selección en 32 artículos.

Resultados y discusión

En la tabla 2 se muestra el número de artículos empleados en el presente estudio según el país de procedencia. Se puede observar que los países asiáticos lideran la estadística, entre los cuales Tailandia es uno de los países con mayor producción científica en este tópico, representando el 21,88% de la evidencia científica revisada en este estudio.



Tabla 2. Procedencia de los artículos discutidos en la investigación.

Países	Cantidad de artículos
Brasil	2
Indonesia	1
Irán	3
India	1
Estados Unidos	3
Chile	1
Japón	1
Tailandia	7
Ecuador	2
Italia	3
Singapur	1
España	1
Suiza	1
Venezuela	1
Portugal	1
Corea del Sur	1
Sudáfrica	1
China	1
Total	32

Fuente: Síntesis de la revisión sistemática exploratoria

Por su parte, en la tabla 3 se establece la clasificación de los artículos discutidos en función de las variables que se exponen en los siguientes apartados. Estos estudios han permitido evidenciar y corroborar el nivel de exposición y los potenciales efectos de la exposición del benceno en usuarios y trabajadores de gasolineras. Según los estudios realizados en varios países se demuestra que se trata de una enfermedad ocupacional de alto rango, por los riesgos asociados con el cáncer y otras alteraciones biológicas. Del total de documentos referenciados en la investigación, el 31,25% corresponde a la variable: nivel de exposición de benceno en trabajadores de gasolineras y el 40,63% guarda relación con la variable: enfermedades ocupacionales en los trabajadores expuestos a benceno.



Tabla 3. Clasificación de los artículos analizados en función de las variables

Variable	Selección de autores que han estudiado la variable	Número de artículos
Nivel de exposición de benceno en trabajadores de gasolineras	Barros <i>et al.</i> (2019); Chen <i>et al.</i> (2016); Chung <i>et al.</i> (2017); Dehghani <i>et al.</i> (2018); Hajizadeh <i>et al.</i> (2018); Hazrati <i>et al.</i> (2016); Huboyo <i>et al.</i> (2016); Chung <i>et al.</i> (2017); Shinohara <i>et al.</i> (2019); Sakizadeh (2019)	10
Enfermedades ocupacionales en los trabajadores expuestos a benceno	Costa <i>et al.</i> (2016); Chaiklieng <i>et al.</i> (2018); Chaiklieng <i>et al.</i> (2019); Chaiklieng y Praengkrathok (2015); Chaiklieng <i>et al.</i> , (2015); Metgud <i>et al.</i> (2016); Moolla <i>et al.</i> (2015); Moro <i>et al.</i> (2017); Kampeerawipakorn <i>et al.</i> (2017); Torres <i>et al.</i> (2017); Tunsaringkarn <i>et al.</i> (2011); Tunsaringkarn <i>et al.</i> (2013); Sauer <i>et al.</i> (2018);	13

Fuente: Síntesis de la revisión sistemática exploratoria.

Niveles de exposición de benceno en trabajadores de gasolineras

Se evidenció que en Irán existen estudios para caracterizar las concentraciones de: tolueno, benceno, etilbenceno y xilenos en zonas calientes de Irán. Según investigaciones realizadas por Dehghani *et al.* (2018) determinan que el benceno es el compuesto orgánico volátil que predomina en estos puntos, alcanzando concentraciones de $26,15 \pm 17,65 \mu\text{g}/\text{m}^3$ en las mañanas y $34,44 \pm 15,63 \mu\text{g}/\text{m}^3$ durante las tardes. Por otra parte, el benceno supera la concentración de tolueno en proporciones que oscilan entre 2,02 y 3,07. El riesgo de inhalación de por vida (LTCR) para el benceno en la mañana y en la noche fue de $1,96 \times 10^{-4}$ y $2,49 \times 10^{-4}$, respectivamente; que evidentemente supera los límites propuestos por la Organización Mundial de la Salud.

Además, se concluye que las fuentes principales de los compuestos orgánicos volátiles evaluados son estaciones de servicio de gasolina y la estación municipal para la transferencia de residuos sólidos. Cabe señalar que las zonas evaluadas en esta investigación se encuentran inmersas en localidades pobladas del país asiático, por lo tanto, los efectos para la salud pública de las personas que habitan estos lugares aumentan exponencialmente, así como la exposición a emisiones cancerígenas. De igual forma Shinohara *et al.* (2019) investigaron la exposición a la



que se exponen los trabajadores de estaciones de servicio en Okayama, Japón y a diferencia del estudio propuesto por Dehghani *et al.* (2018) las concentraciones de tolueno superan a las de benceno; la exposición personal de benceno y las concentraciones ambientales en primavera fueron 57,3 y 1,31 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente; mientras tanto, para el tolueno se obtuvieron concentraciones de 196 y 2,66 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, respectivamente (Shinohara *et al.*, 2019). No obstante, a pesar de la diferencia detectada Chen *et al.* (2016) han determinado que el benceno tiene repercusiones más graves en cuanto al riesgo de cáncer, puesto que el exceso de riesgo de cáncer de por vida por la exposición al benceno se estimó en $2,22 \times 10^{-5}$, $2,43 \times 10^{-6}$ y $2,56 \times 10^{-7}$ para empleados de estaciones de servicio completo, empleados de estaciones de autoservicio y usuarios de estaciones de autoservicio que se supone que usan la estación una vez por semana, respectivamente. Por otra parte, la exposición ocupacional al tolueno, etilbenceno y xileno en estación de servicios fueron comparables a los niveles máximos de exposición promedio de 2 h en la investigación mencionada, concluyendo que el cociente total para el riesgo no cancerígeno es más bajo que 1 ($2,72 - 5,56 \times 10^{-3}$) basado en el TLV-TWA (8 h). Se resaltan diferencias significativas en los riesgos para la salud por la exposición de BTEX, en dependencia de la función laboral.

Los niveles de emisión de las principales sustancias volátiles fueron estimados por Huboyo *et al.* (2016), entre estas sustancias se encuentran el benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX, por sus siglas en inglés) en estaciones de servicio en Semarang, Indonesia. En este estudio emplearon encuestas y datos secundarios para estimar las emisiones y se realizaron mediciones experimentales con tubos de carbón como adsorbente, determinando diferencias significativas entre las emisiones de compuestos orgánicos volátiles (COV) en dispensadores y tanques de almacenamiento. En los tanques de almacenamiento, la emisión de COV alcanza las 233 toneladas al año, mientras que 1,79 toneladas corresponden a benceno; 33,36 toneladas a tolueno; 0,39 a etilbenceno y 1,43 toneladas/año de xileno. Por su parte, en los dispensadores de gasolina se generaron emisiones equivalentes a 3,9261 toneladas de COV por año y 0,056 toneladas de benceno por año. Los resultados estimados mediante el modelo superan a los resultados experimentales y además se concluye que las concentraciones medias de BTEX aún cumplen con los estándares de calidad exigidos en la legislación de dicho país. Por su parte, Hazrati *et al.* (2016) realizaron una investigación similar en estaciones de servicio Ardabil, Irán,



determinando concentraciones ambientales de benceno que exceden el límite de composición regulados por el Ministerio de Salud y Educación Médica de Irán. Las concentraciones promedio de benceno, tolueno, etilbenceno y xileno fueron 2,01; 1,80; 2,72 y 1,65 mg/m³, respectivamente. Asimismo, Hajizadeh *et al.* (2018) obtuvieron que las concentraciones de BTEX en las estaciones de gasolina son ligeramente superiores que en las estaciones de gas natural comprimido. Los índices de riesgo de cáncer por exposición a largo plazo fueron $1884 \times 10^{-6} \pm 390 \times 10^{-6}$ para el benceno; por lo tanto, se requiere un mayor control en la emisión de BTEX, especialmente, benceno en los trabajadores de las estaciones de gasolina.

A pesar de que en muchos países subdesarrollados se han evidenciado potenciales efectos de las emisiones de benceno en el ambiente circundante a las estaciones de servicio; los países desarrollados no están exentos de esta problemática. No obstante, existen localidades que han aplicado programas de remediación para mitigar las consecuencias del benceno sobre la salud humana. En la zona este de Estados Unidos, específicamente en el condado de Baltimore, Sakizadeh (2019) realizó un análisis espacio-temporal del benceno durante 25 años en el período comprendido entre 1993 y 2018, mediante una técnica conocida como TBATS que se basa en modelos estacionales trigonométricos y se demostró una estacionalidad anual con una tendencia en constante disminución. Por otra parte, se aprecian los efectos positivos del programa de gasolina reformulada que inició en 1995, debido a que las concentraciones de benceno disminuyeron a un sexto de su nivel antes del estudio. En cuanto a los riesgos de cáncer, es notorio que los niños presentan mayor nivel de riesgo que los adultos. La evaluación de riesgo determinista y probabilística refleja que en los adultos este valor oscila entre $6,45 \times 10^{-6}$ y $1,68 \times 10^{-4}$, y entre $8,13 \times 10^{-6}$ y $82,9 \times 10^{-4}$ en los niños, de modo que en referencia al nivel umbral de 1×10^{-4} , solo el 1,2% de los adultos y el 28,77% de los niños fueron categorizados en un grupo de riesgo inmediato. En un estudio realizado por Barros *et al.* (2019) si bien no se obtuvo una correlación marcada entre concentraciones atmosféricas de BTEX y las concentraciones urinarias de personas que se exponen a este compuesto orgánico volátil; los datos indican el potencial impacto de las emisiones de BTEX de estaciones de gasolina sobre la calidad del aire, lo que confirma la importancia de estos hallazgos en la planificación urbana para minimizar el impacto en la salud y el bienestar de las poblaciones circundantes a las estaciones de gasolina u otras estaciones industriales relacionadas con el tratamiento, producción



o distribución de derivados del petróleo; en este sentido, Chung *et al.* (2017) concluyen acerca de las peligrosas atmósferas que se forman en las plantas petroquímicas coreanas, debido principalmente a la presencia del benceno.

Enfermedades ocupacionales en los trabajadores expuestos al benceno

A partir de la revisión bibliográfica propuesta en la presente investigación, se indican las potenciales consecuencias de la exposición a benceno, a la que se exponen los trabajadores de gasolineras. En este sentido, Torres *et al.* (2017) tuvo como propósito evaluar los niveles de benceno, malondialdehído, vitamina C y perfil hematológico, hepático y renal, en los trabajadores de estaciones de servicio y los posibles factores que pueden influir en dichos niveles según sus hábitos y estilo de vida. Se constató respecto a los valores de benceno urinario, que, de los 60 trabajadores considerados como muestra de la investigación, 17 individuos (28,33%) presentaron valores detectables de dicho solvente, mientras que en el grupo no expuesto a benceno no se detectaron valores. Con respecto a los valores de malondialdehído (MDA) en los grupos en estudio, se encontraron valores de MDA estadísticamente superiores ($p < 0,001$) en el grupo expuesto con relación al grupo no expuesto (2,63 ng/mL vs. 2,04 ng/mL). Además, Chaiklieng *et al.* (2018) reportaron las incidencias de la concentración de benceno sobre la salud humana, resaltando que a concentraciones bajas de este COV se generan efectos nocivos relacionados estrictamente con la formación de carcinomas. Para evaluar el riesgo biológico al que se exponen los trabajadores de las estaciones de gasolina se aplicó el procedimiento de detección por biomarcadores como el ácido trans, trans-mucónico, el cual es un metabolito ampliamente utilizado en la detección de bajos niveles de benceno.

Tunsaringkarn *et al.* (2013) evaluaron 102 operadores de 11 estaciones de gasolina en Pathumwan, área central de Bangkok, Tailandia. Se analizaron las muestras de sangre y orina en función de algunos parámetros hematológicos y análisis de orina de ácido trans "t", trans-murónico "t-MA" por cromatografía líquida de alta resolución (HPLC). Se determinó una correlación inversa entre t urinaria, concentración de t-MA y nivel de hemoglobina ($r = 0,281$, $p < 0,05$), hematocrito ($r = 0,264$, $p < 0,05$). Aquellos con mayor t urinaria, t-MA tuvieron un recuento de eosinófilos significativamente más bajo ($p < 0,05$) que aquellos con menor



exposición. No se encontró una correlación significativa entre el nivel urinario de t, t-MA y otros parámetros de glóbulos blancos y recuento de plaquetas.

En el estudio de Chaiklieng *et al.* (2019) determinaron que el 51,3% de los trabajadores de estaciones de servicio de una muestra de 150 personas, presentan un elevado riesgo de repercusiones adversas para la salud y, además, el 70,67% de los trabajadores muestra un riesgo de cáncer de por vida. Esto se asocia con una escasa vigilancia de la salud de los trabajadores para protegerlos de la exposición al benceno y otros compuestos orgánicos volátiles que forman parte de la composición de los combustibles distribuidos en nuestro medio. Las tendencias en la composición de compuestos orgánicos volátiles y particularmente de BTEX también han sido evaluadas en zonas urbanas durante los períodos de invierno y verano, con concentraciones de BTEX que oscilan entre 8 y 560 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. El análisis espacial demostró que los niveles de BTEX más altos se obtuvieron en estaciones de distribución de combustible y en autopistas; a pesar de que se detectaron índices de riesgo no cancerígeno por debajo de los niveles permisibles, es notable que existen elevadas concentraciones de benceno en el aire, que mantienen latente el riesgo de cáncer en las personas que se exponen continua y permanentemente. De acuerdo con Kampeerawipakorn *et al.* (2017) existen algunos aspectos vacíos en lo que respecta a los mecanismos de toxicidad del benceno y los potenciales biomarcadores para detectar los daños causados. Sin embargo, Sauer *et al.* (2018) demostraron que en trabajadores de estaciones de servicio se expresan niveles disminuidos de proteínas y genes B7.1 y B.7.2, en comparación con sujetos no ocupacionales expuestos; comprobando de esta forma un efecto significativo del benceno sobre la expresión de las moléculas de adhesión del sistema inmunológico.

Son también notables las consecuencias en las células bucales exfoliadas de personas con exposición ocupacional a derivados del petróleo como el benceno. Los trabajadores de estaciones de gasolina están expuestos a riesgos en su salud bucal, puesto que se han detectado cariorexis, cariólisis, micronúcleos y binucleación en los trabajadores de estaciones de distribución de gasolina. Por lo tanto, es considerable el riesgo químico al que se enfrentan y es necesario que se sometan periódicamente a monitoreo biológico y atención adecuada (Costa *et al.*, 2016; Metgud *et al.*, 2016).



En las estaciones de gasolina se han detectado concentraciones de benceno que varían entre 0,03 y 65,71 partes por billón (ppb), las cuales no exceden el límite permisible de 100 ppb, según la NIOSH (2016). No obstante, el 50% de estos trabajadores exceden las 500 ppb, por tanto, se presenta un riesgo considerable en la salud de los trabajadores de las estaciones de gasolina (Chaiklieng *et al.*, 2015; Chaiklieng y Praengkrathok, 2015). En Sudáfrica también se demostró que el lugar de trabajo guarda relación con un mayor riesgo de desarrollar carcinomas en trabajadores de las estaciones de gasolina (Moolla *et al.*, 2015).

Por otra parte, Tunsaringkarn *et al.* (2011) determinaron que el riesgo relativo calculado de daño cromosómico (RR) de los trabajadores de estaciones de gasolina fue de 3,00 (IC 95%= 1,81 – 4,98, $p < 0,001$) en comparación con los controles. Los trabajadores expuestos a la gasolina tenían un riesgo potencialmente mayor de daño cromosómico y desarrollo de cáncer debido al contacto directo con el benceno.

Efectos de la exposición al benceno según el género

En las estaciones de gasolina de diversos países del mundo es notorio el aumento de mujeres que trabajan en estas dependencias, generando considerables riesgos por exposición al benceno y otros compuestos orgánicos volátiles que forman parte de las emisiones gaseosas de los productos derivados del petróleo. Se han realizado estudios para determinar el efecto del género en los biomarcadores de la exposición ocupacional al benceno, en una muestra de 40 trabajadores de estación de gasolina, compuesta por hombres y mujeres en una proporción 1:1. Por otra parte, se tomó una muestra de control con 40 individuos en la misma proporción y sin antecedentes de exposición ocupacional al benceno. Tras la evaluación de parámetros biológicos como niveles urinarios de ácido trans, trans-mucónico, alteraciones genéticas y hematológicas bien conocidas por su relación con los efectos no cancerosos en los sistemas hepáticos, renales e inmunitarios en personas expuestas al benceno; se determinaron posibles efectos del género sobre las consecuencias de la exposición ocupacional al benceno, particularmente en los parámetros hematológicos y en los niveles de ácido trans, trans mucónico. Se sugiere, por lo tanto, desarrollar estándares de medición y control diferenciados en función del género, puesto que las mujeres presentan mayor susceptibilidad a las alteraciones sanguíneas provocadas por la exposición al benceno (Moro *et al.*, 2017).



Conclusiones

Se considera importante la existencia de estudios científicos a nivel internacional, relacionados con las enfermedades ocupacionales a las que se exponen los trabajadores de gasolineras, no obstante, la gran mayoría de estos estudios han sido desarrollados en los países asiáticos, la producción científica de Tailandia predomina y supera considerablemente a otros países de Asia como Irán, Japón, Singapur y de otras latitudes como Estados Unidos, Italia y Brasil. El 21,88% de los estudios revisados en este manuscrito han sido realizados en Tailandia, seguido de Estados Unidos e Italia, con el 9, y el 37% respectivamente.

La presente investigación permitió determinar que la exposición al benceno en gasolineras es una problemática estudiada en varios países del mundo, que demuestran mediante resultados concluyentes que el benceno afecta significativamente la salud y seguridad de trabajadores permanentes, ocasionales y a usuarios de las estaciones de servicio. Sin embargo, aún no se aplican estrategias sanitarias globales para precautelar la salud de los trabajadores expuestos a este compuesto volátil. Además, se evidencia que no se ha enfocado esta problemática como una necesidad científica en países como Ecuador, puesto que en la literatura científica de las principales bases de datos existe insuficiente información referente en el país. De acuerdo con la revisión realizada se concluye que a nivel mundial se reportan deficiencias en el control, monitoreo y seguimiento de las condiciones de seguridad y salud de los trabajadores de estaciones de servicio de distribución y venta de combustibles, por lo tanto, los riesgos asociados con la exposición de compuestos orgánicos volátiles como el benceno aumentan significativamente.

Las concentraciones de benceno varían según la localidad en la que se realizó el estudio, aunque se debe mencionar que todos los reportes investigativos analizados concluyen y fortalecen la premisa de que el benceno es un compuesto volátil altamente peligroso para la salud humana. En este sentido, se ha determinado que el 51,3% de los trabajadores de estaciones de servicio presentan un elevado riesgo de repercusiones adversas para la salud y, el 70,67% de estos trabajadores muestra un riesgo de cáncer de por vida.

Se evidencia la relación entre la concentración de benceno y la salud humana, resaltando que a concentraciones bajas de este compuesto químico se producen efectos adversos, principalmente



asociados con la formación de carcinomas. Los trabajadores expuestos a la gasolina presentan un riesgo potencialmente mayor de daño cromosómico y desarrollo de cáncer debido al contacto directo con el benceno.

Recomendaciones

Se recomienda establecer un programa de capacitación en todas las estaciones de gasolina del Ecuador, con la finalidad de informar y alertar a los trabajadores y usuarios de las gasolineras acerca de los riesgos sanitarios a los que se enfrentan las personas que permanentemente están expuestas a los derivados hidrocarburíferos volátiles. Además, se debe promover el uso de protección personal, en aras de salvaguardar el bienestar personal y de la institución que realizar seguimiento; se deben realizar inspecciones periódicas para verificar el cumplimiento de los protocolos de prevención de riesgos laborales asociados con factores químicos.

Finalmente, y no menos importante, es necesario que la producción científica de los investigadores e instituciones que realizan estudios en el Ecuador tomen en cuenta las tareas científicas que se generan en torno a esta problemática, puesto que en países desarrollados las investigaciones relacionados con la exposición a componentes químicos y sus efectos sobre la salud humana son permanentes y constituyen un soporte científico para la toma de decisiones en la esfera gubernamental.

Conflicto de intereses

La autora y los coautores declaran no tener conflicto de intereses.

Referencias Bibliográficas

- Barros, N., Carvalho, M., Silva, C., Fontes, T., Prata, J. C., Sousa, A., y Manso, M. C. (2019). Environmental and biological monitoring of benzene, toluene, ethylbenzene and xylene (BTEX) exposure in residents living near gas stations. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part A*, 82(9), 550-563. <https://doi.org/10.1080/15287394.2019.1634380>
- Chaiklieng, S., Pimpasaeng, C., y Thapphasaraphong, S. (2015). Benzene exposure at gasoline stations: Health risk assessment. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 21(8), 2213-2222. <https://doi.org/10.1080/10807039.2015.1044938>



- Chaiklieng, S. y Praengkrathok, S. (2015). Risk assessment on inhalation exposure to benzene at gasoline station. *Thail. J. Toxicol*, 30, 48–60.
- Chaiklieng, S., Suggaravetsiri, P., y Autrup, H. (2018). Benzene exposure and human health risk assessment via biological monitoring among workers at gasoline stations. *Occupational and Environmental Medicine*, 75, A398A399.
- Chaiklieng, S., Suggaravetsiri, P., y Autrup, H. (2019). Risk assessment on benzene exposure among gasoline station workers. *International journal of environmental research and public health*, 16(14), 2545. <https://doi.org/10.3390/ijerph16142545>
- Chen, X., Feng, L., Luo, H., y Cheng, H. (2016). Health risk equations and risk assessment of airborne benzene homologues exposure to drivers and passengers in taxi cabins. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(5), 4797-4811. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5678-x>
- Chung, E. K., Jang, J. K., y Koh, D. H. (2017). A comparison of benzene exposures in maintenance and regular works at Korean petrochemical plants. *Journal of Chemical Health y Safety*, 24(3), 21-26. <https://doi.org/10.1021/acs.chas.8b24307>
- Costa, C., Ozcagli, E., Gangemi, S., Schembri, F., Giambò, F., Androutopoulos, V., ... y Fenga, C. (2016). Molecular biomarkers of oxidative stress and role of dietary factors in gasoline station attendants. *Food and Chemical Toxicology*, 90, 30-35. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.01.017>
- De Vito, S., Massera, E., Piga, M., Martinotto, L., y Di Francia, G. (2008). On field calibration of an electronic nose for benzene estimation in an urban pollution monitoring scenario. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 129(2), 750-757. <https://doi.org/10.1016/j.snb.2007.09.060>
- Dehghani, M., Fazlzadeh, M., Sorooshian, A., Tabatabaee, H. R., Miri, M., Baghani, A. N., ... y Rashidi, M. (2018). Characteristics and health effects of BTEX in a hot spot for urban pollution. *Ecotoxicology and environmental safety*, 155, 133-143. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.02.065>
- Fracasso, M. E., Doria, D., Bartolucci, G. B., Carrieri, M., Lovreglio, P., Ballini, A., ... y Manno, M. (2010). Low air levels of benzene: correlation between biomarkers of exposure and genotoxic effects. *Toxicology letters*, 192(1), 22-28. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2009.04.028>



- Foo, S. C. (1991). Benzene pollution from gasoline usage. *Science of the total environment*, 103(1), 19-26. [https://doi.org/10.1016/00489697\(91\)90349-J](https://doi.org/10.1016/00489697(91)90349-J)
- Hajizadeh, Y., Mokhtari, M., Faraji, M., Mohammadi, A., Nemati, S., Ghanbari, R., ... y Miri, M. (2018). Trends of BTEX in the central urban area of Iran: A preliminary study of photochemical ozone pollution and health risk assessment. *Atmospheric Pollution Research*, 9(2), 220-229. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2017.09.005>
- Hazrati, S., Rostami, R., Fazlzadeh, M., y Pourfarzi, F. (2016). Benzene, toluene, ethylbenzene and xylene concentrations in atmospheric ambient air of gasoline and CNG refueling stations. *Air Quality, Atmosphere y Health*, 9(4), 403-409. <https://doi.org/10.1007/s11869-015-0349-0>
- Huboyo, H. S., Wardhana, I. W., y Resminingpuri, A. (2019). Revealing Benzene, Toluene, Ethyl Benzene, Xylenes (BTEX) Emission at Gas Stations, Case Study in Semarang City. *In E3S Web of Conferences* (Vol. 125, p. 10002). EDP Sciences. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/201912510002>
- INEN. (2012). Norma Técnica Ecuatoriana 935: Productos derivados de petróleo. Gasolina. Requisitos. Quito: Servicio Ecuatoriano de Normalización. <https://www.controlhidrocarburos.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/06/n-te-inen-935-9.pdf>
- Kampeerawipakorn, O., Navasumrit, P., Settachan, D., Promvijit, J., Hunsonti, P., Parnlob, V., ... y Ruchirawat, M. (2017). Health risk evaluation in a population exposed to chemical releases from a petrochemical complex in Thailand. *Environmental research*, 152, 207-213. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2016.10.004>
- Manchado-Garabito, R., Tamames-Gómez, S., López-González, M., MohedanoMacías, L., y Veiga de Cabo, J. (2009). Revisión sistemática exploratoria. *Medicina y seguridad del trabajo*, 55(216), 12-19.
- Metgud, R., Khajuria, N., Patel, S., y Lerra, S. (2015). Nuclear anomalies in exfoliated buccal epithelial cells of petrol station attendants in Udaipur, Rajasthan. *Journal of cancer research and therapeutics*, 11(4), 868. <https://doi.org/10.4103/0973-1482.146058>
- Moolla, R., Curtis, C. J., y Knight, J. (2015). Occupational exposure of diesel station workers to BTEX compounds at a bus depot. *International journal of environmental research and public health*, 12(4), 4101-4115. <https://doi.org/10.3390/ijerph120404101>



- Moro, A. M., Brucker, N., Charão, M. F., Baierle, M., Sauer, E., Goethel, G., ... y Amaral, B. S. (2017). Biomonitoring of gasoline station attendants exposed to benzene: Effect of gender. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 813, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2016.11.002>
- NIOSH. (2011). Gateway de datos y estadísticas de NIOSH. National Institute for Occupational and Safety Health. <https://www.cdc.gov/niosh/data/default.html>
- NIOSH. (2016). Benzene. National Institute for Occupational Safety and Health. www.cdc.gov/niosh/idlh/71432.html (Revisado el 22 de marzo de 2020).
- OIT. (2010). *Lista de enfermedades profesionales de la OIT*. Ginebra: Organización Internacional del Trabajo. https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_protect/---protrav/--safework/documents/publication/wcms_125164.pdf
- Orsini, C. A., Danús, M. T., y Tricio, J. A. (2019). La importancia de la educación interprofesional en la enseñanza de la odontología: una revisión sistemática exploratoria analizando el dónde, el porqué y el cómo. *Educación Médica*, 20, 152-164. <https://doi.org/10.1016/j.edumed.2018.04.016>
- Sakizadeh, M. (2019). Spatiotemporal variations and characterization of the chronic cancer risk associated with benzene exposure. *Ecotoxicology and environmental safety*, 182, 109387. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109387>
- Sauer, E., Gauer, B., Nascimento, S., Nardi, J., Göethel, G., Costa, B., ... y Duschl, A. (2018). The role of B7 costimulation in benzene immunotoxicity and its potential association with cancer risk. *Environmental research*, 166, 91-99. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.05.029>
- Sinche-Arias, D. (2012). Caracterización fisicoquímica de naftas producidas en la Refinería Estatal de Esmeraldas. Trabajo de Grado. Ingeniero Químico. Universidad Central del Ecuador. Facultad de Ingeniería Química. Quito. 76 p.
- Shinohara, N., Okazaki, Y., Mizukoshi, A., y Wakamatsu, S. (2019). Exposure to benzene, toluene, ethylbenzene, xylene, formaldehyde, and acetaldehyde in and around gas stations in Japan. *Chemosphere*, 222, 923-931. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.01.166>
- Torres, M., y Liliana, E. (2014). Benceno urinario, estrés oxidativo y perfil hematológico, hepático y renal en trabajadores de estaciones de servicio en la zona norte de Valencia-Venezuela, 2012-2013 (Master's thesis).



Tunsaringkarn, T., Suwansaksri, J., Soogarun, S., Siriwong, W., Rungsiyothin, A., Zapuang, K., y Robson, M. (2011). Genotoxic monitoring and benzene exposure assessment of gasoline station workers in metropolitan Bangkok: sister chromatid exchange (SCE) and urinary trans, trans-muconic acid (t, tMA). *Asian Pac J Cancer Prev*, 12(1), 223-7.

Tunsaringkarn, T., Soogarun, S., y Palasuwan, A. (2013). Occupational exposure to benzene and changes in hematological parameters and urinary trans, trans-muconic acid. *Int J Occup Environ Med (The IJOEM)*, 4(1 January), 182-45.