



Exposición ocupacional al benceno y efectos adversos en la salud de los trabajadores de las estaciones de servicio automotriz: Bases teóricas y antecedentes empíricos.

Occupational Exposure to Benzene and Adverse Health Effects on Gas Station Workers: Theoretical Foundations and Empirical Background

LESMEZ-PERALTA, Juan C. [1](#); SANTIAGO-VEGA, Shirly P. [2](#) y CONTRERAS-PACHECO, Orlando E. [3](#)

Recibido: 08/11/2019 • Aprobado: 12/03/2020 • Publicado 26/03/2020

Contenido

[1. Introducción](#)

[2. Metodología](#)

[3. Resultados](#)

[4. Conclusión](#)

[Referencias bibliográficas](#)

RESUMEN:

El benceno es un disolvente orgánico altamente inflamable, formalmente catalogado como un comprobado carcinógeno en humanos. El presente trabajo desarrolla una revisión literaria con respecto a la relación existente entre la exposición ocupacional a este hidrocarburo aromático en estaciones de servicio automotriz y el daño sobre la salud humana de los trabajadores que abastecen de combustible a los vehículos. Para ello, a partir de un análisis bibliométrico y un despliegue estructurado de hallazgos relevantes, se expone el conocimiento producido como primer paso para la prevención de enfermedades laborales relacionadas con dicha exposición.

Palabras clave: Benceno, enfermedad laboral, exposición ocupacional, estaciones de servicio, gasolina

ABSTRACT:

Benzene is a highly flammable organic solvent, formally listed as a proven carcinogen in humans. This work develops a literary review regarding the relationship between occupational exposure to this aromatic hydrocarbon in automotive service stations and the harm to human health of workers who fuel vehicles. To do this, based on a bibliometric analysis and a structured display of relevant findings, the knowledge produced as a first step in the prevention of occupational diseases related to said exposure is exposed.

Key words: Benzene, occupational disease, occupational exposure, service stations, gasoline

1. Introducción

En las estaciones de servicio automotriz, por lo general se distribuye gasolina (también conocida como nafta o bencina), gasóleo o diésel (ACPM), gas natural y otros productos. Pero de todos estos, el más perjudicial para la salud es, sin lugar a dudas, la gasolina debido que constituye una

mezcla compleja de diversos compuestos de naturaleza volátil (Shinohara, Okazaki, Mizukoshi, & Wakamatsu, 2019). Entre ellos, se destaca puntualmente el Benceno (de fórmula molecular C_6H_6), que corresponde a un hidrocarburo aromático que a diferencia del Tolueno, Xileno, N-hexano y otros agentes químicos, no solo es el principal componente de la gasolina, sino que desde muy temprano se ha definido como una sustancia letal para la salud de los seres humanos (Vigliani & Saita, 1964), y por ende para el bienestar de aquellas personas que trabajan día a día en su distribución. Dicho compuesto es considerado como carcinógeno por entes ambientales internacionales (tales como la Organización Mundial de la Salud, OMS; IARC, 2019), ya que se han comprobado sus efectos perjudiciales a nivel genético y otras alteraciones en el organismo, las cuales son desencadenantes de diversas enfermedades. Particularmente, en la gasolina para automóviles su nivel de concentración puede variar dependiendo la calidad del petróleo y del proceso de transformación respectivo. Comúnmente, dichos niveles fluctúan entre 2% y 3%, los cuales representan concentraciones importantes a las que dichos trabajadores se exponen por inhalación, absorción por la piel, ojos e incluso por ingestión.

El auge de las estaciones de servicio automatizadas (i.e., sin personal) ha mitigado en extremo las alarmas de riesgo de exposición ocupacional de los empleados en este tipo de negocios (CNMC, 2019). Sin embargo, a pesar de que dicho auge es propio de países desarrollados, en los países sub-desarrollados y en vías de desarrollo, el trabajo de distribución de combustibles todavía implica una exposición absoluta de los trabajadores a los gases contaminantes emitidos por estos hidrocarburos. En ese orden de ideas, algunos estudios en el área de la salud han dado cuenta de los problemas de salud en los seres humanos generados como consecuencia de la exposición al Benceno (Yoon, Kwak, & Ahn, 2018). Infortunadamente, aún no se ha hecho uso de herramientas de análisis bibliométrico para llegar a una compilación rigurosa de los resultados empíricos más relevantes que evidencien dicha relación a la luz de la disciplina de la salud ocupacional y seguridad en el trabajo (en adelante, SST) sobre los trabajadores de las estaciones de servicio automotriz.

La SST busca prevenir los riesgos de exposición en una actividad laboral, ya sea por accidentes o enfermedades laborales. En razón de ello, los profesionales de dicha disciplina en las empresas, implementan procesos y sistemas, tales como el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST) para mitigar las consecuencias de la exposición a factores de riesgo. Éste último, particularmente se basa en principios del ciclo PHVA (planificar, hacer, verificar y actuar), y cuenta con un alcance amplio relacionado con el bienestar integral del trabajador. Para el caso de una enfermedad, el alcance de la SST comprende la relación causal entre la exposición de los empleados en un entorno de trabajo y la intensidad en la presencia de una patología específica en comparación con el resto de la población. Por esta razón, teniendo en cuenta a problemática expuesta y el contexto abordado, la salud de los trabajadores de las estaciones de servicio automotriz debería ser una prioridad para las acciones de los profesionales en SST.

En la mayoría de los países, algunas entidades oficiales y no-oficiales proponen (y muchas veces exigen) protocolos de atención integral de salud ocupacional para trabajadores expuestos al benceno y otras sustancias derivadas (MPS - República de Colombia, 2007). En su gran mayoría, estas guías presentan información cimentada en las normas de SST, las cuales se hacen necesarias para el cumplimiento de las funciones laborales, y de este modo velar por la integridad de los trabajadores involucrados. Y pese a que lo anterior ayuda a mitigar el riesgo inherente a este tipo de trabajos, las dudas aún son muchas y los compromisos para implementar cambios no se aplican a cabalidad en la práctica. Las causas de dichos vacíos están relacionadas principalmente con ahorros en costos, descuidos laborales, inestabilidad de los empleos e informalidad.

En consecuencia, el alcance propuesto en el presente estudio contempla, a partir de un análisis bibliométrico y un despliegue estructurado de hallazgos relevantes (Arduy, 2009), una revisión de literatura que ilustre de mejor manera el tópico en cuestión. Es decir que a partir de dicha revisión se recopilen aquellos trabajos previos que evidencien la exposición a benceno presente en la gasolina distribuida por las estaciones de servicio automotriz; y que se resalte como un generador de efectos adversos sobre la salud en los trabajadores de este tipo de organizaciones, por el hecho de ejercer esta ocupación de abastecer vehículos con combustible.

Posterior a la presente introducción, el artículo se estructura como se expone a continuación. La primera sección aborda la descripción del diseño y los parámetros metodológicos aplicados para alcanzar el objetivo propuesto. Posteriormente se presentan los resultados obtenidos diferenciando los logrados a partir de un análisis bibliométrico de aquellos que proceden de una revisión general de la literatura. Finalmente, el artículo concluye, y se exponen las implicaciones

de los resultados, junto con las limitaciones percibidas las futuras líneas de investigación proyectadas.

2. Metodología

El diseño metodológico consistió en aplicar el proceso de revisión sistemática planteado por Tranfield, Denyer y Smart (2003), complementado con un análisis bibliométrico como herramienta válida de 'rastreo' del conocimiento científico (Ardanuy, 2009). Dicha metodología comprende tres fases importantes, a saber: planeación, ejecución y reporte. A continuación, de manera breve, se expondrá cada una de ellas.

Fase I: Planeación de la revisión

Al saber y entender de los autores, la investigación en el tópico en cuestión es, en apariencia poco desarrollada cuando se compara con otros estudios. Por poner solo un ejemplo, aún no se ha estimado formalmente el riesgo de exposición sobre los trabajadores que ejecutan labores relacionadas con la distribución del benceno (Shinohara et al., 2019). Sin embargo, es claro que el tema particular se centra en un problema de salud pública, y por eso nace la necesidad de profundizar en el área y tener una clara idea del conocimiento producido hasta el momento. Para ello, una vez identificado el objetivo de la investigación se procede con las siguientes actividades. A través de un análisis preliminar de la revisión de literatura se identifican las palabras claves del tema como gasolina, benceno, estación de servicio, estación de gasolina, seguridad, salud, riesgo, peligro, exposición ocupacional y se relacionan los términos con operadores boléanos. De este modo, se prepara la propuesta de revisión dando como resultado una ecuación de búsqueda para obtener los documentos que harán parte de la literatura. Valga la pena aclarar, que dicha búsqueda se hizo en los idiomas inglés, español y portugués, y que fue un proceso llevado a cabo sobre productos incluidos por el sistema de indexación Scopus®.

Ecuación de búsqueda:

((((risk OR danger OR disease OR hurt OR effects) AND (health OR wellness)) AND (benz*
OR gasoline OR voc OR btx-eb) AND (gas station OR service station)))

Posteriormente, el protocolo de revisión se basó en las propuestas de Crossan y Apaydin (2010), quienes establecieron unos criterios de inclusión y exclusión para seleccionar de manera adecuada los documentos de la literatura. Estos criterios se muestran en la tabla siguiente.

Tabla 1
Criterios de Inclusión y Exclusión

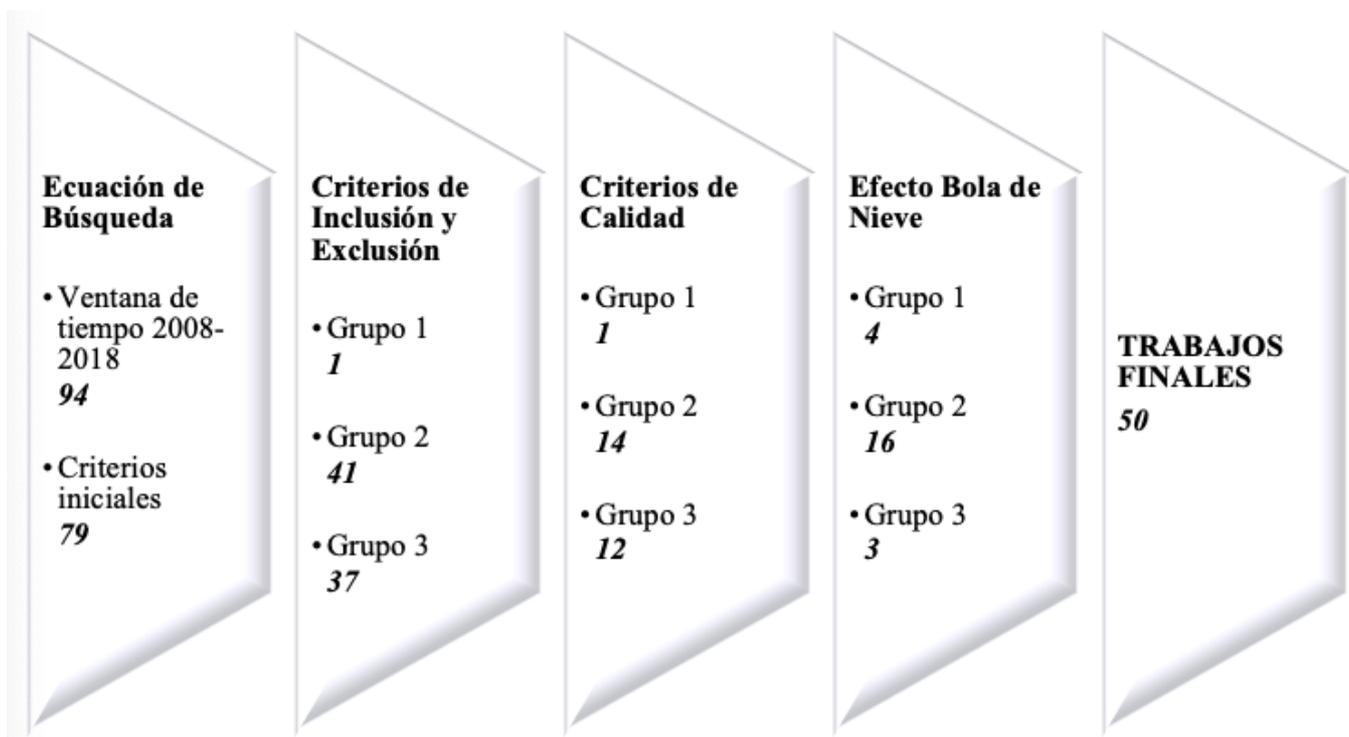
FASES		CRITERIOS	
		INCLUSIÓN	EXCLUSIÓN
1	ECUACIÓN DE BÚSQUEDA	Documentos disponibles en Scopus®.	Documentos escritos en idiomas diferentes a Español, Inglés y Portugués
		El registro de los documentos comprendidos entre los años 2008-2018	Documentos publicados a partir del mes de Julio de 2018
		Tipo de documentos que sean artículos y revisiones.	
		Todos los campos de búsqueda	
2	GRUPO 1	Documentos que son revisiones de literatura	Documentos que no son catalogados como revisiones de literatura
		Documentos comprendidos entre los años	Documentos publicados a partir del mes de Julio

		2008-2018	de 2018
	GRUPO 2	El registro de los documentos comprendidos entre los años 2008-2018	Documentos publicados con número de citas inferior a cinco
		Documentos con número de citas mayor o igual a cinco	Documentos que son revisiones de literatura
		Documentos que son artículos	Documentos publicados a partir del mes de Julio de 2018
	GRUPO 3	Documentos publicados entre 2015-2018	Documentos publicados antes del 2014 y durante ese año
		Documentos que son artículos	Documentos publicados a partir del mes de Julio de 2018
			Documentos que son revisiones de literatura
3	CALIDAD DE ESTUDIOS	CRITERIOS DE APORTE A LA LITERATURA	GRUPOS
		El daño a la salud del trabajador. Exposición ocupacional a benceno. En las Estaciones de gasolina/Estaciones de servicio.	1
			2
			3

Fase II: Ejecución de la revisión

Esta fase consta de materializar el protocolo establecido anteriormente. En la figura 1 se muestra como se realiza este proceso para la selección de los documentos/trabajos cuyo aporte sea significativo para el desarrollo de la investigación.

Figura 1
Proceso de selección de trabajos.



De manera paralela, se procede a hacer seguimiento detallado de dicha producción literaria. Para ello, se decide confeccionar un análisis bibliométrico sobre los resultados del proceso investigador del tópico particular. Dicho análisis se enfocó, específicamente en términos del volumen, el origen, la evolución y la visibilidad de los trabajos que se extractaron de la depuración anteriormente mencionada.

Para esto, es necesario resaltar que un análisis bibliométrico se constituye como uno de los métodos más representativos de la revisión literaria, ya que está enfocado en el cálculo y análisis de aquello que es cuantificable en la producción y en el consumo de la información académica y científica sobre un tópico o fenómeno determinado (Ardanuy, 2009). De esta forma se obtiene una perspectiva global y abreviada del desarrollo paulatino del conocimiento localizado.

Fase III: Reporte y difusión

Esta fase hace referencia al informe final sobre el cumplimiento de los objetivos planteados en la investigación, la cual se abordará en los resultados del presente artículo.

Adicionalmente, se hizo un análisis a los documentos seleccionados para la investigación con el fin de clasificar la información en los subtemas pertinentes a la literatura relevante. En la tabla 2 se muestra el proceso respectivo.

Tabla 2
Estructura de la clasificación

<i>Pasos</i>	<i>Componente</i>	<i>Descripción</i>
1	Foco de la investigación	Consistió en distribuir la información sobre los temas claves, la revisión de los riesgos a la salud por la gasolina (Mezcla de BTEX cuyo compuesto más peligroso es el Benceno), estudios realizados directamente en las estaciones de gasolina más otros en conjunto con otras poblaciones de estudios.
2	Información relevante	Atribuye a la información puntual que resume cada uno de los estudios, cuyo fin fue determinar los subtemas pertinentes a la investigación
3	Datos claves	Esta información hace referencia a los detalles que cada subtema abordará para la mejor comprensión del lector

3. Resultados

En primera instancia, la clasificación anterior indica que el 72% de los autores enfatizaron su estudio en las enfermedades de forma específica. El 28% en medir las concentraciones en comparación de los límites ocupacionales en consideración de los riesgos y el 18% de los autores solo consideraron los factores externos que influyen en la exposición a benceno. Además, en un subtema posterior se centraliza toda la información de los autores mediante la interpretación de los documentos clasificados.

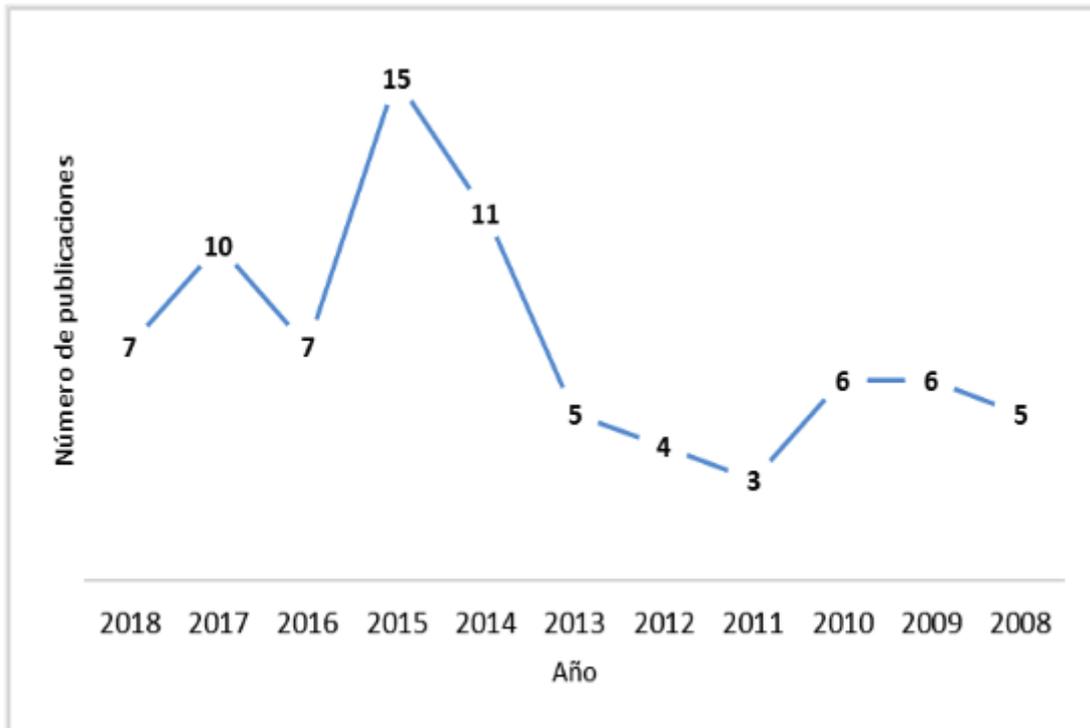
De esta forma, los resultados de la investigación fueron clasificados en un análisis bibliométrico de la literatura y una revisión general de la literatura.

3.1. Análisis bibliométrico.

La presente etapa se realiza en la base de datos de referencias bibliográficas de Scopus®. Se ejecuta en la ventana de tiempo 2008-2018 y con los criterios iniciales implicados en la ecuación de búsqueda. Esto permite visualizar mejor el panorama en forma cuantitativa en la tendencia de la literatura, considerando factores que agregan valor a la producción científica en la investigación.

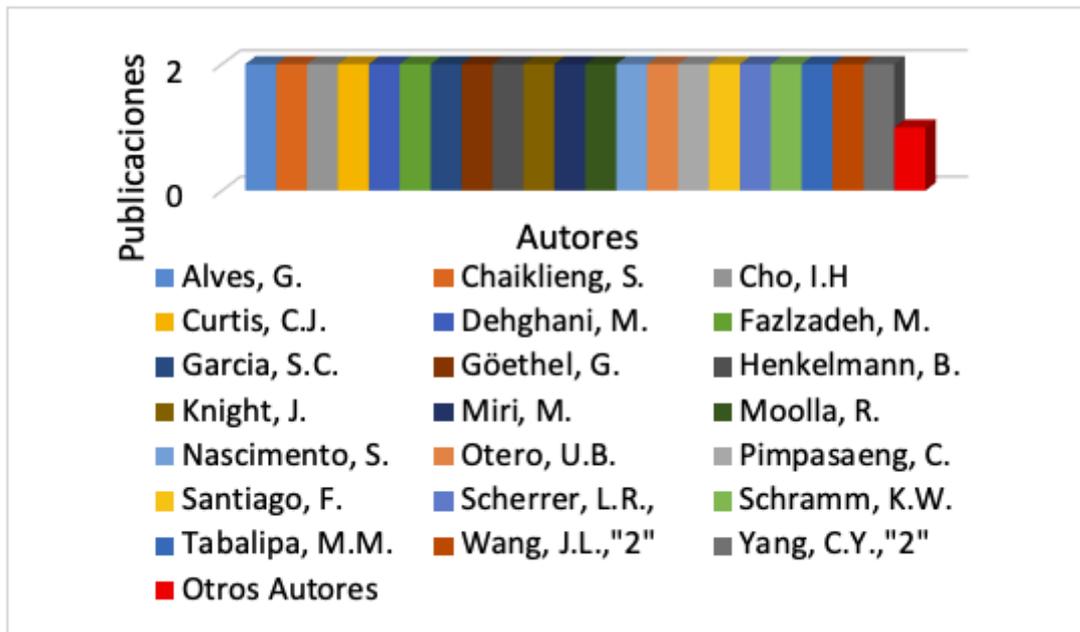
En la figura 2 se observa que a partir del año 2011 se muestra una tendencia en el aumento de la literatura, alcanzando el tope máximo en el 2015. Estos años evidencian el auge de las investigaciones respectivas. Sin embargo, a partir del mismo año la tendencia se muestra descendente. En estas publicaciones intervienen 181 autores, de los cuales solo el 88,4% han publicado una sola vez como se puede ver en la figura 3. De la misma forma, ninguno de ellos se destaca considerablemente teniendo en cuenta el número de aportes a la producción científica.

Figura 2
Publicación por años



Fuente: Base de datos Scopus® (2018)

Figura 3
Publicación por años



Fuente: Base de datos Scopus® (2018)

En la tabla 3 se puede observar que el mayor factor de impacto lo tiene la revista *Environment International* con 7,32 y teniendo en cuenta que dicho dato es proporcional al prestigio de la misma, su SJR también viene siendo mayor. Cabe aclarar, que aunque no sea la revista que posee mayor número de publicaciones en el tema, si es la más influyente por su acogida en la investigación científica. Posteriormente se encuentra la revista *Science of the Total Environment*, siendo la segunda con el mayor número de publicaciones en el tema, como también la segunda con un factor de impacto de 4,98 y reflejando un SJR de 1,54. Sin embargo, su número de citas por año es visiblemente superior a las demás revistas, dejando ver la relevancia en todos los temas que tienen que ver con el medio ambiente.

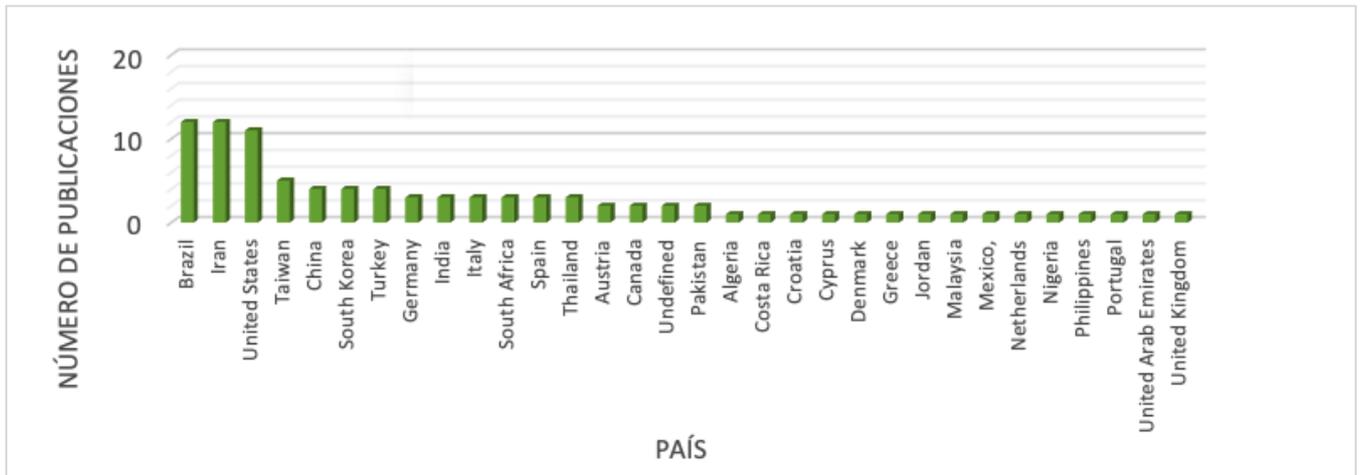
Tabla 3
Mecanismos de comparación de revistas

Nombre de la Revista	# Trabajos	Nº citaciones	Nº artículos	Factor de Impacto	SJR (Año 2017)
		Año 2017	Años 2014-2016		
Environmental Monitoring and Assessment	7	4.319	2.323	1,86	0,589
Science of the Total Environment	6	28.911	5.808	4,98	1,546
Environmental Science and Pollution Research	4	15.787	5.568	2,84	0,858
Environment International	3	6.327	864	7,32	2,568
International Journal Of Environmental Research And Public Health	3	7.355	3.048	2,41	0,735
Journal of Toxicology and Environmental Health Part A: Current Issues	3	973	362	2,69	0,888
Aerosol and Air Quality Research	2	1.837	688	2,67	0,928
Air Quality Atmosphere and Health,	2	495	186	2,66	0,862
Atmospheric Environment	2	10.047	2.563	3,92	1,523
Journal of Environmental Science and Health Part A: Toxic Hazardous Substances and Environmental Engineering	2	809	492	1,64	0,508

*Nota: En la tabla están incluidos todos los documentos disponibles en las diferentes revistas.

En cuanto a las publicaciones por país, es bien sabido que Estados Unidos se destaca por su producción científica. Sin embargo, sobre este tema de investigación particular, se puede ver en la figura 4, que se encuentra después de Brasil e Irán, quienes encabezan la lista con 12 publicaciones cada uno. En conjunto, estos tres países cuentan con más del 30% de las publicaciones, que es un porcentaje importante considerando que son más de 50 países afines con la investigación. Además, Estados Unidos es el país que tiene mayor participación con el 80% en colaboraciones de la investigación científica.

Figura 4
Publicaciones por país



Fuente: Base de datos Scopus® (2018)

4.2. Análisis general de la Revisión general

En la literatura se abordan cuatro subtemas para el estudio y abordaje de exposición a benceno así:

Subtema 1 - Exposición ocupacional a benceno en las estaciones de gasolina: Este subtema comprende todos los trabajos que se centran en medir las concentraciones de benceno en las estaciones de servicio automotriz. Su finalidad, básicamente consiste en establecer si dichas mediciones están dentro los límites permisibles establecidos internacionalmente (OSHA, 2018), considerando los riesgos a la salud que contrae este tipo de exposición. Por tanto, se clasificaron los límites de concentración de benceno encontrados por los autores en cuatro categorías escogiendo como referencia los límites establecidos por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH). Bajo este parámetro, el nivel de riesgo por exposición a benceno se determina por categorías dependiendo de su concentración respecto del valor límite permisible establecido.

De esta manera, para la categoría 1, los límites de exposición se consideran casi nulos (Carrieri et al., 2006); en la categoría 2, los límites se ubican entre el 10% y 50% de los ocupacionales (Chaiklieng, Pimpasaeng, & Aravetsiri, 2015; Periago & Prado, 2005); en la categoría 3 se encuentran límites entre el 50% y 100% de los ocupacionales (De Oliveira, Martins, Arbilla, & Gatti, 2007; Jafari & Ebrahimi, 2007); y finalmente para la categoría 4, los límites encontrados son superior a los ocupacionales (Correa, Arbilla, Marques, & Oliveira, 2012; Dehghani et al., 2018; Karakitsios, Papaloukas, Kassomenos, & Pilidis, 2007; Kountouriotis, Aleiferis, & Charalambides, 2014; Mohammadyan, Golafshani, Yousefinejad, & Boogaard, 2016; Rattanajongjitrakorn & Prueksasit, 2014; Soldatos, Bakeas, & Siskos, 2003; Wiwanitkit, Suwansaksri, & Nasuan, 2001; Zoleikha, Mirzaei, & Roksana, 2017).

Por tanto, de acuerdo a la escala de rangos de exposición combinada (AIHA, 2006), se observa que el 65% de las concentraciones estudiadas por los autores se encuentran en la zona de exposición muy alta. Lo anterior se debe a que las lecturas recogidas sobrepasan los límites permisibles, asumiendo riesgos a la salud y vida de forma peligrosa. Un 14% se encuentran en la zona de exposición alta con riesgos considerables, ya que se encuentran dentro del margen de seguridad aceptable; mientras que el 14% está por debajo de los límites con riesgos mínimos a la salud. Por último, solo un estudio obtuvo niveles de concentración muy por debajo, de tal forma que los riesgos a la salud no son de consideración.

Subtema 2 - Factores externos que influyen en la exposición ocupacional a benceno en la gasolina: En la literatura se encontró que nueve autores contemplaron cuatro factores externos en sus estudios; cada uno consta de elementos que de alguna forma intervienen en los niveles de exposición. El factor externo de datos meteorológicos tiene que ver con la temperatura y el viento (Sairat, Homwuttiwong, Homwuttiwong, & Ongwandee, 2015; Rattanajongjitrakorn & Prueksasit, 2014; Mohammadyan et al., 2016; Karakitsios et al., 2007); el factor externo de la ubicación depende de la zona (urbana, suburbana y rural) (Hazrati, Rostami, Fazlzadeh, & Pourfarzi, 2016;

Chaiklieng et al., 2015A; Chaiklieng, Pimpasaeng, & Thapphasaraphong, 2015B; Karakitsios et al., 2007); el factor externo de los turnos tiene que ver con los tiempos de trabajo (Chaiklieng et al., 2015; Rattanajongjitrakorn & Prueksasit, 2014; Mohammadyan et al., 2016; Karakitsios et al., 2007); y por último, el factor externo de los puestos de trabajo que considera las funciones laborales como los hombres que trabajan en abastecimiento de gasolina a vehículos, miscelanea-mecánica-pintura-lavado y cajeros-oficinas, (Xiong et al., 2016; Edokpolo, Yu, & Connell, 2015; Chaiklieng et al., 2015A; Chaiklieng et al., 2015B; Rattanajongjitrakorn & Prueksasit, 2014; Karakitsios et al., 2007).

De los nueve factores externos, seis autores enfocaron el estudio considerando el factor externo del puesto de trabajo, y de los elementos inmersos en él. Asimismo se destaca que la totalidad de los estudios concluye que es éste precisamente, el factor mas influyente en los niveles de benceno que inhalan los trabajadores que laboran en suministro de combustible a automotores.

Enfermedades por la exposición ocupacional a benceno en la gasolina - Las enfermedades encontradas en la literatura se observan desde dos perspectivas: la primera, más teórica, que tiene que ver con los estados del arte, meta-analisis y en general, con revisiones de literatura; y la segunda, que involucra aquellos trabajos que se basaron en datos experimentales e investigación empírica.

Subtema 3 – Trabajos teóricos: Dentro de las relacionadas por parte de los autores en estudio, el cancer fue la enfermedad más reportada (Benson et al., 2011; Hilpert, Mora, Ni, Rule, & Nachman, 2015; Claxton, 2015; Ekpenyong & Asuquo, 2017). Dentro de ellos, se destaca la leucemia, y la leucemia mieloide aguda (Keenan et al., 2013; Hilpert et al., 2015; Claxton, 2015; Ekpenyong & Asuquo, 2017). Los autores Ekpenyong & Asuquo (2017) consideraron en sus estudios la anemia y la anemia aplásica. Claxton (2015) consideró las aberraciones cromosómicas y el intercambio de cromatidas hermanas. Por su parte, Manzetti & Andersen, (2016) analizaron las mutaciones y las amenazas de la actividad de reparación celular. Finalmente, valga decir que Ekpenyong & Asuquo (2017) se destaca porque en su estudio contiene todas las enfermedades relevantes.

Subtema 4 – Trabajos empíricos: En este apartado se encontró que los autores contemplaron diversidad de muestras: de tipo biológico, muestras de aire ambiente y muestras de aire personal, entre otros. Sin embargo, la muestra biológica fue la más representativa, lo cual, en cierta medida es lógico ya que las muestras de orina, sangre, bucales y mejillas son muestras que tienen que ver directamente con el organismo del trabajador.

Aquí, las enfermedades más relevantes son por genotoxicidad el daño citogenético, en especial al ADN y cromosomas (Benites, Amado, Vianna, & Martino-Roth, 2006; Carugno et al., 2011; Martinez-Valenzuela et al., 2017; Martins, da Silva Gomes, Aguiar, & Ribeiro, 2009; Santiago et al., 2014). Seguido a esto, se encuentran los efectos carcinógenos por el benceno (Chang, Tsai, Chiu, Wu, & Yang, 2009; Edokpolo et al., 2015; Ho, Peng, & Yang, 2010; Moro et al., 2013). Ahora, otras enfermedades adicionales que son importantes, son las relacionadas con el sistema circulatorio teniendo en cuenta que la hematotoxicidad es todo lo relacionado con la sangre, y esta es la ruta de ingreso del benceno. En cuanto a la hematotoxicidad se encontró la anemia (Chaiklieng, Pimpasaeng, & Thapphasaraphong, 2015; Moro et al., 2017; Ray, Roychoudhury, Mukherjee, & Lahiri, 2007; Rekhadevi, Rahman, Mahboob, & Grover, 2010) y también la anemia aplásica (Bironaite, Siegel, Moran, Weksler, & Ross, 2004), y en cuanto a la neurotoxicidad, se encontró que la misma es relevante debido a los síntomas frecuentes en los trabajadores como resultado de los trastornos de tipo mental y nervioso (Bahiraii, Ahangari, Mirshafiey, Razazian, & Mohammadi, 2017; Mitri et al., 2015).

Relación de las enfermedades asociadas con la exposición ocupacional a benceno en la gasolina

Una vez documentados los resultados, se establece la relación de las enfermedades por benceno según los estudios concluyentes de los autores. De los estudios en la exposición ocupacional a benceno solo el estudio de Carrieri et al. (2006) concluye no presentar riesgos a la salud por los niveles de exposición a benceno. Ahora, en cuanto a las enfermedades reportadas, solo uno de los 50 estudios no presenta estrés oxidativo (Costa et al., 2016). Por consiguiente, el 96% de los autores que investigaron el tópico particular, concordó, que en definitiva la exposición a benceno en las estaciones de gasolina tiene una relación fuerte con efectos adversos a la salud.

4. Conclusión

El presente trabajo tuvo como propósito desarrollar una revisión literaria sobre la relación existente entre la exposición ocupacional al benceno en estaciones de servicio automotriz y el daño a la salud humana de los trabajadores en este tipo de negocios. Se encontró que en la actualidad, los estudios empíricos de corte epidemiológico relacionados con dicho fenómeno no presentan un alto desarrollo a nivel del conocimiento científico. Sin embargo, podría tener mayor relevancia en un futuro, ya que la evidencia científica ha comprobado los efectos adversos en la salud humana debido a dicha exposición. Lo anterior se da especialmente en los casos de exposición a niveles bajos de benceno, que constituyen concentraciones preeminentes a las que se exponen diariamente los trabajadores en la estación de servicio.

Las investigaciones sobre el tema tienen mayor relevancia en países como Brasil, Irán y Estados Unidos. Sin embargo, en cuanto a las colaboraciones en la producción científica sobre el tema, es Estados Unidos el país más representativo con el 80% de los trabajos relacionados. Ahora, en cuanto a autores relevantes, se encontró que el 88,4% de ellos ha publicado una sola vez sobre el tema, y que ningún autor se destaca por número de publicaciones. Asimismo, considerando que el 72% de los estudios en la literatura tienen el enfoque en las enfermedades de forma específica, el enfoque de los trabajos analizados se basa principalmente en los tipos de toxicidad del benceno presentes en trabajadores. De manera complementaria, el 28% de los estudios enfatiza en la medición las concentraciones relevantes con relación a los riesgos sobre la salud, más no contempla los efectos inducidos por la exposición a dicho compuesto .

A la luz de los resultados obtenidos, el presente trabajo sugiere que el tópico correspondiente a los efectos adversos sobre la salud de los trabajadores por exposición a benceno en las estaciones de servicio, se podría vislumbrar en la literatura relevante a través de cuatro fases:

Fase 1: la exposición a ocupacional a benceno, el cual comprende los niveles de concentración que inhala el personal en la estación teniendo como referencia los límites ocupacionales debido a que los riesgos en la salud son eminentes;

Fase 2: los factores externos que influyen sobre las emisiones de benceno en la exposición, la cual hace referencia a condiciones ambientales que intervienen durante la labor del trabajador;

Fase 3: enfermedades por exposición a benceno, que contempla los efectos adversos en la salud del personal de las estaciones de servicio como consecuencia de la exposición; y por último

Fase 4: la relación de las enfermedades asociadas al benceno en esta actividad laboral, la cual compila las fases anteriores en aras de determinar la existencia de hay una asociación significativa entre el daño a la salud y el benceno.

Cada fase comprende diversos escenarios referentes al tema como también un número significativo de autores con aportes contundentes en la investigación. Entidades ambientales, entidades de salud, ministerio de trabajo y agentes gubernamentales se destacan en la participación, debido a que el tema es trascendental en la salud pública y cumplen un papel importante en el desarrollo socioeconómico a nivel mundial.

La literatura expone que los riesgos a la salud en las estaciones de gasolina son mayores que los que hasta la fecha se presumen. Esto dado que las exposiciones de benceno a niveles altos y bajos generan efectos adversos a la salud de forma considerable, letal y hasta irreversibles. Lo anterior hace que los trabajos analizados direccionen la investigación en la exposición ocupacional centrados en los concentraciones emitidas, aunque no existe límite seguro para evitar los riesgos. Sin embargo, el 69% de los estudios que realizaron los autores en diferentes estaciones de servicio evidenciaron que los niveles de concentración de benceno sobrepasan los límites permisibles establecidos internacionalmente, exponiendo riesgos reales para la salud humana.

Asimismo, vale la pena comentar que la exposición crónica no solo eleva en número los efectos adversos a la salud sino que también interviene en el grado en que se presentan. Asimismo, se ratifica que el factor más influyente en la exposición a benceno es el puesto de trabajo, lo cual hace que la distribución directa de combustible sobre los vehículos para los encargados de esta función sea considerado un oficio de alto riesgo.

En cuanto a la salud, los hallazgos encontrados en la literatura confirman la existencia eventual de algunas enfermedades como manifestación negativa a este tipo de exposición ocupacional. El daño citogenético debido a la genotoxicidad es la enfermedad que tiene mayor auge entre las demás enfermedades resultantes con un 32% de presencia en los trabajos revisados, de esta forma el daño al ADN y a los cromosomas constituye una problemática real a nivel de la seguridad y Salud en el Trabajo en este tipo de negocios.

Asimismo, se evidenció como la exposición al benceno produce también estrés oxidativo, el cual induce la toxicidad en el cuerpo sobre diferentes áreas, y que también está vinculado con la

genotoxicidad ya que podría producir daños oxidativos sobre el material genético de los trabajadores. Por esto, esta enfermedad es una de las más frecuentes en los trabajadores involucrados con la distribución de combustibles. Ahora, otras tres enfermedades son también protagonistas al analizar el tópico en cuestión, una tiene que ver con los efectos carcinógenos con un 17%; el daño citogenético y los efectos carcinógenos, que comprenden casi el 50% de las enfermedades encontradas en la literatura. Finalmente, también son relevantes la anemia por hemotoxicidad y los síntomas recurrentes por alteraciones neurológicas debido a la neurotoxicidad.

En definitiva, el presente trabajo concluye que el conocimiento producido a la fecha evidencia que el daño a la salud por exposición a benceno en las estaciones de gasolina es una realidad. Adicionalmente, que se reportan efectos adversos por exposición a benceno independientemente de los niveles de exposición a dicho hidrocarburo. Además, la literatura analizada sugiere que teniendo en cuenta la continua inhalación del benceno, como componente de la gasolina por parte de los trabajadores de las estaciones de servicio, los profesionales de la seguridad laboral están en la obligación de diseñar e implementar programas de vigilancia médica y monitoreo.

Teniendo en cuenta que el logro de una masificación en la automatización del proceso de llenado de combustible en las estaciones de servicio es algo que aún se ve temporalmente alejado en naciones no desarrolladas, no es permitido bajar la guardia en las labores de prevención y mitigación de riesgos en este tipo de operaciones y negocios. El seguimiento a la salud de los trabajadores con el fin velar por su bienestar debe ser un *sine-qua-non* para este tipo de profesionales, y de este modo prevenir, promover y controlar los riesgos a la salud para evitar las enfermedades como consecuencia de esta exposición laboral. En consecuencia, las oportunidades futuras de profundización en la investigación del presente tópico podrían abordar por vía propositiva, la búsqueda de soluciones *in situ*, en aras de disminuir la problemática descrita.

Referencias bibliográficas.

- AIHA. (2006). *ANSI-AIHA Z88.6-2006 Respiratory Protection - Respirator Use - Physical Qualifications for Personnel*. Falls Church, VA: American Industrial Hygiene Association.
- Ardanuy, J. (2009). *Breve Introducción a la Bibliometría*. Barcelona. <https://doi.org/10.1038/nmat3485>
- Bahiraii, S., Ahangari, G., Mirshafiey, A., Razazian, M., & Mohammadi, F. (2017). Assessment of changes in expression of the 5-HT_{2A} and GABA_A receptor genes in peripheral blood mononuclear cells of gas station workers, tehran, Iran. *Journal of Applied Biotechnology Reports*, 4(3), 639–643.
- Benites, C. I., Amado, L. L., Vianna, R. A. P., & Martino-Roth, M. da G. (2006). Micronucleus test on gas station attendants. *Genetics and Molecular Research [Electronic Resource]: GMR.*, 5(1), 45–54.
- Benson, J. M., Gigliotti, A. P., March, T. H., Barr, E. B., Tibbetts, B. M., Skipper, B. J., ... Twerdok, L. (2011). Chronic carcinogenicity study of gasoline vapor condensate (GVC) and GVC containing methyl tertiary-butyl ether in F344 rats. *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A: Current Issues*, 74(10), 638–657. <https://doi.org/10.1080/15287394.2011.538837>
- Bironaite, D., Siegel, D., Moran, J. L., Weksler, B. B., & Ross, D. (2004). Stimulation of endothelial IL-8 (eIL-8) production and apoptosis by phenolic metabolites of benzene in HL-60 cells and human bone marrow endothelial cells. *Chemico-Biological Interactions*, 149(1), 37–49. <https://doi.org/10.1016/j.cbi.2004.06.004>
- Carrieri, M., Bonfiglio, E., Scapellato, M. L., Maccà, I., Tranfo, G., Faranda, P., ... Bartolucci, G. B. (2006). Comparison of exposure assessment methods in occupational exposure to benzene in gasoline filling-station attendants. *Toxicology Letters*, 162(2-3 SPEC. ISS.), 146–152. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2005.09.036>
- Carugno, M., Pesatori, A. C., Dioni, L., Hoxha, M., Bollati, V., Albetti, B., ... Baccarelli, A. (2011). Increased Mitochondrial DNA Copy Number in Occupations Associated with Low-Dose Benzene Exposure. *Environmental Health Perspectives*, 120(2), 210–215. <https://doi.org/10.1289/ehp.1103979>
- Chaiklieng, S., Pimpasaeng, C., & Aravetsiri, P. S. (2015). Assessment of Benzene exposures in the working environment at gasoline stations. *EnvironmentAsia*, 8(2), 56–62. <https://doi.org/10.14456/ea.2015.23>

- Chaiklieng, S., Pimpasaeng, C., & Thapphasaraphong, S. (2015). Benzene Exposure at Gasoline Stations: Health Risk Assessment. *Human and Ecological Risk Assessment, 21*(8), 2213–2222. <https://doi.org/10.1080/10807039.2015.1044938>
- Chang, C. C., Tsai, S. S., Chiu, H. F., Wu, T. N., & Yang, C. Y. (2009). Traffic air pollution and lung cancer in females in taiwan: Petrol station density as an indicator of disease development. *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A: Current Issues, 72*(10), 651–657. <https://doi.org/10.1080/15287390902733515>
- Claxton, L. D. (2015). The history, genotoxicity, and carcinogenicity of carbon-based fuels and their emissions: Part 5. Summary, comparisons, and conclusions. *Mutation Research - Reviews in Mutation Research, 763*, 103–147. <https://doi.org/10.1016/j.mrrev.2014.10.001>
- CNMC. (2019). *E/CNMC/005/19 Análisis del Efecto Competitivo de la Entrada de Gasolineras Automáticas en el Mercado de Distribución Minorista de Carburantes*. Madrid. Retrieved from https://www.cnmc.es/sites/default/files/2577544_2.pdf
- Correa, S. M., Arbilla, G., Marques, M. R. C., & Oliveira, K. M. P. G. (2012). The impact of BTEX emissions from gas stations into the atmosphere. *Atmospheric Pollution Research, 3*(2), 163–169. <https://doi.org/10.5094/APR.2012.016>
- Costa, C., Ozcagli, E., Gangemi, S., Schembri, F., Giambò, F., Androutsopoulos, V., ... Fenga, C. (2016). Molecular biomarkers of oxidative stress and role of dietary factors in gasoline station attendants. *Food and Chemical Toxicology, 90*, 30–35. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.01.017>
- Crossan, M. M., & Apaydin, M. (2010). A multi-dimensional framework of organizational innovation: A systematic review of the literature. *Journal of Management Studies, 47*(6), 1154–1191. <https://doi.org/10.1111/j.1467-6486.2009.00880.x>
- De Oliveira, K. M. P. G., Martins, E. M., Arbilla, G., & Gatti, L. V. (2007). Exposure to volatile organic compounds in an ethanol and gasoline service station. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology, 79*(2), 237–241. <https://doi.org/10.1007/s00128-007-9181-z>
- Dehghani, M., Fazlzadeh, M., Sorooshian, A., Tabatabaee, H. R., Miri, M., Baghani, A. N., ... Rashidi, M. (2018). Characteristics and health effects of BTEX in a hot spot for urban pollution. *Ecotoxicology and Environmental Safety, 155*(December 2017), 133–143. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.02.065>
- Edokpolo, B., Yu, Q. J., & Connell, D. (2015). Health risk characterization for exposure to benzene in service stations and petroleum refineries environments using human adverse response data. *Toxicology Reports, 2*, 917–927. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2015.06.004>
- Ekpenyong, C. E., & Asuquo, A. E. (2017). Recent Advances in Occupational and Environmental Health Hazards of Workers Exposed To Gasoline Compounds. *International Journal of Occupational Medicine and Health Environmental Health, 30*(1), 1–26. <https://doi.org/10.13075/ijom.1896.00800>
- 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 and Health, 9*(4), 403–409. <https://doi.org/10.1007/s11869-015-0349-0>
- Hilpert, M., Mora, B. A. dria, Ni, J., Rule, A. M., & Nachman, K. E. (2015). Hydrocarbon Release During Fuel Storage and Transfer at Gas Stations: Environmental and Health Effects. *Current Environmental Health Reports, 2*(4), 412–422. <https://doi.org/10.1007/s40572-015-0074-8>
- Ho, C. K., Peng, C. Y., & Yang, C. Y. (2010). Traffic air pollution and risk of death from bladder cancer in taiwan using petrol station density as a pollutant indicator. *Journal of Toxicology and Environmental Health - Part A: Current Issues, 73*(1), 23–32. <https://doi.org/10.1080/15287390903248869>
- IARC. (2019). *La Investigación sobre el Cáncer al Servicio de la Prevención*. Lyon. Retrieved from <https://www.iarc.fr/wp-content/uploads/2018/07/iarc-brochure-web-SP.pdf>
- Jafari, H. R., & Ebrahimi, S. (2007). A study on risk assessment of benzene as one of the VOCs air pollution. *International Journal of Environmental Research, 1*(3), 214–217.
- Karakitsios, S. P., Papaloukas, C. L., Kassomenos, P. A., & Pilidis, G. A. (2007). Assessment and prediction of exposure to benzene of filling station employees. *Atmospheric Environment, 41*(40), 9555–9569. <https://doi.org/10.1016/j.atmosenv.2007.08.030>
- Keenan, J. J., Gaffney, S., Gross, S. A., Ronk, C. J., Paustenbach, D. J., Galbraith, D., & Kerger, B. D. (2013). An evidence-based analysis of epidemiologic associations between lymphatic and

- hematopoietic cancers and occupational exposure to gasoline. *Human and Experimental Toxicology*, 32(10), 1007–1027. <https://doi.org/10.1177/0960327113476909>
- Kountouriotis, A., Aleiferis, P. G., & Charalambides, A. G. (2014). Numerical investigation of VOC levels in the area of petrol stations. *Science of the Total Environment*, 470–471, 1205–1224. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.10.064>
- Manzetti, S., & Andersen, O. (2016). Biochemical and physiological effects from exhaust emissions. A review of the relevant literature. *Pathophysiology*, 23(4), 285–293. <https://doi.org/10.1016/j.pathophys.2016.10.002>
- Martinez-Valenzuela, C., Soto, F. B., Waliszewski, S. M., Meza, E., Arroyo, S. G., Martínez, L. D. O., ... Caba, M. (2017). Induced cytotoxic damage by exposure to gasoline vapors: a study in Sinaloa, Mexico. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(1), 539–546. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7821-8>
- Martins, R. A., da Silva Gomes, G. A., Aguiar, O., & Ribeiro, D. A. (2009). Biomonitoring of oral epithelial cells in petrol station attendants: Comparison between buccal mucosa and lateral border of the tongue. *Environment International*, 35(7), 1062–1065. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2009.06.001>
- Mitri, S., Fonseca, A. S. A., Otero, U. B., Tabalipa, M. M., Moreira, J. C., & Sarcinelli, P. de 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. <https://doi.org/10.3390/ijerph120708434>
- Mohammadyan, M., Golafshani, F. Y., Yousefinejad, R., & Boogaard, P. J. (2016). Risk assessment of benzene among gas station refueling workers RISK ASSESSMENT OF BENZENE AMONG GAS, (January).
- 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. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2016.11.002>
- Moro, A. M., Charão, M. F., Brucker, N., Durgante, J., Baierle, M., Bubols, G., ... Garcia, S. C. (2013). Genotoxicity and oxidative stress in gasoline station attendants. *Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 754(1–2), 63–70. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2013.04.008>
- MPS - República de Colombia. (2007). *Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia para Trabajadores Expuestos a Benceno y sus derivados (GATISO-BTX-EB)*. Bogotá: Ministerio de la Protección Social.
- Periago, J. F., & Prado, C. (2005). Evolution of occupational exposure to environmental levels of aromatic hydrocarbons in service stations. *Annals of Occupational Hygiene*, 49(3), 233–240. <https://doi.org/10.1093/annhyg/meh083>
- Rattanajongjitrakorn, P., & Prueksasit, T. (2014). Temporal Variation of BTEX at the Area of Petrol Station in Bangkok, Thailand. *APCBEE Procedia*, 10, 37–41. <https://doi.org/10.1016/j.apcbee.2014.10.011>
- Ray, M. R., Roychoudhury, S., Mukherjee, S., & Lahiri, T. (2007). Occupational benzene exposure from vehicular sources in India and its effect on hematology, lymphocyte subsets and platelet P-selectin expression. *Toxicology and Industrial Health*, 23(3), 167–175. <https://doi.org/10.1177/0748233707080907>
- Rekhadevi, P. V., Rahman, M. F., Mahboob, M., & Grover, P. (2010). Genotoxicity in filling station attendants exposed to petroleum hydrocarbons. *Annals of Occupational Hygiene*, 54(8), 944–954. <https://doi.org/10.1093/annhyg/meq065>
- Sairat, T., Homwuttivong, S., Homwuttivong, 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. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4615-3>
- Santiago, F., Alves, G., Otero, U. B., Tabalipa, M. M., Scherrer, L. R., Kosyakova, N., ... Liehr, T. (2014). Monitoring of gas station attendants exposure to benzene, toluene, xylene (BTX) using three-color chromosome painting. *Molecular Cytogenetics*, 7(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/1755-8166-7-15>

- 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(May), 923–931. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2019.01.166>
- Soldatos, A. P., Bakeas, E. B., & Siskos, P. A. (2003). Occupational exposure to BTEX of workers in car parkings and gasoline service stations in Athens, Greece. *Fresenius Environmental Bulletin*, 12(9), 1064–1070.
- Tranfield, D., Denyer, D., & Smart, P. (2003). Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review. *British Journal of Management*, 14, 207–222. <https://doi.org/10.1016/j.intman.2013.03.011>
- Vigliani, E. C., & Saita, G. (1964). Benzene and Leukemia. *The New England Journal of Medicine*, 271(17), 872–876. Retrieved from https://www.cnmc.es/sites/default/files/2577544_2.pdf
- Wiwanitkit, V., Suwansaksri, J., & Nasuan, P. (2001). Research note: Urine trans,trans-muconic acid as a biomarker for benzene exposure in gas station attendants in Bangkok, Thailand. *Annals of Clinical and Laboratory Science*, 31(4), 399–401. <https://doi.org/10.1186/1755-8166-7-15>
- Xiong, F., Li, Q., Zhou, B., Huang, J., Liang, G., Zhang, L., ... 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), 1–9. <https://doi.org/10.3390/ijerph13121212>
- Yoon, J., Kwak, W. S., & Ahn, Y. (2018). A brief review of relationship between occupational benzene exposure and hematopoietic cancer. *Annals of Occupational and Environmental Medicine*, 30(33), 5–9.
- Zoleikha, S., Mirzaei, R., & Roksana, M. (2017). Exposure to chemical hazards in petrol pumps stations in Ahvaz City, Iran. *Archives of Environmental and Occupational Health*, 72(1), 3–9. <https://doi.org/10.1080/19338244.2015.1058233>

-
1. Profesor Asistente, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. E-mail: jclesper@uis.edu.co
 2. Ingeniera Industrial, Universidad Industrial de Santander. E-mail: shirlypaulinsv@outlook.com
 3. Autor de Correspondencia. Profesor Asociado, Escuela de Estudios Industriales y Empresariales, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. E-mail: concontrer@uis.edu.co
-

Revista ESPACIOS. ISSN 0798 1015
Vol. 41 (Nº 10) Año 2020

[Índice]

[En caso de encontrar algún error en este website favor enviar email a [webmaster](#)]

revistaESPACIOS.com



This work is under a Creative Commons Attribution-
NonCommercial 4.0 International License