



**UNIVERSIDAD SAN GREGORIO DE PORTOVIEJO**

**Exposición Ocupacional a Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno en  
Trabajadores de Gasolineras: Revisión Sistemática.**

**Autor:**

**Ing. Rodrigo David Villalba Toro**

Artículo de Revisión Sistemática Exploratoria presentado como requisito para la  
obtención del título de Magister en Seguridad y Salud Ocupacional

Portoviejo, julio de 2022



**UNIVERSIDAD SAN GREGORIO DE PORTOVIEJO**

**DIRECCIÓN DE POSGRADOS**

**Exposición Ocupacional a Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno en  
Trabajadores de Gasolineras: Revisión Sistemática.**

**Autor:**

**Ing. Rodrigo David Villalba Toro**

Artículo de Revisión Sistemática Exploratoria presentado como requisito para la  
obtención del título de Magister en Seguridad y Salud Ocupacional

Portoviejo, julio de 2022

© **Derechos de autor:** Según la actual Ley de Propiedad Intelectual, Art. 5:

“el derecho de autor nace y se protege por el solo hecho de la creación de la obra, independientemente de su mérito, destino o modo de expresión... El reconocimiento de los derechos de autor y de los derechos conexos no está sometido a registro, depósito, ni al cumplimiento de formalidad alguna.” (Ecuador. Ley de Propiedad Intelectual, Art. 5)

Inscribir el derecho de autor es opcional y si el estudiante lo decide debe inscribirlos derechos de autor en el Instituto Ecuatoriano de Propiedad Intelectual (IEPI). Si lo va a hacer internacionalmente debe tomar en cuenta las normas internacionales para microfilmado.

**UNIVERSIDAD SAN GREGORIO DE PORTOVIEJO**  
**DIRECCIÓN DE POSGRADOS**  
**HOJA DE APROBACIÓN DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN**

**Exposición Ocupacional a Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno en  
Trabajadores de Gasolineras: Revisión Sistemática.**

**Autor:**

**Ing. Rodrigo David Villalba Toro**

Eugenio Radamés Borroto, Dr. PhD.  
Director de Postgrado

\_\_\_\_\_

Luis Vásquez Zamora, Dr. PhD.  
Coordinador Académico Maestría en  
Seguridad y Salud Ocupacional

\_\_\_\_\_

Janeth Salvador Moreno, Dra. PhD  
Directora en Maestría en Seguridad y  
Salud Ocupacional

\_\_\_\_\_

Portoviejo, julio de 2022

## Índice de Contenido

|   |    |
|---|----|
| CERTIFICACIÓN INICIAL DE APROBACIÓN DEL TUTOR .....   | 7  |
| CONTROL DE TUTORÍAS.....  | 8  |
| ARTÍCULO .....  | 9  |
| Exposición Ocupacional a Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno en Trabajadores de Gasolineras: Revisión Sistemática..... | 10 |
| Resumen.....  | 10 |
| Palabras Clave.....   | 10 |
| Abstract.....   | 11 |
| Keywords .....  | 11 |
| Introducción .....  | 11 |
| Metodología .....   | 13 |
| Discusión y Resultados.....   | 14 |
| Concentración de BTEX en el Ambiente de Trabajo y Riesgo Químico.....   | 16 |
| Marcadores Biológicos.....  | 19 |
| Efectos Hematotóxicos.....  | 21 |
| Efectos Neurológicos .....  | 21 |
| Efectos Genotóxicos.....  | 22 |
| Riesgo de Cáncer.....   | 23 |
| Conclusiones y Recomendaciones .....  | 24 |
| Referencias.....  | 24 |
| SOPORTE DE LA INVESTIGACIÓN .....   | 30 |
| Capítulo I. Introducción .....  | 31 |
| 1.1. Planteamiento del Problema.....  | 31 |
| 1.2. Fundamentación del Problema.....   | 31 |

|   |    |
|---|----|
| 1.3. Objetivo.....  | 32 |
| Capítulo II. Materiales y Métodos .....                         | 32 |
| 2.1. Diseño del Estudio: Revisión Sistemática Exploratoria..... | 32 |
| 2.2. Procedimiento de recolección de datos .....                | 32 |
| 2.3. Análisis de Datos.....                                     | 32 |
| Capítulo III. Resultados .....                                  | 33 |
| Conclusiones .....  | 53 |
| ANEXOS .....  | 54 |

## **CERTIFICACIÓN INICIAL DE APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de tutor del/la estudiante Rodrigo David Villalba Toro, que cursa estudios en el programa de cuarto nivel: Maestría en Seguridad y Salud Ocupacional, dictado en la Facultad de Postgrado de la USGP.

### **CERTIFICO:**

Que he analizado el informe del trabajo científico con el título: Exposición Ocupacional a Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno en Trabajadores de Gasolineras: Revisión Sistemática, presentado por el/la estudiante de postgrado Rodrigo David Villalba Toro, con cédula de ciudadanía No.0802550665, como requisito previo para optar por el Grado Académico de Magister en Seguridad y Salud Ocupacional y considero que dicho trabajo investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes necesarios de carácter académico y científico, por lo que lo apruebo.



Firmado electrónicamente por:  
JOSE LUIS SAA LOOR

---

Tutor Ing. José Luis Saá Loor

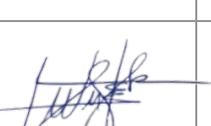
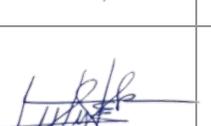
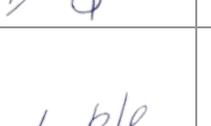
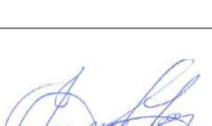
Portoviejo, 04 de julio de 2022

**UNIVERSIDAD SAN GREGORIO DE PORTOVIEJO**  
**POSTGRADO – USGP**  
**CONTROL DE TUTORÍAS**

**Alumno:** Rodrigo David Villalba Toro

**Fecha de entrega:** 04 de julio de 2022

**Tema:** Exposición Ocupacional a Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno en Trabajadores de Gasolineras: Revisión Sistemática

| FECHA      | LUGAR   | # DE SESIÓN     | COMENTARIOS  | FIRMAS   |   |
|------------|---------|-----------------|--|--|---|
|            |         |                 |  | EGRESADO   | TUTOR   |
| 17/05/2022 | VIRTUAL | 1 <sup>ra</sup> | Se definen palabras clave, además de criterios de inclusión y exclusión. |    |    |
| 25/05/2022 | VIRTUAL | 2 <sup>da</sup> | Corrección de matriz bibliométrica y agrupación de resultados.           |    |   |
| 31/05/2022 | VIRTUAL | 3 <sup>ra</sup> | Primera corrección de introducción y metodología.                        |  |  |
| 07/06/2022 | VIRTUAL | 4 <sup>ta</sup> | Presentación de correcciones y planificación.                            |  |  |
| 14/06/2022 | VIRTUAL | 5 <sup>ta</sup> | Corrección de discusión y resultados. Planteamiento de propuestas.       |  |  |
| 21/06/2022 | VIRTUAL | 6 <sup>ta</sup> | Revisión de ilustraciones.   |  |  |
| 26/06/2022 | VIRTUAL | 7 <sup>ma</sup> | Revisión de correcciones, conclusiones y recomendaciones.                |  |  |

## **ARTÍCULO**

## **Exposición Ocupacional a Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno en Trabajadores de Gasolineras: Revisión Sistemática.**

Occupational Exposure to Benzene, Toluene, Ethylbenzene and Xylene in Gas Station Workers – a Systematic Review.

### **Autor**

Rodrigo David Villalba Toro.

Graduado de la Maestría de Seguridad y salud Ocupacional “Sexta Cohorte” de la Universidad San Gregorio de Portoviejo, Manabí Ecuador.

E-mail: [rodrigo.villalba.toro@gmail.com](mailto:rodrigo.villalba.toro@gmail.com)

### **Resumen**

La gasolina es fundamental para el funcionamiento de vehículos, aunque su uso conlleva un riesgo a la salud de los trabajadores de gasolineras, pero su impacto es más significativo en despachadores de gasolina. Esta investigación es una revisión sistemática de diferentes publicaciones en los últimos 15 años referente al riesgo químico y daño a la salud debido a la exposición ocupacional a Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno (BTEX) con el objetivo de actualizar y facilitar el acceso a la información científica y académica. Los principales riesgos a la salud identificados corresponden a daños hematopoyéticos, genotóxicos y neurotóxicos que conllevan a riesgo cancerígeno para benceno y etilbenceno; y no cancerígeno para tolueno y xileno. Los principales síntomas reportados son cefaleas y fatiga. Se identifica la necesidad controlar el ambiente de trabajo para monitoreo de BTEX durante el turno de 8 horas de los trabajadores de gasolineras y un posterior análisis de biomarcadores como la cuantificación de Ácido Trans, Trans-Mucónico (t,t-MA) en orina; y ensayos en sangre de cuantificación enzimática. Los resultados evidencian la necesidad de realizar más estudios en cuanto a la viabilidad de este puesto de trabajo y las medidas de ingeniería necesarias para mitigar las afectaciones a la salud.

### **Palabras Clave**

BTEX; exposición ocupacional; riesgo químico; gasolinera; vigilancia de la salud.

## **Abstract**

Gasoline is fundamental for engine performance, although its use carries an adverse health effect to gas station employees, but, the most significant impact aims to refueling workers. This study is a systematic review that assesses academic articles published over the past 15 years regarding the chemical risk and hazardous health effects due to an occupational exposition to Benzene, Toluene, Ethylbenzene and Xylene (BTEX) with the aim of updating and facilitating access to scientific and academic information. The main health risks identified were hematopoietic, genotoxic and neurotoxic damages that lead to a risk of cancer due to benzene and ethylbenzene; and a non-carcinogenic risk regarding toluene and xylene. The most significant symptoms reported were headache and fatigue. This investigation reveals the necessity of controlling the ambient air in gas stations and sampling the work environment for BTEX along the 8 hours' shift of refueling workers and a subsequence analysis of biomarkers such as the quantification of trans, trans – Muconic Acid (t,t-MA) in urine; and enzymatic blood assays. The results show the need to carry out more studies regarding the viability of this job position and the necessary engineering measures to mitigate the effects on health.

## **Keywords**

BTEX; occupational exposition; chemical risk; gas station; health surveillance.

## **Introducción**

Existe una gran variedad de afectaciones a la salud por la exposición a vapores de gasolina que contienen Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) que van desde irritación hasta cáncer, y la porción BTEX es la principal causante por su acceso al cuerpo mediante las vías respiratoria y dérmica que representan un riesgo químico aun cuando existen concentraciones dentro de los límites de exposición recomendados (Alegretti, Thiesen y Maciel, 2004). Es frecuente observar en nuestro medio trabajadores expendedores de combustibles cumpliendo jornadas de 8 horas sin la adecuada protección ante el riesgo químico y potencial daño a su salud que conlleva la exposición constante a BTEX en el ambiente de trabajo y según Khisroon et al. (2015) son los trabajadores encargados de la carga y descarga de combustible en las gasolineras quienes tienen el riesgo químico más alto y consecuentemente al mayor daño a la salud.

El problema de investigación comprende la determinación del riesgo químico y principales consecuencias en la salud de los trabajadores expendedores de combustibles de gasolineras, resultado de la exposición a Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno (BTEX) presentes en la porción volátil de gasolina. Considerando que se conocen los efectos nocivos a la salud y el riesgo químico que conlleva la exposición a vapores volátiles de combustibles, pero no existe en Ecuador información sistematizada, actualizada y orientada a los trabajadores de estaciones de servicio, se plantea la necesidad de generar un nuevo conocimiento mediante la indagación de fuentes secundarias.

En Ecuador todos los trabajadores tienen derechos que exigir y responsabilidades que cumplir. En este contexto, los trabajadores expendedores de gasolina tienen derecho a que se les proporcione medidas de protección colectivas e individuales para mitigar el impacto en la salud, resultado de la manipulación constante de combustibles debido a la exposición ocupacional a la porción BTEX presentes en los COV's de gasolina. Asimismo, tienen la responsabilidad de utilizar su equipo de protección apropiado. Sin embargo, la evidencia nos indica que muchos empleadores hacen caso omiso a la entrega de Equipos de protección Individual (EPI) y en otros casos, los empleados deciden no usar la mascarilla, a sabiendas del daño potencial a su salud.

El objetivo de este estudio es sistematizar los conocimientos teóricos relativos al riesgo químico y principales afectaciones a la salud de los trabajadores expendedores de gasolina a consecuencia de la exposición ocupacional a BTEX mediante un estudio de revisión sistemática.

De los COV's presentes en la gasolina, el benceno representa la principal amenaza para los trabajadores pues consta como una sustancia peligrosa del grupo 1, acorde a la clasificación de la International Agency for Research on Cancer (IARC), es decir, carcinógeno para el ser humano y el etilbenceno es considerado un potencial cancerígeno. (IARC, 2018)

Acorde a la Agencia para Substancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (ATSDR) de los estados unidos, el tolueno, etilbenceno y xileno pueden inducir efectos neurológicos en la salud (ATSDR, 2007; 2010 ; 2017). Existen numerosos estudios a nivel mundial que ligan la exposición

a BTEX con efectos neurológicos, hematotóxicos y genotóxicos por la exposición prolongada en la industria (Kelly y Harder, 2019; Li, Pal, y Kannan, 2021).

Considerando la información científica disponible a nivel mundial en cuanto a los límites permisibles de exposición que manifiestan el riesgo químico y ensayos biológicos indicadores de la presencia de BTEX en sangre y orina; además, la consecuencia a la salud de los trabajadores, este estudio busca el análisis y sistematización de la información referente al riesgo químico de la exposición a BTEX en trabajadores despachadores de gasolina y las principales afectaciones a la salud que conlleva su exposición ocupacional.

### **Metodología**

La metodología aplicada corresponde a lo estipulado por Manchado Garabito, Tamames Gómez, López González, Mohedano Macías, y Veiga de Cabo quienes establecen criterios para la elaboración de una revisión sistemática exploratoria a través de la búsqueda de información con una estrategia de búsqueda definida que aplica criterios de inclusión y exclusión de artículos según las variables y objeto de estudio (2009).

Primeramente, se realizó una búsqueda en las principales bases de datos de artículos científicos como son Scholar Google, SciELO, Redalyc y Pubmed entre otras, que contienen información publicada y validada sobre los efectos a la salud que relacionados a la exposición a BTEX y el riesgo químico presente en estaciones de servicio, utilizando las palabras clave establecidas, para lo cual se registró 56 resultados en Google Académico, 2 en SciELO, 126 en Redalyc y 112 en Pubmed. A continuación, se efectuó una búsqueda en Scholar Google con las palabras clave en idioma inglés, obteniendo como resultado 4770 artículos. Por esta razón la presente investigación comprende el 93% de artículos de revisión en idioma inglés y el 7% en español, en virtud, de la actualización y relevancia de los estudios.

En la siguiente fase se ejecutó un sondeo de todos los artículos publicados en los motores de búsqueda de información científica mencionados para una pre selección de 100 artículos recolectados según una lectura rápida de su título y resumen, analizando su relevancia y en el rango

de publicación desde el 2007 al 2022. Posterior a esta preselección se realizó una clasificación de treinta artículos como sugieren Linares-Espinós et al. (2018) agrupando según los siguientes criterios de inclusión: artículos actualizados en español e inglés, estudios primarios, artículos originales, artículos de revisión y aquellos artículos que en su resumen contienen las palabras clave, asimismo, se consideraron como criterios de exclusión a artículos pediátricos, aquellas publicaciones que presentan información sobre el daño a la salud y el riesgo químico en trabajadores por exposición a BTEX en industrias de síntesis química de plásticos, caucho sintético, pinturas, pigmentos, pesticidas, detergentes, explosivos, perfumes, fármacos, laboratorio, entre otras, que no refieren a la exposición ocupacional a COVs de combustibles derivados del petróleo y artículos que presentan información sobre exposición a COVs en zonas urbanas resultante de la combustión de combustibles fósiles.

El presente estudio se ha apegado a lo señalado por la declaración de Helsinki con sus principios: autonomía, consentimiento informado, beneficencia y justicia, representatividad (Osuna, Escobar, y Pérez, 2016).

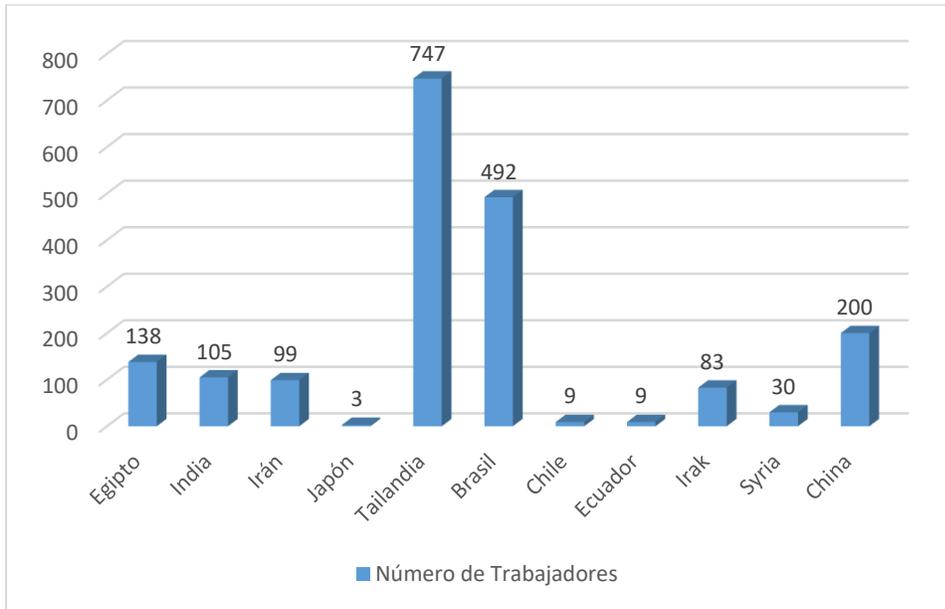
### **Discusión y Resultados**

Acorde a la presente revisión, los efectos a la salud resultado de la exposición ocupacional a BTEX dependen principalmente del tiempo de exposición y niveles de concentración en el ambiente de trabajo. Los resultados analizados en este estudio demuestran una diferente gama de daños desde efectos neurológicos inmediatos como cefaleas, fatiga e irritación hasta consecuencias genotóxicas que conllevan a una alteración del ADN e incidencia de cáncer.

Para la revisión se han utilizado 7 artículos Tailandia, 6 de Brasil, de 4 de Irán, 2 de Irak, 2 de Egipto, 2 de la India, 1 de Japón, 1 de Ghana, 1 de Vietnam, 1 de Chile, 1 de Ecuador, 1 de Siria y 1 de China. En la Figura 1 se aprecia la cantidad de trabajadores expendedores de combustible objeto de estudio en cada país según la bibliografía revisada en la presente investigación. Tailandia, Brasil y China son los países con mayor número de población de trabajadores de gasolineras evaluados según la exposición ocupacional a BTEX.

**Figura 1**

*Número de trabajadores evaluados en cada país*



Moghadam, Afshari, Ganjali, y Moosazadeh, (2020) condujeron un meta análisis para sistematizar la información referente al daño hepático y renal en trabajadores de gasolineras y concluyen según su investigación que las enzimas aspartato aminotransferasa (AST), alanina aminotransferasa (ALT), fosfatasa alcalina (ALP), proteína total, bilirrubina total, nitrógeno uréico (BUN), ácido úrico y niveles de creatinina fueron elevados en trabajadores despachadores de gasolina, por ende, la exposición ocupacional a los COVs de gasolina puede crear efectos adversos en hígado y riñones.

Debido a la alta volatilidad del benceno, la respiratoria es la principal vía de acceso al cuerpo como lo afirman Al-jadaan y JabbarAlkinany (2017) en su estudio de las afectaciones pulmonares de 53 trabajadores de gasolineras en Iraq y mediante espirometrías realizadas se logró determinar que los trabajadores presentan una disminución en el volumen espirado máximo en el primer segundo de la espiración forzada (FEV1), capacidad vital forzada (FVC) y flujo espiratorio máximo (PEF). La disminución tiene una diferencia promedio de 0.05 L en FEV1 lo cual sugiere que la alteración en la función respiratoria responde a un patrón de obstrucción.

## Concentración de BTEX en el Ambiente de Trabajo y Riesgo Químico

Autores como Hazrati, Rostami, Fazlzadeh, y Pourfarzi (2016) afirman que mediante el muestreo de aire en estaciones de servicio, la concentración promedio de benceno detectada ( $2.01 \pm 0.41$  [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]) fue mayor que el Límite de Exposición Ocupacional (OEL) recomendado ( $1.6$  [ $\text{mg}/\text{m}^3$ ]) por el Ministerio de salud y educación Médica de Irán y que la porción de etilbenceno, tolueno y xileno a pesar de ser estadísticamente mayor en gasolineras que el aire atmosférico urbano, no exceden el Valor Umbral Límite - Media Ponderada en el Tiempo (TVL-TWA). De todos los COVs monitoreados en ese estudio, el etilbenceno representa la porción más significativa seguida del benceno, aunque, es este último el que figura valores que sobrepasan los límites del Ministerio de salud iraní.

Por su parte Shinohara, Okazaki, Mizukoshi y Wakamatsu (2019) en un estudio realizado en gasolineras de Japón, realizaron análisis de aire con muestreadores automáticos utilizados por los trabajadores para recolectar la porción BTEX cada dos horas en los cartuchos mediante bombeo portátil. Los análisis de cromatografía demuestran que no hay diferencias significativas en los resultados de las tres gasolineras ni tampoco varían en cuanto a las mediciones realizadas en primavera e invierno. Asimismo, Sairat, Homwuttiwong, Homwutthiwong, y Ongwandee, (2015) no aprecian diferencia significativa entre los monitoreos realizados en diferentes estaciones climáticas. Y referente a Tolueno, Etilbenceno y Xileno los valores límite umbral (TLV) se reportan menores a 1 (Shinohara et al., 2019).

Chaiklieng, Suggaravetsiri, y Autrup (2019) cuantifica los niveles de benceno en 150 trabajadores en una medición del aire respirable utilizando el método standard del National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) número 1501, que consiste en una medición en un turno de 8 horas con una bomba de flujo bajo y un cartucho de carbón activo para posteriormente ser analizado con cromatografía con detector de ionización de flama (NIOSH, 2003). Este método ha sido utilizado por diferentes autores como Salem, El-Garawani, Allam, Abd El-Aal, y Hegazy (2018), al igual que Chaiklieng, quien concluye que las concentraciones de BTEX en el ambiente de trabajo alrededor de los dispensadores de gasolina están en el rango de  $0.1 - 136.9$ ,  $8.1 - 406.0$ ,

0.8 – 24.1 y 0.4 – 105.5 [ppb] para benceno, tolueno, etilbenceno y xileno respectivamente. Lo cual excede el límite recomendado por la NIOSH de 100 [ppb] para benceno (Chaiklieng, 2021). El método de análisis acorde a los métodos NIOSH 1501 para BTEX y USEPA TO-11A para componentes tóxicos orgánicos (U.S. EPA, 1999), determinan el riesgo de cáncer para benceno y formaldehído durante turnos de 8 horas evaluados durante dos semanas; los promedios de exposición personal para valores ambientales encontrados en las 6 gasolineras fueron mayores para tolueno, benceno, seguido de etilbenceno y xileno (Kitwattanavong, Prueksasit, Morknoy, Tunsaringkarn, y Siritwong, 2013). Y en otro estudio las concentraciones promedio de benceno fluctúan entre 18-1288 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] y de 12-81 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] para tolueno; las altas concentraciones de benceno y tolueno se deben principalmente a la volatilización de gasolina al momento de llenar los tanques de vehículos, sin embargo, las mediciones demuestran un incremento significativo de COV's en ambiente al momento del proceso diario de abastecimiento de combustible para los tanques subterráneos mediante el tanquero. También se evidencia una reducción en los valores ambientales cuando los dispensadores han sido actualizados con mecanismos de corte y recuperación de gases. La concentración de benceno de este estudio se demuestra en concentraciones similares a lo largo de las estaciones monitoreadas, sin embargo, se evidencia que el Tolueno disminuye su concentración conforme se aleja el punto de muestreo del área de abastecimiento de combustible (Sairat et al., 2015). Y Heibati et al. (2017) analiza la exposición a BTEX de 50 trabajadores de diferentes procesos de distribución de combustibles, entre ellos, los encargados de carga y descarga de gasolina desde los camiones tanqueros hacia las gasolineras. Se realizó un monitoreo de 8 horas mediante un equipo portátil ubicado en la ropa de trabajo que toma muestras y arroja resultados de las concentraciones de COV's. Los resultados demuestran que el riesgo químico resultado de la exposición a BTEX es muy alto, ya que los valores medidos superan los límites de exposición recomendados.

Majumdar, Dutta, Mukherjee, y Sen, (2008) realizaron monitoreos en 35 trabajadores de gasolineras en India monitoreando su turno de 8 horas para evaluación de COV's, sus resultados demuestran que el compuesto más abundante registrado es tolueno (49.3–236.8 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]), seguido del benceno (17.4–81.6 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]). Mientras que, según Tongsantia, Chaiklieng, Suggaravetsiri, Andajani, y Autrup (2021) la cuantificación de benceno estuvo en el rango de los 50 [ppb].

En un análisis comparativo se demuestra que los trabajadores de gasolineras tienen una exposición significativamente mayor que los choferes lo cual indica que la mayor parte de benceno en aire proviene de la transferencia de gasolina en carga de vehículos (Bahrami, Jafari, Ahmadi, y Mahjub, 2007).

En latinoamérica, Villagra y Dominguez (2018) no encuentran valores que sobrepasan los valores recomendados de exposición y lo relaciona a la implementación de sistemas de recuperación de vapores y normas chilenas que regulan la cantidad de COVs presentes en gasolina.

Por su parte, Santillán (2015) realiza una evaluación de riesgo químico en trabajadores de una gasolinera en Ecuador monitoreando su exposición a benceno, tolueno y xileno durante un turno de 8 horas y es el único estudio que concluye que los valores están por debajo del TLV-TWA de 0.5 ppm para benceno, 50 ppm para tolueno y 100 ppm para xileno, excepto 1 muestra, considerando el riesgo aceptable y concluyendo que no existe un riesgo significativo a la salud. Los valores promedio recopilados en esta investigación se detallan en la Tabla 1.

**Tabla 1**

*Valores promedio de medición de BTEX en los estudios revisados*

|                    | Mínimo | Máximo | Promedio | TWA (NIOSH, 2005)     | Referencia                    |
|--------------------|--------|--------|----------|-----------------------|-------------------------------|
| <b>Benceno</b>     |        |        | 11.8     | 0.319                 | (Salem et al., 2018)          |
|                    | 1.69   | 3.18   | 2.01     | 0.319                 | (Hazrati et al., 2015)        |
|                    |        |        | 0.01     | 0.319                 | (Chaiklieng et al., 2019)     |
|                    |        |        | 0.44     | 0.319                 | (Chaiklieng, 2021)            |
|                    |        |        | 0.04     | 0.319                 | (Chaiklieng et al., 2021)     |
|                    | 0.046  | 0.435  | 0.211    | 0.319                 | (Cruz et al., 2017)           |
|                    |        |        | 2.7      | 0.319                 | (Villagra y Dominguez, 2018)  |
|                    | 0.008  | 8.85   | 1.06     | 0.319                 | (Santillán, 2015)             |
|                    |        |        | 0.22     | 0.319                 | (Kitwattanavong et al., 2013) |
|                    | 0.058  | 0.253  | 0.137    | 0.319                 | (Majumdar et al., 2008)       |
|                    |        | 0.06   | 0.319    | (Xiong et al., 2016)  |                               |
|                    |        | 0.92   | 0.319    | (Sairat et al., 2015) |                               |
| <b>Etilbenceno</b> |        |        | 581.6    | 435                   | (Salem et al., 2018)          |
|                    | 1.58   | 3.92   | 2.72     | 435                   | (Hazrati et al., 2015)        |

|                | Mínimo | Máximo | Promedio | TWA (NIOSH, 2005) | Referencia                    |
|----------------|--------|--------|----------|-------------------|-------------------------------|
|                |        |        | 0.1      | 435               | (Chaiklieng, 2021)            |
|                | 0.007  | 0.030  | 0.017    | 435               | (Cruz et al., 2017)           |
|                |        |        | 0.035    | 435               | (Kitwattanavong et al., 2013) |
|                |        |        | 0.209    | 435               | (Majumdar et al., 2008)       |
|                |        |        | 0.04     | 435               | (Xiong et al., 2016)          |
| <b>Tolueno</b> |        |        | 452.2    | 375               | (Salem et al., 2018)          |
|                | 1.7    | 2.17   | 1.80     | 375               | (Hazrati et al., 2015)        |
|                |        |        | 1.5      | 375               | (Chaiklieng, 2021)            |
|                |        |        | 0.11     | 375               | (Chaiklieng et al., 2021)     |
|                | 0.025  | 0.342  | 0.107    | 375               | (Cruz et al., 2017)           |
|                |        |        | 328      | 375               | (Villagra y Dominguez, 2018)  |
|                | 0.002  | 23.51  | 2.64     | 375               | (Santillán, 2015)             |
|                |        |        | 0.297    | 375               | (Kitwattanavong et al., 2013) |
|                | 0.210  | 1.53   | 0.643    | 375               | (Majumdar et al., 2008)       |
|                |        |        | 0.317    | 375               | (Xiong et al., 2016)          |
|                |        |        | 0.081    | 375               | (Sairat et al., 2015)         |
| <b>Xileno</b>  |        |        | 497.4    | 435               | (Salem et al., 2018)          |
|                | 1.61   | 1.87   | 1.65     | 435               | (Hazrati et al., 2015)        |
|                |        |        | 0.45     | 435               | (Chaiklieng, 2021)            |
|                | 0.009  | 0.089  | 0.026    | 435               | (Cruz et al., 2017)           |
|                |        |        | 380      | 435               | (Villagra y Dominguez, 2018)  |
|                | 0.67   | 8.94   | 1.87     | 435               | (Santillán, 2015)             |
|                |        |        | 81.7     | 435               | (Kitwattanavong et al., 2013) |
|                |        |        | 0.068    | 435               | (Majumdar et al., 2008)       |
|                |        |        | 0.113    | 435               | (Xiong et al., 2016)          |

Nota. Valores expresados en [mg/m<sup>3</sup>].

### Marcadores Biológicos

En la investigación se evidencia la utilización de marcadores biológicos por diferentes autores para evaluar la presencia de BTEX en el organismo y las posibles consecuencias. Autores como Salem et al. (2018); Mitri et al. (2015); AL-Rrubaei y Jawad (2020); Alses y Alzeer (2021); Abou-

ElWafa, Albadry, El-Gilany, y Bazeed (2015) y Xiong et al. (2016) realizan análisis en sangre durante el turno de trabajo.

Mientras que, Chaiklieng, Suggaravetsiri, Kaminski, y Autrup (2021); Tongsantia et al. (2021); Tunsaringkarn, Ketkaew, Siriwong, Rungsiyothin, y Zapuang (2013); Bahrami et al. (2007); Moro et al. (2017); Geraldino et al. (2021) y da Poça et al. (2021) toman muestras de orina en trabajadores al finalizar el turno de 8 horas para cuantificar marcadores que evidencian presencia de BTEX.

Tomando como biomarcador el ácido trans - trans-mucónico (t,t-MA) y ácido hipúrico para controlar niveles de benceno y tolueno respectivamente. Los resultados demuestran que el 60% de los trabajadores exceden los límites recomendados y 80% de los cuales son trabajadores de carga de gasolina. Se demuestra también que el control de exposición a benceno conlleva a una reducción de exposición a tolueno (Chaiklieng et al., 2021). Siendo el t,t-MA eficiente para cuantificar benceno en el organismo, en el análisis de Tongsantia, el registro del biomarcador fue de 506.7 [ $\mu\text{g} / \text{m}^3$ ] lo cual fue significativamente alto en los trabajadores despachadores de combustible comparado al grupo de control (Tongsantia et al., 2021).

Tunsaringkarn et al. (2013) además de analizar el (t,t-MA) en orina, cuantifica también los niveles de benceno en sangre (BBLs) de 125 trabajadores de 11 gasolineras en Tailandia. El BBL promedio en sangre venosa recolectado durante el turno fue de 286.6 [ $\mu\text{g} / \text{L}$ ]. Los resultados del estudio demuestran que los trabajadores masculinos y femeninos muestran altos índices de t,t-MA en orina y en las mujeres este valor medio es ligeramente superior al índice biológico de exposición (BEL) de 500 [ $\mu\text{g} / \text{g}$ ] (Moro et al., 2017). Y da Poça et al. (2021) determina que éstos valores llegan a ser hasta el doble que los del grupo de control.

Geraldino et al. (2021) por su parte evalúa la presencia de tolueno y xileno en 181 trabajadores despachadores de combustible mediante la cuantificación de ácido hipúrico y ácido metilhipúrico en orina, y determina que estadísticamente los valores son significativamente superiores al grupo de control y se relacionan directamente con la exposición ocupacional a vapores de gasolina.

Shaikh, lleva a cabo una toma de muestras de células epiteliales bucales en la cara interna de las mejillas para análisis de morfología celular encontrando 8 diferentes anomalías ya mencionadas (Shaikh, Barot, y Chandel, 2008).

## **Efectos Hematotóxicos**

Shaikh et al. (2018) identifica 8 tipos de anomalías celulares en cuanto a su morfología: células normales, binucleadas, micronucleadas, cuerpos nucleares, cromatina condensada, cariorrexis, picnóticas y kariolisis. Encontrando diferencias estadísticas superiores al grupo de control.

Acorde a la investigación de Mitri et al. (2015) el envenenamiento por benceno produce polimorfismo celular y se observa una considerable alta frecuencia de la disminución de conteo de neutrófilos y alteraciones al volumen corpuscular medio en comparación al grupo de control.

Un estudio hematológico comparativo en 102 trabajadores masculinos y el conteo de glóbulos rojos, hemoglobina y hematocrito fue significativamente menor en trabajadores que en el grupo de control; el estudio epidemiológico sugiere una relación entre la exposición al benceno y desórdenes de células sanguíneas (Abou-ElWafa et al., 2015).

El análisis de diferentes marcadores para estrés oxidativo en la sangre de 30 trabajadores; malondialdehído (MDA), Productos Avanzados de Oxidación de proteínas (AOPP), Actividad Catalasa (CAT), glóbulos rojos (RBC) y hemoglobina (Hgb) refleja resultados significativamente superiores al grupo de control ( $p= 0.000$ ,  $p = 0.02$ ,  $p= 0.002$ ,  $p= 0.018$  and  $p= 0.015$ ) respectivamente (Alsés, 2021).

Por su parte, Xiong et al. (2016) realiza un análisis de la exposición a bajos niveles de BTEX en el ambiente de trabajo en muestras de sangre periférica tomada de 252 trabajadores de gasolineras, y concluye que, a pesar de existir niveles de exposición por debajo de la dosis de exposición recomendados por la NIOSH, aún se presentan daños enzimáticos.

## **Efectos Neurológicos**

El diagnóstico de envenenamiento por benceno conlleva diferentes factores, sin embargo, alrededor del 60% de los individuos con hallazgos clínicos manifiestan sufrir mareos, cefaleas, náuseas, calambres musculares, pérdida de peso e infecciones recurrentes (Mitri et al., 2015).

Tongsantia et al., asocia directamente la exposición a BTEX a los síntomas más frecuentes según la encuesta realizada, que son, fatiga, dolor de cabeza, mareos, congestión nasal y flujo nasal

(Tongsantia et al., 2021). Para Geraldino et al. (2021) los principales síntomas observados son cefaleas, calambres musculares, mareos, fatiga y pérdida de peso.

Alves et al. (2017) para mostrar los riesgos y el daño causado por la exposición ocupacional a BTEX, investigaron las condiciones laborales de 113 trabajadores de Riachão do Jacuipe, Feira de Santana and Salvador en el estado de Bahia, Brasil. Es un estudio descriptivo en base a la observación y la aplicación de encuestas para relacionar los hábitos de los trabajadores a los síntomas que puedan presentar. La mayoría de trabajadores únicamente utilizan botas como Equipo de Protección Individual (EPI) y los resultados demuestran que presentan síntomas tales como mareos, cefaleas, tremor, taquicardia, insomnio, rinitis, dolor de piernas, tos y fatiga. Estos desórdenes están asociados a la exposición a BTEX y malos hábitos como la falta de uso de mascarilla. Los principales efectos neurológicos son dolor de cabeza y fatiga en las encuestas realizadas a 83 trabajadores de 11 diferentes gasolineras (Sairat, 2015).

### **Efectos Genotóxicos**

Salem et al. en su estudio de genotoxicidad, reporta una mayor densidad óptica de fragmentación de ADN y presencia de micronúcleos celulares; y referente a la viabilidad de leucocitos, el grupo de estudio presenta un mayor porcentaje de células muertas en comparación al grupo de control. Sus resultados no reflejan una diferencia significativa en cuanto a sujetos fumadores o de diferente edad en los trabajadores evaluados (Salem et al., 2018).

AL-Rrubaei et al. (2020) ejecutó un análisis de ADN para evaluar el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ) en 30 trabajadores de gasolineras con un promedio de 40 años y 13 años de servicio y encuentra una relación entre la exposición prolongada a vapores de gasolina en el gen TNF que causa inactivación genética, lo cual podría impactar negativamente la salud y la eficiencia del sistema inmune de trabajadores. Además, da Poça et al. (2021), por su parte, encuentra una relación entre el daño genético y la exposición ocupacional a benceno mediante un ensayo de electroforesis en gel de células individuales.

Xiong et al. (2016) afirma la eficacia de realizar ensayos de sangre de estrés oxidativo y genotoxicidad debido q que son biomarcadores efectivos al momento de evaluar la exposición y efectos de BTEX respectivamente.

## **Riesgo de Cáncer**

Shinohara et al. revela que el promedio de riesgo de cáncer debido al benceno en trabajadores a tiempo completo de carga de gasolina es de  $2.22 \times 10^{-5}$  frente a trabajadores de estaciones self-service, cuyo riesgo promedio es de  $2.43 \times 10^{-6}$  lo cual representa una incidencia de riesgo de cáncer de 0.04 y 0.002 casos al año respectivamente (Shinohara et al., 2019). Con el objetivo de impulsar políticas de seguridad ocupacional en Ghana, Kuranchie, Angnunavuri, Attiogbe, y Nerquaye-Tetteh (2019) realiza una revisión de sistemática de los riesgos de cáncer de la exposición a BTEX en Gasolina relacionando directamente los daños hematopoyéticos y alteraciones al Sistema Nervioso Central (SNC) con la exposición ocupacional a BTEX.

El riesgo de cáncer aumenta hasta en un 70% en trabajadores expuestos a benceno y que los trabajadores encargados de la carga de combustibles son los más susceptibles a daño a su salud en comparación con cajeros y otros trabajadores de las gasolineras (Chaiklieng et al. 2019).

Cruz et al. (2017) en su análisis de trabajadores expuestos a BTEX en gasolineras de Brasil estiman que el riesgo no cancerígeno estimado mediante el coeficiente de riesgo (HQ) es menor a 1 en cuanto a Tolueno, etilbenceno y xileno, sin embargo, para el benceno se encuentra un HQ superior a 1 en el 70% de las estaciones de servicio analizadas lo cual representa un riesgo significativo de cáncer para los trabajadores evaluados.

Según Kitwattanavong et al. (2013) los resultados demuestran que los participantes de este estudio están en alto riesgo de cáncer por benceno, etilbenceno, formaldehído y acetaldehído, los demás COVs que conllevan a efectos no cancerígenos reflejaron valores aceptables por debajo de 1 considerando el coeficiente de riesgo evaluado.

En una revisión sistemática se menciona que el riesgo de cáncer es muy elevado en trabajadores de gasolineras y es fundamental implementar medidas protectoras colectivas que permitan mitigar el riesgo químico, resultado de la exposición a COV's (Giao, Anh, & Nhien, 2020).

### **Conclusiones y Recomendaciones**

La exposición ocupacional a BTEX representa un alto riesgo a la salud aun cuando esta exposición se encuentra dentro de los límites permisibles. La exposición a un cancerígeno como el benceno conlleva a un deterioro genotóxico y a presencia de alteraciones morfológicas en diferentes células del cuerpo. Es difícil cuantificar los efectos del etilbenceno, tolueno y xileno por separado porque usualmente se presentan en la atmósfera de trabajo en conjunto, sin embargo, la evidencia sugiere que, al ser la respiratoria la principal vía de acceso al cuerpo, la falta de uso de equipo de protección adecuado y el no tener medidas de protección colectivas como extractores de vapores se generan efectos neurológicos varios, entre los que el dolor de cabeza y fatiga son los más frecuentes.

Los trabajadores despachadores de combustible se encuentran en mayor riesgo que los trabajadores de oficinas según la cuantificación de BTEX en la atmósfera de trabajo y la evaluación de la cantidad que ingresa al cuerpo mediante el análisis de biomarcadores en sangre y orina.

El riesgo de incidencia de cáncer se ve asociado directamente a la exposición ocupacional a BTEX en este puesto de trabajo, por lo que esta investigación plantea la necesidad de realizar estudios de factibilidad para migrar el sistema de abastecimiento de gasolina de vehículos actual hacia una cultura self-service.

Se recomienda también implementar sistemas eficientes de extracción COVs en la atmósfera de trabajo con el fin de reducir el riesgo químico de exposición.

### **Referencias**

Abou-ElWafa, H. S., Albadry, A. A., El-Gilany, A. H., & Bazeed, F. B. (2015). Some biochemical and hematological parameters among petrol station attendants: a comparative study. *BioMed research international*, 2015. doi:<https://doi.org/10.1155/2015/418724>

- Alegretti, A. P., Thiesen, F. V., & Maciel, G. P. (2004). Analytical method for evaluation of exposure to benzene, toluene, xylene in blood by gas chromatography preceded by solid phase microextraction. *Journal of Chromatography B*, 809(1), 183-187. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jchromb.2004.06.016>
- Al-jadaan, S. A., & JabbarAlkinany, A. S. (2017). Impact of benzene exposure on lung functions of fuel stations workers in Basra City, Southren of Iraq. *International Journal of Pharmaceutical Science and Health Care*, 2(7), 31-36. Obtenido de [https://www.researchgate.net/publication/316357164\\_Impact\\_of\\_benzene\\_exposure\\_on\\_lung\\_functions\\_of\\_fuel\\_stations\\_workers\\_in\\_Basra\\_CitySouthern\\_of\\_Iraq?enrichId=rgreq-0d5a63ac86e4c9b0ed21b242aefc4d0d-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMxNjM1NzE2NDtBUzo1MzM1MzA](https://www.researchgate.net/publication/316357164_Impact_of_benzene_exposure_on_lung_functions_of_fuel_stations_workers_in_Basra_CitySouthern_of_Iraq?enrichId=rgreq-0d5a63ac86e4c9b0ed21b242aefc4d0d-XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMxNjM1NzE2NDtBUzo1MzM1MzA)
- AL-Rrubaei, H., & Jawad, R. (2020). Tumor Necrosis Factor- $\alpha$  gene polymorphism in Gasoline prolonged exposure workers. *International Journal of Pharmaceutical Research*, 12(4), 975-2366. doi:<https://doi.org/10.31838/ijpr/2020.12.04.130>
- Alsas, M., & Alzeer, S. (2021). Evaluation of some biological parameters of gasoline station attendants in Damascus, Syria. *Heliyon*, 7(5), e07056. doi:<https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07056>
- Alves, L. P., Vieira, D. S., Nunes, L. S. S., Cruz, L. P., Reis, A. C. S., Gomes, Í. V., & Esteves, M. B. (2017). Relationship between symptoms, use of PPE and habits related to occupational exposure to BTEX compounds in workers of gas stations in Bahia, Brazil. *Journal of Environmental Protection*, 8(5), 650-661. doi:<https://doi.org/10.4236/jep.2017.85042>
- ATSDR. (2007). Agency for Toxic Substances an Desease Registry. Toxicological Profile for Xylene. *U.S. Department of Health and Human Services*.
- ATSDR. (2010). Agency for Toxic Substances and Desease Registry. Toxicological Profile for Ethylbenzene. *U.S. Department of Health and Human Services*.
- ATSDR. (2017). Agency for Toxic Substances and Desease Registry. Toxicological Profile for Toluene. *U.S. Department of Health and Human Services*.
- Bahrami, A. R., Jafari, A. J., Ahmadi, H., & Mahjub, H. (2007). Comparison of benzene exposure in drivers and petrol stations workers by urinary trans, trans-muconic acid in west of Iran. *Industrial health*, 45(3), 396-401. doi:<https://doi.org/10.2486/indhealth.45.396>

- Chaiklieng, S., Suggaravetsiri, P., Kaminski, N., & Autrup, H. (2021). Exposure to benzene and toluene of gasoline station workers in Khon Kaen, Thailand and adverse effects. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 27(7), 1823-1837. doi:<https://doi.org/10.1080/10807039.2021.1910010>
- Chaiklieng, S. (2021). Risk assessment of workers' exposure to BTEX and hazardous area classification at gasoline stations. *PloS one*, 16(4), e0249913. doi:<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249913>
- Chaiklieng, S., Suggaravetsiri, P., & Autrup, H. (2019). Risk assessment on benzene exposure among gasoline station workers. *International journal of environmental research and public health*, 16(14), 2545. doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph16142545>
- Cruz, L. P., Alves, L. P., Santos, A. V., Esteves, M. B., Gomes, Í. V., & Nunes, L. S. (2017). Assessment of BTEX concentrations in air ambient of gas stations using passive sampling and the health risks for workers. *Journal of Environmental Protection*, 8(01), 12. doi:[10.4236/jep.2017.81002](https://doi.org/10.4236/jep.2017.81002)
- da Poça, K. S., Giardini, I., Silva, P. V. B., Geraldino, B. R., Bellomo, A., Alves, J. A., & Sarpa, M. (2021). Gasoline-station workers in Brazil: benzene exposure; genotoxic and immunotoxic effects. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 865, 503322. doi:<https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2021.503322>
- Environmental Protection Agency. (1999). Compendium of Methods for the Determination of Toxic Organic Compounds in Ambient Air. *METHOD TO-11A*. Obtenido de <https://www.epa.gov/sites/default/files/2019-11/documents/to-11ar.pdf>
- Geraldino, B. R., Nunes, R. F., Gomes, J. B., da Poça, K. S., Giardini, I., Silva, P. V., & Sarpa, M. (2021). Evaluation of exposure to toluene and xylene in gasoline station workers. *Advances in Preventive Medicine*, 2021. doi:<https://doi.org/10.1155/2021/5553633>
- Giao, N. T., Anh, P. K., & Nhien, H. T. H. (2020). Health Risk Assessment for the Exposure of Workers to BTEX at the Gasoline Stations. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 25(1), 71-77. doi:<https://doi.org/10.4314/jasem.v25i1.10>
- Hazrati, S., Rostami, R., Fazlzadeh, M., & Pourfarzi, F. (2016). Benzene, toluene, ethylbenzene and xylene concentrations in atmospheric ambient air of gasoline and CNG refueling stations. *Air Quality, Atmosphere & Health*, 9(4), 403-409. doi:<https://doi.org/10.1007/s11869-015-0349-0>

- Heibati, B., Pollitt, K. J. G., Karimi, A., Charati, J. Y., Ducatman, A., Shokrzadeh, M., & Mohammadyan, M. (2017). BTEX exposure assessment and quantitative risk assessment among petroleum product distributors. *Ecotoxicology and environmental safety*, 144, 445-449. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.06.055>
- International Agency for Research on Cancer IARC. (2018). Monographs on the Identification of Carcinogenic Hazards to Humans. 29, Sup 7. 100F, 120. Obtenido de <https://monographs.iarc.who.int/list-of-classifications>
- Kelly, K., & Harder, B. (2019). BTEX: Complete resolution in under 6.5 minutes. *LC GC NORTH AMERICA*, 21(6), 30-31. Obtenido de <https://gcms.labrulez.com/labrulez-bucket-strapih3hsga3/application::paper.paper/48eb2e9f-6ea0-4751-acb3-0185cfa45f6a.pdf>
- Khisroon, M., Gul, A., Khan, A., Ali, N., Zaidi, F., Rasheed, S. B., & Akbar, H. (2015). Comet assay based DNA evaluation of fuel filling stations and automobile workshops workers from Khyber Pakhtunkhwa province, Pakistan. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology*, 10(1), 1-6. doi:<https://doi.org/10.1186/s12995-015-0069-2>
- Kitwattanavong, M., Prueksasit, T., Morknoy, D., Tunsaringkarn, T., & Siritwong, W. (2013). Health risk assessment of petrol station workers in the inner city of Bangkok, Thailand, to the exposure to BTEX and carbonyl compounds by inhalation. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 19(6), 1424-1439. doi:<https://doi.org/10.1080/10807039.2012.685814>
- Kuranchie, F. A., Angnunavuri, P. N., Attiogbe, F., & Nerquaye-Tetteh, E. N. (2019). Occupational exposure of benzene, toluene, ethylbenzene and xylene (BTEX) to pump attendants in Ghana: Implications for policy guidance. 5(1), 1603418. doi:<https://doi.org/10.1080/23311843.2019.1603418>
- Li, A. J., Pal, V. K., & Kannan, K. (2021). A review of environmental occurrence, toxicity, biotransformation and biomonitoring of volatile organic compounds. *Environmental Chemistry and Ecotoxicology*, 3, 91-116. doi:<https://doi.org/10.1016/j.eneco.2021.01.001>
- Linares-Espinós, E., Hernández, V., Domínguez-Escrig, J. L., Fernández-Pello, S., Hevia, V., Mayor, J., & Ribal, M. J. (2018). Metodología de una revisión sistemática. *Actas Urológicas Españolas*, 42(8), 499-506. doi:<https://doi.org/10.1016/j.acuro.2018.01.010>
- Majumdar, D., Dutta, C., Mukherjee, A. K., & Sen, S. (2008). Source apportionment of VOCs at the petrol pumps in Kolkata, India; exposure of workers and assessment of associated

- health risk. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 13(8), 524-530. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trd.2008.09.011>
- Manchado Garabito, R., Tamames Gómez, S., López González, M., Mohedano Macías, L., & Veiga de Cabo, J. (2009). Revisión sistemática exploratoria. *Medicina y seguridad del trabajo*, 55(216), 12-19. Obtenido de [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=s0465-546x2009000300002](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s0465-546x2009000300002)
- Mitri, S., Fonseca, A. S. A., Otero, U. B., Tabalipa, M. M., Moreira, J. C., & Sarcinelli, P. D. N. (2015). Metabolic polymorphisms and clinical findings related to benzene poisoning detected in exposed Brazilian gas-station workers. *International journal of environmental research and public health*, 12(7), 8434-8447. doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph120708434>
- Moghadam, S. R., Afshari, M., Ganjali, A., & Moosazadeh, M. (2020). Effect of occupational exposure to petrol and gasoline components on liver and renal biochemical parameters among gas station attendants, a review and meta-analysis. *Reviews on Environmental Health*, 35(4), 517-530. doi:<https://doi.org/10.1515/reveh-2019-0107>
- Moro, A. M., Brucker, N., Charão, M. F., Baierle, M., Sauer, E., Goethel, G., & Garcia, S. C. (2017). Biomonitoring of gasoline station attendants exposed to benzene: Effect of gender. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 813, 1-9. doi:<https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2016.11.002>
- NIOSH. (2005). NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. *The National Institute for Occupational Safety and Health*. Obtenido de <https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgsyn-a.html#>
- Osuna, I. B., Escobar, V. A., & Pérez, M. M. (2016). Declaración de Helsinki: cambios y exégesis. *Revista Cubana de Salud Pública*, 42(1), 132-142.
- Sairat, T., Homwuttivong, S., Homwutthiwong, K., & Ongwandee, M. (2015). Investigation of gasoline distributions within petrol stations: spatial and seasonal concentrations, sources, mitigation measures, and occupationally exposed symptoms. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(18), 13870-13880. doi:<https://doi.org/10.1007/s11356-015-4615-3>
- Salem, E., El-Garawani, I., Allam, H., Abd El-Aal, B., & Hegazy, M. (2018). Genotoxic effects of occupational exposure to benzene in gasoline station workers. *Industrial Health*, 56(2), 132-140. doi:<https://doi.org/10.2486/indhealth.2017-0126>

- Santillán, S. E. (2015). Evaluación y control del riesgo químico por vapores orgánicos en los despachadores de combustible de una estación de servicio. *Enfoque UTE*, 6(4), 113-123. doi:<https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v6n4.82>
- Shaikh, A., Barot, D., & Chandel, D. (2018). Genotoxic Effects of Exposure to Gasoline Fumes on Petrol Pump Workers. *The International Journal of Occupational and Environmental Medicine*, 9(2), 79. doi:<https://doi.org/10.15171%2Fijoem.2018.1159>
- Shinohara, N., Okazaki, Y., Mizukoshi, A., & Wakamatsu, S. (2019). Exposure to benzene, toluene, ethylbenzene, xylene, formaldehyde, and acetaldehyde in and around gas stations in Japan. *Chemosphere*, 222, 923-931. doi:<https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.01.166>
- The National Institute for Occupational safety and Health. (2003). Hydrocarbons, Aromatic: Method 1501. *NIOSH Manual of Analytical Methods*, 1-7. Obtenido de <https://www.cdc.gov/niosh/docs/2003-154/pdfs/1501.pdf>
- Tongsantia, U., Chaiklieng, S., Suggaravetsiri, P., Andajani, S., & Autrup, H. (2021). Factors Affecting Adverse Health Effects of Gasoline Station Workers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(19), 10014. doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph181910014>
- Tunsaringkarn, T., Ketkaew, P., Siriwong, W., Rungsiyothin, A., & Zupuang, K. (2013). Benzene exposure and its association with sickness exhibited in gasoline station workers. *Int J Environ Pollut Solutions*, 1, 1-8. doi:[doi:doi:10.7726/ijeps.2013.1001](https://doi.org/10.7726/ijeps.2013.1001)
- Villagra, C. E. A., & Dominguez, R. E. V. (2018). Exposición a compuestos orgánicos volátiles, tipo benceno, tolueno y xileno, en trabajadores de estaciones de expendio de combustible. *Revista del Instituto de Salud Pública de Chile*, 2(2). doi:<https://doi.org/10.34052/rispch.v2i2.61>
- Xiong, F., Li, Q., Zhou, B., Huang, J., Liang, G., Zhang, L. E., & Zou, Y. (2016). Oxidative stress and genotoxicity of long-term occupational exposure to low levels of BTEX in gas station workers. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 13(12), 1212. doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph13121212>

## **SOPORTE DE LA INVESTIGACIÓN**

## **Capítulo I. Introducción**

### **1.1.Planteamiento del Problema**

Determinación del riesgo químico y principales consecuencias en la salud de los trabajadores expendedores de combustibles de gasolineras, resultado de la exposición a Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno (BTEX) presentes en la porción volátil de gasolina.

### **1.2.Fundamentación del Problema**

Es frecuente observar en nuestro medio trabajadores expendedores de combustibles cumpliendo jornadas de 8 horas sin la adecuada protección ante el riesgo químico y potencial daño a su salud que conlleva la exposición constante a BTEX en el ambiente de trabajo.

Considerando que se conocen los efectos nocivos a la salud y el riesgo químico que conlleva la exposición a vapores volátiles de combustibles, pero no existe en Ecuador información sistematizada, actualizada y orientada a los trabajadores de estaciones de servicio, se plantea la necesidad de generar un nuevo conocimiento mediante la indagación de fuentes secundarias.

En Ecuador todos los trabajadores tienen derechos que exigir y responsabilidades que cumplir. En este contexto, los trabajadores expendedores de gasolina tienen derecho a que se les proporcione medidas de protección colectivas e individuales para mitigar el impacto en la salud, resultado de la manipulación constante de combustibles debido a la exposición ocupacional a la porción BTEX presentes en los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) de gasolina. Asimismo, tienen la responsabilidad de utilizar su equipo de protección apropiado. Sin embargo, la evidencia nos indica que muchos empleadores hacen caso omiso a la entrega de Equipos de Protección Individual (EPI) y en otros casos, los empleados deciden no usar la mascarilla, a sabiendas del daño potencial a su salud.

### **1.3.Objetivo**

Sistematizar los conocimientos teóricos relativos al riesgo químico y principales afectaciones a la salud de los trabajadores expendedores de gasolina a consecuencia de la exposición ocupacional a BTEX mediante un estudio de revisión sistemática.

## **Capítulo II. Materiales y Métodos**

### **2.1. Diseño del Estudio: Revisión Sistemática Exploratoria**

Se siguieron las directrices establecidas por Manchado Garabito et al. (2009) quien sugiere realizar una agrupación de contenidos en base a un análisis de diferentes fuentes bibliográficas para sistematizar y actualizar la información referente a un tema que permite sentar las bases para que nuevas investigaciones tomen un punto de partida. Se seleccionaron artículos en base a su relevancia y actualización, utilizando publicaciones desde el 2007 hasta el 2021.

### **2.2. Procedimiento de recolección de datos**

Se realizaron búsquedas en fuentes académicas como Google Académico, SciELO, PubMed y Redalyc con las siguientes palabras clave: BTEX; exposición ocupacional; riesgo químico; gasolinera; vigilancia de la salud; para la pre selección de artículos en español. Posteriormente se realizó una búsqueda en Google Académico con las palabras clave en inglés: BTEX; occupational exposure; chemical risk; gas station; health surveillance; para recopilar la información en el idioma inglés ya que más del 90% de la información disponible y actualizada se encuentra en este idioma.

### **2.3. Análisis de Datos**

Se seleccionaron los artículos según los criterios de inclusión y exclusión establecidos teniendo como prioridad artículos que refieren a la exposición ocupacional a BTEX únicamente en gasolineras; se excluyen todos aquellos que no corresponden a ésta industria, entre otros criterios

que permiten agrupar mediante una matriz bibliográficas todos los resultados para presentar las conclusiones obtenidas.

### **Capítulo III. Resultados**

#### **Estudio 1**

País: Egipto

Autores: Salem et al. (2018)

Título: Efectos Genotóxicos de la exposición ocupacional a benceno en trabajadores de gasolineras.

Doi: <https://doi.org/10.2486/indhealth.2017-0126>

Tipo de estudio: Estudio transversal comparativo.

Resumen:

Evaluación de 36 trabajadores masculinos mayores de 18 años con más de un año de trabajo en carga de gasolina y que no usan mascarilla ni guantes; y un igual número de trabajadores para grupo de control. Se realizan cuestionarios y entrevistas. Además, de la ejecución de monitoreos de BTEX en el aire para posterior análisis por cromatografía de gases. Se obtienen mediciones de genotoxicidad según los datos evaluados. Se observa una mayor evidencia de densidad óptica de fragmentación de ADN y micro núcleos. En cuanto a la viabilidad de leucocitos el grupo de estudio presenta mayor cantidad de células muertas. No se evidencia diferencia significativa en fumadores ni en diferentes rangos de edad.

#### **Estudio 2**

País: India

Autores: Shaikh et al. (2018)

Título: Efectos Genotóxicos de la exposición a vapores de gasolina en trabajadores de gasolineras.

Doi: <https://doi.org/10.15171%2Fijoem.2018.1159>

Tipo de estudio: Estudio Transversal.

Resumen:

Estudio realizado a 70 trabajadores masculinos de áreas con alto tráfico vehicular y constante monitoreo de calidad del aire del ambiente de trabajo. El mismo número de personas saludables, y coincidiendo con las edades fue seleccionado como grupo de control de un área menos poblada. Se desarrollaron cuestionarios de que evalúan edad, experiencia, duración de turnos, alergias, etc. Recolección de muestras celulares de la pared interior de la mejilla para centrifugar y observar al microscopio las posibles anormalidades nucleares. Los participantes presentan promedio de 37 años de edad y 10 años de experiencia laboral, con turnos de 8 horas. Se identificaron 8 tipos de anomalías celulares en cuanto a su morfología: células normales, binucleadas, micronucleadas, cuerpos nucleares, cromatina condensada, cariorrexis, picnóticas, kariolisis.

### **Estudio 3**

País: Irán

Autores: Hazrati et al. (2016)

Título: Concentraciones en el aire ambiental de Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno de Gasolina y Estaciones de Recarga CNG.

Doi: <https://doi.org/10.1007/s11869-015-0349-0>

Tipo de estudio: Estudio Transversal.

Resumen:

Un total de 15 estaciones de gasolina y 9 de gas natural comprimido (CNG) fueron monitoreadas para detectar BTEX en su ambiente laboral. Las muestras son tomadas a la altura del cuello por encima del 1.5 [m] de altura. La porción de BTEX fue recolectada del ambiente mediante el Método Analítico 1501 de NIOSH con un muestreo ajustado a un caudal de 0,2 [L/min] durante 50 [min] hasta obtener [10 L]. La recolección se hizo mediante carbón activo, el cual, se almacena a -20 [°C] y se analiza en las siguientes 72 horas con ja extracción utilizando CS<sub>2</sub> mediante

cromatografía gaseosa con Detector de Flama Ionizada (FID). La concentración promedio de benceno ( $2.01 \pm 0.41$  [mg/m<sup>3</sup>]) fue mayor que el OEL recomendado (1.6 mg/m<sup>3</sup>) por el Ministerio de salud y educación Médica de Irán. Las concentraciones de BTEX fueron mayores en gasolineras que en las estaciones CNG. El llenado de tanques es realizado por los propietarios de vehículos, sin embargo, los resultados demuestran que los trabajadores se ven expuestos a altas concentraciones de benceno especialmente, ya que la porción de etilbenceno, tolueno y xileno a pesar de ser estadísticamente mayor en gasolineras que el aire atmosférico urbano, no exceden el Valor Umbral Límite - Media Ponderada en el Tiempo (TVL-TWA) de la política en Irán. De todos los COV's monitoreados, el etilbenceno representa la porción más significativa seguida del benceno, no obstante, es el benceno el que representa valores que sobrepasan los límites del Ministerio de salud iraní.

#### **Estudio 4**

País: Japón

Autores: Shinohara et al. (2019)

Título: Exposición a Benceno, Etilbenceno, Tolueno, Xileno, Formaldehído y Acetaldehído dentro y alrededor de Gasolineras en Japón.

Doi: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.01.166>

Tipo de estudio: Estudio Transversal.

Resumen:

Realización de encuestas en tres gasolineras de Okayama. Se registra el volumen de carga y número de vehículos durante la toma de muestra. Cada empleado lleva dos bombas con cartuchos muestreadores para tomar muestras cada dos horas. Los BTEX se muestrean con un tubo TENAX con de bombeo portátil. Previa desorción térmica, las muestras fueron analizadas mediante espectrómetro de cromatografía de masa. Los análisis de cromatografía indican que no hay diferencias significativas en los resultados de las tres gasolineras ni tampoco varían en cuanto a las mediciones realizadas en primavera e invierno, aunque sí se observa una diferencia cuando hay mayor temperatura, pero revelan que el promedio de riesgo de cáncer debido al benceno en

trabajadores a tiempo completo de carga de gasolina es de  $2.22 \times 10^{-5}$  frente a trabajadores de estaciones self-service, cuyo riesgo promedio es de  $2.43 \times 10^{-6}$  lo cual representa una incidencia de riesgo de cáncer de 0.04 y 0.002 casos al año respectivamente. Las mediciones también reflejan que el riesgo no carcinogénico referente a Tolueno, Etilbenceno y Xileno es relativamente bajo pues los TLV se reportan menores a 1.

## **Estudio 5**

País: Ghana

Autores: Kuranchie et al. (2019)

Título: Exposición Ocupacional a Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno en trabajadores de gasolineras en Ghana: Implicaciones para orientación política

Doi: <https://doi.org/10.1080/23311843.2019.1603418>

Tipo de estudio: Revisión Sistemática.

Resumen:

Una revisión sistemática sobre los potenciales riesgos cancerígenos y no cancerígenos que representa la exposición a BTEX con el objetivo de impulsar la creación de políticas que puedan normar los valores límites de exposición de trabajadores en un país como Ghana donde no existen leyes que contemplen la seguridad y salud del trabajador, lo cual resalta la importancia de este tipo de investigación a nivel internacional debido que los BTEX son depresores del Sistema Nervioso Central (SNC) y conllevan riesgos hematopoyéticos.

## **Estudio 6**

País: Tailandia.

Autores: Chaiklieng et al. (2019)

Título: Evaluación de Riesgo de Exposición a Benceno en Trabajadores de Gasolineras.

Doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph16142545>

Tipo de estudio: Estudio Transversal.

## Resumen:

Este estudio incluye 98 gasolineras con 150 trabajadores. Todos los trabajadores fueron no fumadores. Y se evalúa el riesgo de cáncer mediante una medición de la atmósfera de trabajo utilizando el método NIOSH 1501. El riesgo de cáncer en las zonas evaluadas fluctúa entre  $1.4 * 10^{-5}$  a  $8 * 10^{-5}$ . Se concluye que el riesgo de cáncer aumenta hasta en un 70% en trabajadores expuestos a benceno y que los trabajadores despachadores de combustible son los más susceptibles a daño a su salud en comparación con cajeros, supervisores y otros trabajadores de las gasolineras.

## **Estudio 7**

País: Tailandia

Autores: Chaiklieng (2021)

Título: Evaluación de Riesgo en la Exposición a BTEX en trabajadores y clasificación de áreas peligrosas en gasolineras.

Doi: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0249913>

Tipo de estudio: Estudio Transversal

## Resumen:

Investigación realizada en 47 gasolineras. Para la recolección de datos se aplicó una encuesta a los trabajadores acorde a su turno de trabajo con preguntas que indican la cantidad de horas al día y número de días a la semana. Asimismo, se realizó un análisis del aire de trabajo utilizando el método de muestreo NIOSH 1501. La evaluación de riesgo para efectos no cancerígenos se efectuó mediante el análisis del coeficiente de riesgo. Las concentraciones de BTEX en el ambiente de trabajo alrededor de los dispensadores de gasolina están en el rango de 0.1 – 136.9, 8.1 – 406.0, 0.8 – 24.1 y 0.4 – 105.5 ppb para benceno, tolueno, etilbenceno y xileno respectivamente. Lo cual excede el límite recomendado por la NIOSH de 100 ppb para benceno.

## **Estudio 8**

País: Tailandia.

Autores: Chaiklieng et al. (2021)

Título: Exposición a Benceno y Tolueno en Trabajadores de gasolineras en Khon Kaen, Tailandia y Efectos Adversos.

Doi: <https://doi.org/10.1080/10807039.2021.1910010>

Tipo de estudio: Estudio Transversal.

Resumen:

Se condujo en 47 gasolineras de la provincia de Khon Kaen en Tailandia con un total de 192 trabajadores seleccionados para el estudio. Las mediciones de benceno y tolueno en aire se realizaron según el método NIOSH 1501. Se calcula el coeficiente de riesgo para valorar efectos no cancerígenos y se cuantifica la presencia de t,t-MA y ácido hipúrico en orina al finalizar el turno de 8 horas. Los resultados demuestran que el 60% de los trabajadores exceden los límites recomendados y 80% de los cuales son trabajadores de carga de gasolina. Se demuestra también que el control de exposición a benceno conlleva a una reducción de exposición a tolueno.

## **Estudio 9**

País: Brasil.

Autores: Cruz et al. (2017)

Título: Evaluación de Concentraciones de BTEX en el Ambiente de Gasolineras Utilizando Muestreadores Pasivos y los Riesgos a la Salud de Trabajadores.

Doi: [10.4236/jep.2017.81002](https://doi.org/10.4236/jep.2017.81002)

Tipo de estudio: Estudio Transversal.

Resumen:

Los datos fueron recolectados de 10 gasolineras. Las muestras se tomaron mediante muestreadores pasivos difusivos Radiello ubicados cerca de los dispensadores de gasolina durante 8 horas para luego transportar la muestra al laboratorio para su análisis. Los componentes se recuperan a través de desorción química con CS<sub>2</sub>. Los riesgos a la salud se calcularon utilizando dosis referenciales de exposición y el respectivo coeficiente de riesgo. Se concluye que el coeficiente de riesgo es menor a 1 en cuanto a Tolueno, etilbenceno y xileno, sin embargo, para el benceno se encuentra un HQ superior a 1 en el 70% de las estaciones de servicio analizadas lo cual representa un riesgo significativo de cáncer para los trabajadores evaluados.

### **Estudio 10**

País: Chile.

Autores: Villagra y Dominguez (2018)

Título: Exposición a compuestos orgánicos volátiles, tipo benceno, tolueno y xileno, en trabajadores de estaciones de expendio de combustible.

Doi: <https://doi.org/10.34052/rispch.v2i2.61>

Tipo de estudio: Estudio Descriptivo.

Resumen:

Muestreo probabilístico realizado para conocer las concentraciones de benceno, tolueno y xileno en 6 gasolineras en la región metropolitana y su análisis según los límites permisibles. La metodología de medición se llevó a cabo según el Manual Básico sobre Mediciones y Toma de Muestras Ambientales y Biológicas en Salud Ocupacional del Instituto de Salud Pública de Chile. Se tomaron 18 muestras de aire y 9 de estas tuvieron duración del 70% de la jornada de trabajo. El estudio no encuentra valores que sobrepasan los valores recomendados de exposición y lo relaciona a la implementación de sistemas de recuperación de vapores y normas que regulan la cantidad de COVs presentes en gasolina.

## **Estudio 11**

País: Ecuador.

Autores: Santillán (2015)

Título: Evaluación y control del riesgo químico por vapores orgánicos en los despachadores de combustible de una estación de servicio.

Doi: <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v6n4.82>

Tipo de estudio: Estudio Descriptivo.

Resumen:

Con una muestra del 20% de trabajadores de la gasolinera Amazonas de EP Petroecuador; se tomaron muestras con muestreadores personales pasivos 3M 3500. El muestreador se ubica en la zona de respiración del individuo. Se ejecuta una evaluación de riesgo químico en trabajadores de una gasolinera evaluando su exposición a benceno, tolueno y xileno durante un turno de 8 horas y se concluye que los valores están por debajo del TLV-TWA de 0.5 ppm para benceno, 50 ppm para tolueno y 100 ppm para xileno considerando el riesgo aceptable y estableciendo la premisa que no existe un riesgo significativo a la salud.

## **Estudio 12**

País: Brasil

Autores: Mitri et al. (2015)

Título: Polimorfismos metabólicos y hallazgos clínicos relacionados al envenenamiento por benceno detectado en trabajadores brasileños expuestos.

Doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph120708434>

Tipo de estudio: Estudio Transversal.

Resumen:

Un total de 118 trabajadores masculinos y femeninos, mayores de edad, fueron evaluados en este estudio. Se realizó un cuestionario para conocer características demográficas y hábitos como fumar, consumo de alcohol, antecedentes médicos y ocupacionales. A todos los participantes se les tomó una muestra de sangre y se valoró un examen físico. También se realizó un mapeo de ADN. El envenenamiento por benceno produce polimorfismo celular y se observa una considerable alta frecuencia de la disminución de conteo de neutrófilos y alteraciones al volumen corpuscular medio en comparación al grupo de control. El diagnóstico de envenenamiento por benceno conlleva diferentes factores, sin embargo, alrededor del 60% de los individuos con hallazgos clínicos manifiestan sufrir mareos, cefaleas, náuseas, calambres musculares, pérdida de peso e infecciones recurrentes.

### **Estudio 13**

País: Tailandia.

Autores: Kitwattanavong et al. (2013)

Título: Evaluación a los Riesgos a la Salud de Trabajadores de Estaciones de Bombeo al Interior de la Ciudad de Bangkok, Tailandia a la Exposición a BTEX y Compuestos Carbonílicos por Inhalación.

Doi: <https://doi.org/10.1080/10807039.2012.685814>

Tipo de estudio: Estudio Transversal.

Resumen:

Esta investigación se llevó a cabo durante dos semanas en 6 gasolineras. Un tren de muestreo conectado a una bomba de bajo flujo y hacia cartuchos de carbón activo fue ubicado en el centro de cada estación. Se realiza una evaluación del riesgo de inhalación según los datos obtenidos. Los resultados determinan el riesgo de cáncer para benceno y formaldehído durante turnos de 8 horas evaluados durante dos semanas; los promedios de exposición personal para valores ambientales encontrados en las 6 gasolineras fueron mayores para tolueno, benceno, seguido de etilbenceno y xileno. Los resultados demuestran que los participantes de este estudio están en alto riesgo de cáncer por benceno, etilbenceno, formaldehído y acetaldehído, los demás COVs que conllevan a

efectos no cancerígenos reflejaron valores aceptables por debajo de 1 considerando el coeficiente de riesgo evaluado.

#### **Estudio 14**

País: India.

Autores: Majumdar et al. (2008)

Título: Fuentes de Aportes de COV's en Gasolineras en Calcuta, India; Exposición de Trabajadores y Evaluación Asociada a Riesgos a la Salud.

Doi: <https://doi.org/10.1016/j.trd.2008.09.011>

Tipo de estudio: Estudio Transversal.

Resumen:

Estudio realizado en 5 gasolineras con alto tráfico vehicular. Se evalúan un total de 35 trabajadores. La toma de muestra se realiza con muestreadores de bajo volumen conectados a cartuchos de carbón activo para luego ser analizados por cromatografía con detector de ionización de flama. También se realiza un monitoreo estático para hidrocarburos mono-aromáticos. Al analizar la evaluación de VOCs, en las muestras recolectadas en el turno de 8 horas, sus resultados demuestran que el compuesto más abundante registrado es tolueno ( $49.3\text{--}236.8\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ), seguido del benceno ( $17.4\text{--}81.6\ \mu\text{g}/\text{m}^3$ ) lo cual representa una alta probabilidad de cáncer en una exposición crónica.

#### **Estudio 15**

País: Tailandia.

Autores: Tongsantia et al. (2021)

Título: Factores de Afección a los Efectos Adversos a la Salud en Trabajadores de Gasolineras.

Doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph181910014>

Tipo de estudio: Estudio Transversal.

Resumen:

Con la participación de 151 trabajadores de 41 gasolineras considerando para la muestra 3 a 4 trabajadores por estación. Un cuestionario se realizó considerando los aspectos demográficos y datos ocupacionales, además de los síntomas que han sentido en los últimos 3 meses. Las muestras de benceno en aire se tomaron por muestreo de área activa mediante equipos ubicados a 1.5 [m] del suelo. Y al finalizar el turno de trabajo se procede a una recolección de muestra de orina para valorar la presencia de t,t-MA. La cuantificación de benceno estuvo en el rango de los 50 ppb y el registro del biomarcador fue de  $506.7 \mu\text{g}/\text{m}^3$  lo cual fue significativamente alto en los trabajadores despachadores de combustible comparado al grupo de control y se asocia directamente a los síntomas más frecuentes según la encuesta realizada, que son, fatiga, dolor de cabeza, mareos, congestión nasal y flujo nasal.

### **Estudio 16**

País: Tailandia

Autores: Tunsaringkarn et al. (2013)

Título: Exposición a Benceno y su Asociación con Enfermedades Exhibidas por Trabajadores de Gasolineras.

Doi: doi:10.7726/ijeps.2013.1001

Tipo de estudio: Estudio Transversal.

Resumen:

Investigación con 145 trabajadores de 11 gasolineras de los cuales 125 son trabajadores expendedores de gasolina; todos saludables, mayores de 18 años y con más de 6 meses de trabajo que busca analizar benceno en sangre venosa y t,t-MA en orina. El BBL promedio en sangre venosa recolectado durante el turno fue de  $286.6 \mu\text{g}/\text{L}$  y fue asociado directamente con dolores de cabeza y mareos. Este estudio refuerza la premisa que una exposición ocupacional crónica a benceno puede causar efectos neurológicos en trabajadores.

## **Estudio 17**

País: Irán.

Autores: Bahrami et al. (2007)

Título: Comparación de la Exposición a Benceno en Choferes y Trabajadores de Gasolineras mediante el Ácido Trans, Trans - Mucónico en Orina al Oeste de Irán.

Doi: <https://doi.org/10.2486/indhealth.45.396>

Tipo de estudio: Estudio Comparativo.

Resumen:

Análisis realizado en dos grupos de hombres en el estado Hamadan: choferes de taxi y trabajadores de gasolineras. La muestra consiste en 25 trabajadores de gasolineras y 60 taxistas seleccionados aleatoriamente. Con referencia a un grupo de control de 60 hombres no expuestos y saludables, fueron seleccionados según su edad, hábito de fumar y condición saludable. Para la cuantificación de benceno en aire los sujetos llevaron consigo un muestreador portátil con cartuchos de carbón activo para luego analizar la muestra mediante cromatografía. Y al finalizar el turno se les solicita una muestra de orina para valorar la presencia de t,t-MA. Los resultados demuestran que los trabajadores de gasolineras tienen una exposición significativamente mayor que los choferes lo cual indica que la mayor parte de benceno en aire proviene de la transferencia de gasolina en carga de vehículos.

## **Estudio 18**

País: Brasil

Autores: Moro et al. (2016)

Título: Biomonitorio de Expendedores de Gasolina Expuestos a Benceno. Efecto de Género.

Doi: <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2016.11.002>

Tipo de estudio: Estudio Transversal.

Resumen:

El grupo de estudio consiste en 40 trabajadores expendedores de gasolina en estaciones de servicio. Un total de 20 hombres y 20 mujeres. Muestreadores personales fueron utilizados para recolectar el benceno de la zona respirable durante el turno de trabajo de aproximadamente 8 horas. Las muestras recolectadas fueron analizadas por cromatografía; asimismo, se toma una muestra de orina al finalizar el turno para cuantificar el t,t - MA. Para cuantificar marcadores genotóxicos se toman muestras de células epiteliales en la mucosa bucal. También se analizan enzimas renales y biomarcadores inmunológicos mediante eritrograma en sangre. Los resultados del estudio demuestran que los trabajadores masculinos y femeninos muestran altos índices de t,t-MA en orina y en las mujeres este valor medio es ligeramente superior al índice biológico de exposición (BEL) de 500 [µg/g]. Y sugiere que las mujeres podrían tener mayor afectación por el benceno comparado a trabajadores masculinos.

### **Estudio 19**

País: Egipto.

Autores: Abou-ElWafa et al. (2015)

Título: Algunos Parámetros Bioquímicos y Hematológicos entre Trabajadores de Gasolineras. Un Estudio Comparativo.

Doi: <https://doi.org/10.1155/2015/418724>

Tipo de estudio: Estudio Transversal Comparativo.

#### Resumen:

Este estudio incluye a 102 trabajadores de bombas de gasolina de 6 estaciones que aceptaron participar voluntariamente. Fueron entrevistados y se les tomó una muestra de sangre a las 10:00 a.m. cuando la carga de trabajo era ligera. Como grupo de control se tiene a 102 trabajadores saludables de la facultad de medicina de la universidad Mansoura. El conteo de glóbulos rojos, hemoglobina y hematocrito fue significativamente menor en trabajadores que en el grupo de control; el estudio epidemiológico sugiere una relación entre la exposición al benceno y desórdenes de células sanguíneas. En este estudio no se observaron diferencias significativas en enzimas hepáticas analizadas.

## **Estudio 20**

País: Irán

Autores: Moghadam et al. (2020)

Título: Efectos de la Exposición Ocupacional a Gasolina y sus Componentes en parámetros Bioquímicos Renales y Hepáticos entre Trabajadores de Gasolineras. Una Revisión y Meta-Análisis.

Doi: <https://doi.org/10.1515/reveh-2019-0107>

Tipo de estudio: Revisión y Meta-Análisis.

Resumen:

Los criterios de inclusión y exclusión se basan en la metodología PICO. (P) para la selección de la población, es decir, trabajadores de gasolineras; (I) representa la intervención, que no aplica, al ser un estudio observacional; (C) es la comparación entre trabajadores que trabajan en otras estaciones o no se encuentran expuestos; y (O) referente al resultado por la palabra “outcome” en inglés y aplica a los índices renales y hepáticos medidos en los grupos expuestos y de control. La investigación refleja que que las enzimas aspartato aminotransferasa (AST), alanina aminotransferasa (ALT), fosfatasa alcalina (ALP), proteína total, bilirrubina total, nitrógeno ureico (BUN), ácido úrico y niveles de creatinina fueron elevados en trabajadores despachadores de gasolina, por ende, la exposición ocupacional a los COV's de gasolina puede crear efectos adversos en hígado y riñones.

## **Estudio 21**

País: Irak.

Autores: Al-jadaan y JabbarAlkinany (2017)

Título: Impacto de la Exposición a Benceno en la Función Pulmonar en Trabajadores de Gasolineras en Ciudad Basra al Sur de Irak.

Enlace:

[https://www.researchgate.net/publication/316357164\\_Impact\\_of\\_benzene\\_exposure\\_on\\_lung\\_fu](https://www.researchgate.net/publication/316357164_Impact_of_benzene_exposure_on_lung_fu)

nctions\_of\_fuel\_stations\_workers\_in\_Basra\_CitySouthern\_of\_Iraq?enrichId=rgreq-  
0d5a63ac86e4c9b0ed21b242aefc4d0d-  
XXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzMxNjM1NzE2NDtBUzo1MzM1MzA

Tipo de estudio: Estudio Transversal.

Resumen:

El estudio comprende el análisis de 52 trabajadores de gasolineras comparados con 60 sujetos de control no expuestos a COV's. Los participantes de ambos grupos están en el rango de 30 – 45 años. Todos aparentemente sanos, no fumadores y sin historial de enfermedades respiratorias como asma, enfisema o bronquitis crónica. Las funciones pulmonares se valoran mediante la realización de una espirometría. Se logró determinar que los trabajadores presentan una disminución en el volumen espirado máximo en el primer segundo de la espiración forzada (FEV1), capacidad vital forzada (FVC) y flujo espiratorio máximo (PEF). La disminución tiene una diferencia promedio de 0.05 L en FEV1 lo cual sugiere que la alteración en la función respiratoria responde a un patrón de obstrucción.

## **Estudio 22**

País: Irak.

Autores: AL-Rrubaei y Jawad (2020)

Título: Gen de Polimorfismo Factor de Necrosis Tumoral- $\alpha$  en trabajadores de gasolineras.

Doi: <https://doi.org/10.31838/ijpr/2020.12.04.130>

Tipo de estudio: Estudio Transversal.

Resumen:

El estudio involucra a 30 trabajadores de gasolineras entre 30 y 43 años, además de 25 sujetos saludables para control. Se tomaron muestras de 2 [ml] de sangre y se realizó una extracción de ADN utilizando el kit de extracción Favor gene para estudios secuenciales. Se encuentra una relación entre la exposición prolongada a vapores de gasolina en el gen TNF que causa inactivación

genética y apoptosis celular, lo cual podría impactar negativamente la salud y la eficiencia del sistema inmune de trabajadores.

### **Estudio 23**

País: Brasil

Autores: Geraldino et al. (2021)

Título: Evaluación de la Exposición a Tolueno y Xileno en Trabajadores de Gasolineras.

Doi: <https://doi.org/10.1155/2021/5553633>

Tipo de estudio: Estudio Transversal Epidemiológico.

Resumen:

Estudio desarrollado en 21 gasolineras del centro y sur de Rio de Janeiro con 384 trabajadores separados en dos grupos, 203 trabajadores de oficinas y 181 despachadores de gasolina. Luego de una encuesta para valorar los hábitos de los trabajadores en cuanto a alimentación y consumo de alcohol y tabaco, se toma una muestra de orina al final del turno de 8 horas para valorar la presencia de tolueno y xileno mediante la cuantificación de ácido hipúrico y ácido metil-hipúrico. Se determina que estadísticamente los valores son significativamente superiores al grupo de control y se relacionan directamente con la exposición ocupacional a vapores de gasolina. Los principales síntomas observados son cefaleas, calambres musculares, mareos, fatiga y pérdida de peso.

### **Estudio 24**

País: Brasil.

Autores: da Poça et al. (2021)

Título: Trabajadores de Gasolineras en Brasil. Exposición a Benceno. Efectos Genotóxicos e Inmunotóxicos.

Doi: <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2021.503322>

Tipo de estudio: Estudio Transversal Epidemiológico.

Resumen:

Este estudio cuenta con la participación de trabajadores de 21 estaciones de servicio de Rio de Janeiro. Todos los participantes son mayores de 18 años. Trabajadores expuestos a quimioterapia u otras radiaciones ionizantes en los últimos tres meses fueron excluidos. Entre los trabajadores se evalúa un grupo de 154 despachadores de gasolina. Se toman muestras de orina para cuantificar el t,t-MA; y muestras de sangre para valorar las células sanguíneas y la extracción de ADN. Los valores de t,t-MA en orina llegan a ser hasta el doble que los del grupo de control. Además, encuentra una relación entre el daño genético y la exposición ocupacional a benceno mediante un ensayo de electroforesis en gel de células individuales.

### **Estudio 25**

País: Siria

Autores: Alses y Alzeer (2021)

Título: Evaluación de Algunos Parámetros Biológicos de Trabajadores de Gasolineras en Damascus, Siria.

Doi: <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e07056>

Tipo de estudio: Estudio Transversal.

Resumen:

Se recolectaron muestras de sangre de 30 trabajadores de gasolineras y un número igual de sujetos no expuestos a COV's como grupo de control y se analizaron los siguientes marcadores de estrés oxidativo: malondialdehído (MDA), productos proteicos de oxidación avanzada (AOPP), actividad catalasa (CAT), CBS, ALT y AST. Las muestras de sangre revelaron que malondialdehído (MDA), Productos Avanzados de Oxidación de proteínas (AOPP), Actividad Catalasa (CAT), glóbulos rojos (RBC) y hemoglobina (HgB) tuvieron resultados significativamente superiores al grupo de control ( $p= 0.000$ ,  $p = 0.02$ ,  $p= 0.002$ ,  $p= 0.018$  and  $p= 0.015$ ) respectivamente.

## **Estudio 26**

País: China.

Autores: Xiong et al. (2016)

Título: Estrés Oxidativo y Genotoxicidad a largo plazo de Exposición Ocupacional a Bajos Niveles de BTEX en Trabajadores de Gasolineras.

Doi: doi:<https://doi.org/10.3390/ijerph13121212>

Tipo de estudio: Estudio Transversal.

### Resumen:

El estudio contempla 252 trabajadores de gasolineras, de los cuales, 200 son trabajadores despachadores de gasolina. Se realizó un cuestionario incluyendo edad, género, ocupación, tiempo de exposición, consumo de alcohol y tabaco. Se tomaron muestras de aire de 13 gasolineras de la ciudad de Nanning seleccionadas aleatoriamente como puntos de muestreo ocupacional. Todos los muestreadores fueron ubicados a 1.5 [m] del suelo. Además, se tomaron muestras de sangre para evaluar parámetros de estrés oxidativo. Los resultados demuestran que aunque existen niveles de exposición por debajo de la dosis de exposición recomendados por la NIOSH, aún se presentan daños enzimáticos. También el estudio comprueba la eficacia de realizar ensayos de sangre de estrés oxidativo y genotoxicidad debido que son biomarcadores efectivos al momento de evaluar la exposición y efectos de BTEX respectivamente.

## **Estudio 27**

País: Brasil.

Autores: Alves et al. (2017)

Título: Relación entre Síntomas, Uso de EPP, y Hábitos relacionados a la Exposición Ocupacional a Componentes BTEX en Trabajadores de Gasolineras en Bahia, Brasil.

Doi: <https://doi.org/10.4236/jep.2017.85042>

Tipo de estudio: Estudio Descriptivo Exploratorio Cuantitativo y Cualitativo.

Resumen:

Para mostrar los riesgos y el daño causado por la exposición ocupacional a BTEX, se investigaron las condiciones laborales de 113 trabajadores de Riachão do Jacuipe, Feira de Santana and Salvador en el estado de Bahia, Brasil. Es un estudio descriptivo en base a la observación y la aplicación de encuestas para relacionar los hábitos de los trabajadores a los síntomas que puedan presentar. La mayoría de trabajadores únicamente utilizan botas como Equipo de Protección Individual (EPI) y los resultados demuestran que presentan síntomas tales como mareos, cefaleas, tremor, taquicardia, insomnio, rinitis, dolor de piernas, tos y fatiga. Estos desórdenes están asociados a la exposición a BTEX y malos hábitos como la falta de uso de mascarilla.

### **Estudio 28**

País: Tailandia

Autores: Sairat et al. (2015)

Título: Investigación de la Distribución de Gasolina en gasolineras. Concentraciones Espaciales y Estacionales, Fuentes, Mitigación, Medidas y Síntomas Ocupacionales Expuestos.

Doi: <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4615-3>

Tipo de estudio: Estudio Transversal.

Resumen:

Se monitorearon los niveles de COV's determinando la distribución de benceno en dos gasolineras, en tres estaciones del año. Las concentraciones promedio de benceno fluctúan entre 18-1288 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] y de 12-81 [ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ] para tolueno. Las altas concentraciones de benceno y tolueno se deben principalmente a la volatilización de gasolina al momento de llenar los tanques de vehículos, sin embargo, las mediciones demuestran un incremento significativo de COV's en ambiente al momento del proceso diario de abastecimiento de combustible para los tanques subterráneos mediante el tanquero. También se evidencia una reducción en los valores ambientales cuando los dispensadores han sido actualizados con mecanismos de corte y recuperación de gases. No se evidencia diferencia significativa entre los monitoreos realizados en diferentes estaciones.

meteorológicas. La concentración de benceno de este estudio se demuestra en concentraciones similares a lo largo de las estaciones monitoreadas, sin embargo, se evidencia que el Tolueno disminuye su concentración conforme se aleja el punto de muestreo del área de abastecimiento de combustible. Las encuestas realizadas a 83 trabajadores de 11 diferentes estaciones de servicio revelan la incidencia de síntomas tales como dolor de cabeza y fatiga principalmente.

### **Estudio 29**

País: Irán

Autores: Heibati et al. (2017)

Título: Evaluación de exposición a BTEX y Evaluación de Riesgo Cuantitativo en Distribuidores de Derivados de Petróleos.

Doi: doi:<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.06.055>

Tipo de estudio: Estudio Transversal.

Resumen:

Se evaluó la exposición a BTEX de 50 trabajadores de diferentes procesos de distribución de combustibles, entre ellos, los encargados de carga y descarga de gasolina desde los camiones tanqueros hacia las gasolineras. Se realizó un monitoreo de 8 horas mediante un equipo portátil ubicado en la ropa de trabajo que toma muestras y arroja resultados de las concentraciones de COV's. Los resultados demuestran que el riesgo químico resultado de la exposición a BTEX es muy alto, ya que los valores medidos superan los límites de exposición recomendados. Y aquellos trabajadores de tanqueros tienen un riesgo mayor de contraer cáncer en comparación a otros puestos de trabajo.

### **Estudio 30**

País: Vietnam.

Autores: Giao et al. (2020)

Título: Evaluación del Riesgo a la Salud por la Exposición de Trabajadores a BTEX en Gasolineras.

Doi: <https://doi.org/10.4314/jasem.v25i1.10>

Tipo de estudio: Revisión Sistemática.

Resumen:

Los criterios de inclusión incluyen a estudios que refieren a la evaluación de BTEX, formaldehído y acetaldehído en gasolineras. La revisión realizada evalúa las concentraciones de BTEX y compuestos carbonílicos como formaldehído y acetaldehído. En general las conclusiones revelan que el riesgo de cáncer es muy elevado en trabajadores de gasolineras y es fundamental implementar medidas protectoras colectivas que permitan mitigar el riesgo químico, resultado de la exposición a COV's.

### **Conclusiones**

La exposición a BTEX conlleva un elevado riesgo de cáncer incluso cuando los valores de concentración en el aire respirable de la atmósfera de trabajo se encuentran dentro de valores permisibles. Esta investigación revela la necesidad de controlar mediante monitoreo de Higiene Industrial el ambiente de trabajo de Gasolineras en conjunto con la valoración de parámetros biológicos; y sienta las bases para que se elaboren más estudios referentes a la vigilancia de la salud de trabajadores expuestos a BTEX.

## ANEXOS

### Anexo 1

#### Matriz Bibliométrica.

|   | Título  | APA   | Tipo de estudio                     | Número de Trabajadores evaluados | Metodología  | País   | Resultados  | Base de datos |
|---|---|---|-------------------------------------|----------------------------------|--|--------|---|---------------|
| 1 | Efectos Genotóxicos de la exposición ocupacional a benceno en trabajadores de gasolineras | Salem, E., El-Garawani, I., Allam, H., Abd El-Aal, B., & Hegazy, M. (2018). Genotoxic effects of occupational exposure to benzene in gasoline station workers. <i>Industrial health</i> , 56(2), 132-140. | Comparativo e cross-sectional study | 36                               | 36 trabajadores masculinos mayores de 18 años con más de un año de trabajo en carga de gasolina y que no usan mascarilla ni guantes; y un igual número de grupo de control.<br>-Cuestionarios de entrevistas.<br>- Monitoreos de BTEX en el aire por cromatografía de gases.<br>- Mediciones de genotoxicidad. | Egipto | Mayor evidencia de densidad óptica de fragmentación de ADN y micronucleos. En cuanto a la viabilidad de leucocitos el grupo de estudio presenta mayor cantidad de células muertas. No se evidencia diferencia significativa en fumadores ni en diferentes rangos de edad. | PubMed        |

|   |   |  |                       |    |  |       |   |        |
|---|---|--|-----------------------|----|--|-------|---|--------|
| 2 | Efectos Genotóxicos de la exposición a vapores de gasolina en trabajadores de gasolineras | Shaikh, A., Barot, D., & Chandel, D. (2018). Genotoxic effects of exposure to gasoline fumes on petrol pump workers. The International Journal of Occupational and Environmental Medicine, 9(2), 79. | Cross-sectional study | 70 | 70 trabajadores masculinos de áreas con alto tráfico vehicular y constante monitoreo de calidad del aire del ambiente de trabajo. El mismo número de personas saludables, y coincidiendo con las edades fue seleccionado como grupo de control de un área menos poblada. Cuestionarios de que evalúan edad, experiencia, duración de turnos, alergias, etc. Recolección de muestras celulares de la pared interior de la mejilla para centrifugar y observar al microscopio las posibles | India | Los participantes presentan promedio de 37 años de edad y 10 años de experiencia laboral y con turnos de 8 horas. Se identificaron 8 tipos de células en cuanto a su morfología: células normales, binucleadas, micronucleadas, cuerpos nucleares, cromatina condensada, cariorrexis, picnóticas, cariólisis. | PubMed |
|---|---|--|-----------------------|----|--|-------|---|--------|

|  |  |  |  |  |                          |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--------------------------|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  | anormalidades nucleares. |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--------------------------|--|--|--|--|

|   |  |   |                              |           |   |             |  |                         |
|---|--|---|------------------------------|-----------|---|-------------|--|-------------------------|
| 3 | <p>Concentraciones en el aire ambiental de Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno de Gasolina y Estaciones de Recarga CNG.</p> | <p>Hazrati, S., Rostami, R., Fazlzadeh, M., &amp; Pourfarzi, F. (2016). Benzene, toluene, ethylbenzene and xylene concentrations in atmospheric ambient air of gasoline and CNG refueling stations. <i>Air Quality, Atmosphere &amp; Health</i>, 9(4), 403-409.</p> | <p>Cross-sectional study</p> | <p>24</p> | <p>15 estaciones de gasolina y 9 de gas natural comprimido (CNG) fueron monitoreadas para detectar BTEX en su ambiente laboral. Las muestras son tomadas a la altura del cuello por encima del 1.5 m de altura. La porción de BTEX fue recolectada de el ambiente mediante el Método Analítico 1501 de NIOSH con un muestreo ajustado aun caudal de 0,2 L/min durante 50 min hasta obtener 10 L. La recolección se hizo mediante carbón activo, el cual, se almacena a -20 °C y se analiza en las siguientes 72</p> | <p>Iran</p> | <p>La concentración promedio de benceno (2.01±0.41 mg/m<sup>3</sup>) fue mayor que el OEL recomendado (1.6 mg/m<sup>3</sup>) por el Ministerio de salud y educación Médica de Irán. Las concentraciones de BTEX fueron mayores en gasolineras que en las estaciones CNG. El llenado de tanques es realizado por los propietarios e vehículos, sin embargo, los resultados demuestran que los trabajadores se ven expuestos a altas concentraciones de benceno especialmente, ya que la porción</p> | <p>Google Académico</p> |
|---|--|---|------------------------------|-----------|---|-------------|--|-------------------------|

|  |  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|--|---|
|  |  |  |  | <p>horas con ja<br/>extracción<br/>utilizando CS2<br/>mediante<br/>coromatografía<br/>gaseosa con<br/>Detector de<br/>Flama Ionizada<br/>(FID)</p> | <p>de etilbenceno,<br/>tolueno y xileno a<br/>pesar de ser<br/>estadísticamente<br/>mayor en<br/>gasolineras que<br/>el aire<br/>atmosférico<br/>urbano, no<br/>exceden el Valor<br/>Umbral Límite -<br/>Media<br/>Ponderada en el<br/>Tiempo (TVL-<br/>TWA) de la<br/>política en irán.<br/>De todos los<br/>VOCs<br/>monitoreados, el<br/>etilbenceno<br/>representa la<br/>porción mas<br/>significativa<br/>seguida del<br/>benceno, no<br/>obstante, es el<br/>benceno el que<br/>representa<br/>valores que<br/>sobrepasan los<br/>límites del<br/>Ministerio de<br/>salud Iraní.</p> |
|--|--|--|--|--|---|

|   |   |   |                       |   |   |       |   |                  |
|---|---|---|-----------------------|---|---|-------|---|------------------|
| 4 | Exposición a Benceno, Etilbenceno, Tolueno, Xileno, Formaldehído y Acetaldehído dentro y alrededor de Gasolineras en Japón. | Shinohara, N., Okazaki, Y., Mizukoshi, A., & Wakamatsu, S. (2019). Exposure to benzene, toluene, ethylbenzene, xylene, formaldehyde, and acetaldehyde in and around gas stations in Japan. <i>Chemosphere</i> , 222, 923-931. | Cross-sectional study | 3 | Realización de encuestas en tres gasolineras de Okayama. Se registra el volumen de carga y número de vehículos durante la toma de muestra. Cada empleado lleva dos bombas con cartuchos muestreadores para tomar muestras cada dos horas. | Japón | Los análisis de cromatografía indican que no hay diferencias significativas en los resultados de las tres gasolineras ni tampoco varían en cuanto a las mediciones realizadas en primavera e invierno, aunque sí se observa una diferencia cuando hay mayor temperatura, pero revelan que el promedio de riesgo de cáncer debido al benceno en trabajadores a tiempo completo de carga de gasolina es de $2.22 \times 10^{-5}$ frente a trabajadores de estaciones self-service, cuyo riesgo promedio es de $2.43 \times 10^{-6}$ | Google Académico |
|---|---|---|-----------------------|---|---|-------|---|------------------|

|  |  |  |  |  |  |  |   |  |
|--|--|--|--|--|--|--|---|--|
|  |  |  |  |  |  |  | <p>lo cual representa una incidencia de riesgo de cáncer de 0.04 y 0.002 casos al año respectivamente. Las mediciones también reflejan que el riesgo no carcinogénico referente a Tolueno, Etilbenceno y Xileno es relativamente bajo pues los TLV se reportan menores a 1.</p> |  |
|--|--|--|--|--|--|--|---|--|

|   |  |  |                      |   |       |  |                  |
|---|--|--|----------------------|---|-------|--|------------------|
| 5 | Exposición Ocupacional a Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno en trabajadores de gasolineras en Ghana: Implicaciones para orientación política | Kuranchie, F. A., Angnunavuri, P. N., Attiogbe, F., & Nerquaye-Tetteh, E. N. (2019). Occupational exposure of benzene, toluene, ethylbenzene and xylene (BTEX) to pump attendants in Ghana: Implications for policy guidance. Cogent Environmental Science, 5(1), 1603418. | Revisión Sistemática | Delimitar políticas mediante nueva información actualizada. | Ghana | Una revisión sistemática sobre los potenciales riesgos cancerígenos y no cancerígenos que representa la exposición a BTEX con el objetivo de impulsar la creación de políticas que puedan normar los valores límites de exposición de trabajadores en un país como Ghana donde no existen leyes que contemplen la seguridad y salud del trabajador, lo cual resalta la importancia de este tipo de investigación a nivel internacional debido que los BTEX son depresores del Sistema Nervioso | Google Académico |
|---|--|--|----------------------|---|-------|--|------------------|

|   |  |  |                       |     |  |   |   |        |
|---|--|--|-----------------------|-----|--|---|---|--------|
|   |  |  |                       |     |  | Central (SNC) y conllevan riesgos hematopoyéticos |   |        |
| 6 | Risk Assessment on Benzene Exposure among Gasoline Station Workers |  | Cross-sectional study | 137 | Este estudio incluye 98 gasolineras con 150 trabajadores. Todos los trabajadores fueron no fumadores. Y se evalúa el riesgo de cáncer mediante una medición de la atmósfera de trabajo utilizando el método NIOSH 1501 | Thailand  | El riesgo de cáncer en las zonas evaluadas fluctúa entre $1.4 * 10^{-5}$ a $8 * 10^{-5}$ . Se concluye que el riesgo de cáncer aumenta hasta en un 70% en trabajadores expuestos a benceno y que los trabajadores despachadores de combustible son los más susceptibles a | PubMed |

|   |   |  |                       |    |   |          |  |        |
|---|---|--|-----------------------|----|---|----------|--|--------|
|   |   |  |                       |    |   |          | daño a su salud en comparación con cajeros, supervisores y otros trabajadores de las gasolineras.  |        |
| 7 | Risk assessment of workers' exposure to BTEX and hazardous area classification at gasoline stations | Chaiklieng, S. (2021). Risk assessment of workers' exposure to BTEX and hazardous area classification at gasoline stations. PloS one, 16(4), e0249913. | Cross-sectional study | 47 | Investigación realizada en 47 gasolineras. Para la recolección de datos se aplicó una encuesta a los trabajadores acorde a su turno de trabajo con preguntas que indican la cantidad de horas al día y número de días a la semana. Asimismo, se realizó un análisis del aire de trabajo utilizando el método de | Thailand | Las concentraciones de BTEX en el ambiente de trabajo alrededor de los dispensadores de gasolina están en el rango de 0.1 – 136.9, 8.1 – 406.0, 0.8 – 24.1 y 0.4 – 105.5 ppb para benceno, tolueno, etilbenceno y xileno respectivamente. Lo cual excede el límite recomendado | PubMed |

|   |  |   |                       |     |  |          |  |                  |
|---|--|---|-----------------------|-----|--|----------|--|------------------|
|   |  |   |                       |     | muestreo NIOSH 1501. La evaluación de riesgo para efectos no cancerígenos se efectuó mediante el análisis del coeficiente de riesgo.   |          | por la NIOSH de 100 ppb para benceno.  |                  |
| 8 | Exposure to benzene and toluene of gasoline station workers in Khon Kaen, Thailand and adverse effects | Chaiklieng, S, Suggaravetsiri, P., Kaminski, N., & Autrup, H. (2021). Exposure to benzene and toluene of gasoline station workers in Khon Kaen, Thailand and adverse effects. Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal, 27(7), 1823-1837. | Cross-sectional study | 192 | Se condujo en 47 gasolineras de la provincia de Khon Kaen en Tailandia con un total de 192 trabajadores seleccionados para el estudio. Las mediciones de benceno y tolueno en aire se realizaron según el método NIOSH 1501. Se calcula el coeficiente de riesgo para valorar efectos no cancerígenos y se cuantifica la | Thailand | . Los resultados demuestran que el 60% de los trabajadores exceden los límites recomendados y 80% de los cuales son trabajadores de carga de gasolina. Se demuestra también que el control de exposición a benceno conlleva a una reducción de exposición a tolueno. | Google Académico |

|   |  |   |                       |    |  |        |  |                  |
|---|--|---|-----------------------|----|--|--------|--|------------------|
|   |  |   |                       |    | presencia de t,t-MA en orina al finalizar el turno de 8 horas.   |        |  |                  |
| 9 | Assessment of BTEX Concentrations in Air Ambient of Gas Stations Using Passive Sampling and the Health Risks for Workers | Cruz, L. P., Alve, L. P., Santos, A. V., Esteves, M. B., Gomes, Í. V., & Nunes, L. S. (2017). Assessment of BTEX concentrations in air ambient of gas stations using passive sampling and the health risks for workers. Journal of Environmental Protection, 8(01), 12. | Cross-sectional study | 10 | Los datos fueron recolectados de 10 gasolineras. Las muestras se tomaron mediante muestreadores pasivos difusivos Radiello ubicados cerca de los dispensadores de gasolina durante 8 horas para luego transportar la muestra al laboratorio para su análisis. Los componentes se recuperan a través de | Brasil | Se concluye que el coeficiente de riesgo es menor a 1 en cuanto a Tolueno, etilbenceno y xileno, sin embargo, para el benceno se encuentra un HQ superior a 1 en el 70% de las estaciones de servicio analizadas lo cual representa un riesgo significativo de cáncer para los | Google Académico |

|  |  |  |  |  |  |                         |  |
|--|--|--|--|--|--|-------------------------|--|
|  |  |  |  | desorción química con CS <sub>2</sub> . Los riesgos a la salud se calcularon utilizando dosis referenciales de exposición y el respectivo coeficiente de riesgo. |  | trabajadores evaluados. |  |
|--|--|--|--|--|--|-------------------------|--|

|    |  |   |                     |   |   |       |   |                  |
|----|--|---|---------------------|---|---|-------|---|------------------|
| 10 | Exposición a compuestos orgánicos volátiles, tipo benceno, tolueno y xileno, en trabajadores de estaciones de expendio de combustible. | Villagra, C. E. A., & Dominguez, R. E. V. (2018). Exposición a compuestos orgánicos volátiles, tipo benceno, tolueno y xileno, en trabajadores de estaciones de expendio de combustible. Revista del Instituto de Salud Pública de Chile, 2(2). | Estudio descriptivo | 9 | Muestreo probabilístico realizado para conocer las concentraciones de benceno, tolueno y xileno en 6 gasolineras en la región metropolitana y su análisis según los límites permisibles. La metodología de medición se llevó a cabo según el Manual Básico sobre Mediciones y Toma de Muestras Ambientales y Biológicas en Salud Ocupacional del Instituto de Salud Pública de Chile. Se tomaron 18 muestras de aire y 9 de estas tuvieron duración del 70% de la jornada de trabajo. | chile | . El estudio no encuentra valores que sobrepasan los valores recomendados de exposición y lo relaciona a la implementación de sistemas de recuperación de vapores y normas que regulan la cantidad de COVs presentes en gasolina. | Google Académico |
|----|--|---|---------------------|---|---|-------|---|------------------|

|        |   |   |                     |   |  |         |  |        |
|--------|---|---|---------------------|---|--|---------|--|--------|
| 1<br>1 | Evaluación y control del riesgo químico por vapores orgánicos en los despachadores de combustible de una estación de servicio | Santillán, S. E. (2015). Evaluación y control del riesgo químico por vapores orgánicos en los despachadores de combustible de una estación de servicio. Enfoque UTE, 6(4), 113-123. | Estudio descriptivo | 9 | Con una muestra del 20% de trabajadores de la gasolinera Amazonas de EP Petroecuador; se tomaron muestras con muestreadores personales pasivos 3M 3500. El muestreador se ubica en la zona de respiración del individuo. | Ecuador | Se realiza una evaluación de riesgo químico en trabajadores de una gasolinera monitoreando su exposición a benceno, tolueno y xileno durante un turno de 8 horas y es el único estudio que concluye que los valores están por debajo del TLV-TWA de 0.5 ppm para benceno, 50 ppm para tolueno y 100 ppm para xileno considerando el riesgo aceptable y concluyendo que no existe un riesgo significativo a la salud. | SciELO |
|--------|---|---|---------------------|---|--|---------|--|--------|

|        |   |  |                       |     |  |        |  |        |
|--------|---|--|-----------------------|-----|--|--------|--|--------|
| 1<br>2 | Metabolic polymorphisms and clinical findings related to benzene poisoning detected in exposed brazilian gas-station workers. | Mitri, S., Fonseca, A. S. A., Otero, U. B., Tabalipa, M. M., Moreira, J. C., & Sarcinelli, P. D. N. (2015). Metabolic polymorphisms and clinical findings related to benzene poisoning detected in exposed brazilian gas-station workers. International journal of environmental research and public health, 12(7), 8434-8447. | Cross-sectional study | 114 | Un total de 118 trabajadores masculinos y femeninos, mayores de edad, fueron evaluados en este estudio. Se realizó un cuestionario para conocer características demográficas y hábitos como fumar, consumo de alcohol, antecedentes médicos y ocupacionales. A todos los participantes se les tomó una muestra de sangre y se valoró un examen físico. También se realizó un mapeo de ADN. | Brasil | El envenenamiento por benceno produce polimorfismo celular y se observa una considerable alta frecuencia de la disminución de conteo de neutrófilos y alteraciones al volumen corpuscular medio en comparación al grupo de control. El diagnóstico de envenenamiento por benceno conlleva diferentes factores, sin embargo, alrededor del 60% de los individuos con hallazgos clínicos manifiestan sufrir mareos, cefaleas, náuseas, calambres | PubMed |
|--------|---|--|-----------------------|-----|--|--------|--|--------|

|  |  |  |  |  |  |  |   |  |
|--|--|--|--|--|--|--|---|--|
|  |  |  |  |  |  |  | musculares,<br>pérdida de peso e<br>infecciones<br>recurrentes. |  |
|--|--|--|--|--|--|--|---|--|

|    |   |   |                       |    |  |          |   |                  |
|----|---|---|-----------------------|----|--|----------|---|------------------|
| 13 | Health Risk Assessment of Petrol Station Workers in the Inner City of Bangkok, Thailand, to the Exposure to BTEX and Carbonyl Compounds by Inhalation | Kitwattanavong, M., Prueksasit, T., Morknoy, D., Tunsaringkarn, T., & Siriwong, W. (2013). Health risk assessment of petrol station workers in the inner city of Bangkok, Thailand, to the exposure to BTEX and carbonyl compounds by inhalation. <i>Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal</i> , 19(6), 1424-1439. | Cross-sectional study | 12 | Esta investigación se llevó a cabo durante dos semanas en 6 gasolineras. Un tren de muestreo conectado a una bomba de bajo flujo y hacia cartuchos de carbón activo fue ubicado en el centro de cada estación. Se realiza una evaluación del riesgo de inhalación según los datos obtenidos. | Thailand | Los resultados determinan el riesgo de cáncer para benceno y formaldehído durante turnos de 8 horas evaluados durante dos semanas; los promedios de exposición personal para valores ambientales encontrados en las 6 gasolineras fueron mayores para tolueno, benceno, seguido de etilbenceno y xileno. Los resultados demuestran que los participantes de este estudio están en alto riesgo de cáncer por benceno, etilbenceno, formaldehído y acetaldehído, los demás COVs que | Google Académico |
|----|---|---|-----------------------|----|--|----------|---|------------------|

|    |  |   |                       |    |  |       |   |                  |
|----|--|---|-----------------------|----|--|-------|---|------------------|
|    |  |   |                       |    |  |       | conlleven a efectos no cancerígenos reflejaron valores aceptables por debajo de 1 considerando el coeficiente de riesgo evaluado.   |                  |
| 14 | Source apportionment of VOCs at the petrol pumps in Kolkata, India; exposure of workers and assessment of associated health risk | Majumdar, D., Dutta, C., Mukherjee, A. K., & Sen, S. (2008). Source apportionment of VOCs at the petrol pumps in Kolkata, India; exposure of workers and assessment of associated health risk. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 13(8), 524-530. | Cross-sectional study | 35 | Estudio realizado en 5 gasolineras con alto tráfico vehicular. Se evalúan un total de 35 trabajadores. La toma de muestra se realiza con muestreadores de bajo volumen conectados a cartuchos de carbón activo | India | Al analizar la evaluación de VOCs, en las muestras recolectadas en el turno de 8 horas, sus resultados demuestran que el compuesto más abundante registrado es tolueno (49.3–236.8 µg /m3), | Google Académico |

|        |  |  |                       |     |   |          |   |        |
|--------|--|--|-----------------------|-----|---|----------|---|--------|
|        |  |  |                       |     | para luego ser analizados por cromatografía con detector de ionización de flama. También se realiza un monitoreo estático para hidrocarburos mono-aromáticos.   |          | seguido del benceno (17.4–81.6 µg /m3) lo cual representa una alta probabilidad de cáncer en una exposición crónica.  |        |
| 1<br>5 | Factors Affecting Adverse Health Effects of Gasoline Station Workers | Tongsantia, U., Chaiklieng, S., Suggaravetsiri, P., Andajani, S., & Autrup, H. (2021). Factors Affecting Adverse Health Effects of Gasoline Station Workers. International Journal of Environmental Research and Public Health, 18(19), 10014. | Cross-sectional study | 151 | Con la participación de 151 trabajadores de 41 gasolineras considerando para la muestra 3 a 4 trabajadores por estación. Un cuestionario se realizó considerando los aspectos demográficos y datos ocupacionales, además de los síntomas que han sentido en los últimos 3 meses. Las muestras de benceno en aire se tomaron por | Thailand | La cuantificación de benceno estuvo en el rango de los 50 ppb y el registro del biomarcador fue de 506.7 µg /m3 lo cual fue significativamente alto en los trabajadores despachadores de combustible comparado al grupo de control y se asocia directamente a los síntomas más frecuentes según la encuesta realizada, que son, fatiga, dolor | PubMed |

|    |  |   |                       |     |   |          |  |                  |
|----|--|---|-----------------------|-----|---|----------|--|------------------|
|    |  |   |                       |     | muestreo de área activa mediante equipos ubicados a 1.5 [m] del suelo. Y al finalizar el turno de trabajo se procede a una recolección de muestra de orina para valorar la presencia de t,t-MA. |          | de cabeza, mareos, congestión nasal y flujo nasal.   |                  |
| 16 | Benzene exposure and its association with sickness exhibited in gasoline station workers | Tunsaringkarn, T., Ketkaew, P., Siriwong, W., Rungsiyothin, A., & Zupuang, K. (2013). Benzene exposure and its association with sickness exhibited in gasoline station workers. <i>Int J Environ Pollut Solutions</i> , 1, 1-8. | Cross-sectional study | 145 | Investigación con 145 trabajadores de 11 gasolineras, todos saludables, mayores de 18 años y con más de 6 meses de trabajo que busca analizar benceno en sangre venosa y t,t-MA en orina.       | Thailand | . El BBL promedio en sangre venosa recolectado durante el turno fue de 286.6 µg /L y fue asociado directamente con dolores de cabeza y mareos. Este estudio refuerza la premisa que una exposición ocupacional | Google Académico |

|    |  |  |                     |    |   |      |  |        |
|----|--|--|---------------------|----|---|------|--|--------|
|    |  |  |                     |    |   |      | crónica a benceno puede causar efectos neurológicos en trabajadores.   |        |
| 17 | Comparison of benzene exposure in drivers and petrol stations workers by urinary trans, trans-muconic acid in west of Iran | Bahrami, A. R., Jafari, A. J., Ahmadi, H., & Mahjub, H. (2007). Comparison of benzene exposure in drivers and petrol stations workers by urinary trans, trans-muconic acid in west of Iran. <i>Industrial health</i> , 45(3), 396-401. | estudio comparativo | 25 | Análisis realizado en dos grupos de hombres en el estado Hamadan: cfoferes de taxi y trabajadores de gasolineras. La muestra consiste en 25 trabajadores de gasolineras y 60 taxistas seleccionados aleatoriamente. Con referencia a un grupo de control de 60 hombres no expuestos y saludables, fueron seleccionados según su edad, hábito de fumar y condición | irán | . Los resultados demuestran que los trabajadores de gasolineras tienen una exposición significativamente mayor que los choferes lo cual indica que la mayor parte de benceno en aire proviene de la transferencia de gasolina en carga de vehículos. | PubMed |

|  |  |  |  |   |  |  |
|--|--|--|--|---|--|--|
|  |  |  |  | saludable. Para la cuantificación de benceno en aire los sujetos llevaron consigo un muestreador portátil con cartuchos de carbón activo para luego analizar la muestra mediante cromatografía. Y al finalizar el turno se les solicita una muestra de orina para valorar la presencia de t,t-MA. |  |  |
|--|--|--|--|---|--|--|

|    |   |   |                       |    |   |        |   |        |
|----|---|---|-----------------------|----|---|--------|---|--------|
| 18 | Biomonitoring of gasoline station attendants exposed to benzene: Effect of gender | Moro, A. M., Brucker, N., Charão, M. F., Baierle, M., Sauer, E., Goethel, G., & Garcia, S. C. (2017). Biomonitoring of gasoline station attendants exposed to benzene: Effect of gender. Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 813, 1-9 | Cross-sectional study | 80 | El grupo de estudio consiste en 40 trabajadores expuestos de gasolina en estaciones de servicio. Un total de 20 hombres y 20 mujeres. Muestreadores personales fueron utilizados para recolectar el benceno de la zona respirable durante el turno de trabajo de aproximadamente 8 horas. Las muestras recolectadas fueron analizadas por cromatografía; asimismo, se toma una muestra de orina al finalizar el turno para cuantificar el t,t - MA. Para cuantificar marcadores | brasil | . Los resultados del estudio demuestran que los trabajadores masculinos y femeninos muestran altos índices de t,t-MA en orina y en las mujeres este valor medio es ligeramente superior al índice biológico de exposición (BEL) de 500 µg/g. Y sugiere que las mujeres podrían tener mayor afectación por el benceno comparado a trabajadores masculinos. | PubMed |
|----|---|---|-----------------------|----|---|--------|---|--------|

|  |  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  | genotóxicos se toman muestras de células epiteliales en la mucosa bucal. También se analizan enzimas renales y biomarcadores inmunológicos mediante eritrograma en sangre. |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|--|

|    |  |  |                                   |     |  |       |  |                  |
|----|--|--|-----------------------------------|-----|--|-------|--|------------------|
| 19 | Some Biochemical and Hematological Parameters among Petrol Station Attendants: A Comparative Study | Abou-ElWafa, H. S., Albadry, A. A., El-Gilany, A. H., & Bazeed, F. B. (2015). Some biochemical and hematological parameters among petrol station attendants: a comparative study. BioMed research international, 2015. | estudio comparativo o transversal | 102 | Este estudio incluye a 102 trabajadores de bombas de gasolina de 6 estaciones que aceptaron participar voluntariamente. Fueron entrevistados y se les tomó una muestra de sangre a las 10:00 a.m. cuando la carga de trabajo era ligera. Como grupo de control se tiene a 102 trabajadores saludables de la facultad de medicina de la universidad Mansoura. | egypt | El conteo de glóbulos rojos, hemoglobina y hematocrito fue significativamente menor en trabajadores que en el grupo de control; el estudio epidemiológico sugiere una relación entre la exposición al benceno y desórdenes de células sanguíneas. En este estudio no se observaron diferencias significativas en enzimas hepáticas analizadas. | Google Académico |
|----|--|--|-----------------------------------|-----|--|-------|--|------------------|

|    |  |  |                      |    |  |      |   |        |
|----|--|--|----------------------|----|--|------|---|--------|
| 20 | Effect of occupational exposure to petrol and gasoline components on liver and renal biochemical parameters among gas station attendants, a review and meta-analysis | Moghadam, S. R., Afshari, M., Ganjali, A., & Moosazadeh, M. (2020). Effect of occupational exposure to petrol and gasoline components on liver and renal biochemical parameters among gas station attendants, a review and meta-analysis. <i>Reviews on Environmental Health</i> , 35(4), 517-530. | revisión sistemática | NA | Los criterios de inclusión y exclusión se basan en la metodología PICO. (P) para la selección de la población, es decir, trabajadores de gasolin;; (I) representa la intervención, que no aplica, al ser un estudio observacional; (C) es la comparación entre trabajadores que trabajan en otras estaciones o no se encuentran expuestos; y (O) referente al resultado por la palabra "outcome" en inglés y aplica a los índices renales y hepáticos medidos en los | irán | La investigación refleja que que las enzimas aspartato aminotransferas a (AST), alanina aminotransferas a (ALT), fosfatasa alcalina (ALP), proteína total, bilirrubina total, nitrógeno uréico (BUN), ácido úrico y niveles de creatinina fueron elevados en trabajadores despachadores de gasolina, por ende, la exposición ocupacional a los COVs de gasolina puede crear efectos adversos en hígado y riñones. | PubMed |
|----|--|--|----------------------|----|--|------|---|--------|

|    |   |  |                       |    |  |      |   |                  |
|----|---|--|-----------------------|----|--|------|---|------------------|
|    |   |  |                       |    | grupos expuestos y de control.   |      |   |                  |
| 21 | Impact of benzene exposure on lung functions of fuel stations workers in Basra City, Southren of Iraq | Al-jadaan, S. A., & JabbarAlkinany, A. S. (2017). Impact of benzene exposure on lung functions of fuel stations workers in Basra City, Southren of Iraq. International Journal of Pharmaceutical Science and Health Care, 2(7), 31-36. | Cross-sectional study | 53 | El estudio comprende el análisis de 52 trabajadores de gasolineras comparados con 60 sujetos de control no expuestos a COV's. Los participantes de ambos grupos están en el rango de 30 – 45 años. Todos | iraq | Se logró determinar que los trabajadores presentan una disminución en el volumen espirado máximo en el primer segundo de la espiración forzada (FEV1), capacidad vital forzada (FVC) y flujo espiratorio máximo (PEF). La | Google Académico |

|        |  |   |                       |    |  |      |  |                  |
|--------|--|---|-----------------------|----|--|------|--|------------------|
|        |  |   |                       |    | aparentemente sanos, no fumadores y sin historial de enfermedades respiratorias como asma, enfisema o bronquitis crónica. Las funciones pulmonares se valoran mediante la realización de una espirometría.   |      | disminución tiene una diferencia promedio de 0.05 L en FEV1 lo cual sugiere que la alteración en la función respiratoria responde a un patrón de obstrucción.  |                  |
| 2<br>2 | Tumor Necrosis Factor- $\alpha$ gene polymorphism in Gasoline prolonged exposure workers | AL-Rrubaei, H., & Jawad, R. (2020). Tumor Necrosis Factor- $\alpha$ gene polymorphism in Gasoline prolonged exposure workers. International Journal of Pharmaceutical Research, 12(4), 975-2366 | cross-sectional study | 30 | El estudio involucra a 30 trabajadores de gasolineras entre 30 y 43 años, además de 25 sujetos saludables para control. Se tomaron muestras de 2 [ml] de sangre y se realizó una extracción de ADN utilizando el kit de extracción Favor gene para | iraq | Se encuentra una relación entre la exposición prolongada a vapores de gasolina en el gen TNF que causa inactivación genética, lo cual podría impactar negativamente la salud y la eficiencia del sistema inmune de trabajadores. | Google Académico |

|        |  |   |                       |    |   |        |   |        |
|--------|--|---|-----------------------|----|---|--------|---|--------|
|        |  |   |                       |    | estudios<br>secuenciales.   |        |   |        |
| 2<br>3 | Evaluation of exposure to toluene and xylene in gasoline station workers | Geraldino, B. R., Nunes, R. F., Gomes, J. B., da Poça, K. S., Giardini, I., Silva, P. V., & Sarpa, M. (2021). Evaluation of exposure to toluene and xylene in gasoline station workers. <i>Advances in Preventive Medicine</i> , 2021 | cross-sectional study | 21 | Estudio desarrollado en 21 gasolineras del centro y sur de Rio de Janeiro con 384 trabajadores separados en dos grupos, 203 trabajadores de oficinas y 181 despachadores de gasolina. Luego de una encuesta para valorar los hábitos de los trabajadores en cuanto a alimentación y consumo de alcohol y tabaco, se toma una muestra de orina | brasil | Se determina que estadísticamente los valores son significativamente superiores al grupo de control y se relacionan directamente con la exposición ocupacional a vapores de gasolina. Los principales síntomas observados son cefaleas, calambres musculares, mareos, fatiga y pérdida de peso. | PubMed |

|        |   |   |                       |     |  |        |   |        |
|--------|---|---|-----------------------|-----|--|--------|---|--------|
|        |   |   |                       |     | al final del turno de 8 horas para valorar la presencia de tolueno y xileno mediante la cuantificación de ácido hipúrico y ácido metil-hipúrico.   |        |   |        |
| 2<br>4 | Gasoline-station workers in Brazil: Benzene exposure; Genotoxic and immunotoxic effects | da Poça, K. S., Giardini, I., Silva, P. V. B., Geraldino, B. R., Bellomo, A., Alves, J. A., & Sarpa, M. (2021). Gasoline-station workers in Brazil: benzene exposure; genotoxic and immunotoxic effects. Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis, 865, 503322. | cross-sectional study | 154 | Este estudio cuenta con la participación de trabajadores de 21 estaciones de servicio de Rio de Janeiro. Todos los participantes son mayores de 18 años. Trabajadores expuestos a quimioterapia u otras radiaciones ionizantes en los últimos tres meses fueron excluidos. Entre | brasil | Los valores de t,t-MA en orina llegan a ser hasta el doble que los del grupo de control. Además, encuentra una relación entre el daño genético y la exposición ocupacional a benceno mediante un ensayo de electroforesis en gel de células individuales. | PubMed |

|        |  |  |                       |    |  |       |   |        |
|--------|--|--|-----------------------|----|--|-------|---|--------|
|        |  |  |                       |    | los trabajadores se avalúa un grupo de 154 despachadores de gasolina. Se toman muestras de orina para cuantificar el t,t-MA; y muestras de sangre para valorar las células sanguíneas y elestracción de ADN.                                 |       |   |        |
| 2<br>5 | Evaluation of some biological parameters of gasoline station attendants in Damascus, Syria | Alses, M., & Alzeer, S. (2021). Evaluation of some biological parameters of gasoline station attendants in Damascus, Syria. Heliyon, 7(5), e07056. | cross-sectional study | 30 | Se recolectaron muestras de sangre de 30 trabajadores de gasolineras y un número igual de sujetos no expuestos a COV's como grupo de control y se analizaron los siguientes marcadores de estrés oxidativo: malondialdehído (MDA), productos | Syria | Las muestras de sangre revelaron que malondialdehído (MDA), Productos Avanzados de Oxidación de proteínas (AOPP), Actividad Catalasa (CAT), glóbulos rojos (RBC) y hemoglobina (HgB) tuvieron resultados significativamente | PubMed |

|    |   |  |                       |     |  |       |  |        |
|----|---|--|-----------------------|-----|--|-------|--|--------|
|    |   |  |                       |     | proteicos de oxidación avanzada (AOPP), actividad catalasa (CAT), CBS, ALT y AST   |       | e superiores al grupo de control (p= 0.000, p = 0.02, p= 0.002, p= 0.018 and p= 0.015) respectivamente.  |        |
| 26 | Oxidative stress and genotoxicity of long-term occupational exposure to low levels of BTEX in gas station workers | Xiong, F., Li, Q., Zhou, B., Huang, J., Liang, G., Zhang, L. E., & Zou, Y. (2016). Oxidative stress and genotoxicity of long-term occupational exposure to low levels of BTEX in gas station workers. International Journal of Environmental Research and Public Health, 13(12), 1212. | cross-sectional study | 200 | El estudio contempla 252 trabajadores de gasolineras, de los cuales, 200 son trabajadores despachadores de gasolina. Se realizó un cuestionario incluyendo edad, género, ocupación, tiempo de exposición, consumo de alcohol y tabaco. Se tomaron muestras de aire de 13 gasolineras de la ciudad de Nanning | china | Los resultados demuestran que aunque existen niveles de exposición por debajo de la dosis de exposición recomendados por la NIOSH, aún se presentan daños enzimáticos. También el estudio comprueba la eficacia de realizar ensayos de sangre de estrés oxidativo y genotoxicidad debido q que son biomarcadores | PubMed |

|    |   |  |   |     |   |        |   |                  |
|----|---|--|---|-----|---|--------|---|------------------|
|    |   |  |   |     | seleccionadas aleatoriamente como puntos de muestreo ocupacional. Todos los muestreadores fueron ubicados a 1.5 [m] del suelo. Además se tomaron muestras de sangre para evaluar parámetros de estrés oxidativo |        | efectivos al momento de evaluar la exposición y efectos de BTEX respectivamente.  |                  |
| 27 | Relationship between Symptoms, Use of PPE and Habits Related to Occupational Exposure to BTEX Compounds in Workers of Gas Stations in Bahia, Brazil | Alves, L. P., Vieira, D. S., Nunes, L. S. S., Cruz, L. P., Reis, A. C. S., Gomes, Í. V., & Esteves, M. B. (2017). Relationship between symptoms, use of PPE and habits related to occupational exposure to BTEX compounds in workers of gas stations in Bahia, Brazil. <i>Journal of Environmental Protection</i> , 8(5), 650-661. | estudio descriptivo exploratorio o cualitativo y cuantitativo | 113 | Es un estudio descriptivo en base a la observación y la aplicación de encuestas para relacionar los hábitos de los trabajadores a los síntomas que puedan presentar   | brasil | La mayoría de trabajadores únicamente utilizan botas como Equipo de Protección Individual (EPI) y los resultados demuestran que presentan síntomas tales como mareos, cefaleas, tremor, taquicardia, insomnio, rinitis, dolor de piernas, | Google Académico |

|  |  |  |  |  |  |   |  |
|--|--|--|--|--|--|---|--|
|  |  |  |  |  |  | tos y fatiga. Estos desórdenes están asociados a la exposición a BTEX y malos hábitos como la falta de uso de mascarilla. |  |
|--|--|--|--|--|--|---|--|

|    |  |  |                       |    |  |           |  |        |
|----|--|--|-----------------------|----|--|-----------|--|--------|
| 28 | Investigation of gasoline distributions within petrol stations: spatial and seasonal concentrations, sources, mitigation measures, and occupationally exposed symptoms | Sairat, T., Homwuttiwong, S., Homwuttiwong, K., & Ongwandee, M. (2015). Investigation of gasoline distributions within petrol stations: spatial and seasonal concentrations, sources, mitigation measures, and occupationally exposed symptoms. Environmental Science and Pollution Research, 22(18), 13870-13880. | cross-sectional study | 63 | Se monitorearon los niveles de COV's determinando la distribución de benceno en dos gasolineras, en tres estaciones del año. Realización de encuestas. | tailandia | Las concentraciones promedio de benceno fluctúan entre 18-1288 [µg/m3] y de 12-81 [µg/m3] para tolueno. Las altas concentraciones de benceno y tolueno se deben principalmente a la volatilización de gasolina al momento de llenar los tanques de vehículos, sin embargo, las mediciones demuestran un incremento significativo de COV's en ambiente al momento del proceso diario de abastecimiento de combustible para los tanques subterráneos mediante el tanquero. La concentración de benceno de este | PubMed |
|----|--|--|-----------------------|----|--|-----------|--|--------|

|  |  |  |  |  |  |  |
|--|--|--|--|--|--|--|
|  |  |  |  |  |  | <p>estudio se demuestra en concentraciones similares a lo largo de las estaciones monitoreadas, sin embargo, se evidencia que el Tolueno disminuye su concentración conforme se aleja el punto de muestreo del área de abastecimiento de combustible. Las encuestas realizadas a 83 trabajadores de 11 diferentes estaciones de servicio revelan la incidencia de síntomas tales como dolor de cabeza y fatiga principalmente.</p> |
|--|--|--|--|--|--|--|

|    |  |   |                       |    |   |      |   |        |
|----|--|---|-----------------------|----|---|------|---|--------|
| 29 | BTEX exposure assessment and quantitative risk assessment among petroleum product distributors | Heibati, B., Pollitt, K. J. G., Karimi, A., Charati, J. Y., Ducatman, A., Shokrzadeh, M., & Mohammadyan, M. (2017). BTEX exposure assessment and quantitative risk assessment among petroleum product distributors. <i>Ecotoxicology and environmental safety</i> , 144, 445-449. | cross-sectional study | 50 | Se evaluó la exposición a BTEX de 50 trabajadores de diferentes procesos de distribución de combustibles, entre ellos, los encargados de carga y descarga de gasolina desde los camiones tanqueros hacia las gasolineras. Se realizó un monitoreo de 8 horas mediante un equipo portátil ubicado en la ropa de trabajo que toma muestras y arroja resultados de las concentraciones de COV's. | irán | Los resultados demuestran que el riesgo químico resultado de la exposición a BTEX es muy alto, ya que los valores medidos superan los límites de exposición recomendados. Y aquellos trabajadores de tanqueros tienen un riesgo mayor de contraer cáncer en comparación a otros puestos de trabajo. | PubMed |
|----|--|---|-----------------------|----|---|------|---|--------|

|    |   |  |                      |    |   |         |  |                  |
|----|---|--|----------------------|----|---|---------|--|------------------|
| 30 | Health Risk Assessment for the Exposure of Workers to BTEX at the Gasoline Stations | Giao, N. T., Anh, P. K., & Nhien, H. T. H. (2020). Health Risk Assessment for the Exposure of Workers to BTEX at the Gasoline Stations. Journal of Applied Sciences and Environmental Management, 25(1), 71-77 | revisión sistemática | NA | Los criterios de inclusión incluyen a estudios que refieren a la evaluación de BTEX, formaldehído y acetaldehído en gasolineras | vietnam | La revisión realizada evalúa las concentraciones de BTEX y compuestos carbonílicos como formaldehído y acetaldehído. En general las conclusiones revelan que el riesgo de cáncer es muy elevado en trabajadores de gasolineras y es fundamental implementar medidas protectoras colectivas que permitan mitigar el riesgo químico, resultado de la exposición a COV's. | Google Académico |
|----|---|--|----------------------|----|---|---------|--|------------------|

## Document Information

---

|                          |  |
|--------------------------|--|
| <b>Analyzed document</b> | Viillalba Rodrigo - Urkund.docx (D141704572) |
| <b>Submitted</b>         | 2022-07-04 15:14:00                          |
| <b>Submitted by</b>      | Paola Galarza                                |
| <b>Submitter email</b>   | pgalarza@sangregorio.edu.ec                  |
| <b>Similarity</b>        | 0%   |
| <b>Analysis address</b>  | pgalarza.sang@analysis.urkund.com            |

## Sources included in the report

---

### Entire Document

---

Exposición Ocupacional a Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno en Trabajadores de Gasolineras: Revisión Sistemática. Occupational Exposure to Benzene, Toluene, Ethylbenzene and Xylene in Gas Station Workers – a Systematic Review. Resumen La gasolina es fundamental para el funcionamiento de vehículos, aunque su uso conlleva un riesgo a la salud de los trabajadores de gasolineras, pero su impacto es más significativo en despachadores de gasolina. Esta investigación es una revisión sistemática de diferentes publicaciones en los últimos 15 años referente al riesgo químico y daño a la salud debido a la exposición ocupacional a Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno (BTEX) con el objetivo de actualizar y facilitar el acceso a la información científica y académica. Los principales riesgos a la salud identificados corresponden a daños hematopoyéticos, genotóxicos y neurotóxicos que conllevan a riesgo cancerígeno para benceno y etilbenceno; y no cancerígeno para tolueno y xileno. Los principales síntomas reportados son cefaleas y fatiga. Se identifica la necesidad controlar el ambiente de trabajo para monitoreo de BTEX durante el turno de 8 horas de los trabajadores de gasolineras y un posterior análisis de biomarcadores como la cuantificación de Ácido Trans, Trans-Mucónico (t,t-MA) en orina; y ensayos en sangre de cuantificación enzimática. Los resultados evidencian la necesidad de realizar más estudios en cuanto a la viabilidad de este puesto de trabajo y las medidas de ingeniería necesarias para mitigar las afectaciones a la salud. Palabras Clave BTEX; exposición ocupacional; riesgo químico; gasolinera; vigilancia de la salud. Abstract Gasoline is fundamental for engine performance, although its use carries an adverse health effect to gas station employees, but, the most significant impact aims to refueling workers. This study is a systematic review that assesses academic articles published over the past 15 years regarding the chemical risk and hazardous health effects due to an occupational exposition to Benzene, Toluene, Ethylbenzene and Xylene (BTEX) with the aim of updating and facilitating access to scientific and academic information. The main health risks identified were hematopoietic, genotoxic and neurotoxic damages that lead to a risk of cancer due to benzene and ethylbenzene; and a non-carcinogenic risk regarding toluene and xylene. The most significant symptoms reported were headache and fatigue. This investigation reveals the necessity of controlling the ambient air in gas stations and sampling the work environment for BTEX along the 8 hours' shift of refueling workers and a subsequence analysis of biomarkers such as the quantification of trans, trans – Muconic Acid (t,t-MA) in urine; and enzymatic blood assays. The results show the need to carry out more studies regarding the viability of this job position and the necessary engineering measures to mitigate the effects on health. Keywords BTEX; occupational exposition; chemical risk; gas station; health surveillance.

Introducción Existe una gran variedad de afectaciones a la salud por la exposición a vapores de gasolina que contienen Compuestos Orgánicos Volátiles (COV's) que van desde irritación hasta cáncer, y la porción BTEX es la principal causante por su acceso al cuerpo mediante las vías respiratoria y dérmica que representan un riesgo químico aun cuando existen concentraciones dentro de los límites de exposición recomendados (Alegretti, Thiesen y Maciel, 2004). Es frecuente observar en nuestro medio trabajadores expendedores de combustibles cumpliendo jornadas de 8 horas sin la adecuada protección ante el riesgo químico y potencial daño a su salud que conlleva la exposición constante a BTEX en el ambiente de trabajo y según Khisroon et al. (2015) son los trabajadores encargados de la carga y descarga de combustible en las gasolineras quienes tienen el riesgo químico más alto y consecuentemente al mayor daño a la salud. El problema de investigación comprende la determinación del riesgo químico y principales consecuencias en la salud de los trabajadores expendedores de combustibles de gasolineras, resultado de la exposición a Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno (BTEX) presentes en la porción volátil de gasolina. Considerando que se conocen los efectos nocivos a la salud y el riesgo químico que conlleva la exposición a vapores volátiles de combustibles, pero no existe en Ecuador información sistematizada, actualizada y orientada a los trabajadores de estaciones de servicio, se plantea la necesidad de generar un nuevo conocimiento mediante la indagación de fuentes secundarias. En Ecuador todos los trabajadores tienen derechos que exigir y responsabilidades que cumplir. En este contexto, los trabajadores expendedores de gasolina tienen derecho a que se les proporcione medidas de protección colectivas e individuales para mitigar el impacto en la salud, resultado de la manipulación constante de combustibles debido a la exposición ocupacional a la porción BTEX presentes en los COV's de gasolina. Asimismo, tienen la responsabilidad de utilizar su equipo de protección apropiado. Sin embargo, la evidencia nos indica que muchos empleadores hacen caso omiso a la entrega de Equipos de protección Individual (EPI) y en otros casos, los empleados deciden no usar la mascarilla, a sabiendas del daño potencial a su salud. El objetivo de este estudio es sistematizar los conocimientos teóricos relativos al riesgo químico y principales afectaciones a la salud de los trabajadores expendedores de gasolina a consecuencia de la exposición ocupacional a BTEX mediante un estudio de revisión sistemática. De los COV's presentes en la gasolina, el benceno representa la principal amenaza para los trabajadores pues consta como una sustancia peligrosa del grupo 1, acorde a la clasificación de la International Agency for Research on Cancer (IARC), es decir, carcinógeno para el ser humano y el etilbenceno es considerado un potencial cancerígeno. (IARC, 2018) Acorde a la Agencia para Substancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (ATSDR) de los Estados Unidos, el tolueno, etilbenceno y xileno pueden inducir efectos neurológicos en la salud (ATSDR, 2007; 2010 ; 2017). Existen numerosos estudios a nivel mundial que ligan la exposición a BTEX con efectos neurológicos, hematotóxicos y genotóxicos por la exposición prolongada en la industria (Kelly y Harder, 2019; Li, Pal, y Kannan, 2021). Considerando la información científica disponible a nivel mundial en cuanto a los límites permisibles de exposición que manifiestan el riesgo químico y ensayos biológicos indicadores de la presencia de BTEX en sangre y orina; además, la consecuencia a la salud de los trabajadores, este estudio busca el análisis y sistematización de la información referente al riesgo químico de la exposición a BTEX en trabajadores despachadores de gasolina y las principales afectaciones a la salud que conlleva su exposición ocupacional. Metodología La metodología aplicada corresponde a lo estipulado por Manchado Garabito, Tamames Gómez, López González, Mohedano Macías, y Veiga de Cabo quienes establecen criterios para la elaboración de una revisión sistemática exploratoria a través de la búsqueda de información con una estrategia de búsqueda definida que aplica criterios de inclusión y exclusión de artículos según las variables y objeto de estudio (2009). Primeramente, se realizó una búsqueda en las principales bases de datos de artículos científicos como son Scholar Google, SciELO, Redalyc y Pubmed entre otras, que contienen información publicada y validada sobre los efectos a la salud que relacionados a la exposición a BTEX y el riesgo químico presente en estaciones de servicio, utilizando las palabras clave establecidas, para lo cual se registró 56 resultados en Google Académico, 2 en SciELO, 126 en Redalyc y 112 en Pubmed. A continuación, se efectuó una búsqueda en Scholar Google con las palabras clave en idioma inglés, obteniendo como resultado 4770 artículos. Por esta razón la presente investigación comprende el 93% de artículos de revisión en idioma inglés y el 7% en español, en virtud de la actualización y relevancia de los estudios. En la siguiente fase se ejecutó un sondeo de todos los artículos publicados en los motores de búsqueda de información científica mencionados para una pre selección de 100 artículos recolectados según una lectura rápida de su título y resumen, analizando su relevancia y en el rango de publicación desde el 2007 al 2022. Posterior a esta preselección se realizó una clasificación de treinta artículos como sugieren Linares-Espinós et al. (2018) agrupando según los siguientes criterios de inclusión: artículos actualizados en español e inglés, estudios primarios, artículos originales, artículos de revisión y aquellos artículos que en su resumen contienen las palabras clave, asimismo, se consideraron como criterios de exclusión a artículos pediátricos, aquellas publicaciones que presentan información sobre el daño a la salud y el riesgo químico en trabajadores por exposición a BTEX en industrias de síntesis química de plásticos, caucho sintético, pinturas, pigmentos, pesticidas, detergentes, explosivos, perfumes, fármacos, laboratorio, entre otras, que no refieren a la exposición ocupacional a COVs de combustibles derivados del petróleo y artículos que presentan información sobre exposición a COVs en zonas urbanas resultante de la combustión de combustibles fósiles. El presente estudio se ha apegado a lo señalado por la declaración de Helsinki con sus principios: autonomía, consentimiento informado, beneficencia y justicia, representatividad (Osuna, Escobar, y Pérez, 2016). Discusión y Resultados Acorde a la presente revisión, los efectos a la salud resultado de la exposición ocupacional a BTEX dependen principalmente del tiempo de exposición y niveles de concentración en el ambiente de trabajo. Los resultados analizados en este estudio demuestran una diferente gama de daños desde efectos neurológicos inmediatos como cefaleas, fatiga e irritación hasta consecuencias genotóxicas que conllevan a una alteración del ADN e incidencia de cáncer. Para la revisión se han utilizado 7 artículos Tailandia, 6 de Brasil, de 4 de Irán, 2 de Irak, 2 de Egipto, 2 de la India, 1 de Japón, 1 de Ghana, 1 de Vietnam, 1 de Chile, 1 de Ecuador, 1 de Siria y 1 de China. En la Figura 1 se aprecia la cantidad de trabajadores expendedores de combustible objeto de estudio en cada país según la bibliografía revisada en la presente investigación. Tailandia, Brasil y China son los países con mayor número de población de trabajadores de gasolineras evaluados según la exposición ocupacional a BTEX. Figura 11 Número de trabajadores evaluados en cada país

Número de Trabajadores

Egipto India Irán Japón Tailandia Brasil Chile Ecuador Irak Siria China 138 105 99 3 747 492 9 9 83 30 200

Moghadam, Afshari, Ganjali, y Moosazadeh, (2020) condujeron un meta análisis para sistematizar la información referente al daño hepático y renal en trabajadores de gasolineras y concluyen según su investigación que las enzimas aspartato aminotransferasa (AST), alanina aminotransferasa (ALT), fosfatasa alcalina (ALP), proteína total, bilirrubina total, nitrógeno uréico (BUN), ácido úrico y niveles de creatinina fueron elevados en trabajadores despachadores de gasolina, por ende, la exposición ocupacional a los COVs de gasolina puede crear efectos adversos en hígado y riñones. Debido a la alta volatilidad del benceno, la respiratoria es la principal vía de acceso al cuerpo como lo afirman Al-jadaan y JabbarAlkinany (2017) en su estudio de las afectaciones pulmonares de 53 trabajadores de gasolineras en Iraq y mediante espirometrías realizadas se logró determinar que los trabajadores presentan una disminución en el volumen espirado máximo en el primer segundo de la espiración forzada (FEV1), capacidad vital forzada (FVC) y flujo espiratorio máximo (PEF). La disminución tiene una diferencia promedio de 0.05 L en FEV1 lo cual sugiere que la alteración en la función respiratoria responde a un patrón de obstrucción. Concentración de BTEX en el Ambiente de Trabajo y Riesgo Químico Autores como Hazrati, Rostami, Fazlzadeh, y Pourfarzi (2016) afirman que mediante el muestreo de aire en estaciones de servicio, la concentración promedio de benceno detectada ( $2.01 \pm 0.41$  [mg/m<sup>3</sup>]) fue mayor que el Límite de Exposición Ocupacional (OEL) recomendado (1.6 [mg/m<sup>3</sup>]) por el Ministerio de salud y educación Médica de Irán y que la porción de etilbenceno, tolueno y xileno a pesar de ser estadísticamente mayor en gasolineras que el aire atmosférico urbano, no exceden el Valor Umbral Límite - Media Ponderada en el Tiempo (TVL-TWA). De todos los COVs monitoreados en ese estudio, el etilbenceno representa la porción más significativa seguida del benceno, aunque, es este último el que figura valores que sobrepasan los límites del Ministerio de salud iraní. Por su parte Shinohara, Okazaki, Mizukoshi y Wakamatsu (2019) en un estudio realizado en gasolineras de Japón, realizaron análisis de aire con muestreadores automáticos utilizados por los trabajadores para recolectar la porción BTEX cada dos horas en los cartuchos mediante bombeo portátil. Los análisis de cromatografía demuestran que no hay diferencias significativas en los resultados de las tres gasolineras ni tampoco varían en cuanto a las mediciones realizadas en primavera e invierno. Asimismo, Sairat, Homwuttiwong, Homwuttiwong, y Ongwandee, (2015) no aprecian diferencia significativa entre los monitoreos realizados en diferentes estaciones climáticas. Y referente a Tolueno, Etilbenceno y Xileno los valores límite umbral (TLV) se reportan menores a 1 (Shinohara et al., 2019). Chaiklieng, Suggaravetsiri, y Autrup (2019) cuantifica los niveles de benceno en 150 trabajadores en una medición del aire respirable utilizando el método standard del National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) número 1501, que consiste en una medición en un turno de 8 horas con una bomba de flujo bajo y un cartucho de carbón activo para posteriormente ser analizado con cromatografía con detector de ionización de flama (NIOSH, 2003). Este método ha sido utilizado por diferentes autores como Salem, El-Garawani, Allam, Abd El-Aal, y Hegazy (2018), al igual que Chaiklieng, quien concluye que las concentraciones de BTEX en el ambiente de trabajo alrededor de los dispensadores de gasolina están en el rango de 0.1 – 136.9, 8.1 – 406.0, 0.8 – 24.1 y 0.4 – 105.5 [ppb] para benceno, tolueno, etilbenceno y xileno respectivamente. Lo cual excede el límite recomendado por la NIOSH de 100 [ppb] para benceno (Chaiklieng, 2021). El método de análisis acorde a los métodos NIOSH 1501 para BTEX y USEPA TO-11A para componentes tóxicos orgánicos (U.S. EPA, 1999), determinan el riesgo de cáncer para benceno y formaldehído durante turnos de 8 horas evaluados durante dos semanas; los promedios de exposición personal para valores ambientales encontrados en las 6 gasolineras fueron mayores para tolueno, benceno, seguido de etilbenceno y xileno (Kitwattanavong, Prueksasit, Morknoy, Tunsaringkarn, y Siri Wong, 2013). Y en otro estudio las concentraciones promedio de benceno fluctúan entre 18-1288 [µg/m<sup>3</sup>] y de 12-81 [µg/m<sup>3</sup>] para tolueno; las altas concentraciones de benceno y tolueno se deben principalmente a la volatilización de gasolina al momento de llenar los tanques de vehículos, sin embargo, las mediciones demuestran un incremento significativo de COV's en ambiente al momento del proceso diario de abastecimiento de combustible para los tanques subterráneos mediante el tanquero. También se evidencia una reducción en los valores ambientales cuando los dispensadores han sido actualizados con mecanismos de corte y recuperación de gases. La concentración de benceno de este estudio se demuestra en concentraciones similares a lo largo de las estaciones monitoreadas, sin embargo, se evidencia que el Tolueno disminuye su concentración conforme se aleja el punto de muestreo del área de abastecimiento de combustible (Sairat et al., 2015). Y Heibati et al. (2017) analiza la exposición a BTEX de 50 trabajadores de diferentes procesos de distribución de combustibles, entre ellos, los encargados de carga y descarga de gasolina desde los camiones tanqueros hacia las gasolineras. Se realizó un monitoreo de 8 horas mediante un equipo portátil ubicado en la ropa de trabajo que toma muestras y arroja resultados de las concentraciones de COV's. Los resultados demuestran que el riesgo químico resultado de la exposición a BTEX es muy alto, ya que los valores medidos superan los límites de exposición recomendados. Majumdar, Dutta, Mukherjee, y Sen, (2008) realizaron monitoreos en 35 trabajadores de gasolineras en India monitoreando su turno de 8 horas para evaluación de VOCs, sus resultados demuestran que el compuesto más abundante registrado es tolueno (49.3–236.8 [µg /m<sup>3</sup>]), seguido del benceno (17.4–81.6 [µg /m<sup>3</sup>]). Mientras que, según Tongsantia, Chaiklieng, Suggaravetsiri, Andajani, y Autrup (2021) la cuantificación de benceno estuvo en el rango de los 50 [ppb]. En un análisis comparativo se demuestra que los trabajadores de gasolineras tienen una exposición significativamente mayor que los choferes lo cual indica que la mayor parte de benceno en aire proviene de la transferencia de gasolina en carga de vehículos (Bahrami, Jafari, Ahmadi, y Mahjub, 2007). En Latinoamérica, Villagra y Dominguez (2018) no encuentran valores que sobrepasan los valores recomendados de exposición y lo relaciona a la implementación de sistemas de recuperación de vapores y normas chilenas que regulan la cantidad de COVs presentes en gasolina. Por su parte, Santillán (2015) realiza una evaluación de riesgo químico en trabajadores de una gasolinera en Ecuador monitoreando su exposición a benceno, tolueno y xileno durante un turno de 8 horas y es el único estudio que concluye que los valores están por debajo del TLV-TWA de 0.5 ppm para benceno, 50 ppm para tolueno y 100 ppm para xileno, excepto 1 muestra, considerando el riesgo aceptable y concluyendo que no existe un riesgo significativo a la salud. Los valores promedio recopilados en esta investigación se detallan en la Tabla 1. Tabla 11 Valores promedio de medición de BTEX en los estudios revisados

| Mínimo | Máximo | Promedio | TWA   | CITATION                  |
|--------|--------|----------|-------|---------------------------|
| 1.69   | 3.18   | 2.01     | 0.319 | (Hazrati et al., 2015)    |
| 0.01   | 0.319  |          |       | (Chaiklieng et al., 2019) |
| 0.44   | 0.319  |          |       | (Chaiklieng, 2021)        |

Mínimo Máximo Promedio TWA CITATION NIO05 \l 3082 (NIOSH, 2005) Referencia Benceno 11.8 0.319 (Salem et al., 2018)

0.04 0.319 (Chaiklieng et al., 2021)  
0.046 0.435 0.211 0.319 (Cruz et al., 2017)  
2.7 0.319 (Villagra y Dominguez, 2018)  
0.008 8.85 1.06 0.319 (Santillán, 2015)  
0.22 0.319 (Kitwattanavong et al., 2013)  
0.058 0.253 0.137 0.319 (Majumdar et al., 2008)  
0.06 0.319 (Xiong et al., 2016)  
0.92 0.319 (Sairat et al., 2015) Etilbenceno 581.6 435 (Salem et al., 2018)  
1.58 3.92 2.72 435 (Hazrati et al., 2015)  
0.1 435 (Chaiklieng, 2021)  
0.007 0.030 0.017 435 (Cruz et al., 2017)  
0.035 435 (Kitwattanavong et al., 2013)  
0.209 435 (Majumdar et al., 2008)  
Mínimo Máximo Promedio TWA CITATION NIO05 \l 3082 (NIOSH, 2005) Referencia  
0.04 435 (Xiong et al., 2016) Tolueno 452.2 375 (Salem et al., 2018)  
1.7 2.17 1.80 375 (Hazrati et al., 2015)  
1.5 375 (Chaiklieng, 2021)  
0.11 375 (Chaiklieng et al., 2021)  
0.025 0.342 0.107 375 (Cruz et al., 2017)  
328 375 (Villagra y Dominguez, 2018)  
0.002 23.51 2.64 375 (Santillán, 2015)  
0.297 375 (Kitwattanavong et al., 2013)  
0.210 1.53 0.643 375 (Majumdar et al., 2008)  
0.317 375 (Xiong et al., 2016)  
0.081 375 (Sairat et al., 2015) Xileno 497.4 435 (Salem et al., 2018)  
1.61 1.87 1.65 435 (Hazrati et al., 2015)  
0.45 435 (Chaiklieng, 2021)  
0.009 0.089 0.026 435 (Cruz et al., 2017)  
380 435 (Villagra y Dominguez, 2018)  
0.67 8.94 1.87 435 (Santillán, 2015)  
81.7 435 (Kitwattanavong et al., 2013)  
0.068 435 (Majumdar et al., 2008)  
0.113 435 (Xiong et al., 2016)

Nota. Valores expresados en [mg/m<sup>3</sup>]. Marcadores Biológicos En la investigación se evidencia la utilización de marcadores biológicos por diferentes autores para evaluar la presencia de BTEX en el organismo y las posibles consecuencias. Autores como Salem et al. (2018); Mitri et al. (2015); AL-Rrubaei y Jawad (2020); Alses y Alzeer (2021); Abou-ElWafa, Albadry, El-Gilany, y Bazeed (2015) y Xiong et al. (2016) realizan análisis en sangre durante el turno de trabajo. Mientras que, Chaiklieng, Suggaravetsiri, Kaminski, y Autrup (2021); Tongsantia et al. (2021); Tunsaringkarn, Ketkaew, Siriwong, Rungsiyothin, y Zapuang (2013); Bahrami et al. (2007); Moro et al. (2017); Geraldino et al. (2021) y da Poça et al. (2021) toman muestras de orina en trabajadores al finalizar el turno de 8 horas para cuantificar marcadores que evidencian presencia de BTEX. Tomando como biomarcador el ácido trans - trans-mucónico (t,t-MA) y ácido hipúrico para controlar niveles de benceno y tolueno respectivamente. Los resultados demuestran que el 60% de los trabajadores exceden los límites recomendados y 80% de los cuales son trabajadores de carga de gasolina. Se demuestra también que el control de exposición a benceno conlleva a una reducción de exposición a tolueno (Chaiklieng et al., 2021). Siendo el t,t-MA eficiente para cuantificar benceno en el organismo, en el análisis de Tongsantia, el registro del biomarcador fue de 506.7 [µg /m<sup>3</sup>] lo cual fue significativamente alto en los trabajadores despachadores de combustible comparado al grupo de control (Tongsantia et al., 2021). Tunsaringkarn et al. (2013) además de analizar el (t,t-MA) en orina, cuantifica también los niveles de benceno en sangre (BBLs) de 125 trabajadores de 11 gasolineras en Tailandia. El BBL promedio en sangre venosa recolectado durante el turno fue de 286.6 [µg /L]. Los resultados del estudio demuestran que los trabajadores masculinos y femeninos muestran altos índices de t,t-MA en orina y en las mujeres este valor medio es ligeramente superior al índice biológico de exposición (BEL) de 500 [µg/g] (Moro et al., 2017). Y da Poça et al. (2021) determina que éstos valores llegan a ser hasta el doble que los del grupo de control. Geraldino et al. (2021) por su parte evalúa la presencia de tolueno y xileno en 181 trabajadores despachadores de combustible mediante la cuantificación de ácido hipúrico y ácido metilhipúrico en orina, y determina que estadísticamente los valores son significativamente superiores al grupo de control y se relacionan directamente con la exposición ocupacional a vapores de gasolina. Shaikh, lleva a cabo una toma de muestras de células epiteliales bucales en la cara interna de las mejillas para análisis de morfología celular encontrando 8 diferentes anomalías ya mencionadas (Shaikh, Barot, y Chandel, 2008). Efectos Hematotóxicos Shaikh et al. (2018) identifica 8 tipos de anomalías celulares en cuanto a su morfología: células normales, binucleadas, micronucleadas, cuerpos nucleares, cromatina condensada, cariorrexis, picnóticas y cariolisis. Encontrando diferencias estadísticas superiores al grupo de control. Acorde a la investigación de Mitri et al. (2015) el envenenamiento por benceno produce polimorfismo celular y se observa una considerable alta frecuencia de la disminución de conteo de neutrófilos y alteraciones al volumen corpuscular medio en comparación al grupo de control. Un estudio hematológico comparativo en 102 trabajadores masculinos y el conteo de glóbulos rojos, hemoglobina y hematocrito fue significativamente menor en trabajadores que en el grupo de control; el estudio epidemiológico sugiere una relación entre la exposición al benceno y desórdenes de células sanguíneas (Abou-ElWafa et al., 2015). El análisis de diferentes marcadores para estrés oxidativo en la sangre de 30 trabajadores; malondialdehído (MDA), Productos Avanzados de Oxidación de proteínas (AOPP), Actividad Catalasa (CAT), glóbulos rojos (RBC) y hemoglobina (Hgb) refleja resultados significativamente superiores al grupo de control (p= 0.000, p = 0.02, p= 0.002, p= 0.018 and p= 0.015) respectivamente (Alses, 2021). Por su parte, Xiong et al. (2016) realiza un análisis de la exposición a bajos niveles de BTEX en el ambiente de trabajo en muestras de sangre periférica tomada de 252 trabajadores de gasolineras, y concluye que, a pesar de existir niveles de exposición por debajo de la dosis de exposición recomendados por la NIOSH, aún se presentan daños enzimáticos. Efectos Neurológicos El diagnóstico de envenenamiento por benceno conlleva diferentes factores, sin embargo, alrededor del 60% de los individuos con hallazgos clínicos manifiestan sufrir mareos, cefaleas, náuseas, calambres musculares, pérdida de peso e infecciones recurrentes (Mitri et al., 2015). Tongsantia et al., asocia directamente la exposición a BTEX a los síntomas más frecuentes según la encuesta realizada, que son, fatiga, dolor de cabeza, mareos, congestión nasal y flujo nasal (Tongsantia et al., 2021). Para Geraldino et al. (2021) los principales síntomas observados son cefaleas, calambres musculares, mareos, fatiga y pérdida de peso. Alves et al. (2017) para mostrar los riesgos y el daño causado por la exposición ocupacional a BTEX, investigaron las condiciones laborales de 113 trabajadores de Riachão do Jacuipé, Feira de Santana and Salvador en el estado de Bahia, Brasil. Es un estudio descriptivo en base a la observación y la aplicación de encuestas para relacionar los hábitos de los trabajadores a los síntomas que puedan presentar. La mayoría de trabajadores únicamente utilizan botas como Equipo de Protección Individual (EPI) y los resultados demuestran que presentan síntomas tales como mareos, cefaleas, temblor, taquicardia, insomnio, rinitis, dolor de piernas, tos y fatiga. Estos desórdenes están asociados a la exposición a BTEX y malos hábitos como la falta de uso de mascarilla. Los principales efectos neurológicos son dolor de cabeza y fatiga en las encuestas realizadas a 83 trabajadores de 11 diferentes gasolineras (Sairat, 2015). Efectos Genotóxicos Salem et al. en su estudio de genotoxicidad, reporta una mayor densidad óptica de fragmentación de ADN y presencia de micronúcleos celulares; y referente a la viabilidad de leucocitos, el grupo de estudio presenta un mayor porcentaje de células muertas en comparación al grupo de control. Sus resultados no reflejan una diferencia significativa en cuanto a sujetos fumadores o de diferente edad en los trabajadores evaluados (Salem et al., 2018). AL-Rrubaei et al. (2020) ejecutó un análisis de ADN para evaluar el factor de necrosis tumoral alfa (TNF-α) en 30 trabajadores de gasolineras con un promedio de 40 años y 13 años de servicio y encuentra una relación entre la exposición prolongada a vapores de gasolina en el gen TNF que causa inactivación genética, lo cual podría impactar negativamente la salud y la eficiencia del sistema inmune de trabajadores. Además, da Poça et al. (2021), por su parte, encuentra una relación entre el daño genético y la exposición ocupacional a benceno mediante un ensayo de electroforesis en gel de células individuales. Xiong et al. (2016) afirma la eficacia de realizar ensayos de sangre de estrés oxidativo y genotoxicidad debido q que son biomarcadores efectivos al momento de evaluar la exposición y efectos de BTEX respectivamente. Riesgo de Cáncer Shinohara et al. revela que el promedio de riesgo de cáncer debido al benceno en trabajadores a tiempo completo de carga de gasolina es de 2.22 x 10<sup>-5</sup> frente a trabajadores de estaciones self-service, cuyo riesgo promedio es de 2.43 x 10<sup>-6</sup> lo cual representa una incidencia de riesgo de cáncer de 0.04 y 0.002 casos al año respectivamente (Shinohara et al., 2019). Con el objetivo de impulsar políticas de seguridad ocupacional en Ghana, Kuranchie, Angnunavuri, Attiogbe, y Nerquaye-Tetteh (2019) realiza una revisión de sistemática de los riesgos de cáncer de la exposición a BTEX en Gasolina relacionando directamente los daños hematopoyéticos y alteraciones al Sistema Nervioso Central (SNC) con la exposición ocupacional a BTEX. El riesgo de cáncer aumenta hasta en un 70% en trabajadores expuestos a benceno y que los

trabajadores encargados de la carga de combustibles son los más susceptibles a daño a su salud en comparación con cajeros y otros trabajadores de las gasolineras (Chaiklieng et al. 2019). Cruz et al. (2017) en su análisis de trabajadores expuestos a BTEX en gasolineras de Brasil estiman que el riesgo no cancerígeno estimado mediante el coeficiente de riesgo (HQ) es menor a 1 en cuanto a Tolueno, etilbenceno y xileno, sin embargo, para el benceno se encuentra un HQ superior a 1 en el 70% de las estaciones de servicio analizadas lo cual representa un riesgo significativo de cáncer para los trabajadores evaluados. Según Kitwattanavong et al. (2013) los resultados demuestran que los participantes de este estudio están en alto riesgo de cáncer por benceno, etilbenceno, formaldehído y acetaldehído, los demás COVs que conllevan a efectos no cancerígenos reflejaron valores aceptables por debajo de 1 considerando el coeficiente de riesgo evaluado. En una revisión sistemática se menciona que el riesgo de cáncer es muy elevado en trabajadores de gasolineras y es fundamental implementar medidas protectoras colectivas que permitan mitigar el riesgo químico, resultado de la exposición a COV's (Giao, Anh, & Nhien, 2020). Conclusiones y Recomendaciones La exposición ocupacional a BTEX representa un alto riesgo a la salud aun cuando esta exposición se encuentra dentro de los límites permisibles. La exposición a un cancerígeno como el benceno conlleva a un deterioro genotóxico y a presencia de alteraciones morfológicas en diferentes células del cuerpo. Es difícil cuantificar los efectos del etilbenceno, tolueno y xileno por separado porque usualmente se presentan en la atmósfera de trabajo en conjunto, sin embargo, la evidencia sugiere que, al ser la respiratoria la principal vía de acceso al cuerpo, la falta de uso de equipo de protección adecuado y el no tener medidas de protección colectivas como extractores de vapores se generan efectos neurológicos varios, entre los que el dolor de cabeza y fatiga son los más frecuentes. Los trabajadores despachadores de combustible se encuentran en mayor riesgo que los trabajadores de oficinas según la cuantificación de BTEX en la atmósfera de trabajo y la evaluación de la cantidad que ingresa al cuerpo mediante el análisis de biomarcadores en sangre y orina. El riesgo de incidencia de cáncer se ve asociado directamente a la exposición ocupacional a BTEX en este puesto de trabajo, por lo que esta investigación plantea la necesidad de realizar estudios de factibilidad para migrar el sistema de abastecimiento de gasolina de vehículos actual hacia una cultura self-service. Se recomienda también implementar sistemas eficientes de extracción COVs en la atmósfera de trabajo con el fin de reducir el riesgo químico de exposición.

Número de Trabajadores

Egipto India Irán Japón Tailandia Brasil Chile Ecuador Irak Syria China 138 105 99 3 747 492 9 9 83 30 200

### Hit and source - focused comparison, Side by Side

---

|                       |  |
|-----------------------|--|
| <b>Submitted text</b> | As student entered the text in the submitted document. |
| <b>Matching text</b>  | As the text appears in the source.                     |