

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

Manifestaciones hematológicas crónicas por exposición a benceno en despachadores de combustible

Chronic hematologic manifestations of benzene exposure in fuel dispatchers

Paola Yessenia Quito Ochoa¹  , Luz María Bojorque Bojorque²  , Andrea Melissa Márquez Torres¹  ,
Germania Elizabeth Ortiz Freire¹  , Santiago Martín Sánchez Peralta¹  

¹Universidad Católica de Cuenca, Carrera de Medicina-Campus Cuenca, Cuenca, Ecuador.

Citar como: Quito Ochoa PY, Bojorque Bojorque LM, Márquez Torres AM, Ortiz Freire GE, Sánchez Peralta SM. Manifestaciones hematológicas crónicas por exposición a benceno en despachadores de combustible. Salud Cienc. Tecnol. 2022; 2(S1):204. <https://doi.org/10.56294/saludcyt2022204>

Enviado: 08-12-2022

Revisado: 23-12-2022

Aceptado: 29-12-2022

Publicado: 30-12-2022

Editor: Dr. William Castillo-González 

RESUMEN

Introducción: el benceno es un hidrocarburo aromático considerado como cancerígeno por su alta toxicidad, aunque en los últimos años su exposición ha disminuido, sin embargo, no ha sido suficiente para prevenir complicaciones. La exposición crónica en concentraciones superiores o igual a 1 ppm por un periodo superior a 8 horas diarias durante 10 años constante o cuando su exposición supera los 10 ppm durante 1 año existe riesgo de desarrollar trastornos hematológicos.

Objetivo: describir las manifestaciones hematológicas crónicas por exposición a Benceno en despachadores de combustible.

Método: se realizó una revisión narrativa, recopilando información desde enero 2000, hasta noviembre de 2022 en base de datos científicas como Pubmed, Environmental Pollution, Dialnet, SAGE, Taylor and Francis, Springerlink, Science Direct, Scielo; empleando palabras claves.

Resultados: las manifestaciones hematológicas que se desarrollan tras la exposición crónica de benceno en cualquier concentración se encuentran la leucemia linfocítica, linfoma no Hodgkin, leucemia mieloide aguda, síndrome mielodisplásico, leucemia mieloide crónica, mieloma múltiple, leucemia mieloide crónica y anemia aplásica.

Conclusiones: Existen diversas manifestaciones tras la exposición crónica de benceno destacando leucemia linfocítica crónica, linfoma no Hodgkin, leucemia mieloide aguda o crónica, síndrome mielodisplásico y mieloma múltiple; es por ello que se recomienda hacer controles médicos anuales y la aplicación de estrategias que reduzcan el tiempo de exposición laboral, de forma que permitan diagnosticar y prevenir enfermedades hematológicas ya que actualmente no existen normativas de prevención que garanticen el bienestar de los despachadores.

Palabras claves: Benceno; Enfermedad Crónica; Enfermedades Hematológicas; Gasolina.

ABSTRACT

Introduction: benzene is an aromatic hydrocarbon considered carcinogenic due to its high toxicity, although in recent years its exposure has decreased, however, it has not been sufficient to prevent complications. Chronic exposure in concentrations greater than or equal to 1 ppm for a period of more than 8 hours a day for 10 constant years or when exposure exceeds 10 ppm for 1 year, there is a risk of developing hematological disorders.

Objective: identify chronic hematological manifestations due to exposure to benzene in fuel dispatchers.

Methods: a narrative review was carried out, compiling information from January 2000 to November 2022 in scientific databases such as Pubmed, Environmental Pollution, Dialnet, SAGE, Taylor and Francis, Springerlink,

Science Direct, Scielo; using key words.

Results: hematological manifestations that develop after chronic exposure to benzene at any concentration include lymphoid leukemia, non-Hodgkin's lymphoma, acute myeloid leukemia, myelodysplastic syndrome, chronic myeloid leukemia, multiple myeloma, chronic myeloid leukemia and aplastic anemia.

Conclusions: there are various manifestations of chronic exposure to benzene, including chronic lymphatic leukemia, non-Hodgkin's lymphoma, acute or chronic myeloid leukemia, myelodysplastic syndrome and multiple myeloma; therefore, annual medical check-ups and the application of strategies to reduce the time of occupational exposure are recommended in order to diagnose and prevent hematological diseases, since there are currently no prevention regulations to guarantee the wellbeing of dispatchers.

Keywords: Benzene; Chronic Disease; Hematological Diseases; Gasoline.

INTRODUCCIÓN

El benceno es el compuesto que más se destaca del combustible, por tal motivo, es un compuesto letal para despachadores de combustible.⁽¹⁾

La fuente principal de exposición se da mediante la inspiración del vapor, lo cual ocurre entre 50 % a 80 % por la combustión incompleta y la vaporación, sin embargo, las cantidades varían entre diferentes gasolinas.⁽²⁾

Posterior a la absorción del benceno, rápidamente se dispersa por los principales tejidos como el cerebro, pulmón, riñón y bazo; e incluso se puede encontrar en fluidos biológicos y placenta.⁽³⁾

La afección medular ocurre tras el ingreso de los metabolitos que se acumulan a nivel medular, provocando que las hemo-proteínas peroxidasas activen a los metabolitos fenólicos en radicales de semiquinona causando especies reactivas de oxígeno generando mayor daño en las células medulares óseas.⁽⁴⁾

Estudios previos realizado en despachadores, se ha determinado a la leucemia mieloide aguda, anemia aplásica, trastornos hemorrágicos, síndrome mielodisplásico o linfoma no Hodgkin.⁽⁵⁾

El perfil hematológico secundario a la exposición de benceno provoca eritrocitopenia ($\leq 4,5 \times 10^{12}/\text{mm}^3$), trombocitopenia ($150 \text{ plaquetas} \times 10^9/\text{mm}^3$) y leucopenia ($\leq 4\,500 \text{ leucocitos}/\text{mm}^3$).⁽⁶⁾ Asimismo, morfológicamente los eritrocitos reducen de tamaño, produciendo una microcitosis.⁽⁷⁾

El objetivo de esta investigación es describir las manifestaciones hematológicas prevalentes que se desarrollan en despachadores de combustible expuestos crónicamente al benceno, para poder establecer estrategias que disminuyan su exposición y evitar el desarrollo de trastornos hematológicos.

METODOLOGÍA

La presente revisión bibliográfica narrativa, se empleó bases de datos científicas como Pubmed, Environmental Pollution, Dialnet, SAGE, Taylor and Francis, Springerlink, Science Direct, SciELO.

El periodo de recolección de información comprendido fue de enero 2000, hasta noviembre de 2022, mediante palabras claves, en español se emplearon los Descriptores en Ciencias de la Salud (DeCS), las cuales incluía "enfermedades hematológicas", "benceno", "gasolina", mientras que en inglés se utilizaron la terminología Medical Subject Headings (MeSH) los términos empleados fueron "Hematologic Diseases", "Benzene", "Gasolin", y la utilización de los operadores booleanos como "AND", "OR", "NOT".

Se incluyó artículos publicados en inglés y español, con la información pertinente y completa que permitan conocer el objetivo de esta revisión, y se excluyó tesis, artículos cualitativos, cartas al editor. Posteriormente los datos recolectados fueron evaluados mediante tablas de procesamiento las cuales incluían autores, año, país donde se realizó el estudio, muestra y resultados obtenidos.

RESULTADOS

Las enfermedades hematológicas (Tabla 1) tras la exposición al benceno de acuerdo con su frecuencia se presentó en el siguiente orden: leucemia linfocítica, linfoma no Hodgkin, leucemia mieloide aguda, síndrome mielodisplásico, leucemia mieloide crónica, mieloma múltiple, leucemia mieloide crónica y anemia aplásica.

La Tabla 2 se muestra el tiempo y las concentraciones tóxicas de benceno.

DISCUSIÓN

A inicios del siglo XX, los despachadores de combustibles se encontraban expuestos a elevadas concentraciones de benceno en las gasolineras ($>1 \text{ ppm}$), puesto que se desconocía el efecto tóxico del benceno para que una persona expuesta desarrolle leucemia.⁽²⁾

Según Moro et al.⁽¹³⁾ afirmaron que los despachadores de combustible tiene una mayor exposición a benceno

Tabla 1. Enfermedades hematológicas, por la exposición crónica de benceno

Autor	Año	Lugar	Despachadores de gasolina	Manifestaciones	RR
Qafisheh et al. ⁽⁸⁾	2021	Sudán	60	Trombocitopenia	-
				Síndrome mielodisplásico	2,7
				Leucemia mieloide aguda	2,7
Linnet et al. ⁽⁹⁾	2015	China	72,789	Leucemia mieloide crónica	2,5
				Linfoma no Hodgkin	3,9
				Leucemia linfoide	5,4
				Leucemia linfocítica crónica	-
				Síndrome mielodisplásico	-
Salleh et al. ⁽¹⁰⁾	2021	Malasia	-	Leucemia mieloide aguda	-
				Mieloma múltiple	-
				Leucemia mieloide aguda	2,89
Kirkeleit et al. ⁽¹¹⁾	2007	Noruega	27,919	Mieloma múltiple	2,49
				Leucemia mieloide aguda	-
Liu et al. ⁽⁷⁾	2022	-	1,994	Linfoma no Hodgkin	1,81
				Leucemia mieloide crónica	-
Soares et al. ⁽¹²⁾	2021	Brasil	-	Leucemia linfoide crónica	-
				Linfoma no Hodgkin	-
				Mieloma múltiple	-
				Anemia aplásica	-
Moro et al. ⁽¹³⁾	2018	Brasil	145	Leucemia mieloide aguda	-
				Síndrome mielodisplásico	-
				Linfoma no Hodgkin	-

Tabla 2. Tiempo y las concentraciones tóxicas de benceno

Autor	Año	Lugar	Despachadores de gasolina	Promedio ponderado de tiempo			Concentración tóxica (ppm)
				meses	Horas/día	minutos	
Soares et al. ⁽¹²⁾	2021	Brasil	994	> 6	-	-	> 10000
North et al. ⁽¹⁴⁾	2020	Bélgica	-	-	8	15	> 70
Celik et al. ⁽¹⁵⁾	2005	Turquía	30	-	8	-	50000
Scheepers et al. ⁽¹⁶⁾	2019	Sri Lanka	29	-	8 a 16	-	2,24
Salleh et al. ⁽¹⁰⁾	2021	Malasia	-	-	8	-	>0,5
Neghab et al. ⁽¹⁷⁾	2014	Shiraz	200	-	8	-	0,8
Liu et al. ⁽⁷⁾	2002	China	130	>12	-	-	< 0,25
Chaiklieng et al. ⁽²⁾	2015	Tailandia	98	> 6	> 8	-	0,03 - 65,71

que en otras ocupaciones, debido a que laboran por largas horas. Las empleadas femeninas han demostrado ser más susceptibles a tener trastornos sanguíneos, se observó en este género disminución de hemoglobina y hematocrito, y un aumento de leucocitos, linfocitos y eosinófilos, mientras que en empleados masculinos existía un incremento de leucocitos y neutrófilos; finalmente las plaquetas se encontraban más disminuidas en los varones a comparación de las mujeres.

Existen diversas manifestaciones hematológicas que se desarrollan dependiendo del tiempo y la concentración del benceno, sin embargo, los autores coincidieron en la mayoría de patologías. El estudio de Qafisheh⁽⁸⁾ concluye que es común la trombocitopenia; Linnet et al.⁽⁹⁾ describe principalmente la leucemia linfoide, seguida del linfoma no Hodgkin, leucemia mieloide aguda, leucemia mieloide crónica y síndrome mielodisplásico, sin embargo, Kirkeleit⁽¹¹⁾ concluye que la leucemia mieloide aguda es la principal afección, posteriormente puede haber mieloma múltiple.

Salleh et al.⁽¹⁰⁾ establecieron que el desarrollo de leucemia mieloide aguda, leucemia linfocítica crónica, síndrome mielodisplásico, mieloma múltiple y leucemia no linfocítica aguda; Liu et al.⁽⁷⁾ encontraron riesgo a desarrollar linfoma no Hodgkin; Soares et al.⁽¹²⁾ describieron a la leucemia mieloide crónica, leucemia linfoide crónica, linfoma no Hodgkin y el mieloma múltiple.

Otro estudio, se ha comprobado que la exposición superior de benceno de 4 hasta 8 ppm por año no puede

desarrollar leucemia mieloide no linfocítica aguda (OR= 0,52), aunque la exposición a benceno en niveles bajos produce leucemia linfática crónica (OR=2,76).⁽¹⁸⁾

En estudios previos describen que la exposición en dosis superiores a 10 ppm por año, es una cantidad suficiente para desarrollar alguna leucemia, debido a que representa hasta un 50 % de probabilidad de causar trastornos hematológicos, siendo los más comunes la leucemia linfocítica crónica, síndrome mielodisplásico, anemia aplásica, pero excluyendo la leucemia mieloide crónica.⁽¹⁹⁾

Por lo que Hayes et al.⁽²⁰⁾ demostraron que existían mayor riesgo de leucemia mieloide aguda, y otras alteraciones hematológicas tanto benignos como malignos, además de que existía posible riesgo de desarrollar cáncer hematopoyético cuando se encuentran expuestos a niveles por debajo de los ya establecidos (1 ppm). Por otra parte, los despachadores que se encontraban laborando 10 años o más desarrollan linfoma no Hodgkin (RR=4,2), mientras que la exposición continua a 25 ppm o superior se halló el síndrome mielodisplásico y leucemia no linfocítica aguda (RR=7,1).

Sin embargo, en otro estudio realizado con 73 389 despachadores de combustible Linet, et al.⁽²⁾ confirmaron que el linfoma no Hodgkin presentaba RR de 3,9. De igual manera según Steinmaus et al.⁽²¹⁾ en su estudio concluyeron que existe un RR=1,2 de linfoma no Hodgkin.

Las concentraciones necesarias para producir alteraciones hematológicas varían, por ello Soares, et al.⁽¹²⁾ establecen que la concentración toxica se encuentra en más de 10.000 ppm durante un tiempo ponderal de más de 6 horas diarias; así mismo North, et al.⁽¹⁴⁾ describen una concentración toxica en cantidades mayores a 70 ppm durante 15 minutos seguidos u ocho horas diarias.

Celik et al.⁽¹⁵⁾ en concentraciones de 50.000 ppm, Salleh, et al.⁽¹⁰⁾ demuestran que concentraciones bajas (0,5 ppm) pueden llegar a ser tóxicas para el organismo, igualmente coincide Neghab et al.⁽¹⁷⁾ que cantidades de 0,8 ppm y una exposición durante 8 horas pueden resultar nocivas.

Scheepers, et al.⁽¹⁶⁾ evidenciaron que la exposición de 2,24 ppm pero la exposición entre 8 y 16 horas son perjudiciales; Liu et al.⁽⁷⁾ al contrario de los anterior autores afirman que la concentración toxica se encuentra a cantidades inferiores de 0,25 ppm, no obstante, las alteraciones sanguinas se producen en la exposición mayor a 12 meses, y finalmente Chaiklieng et al.⁽²⁾ describe un rango de concentración toxica, el cual comprende entre 0.03 a 65.71 ppm, ya sea a más de 8 horas diarias o por más de 6 meses.

Por lo tanto, las concentraciones inferiores a 1 ppm de benceno parecen influir en enfermedades hematológicas. En un estudio realizado en 350 despachadores de combustible expuestos a 1 ppm en el aire, se registró eritrocitopenia y trombocitopenia.⁽²²⁾

De igual manera, según Qingshan, et al.⁽²³⁾ demostraron en su estudio de 130 despachadores de combustible que se encontraban expuestos aproximadamente a un 0,06 ppm diario, 0,08 mensualmente y 6,1 ppm anualmente provocaban disminución en los eritrocitos, leucocitos y neutrófilos, además, la exposición personal de por lo menos 0,25 ppm es un condicionante para producir alteraciones hematológicas.

Existen límites de exposición ocupacional establecidos, teniendo como propósito principal proteger la salud de los trabajadores, se ha descrito que la concentración promedio máxima de exposición laboral aceptable para una persona es de 8 horas durante 5 días de la semana. Sin embargo, los efectos leucémicos y hematológicos han sido identificados en niveles más bajos de los ya establecidos por lo que la Conferencia Estadounidense de Higienistas Industriales Gubernamentales, el cual estableció un límite umbral es de 0,5 ppm, mientras que la Unión Europea estableció el límite legal de 1 ppm.⁽¹¹⁾

Por el contrario, en un estudio realizado en Reino Unido describieron que el límite máximo de exposición ocupacional es de 3 ppm en 8 horas.⁽²⁴⁾

La prevención para la aparición de problemas hematológicos ha sido evaluada por Santillán⁽²⁵⁾, el cual recomienda la implementación de nuevas tecnologías, por ejemplo, el empleo de mangueras de doble tubuladura, una que conduzca el combustible al automóvil y otra que recoja los diferentes tóxicos orgánicos que se emanan durante la colocación, de forma que los gases dispersados al aire regresen al tanque de almacenamiento de combustible.

De igual manera Scheepers et al.⁽¹⁶⁾ concluyeron que la reducción de horas de trabajo aproximadamente a 40 horas semanales, disminuye la intoxicación crónica por benceno por ende los efectos colaterales serán menores y se protegerá el bienestar de los despachadores de combustible.

Además, Fenga et al.⁽²⁶⁾ observaron que el consumo de frutas o verduras tienen un efecto protector, pero recomiendan realizar más estudios que permitan establecer estrategias de prevención que permitan precautelar la salud de los despachadores.

CONCLUSIÓN

Las manifestaciones hematológicas se pueden presentar en los despachadores con la exposición de concentraciones inferiores a 1 ppm durante un periodo de 8 horas.

Entre los trastornos hematológicos crónicos más comunes en despachadores se encuentra leucemia linfática crónica, linfoma no Hodgkin, leucemia mieloide aguda o crónica, síndrome mielodisplásico y mieloma múltiple,

por lo que realizar controles de la exposición permite prevenir o diagnosticar estas patologías.

La limitación de información y la alta exposición a combustibles en algunos países, tiene mayor impacto en la salud, por lo que es fundamental investigar acerca de las concentraciones y la relación de exposición para poder recomendar estrategias de protección; ya que actualmente no existe normativa actualizada que describa los riesgos que tiene en la salud, ni medidas de prevención que permitan mejorar el bienestar de los despachadores.

Sin embargo, existen medidas de protección que pueden ser empleadas mientras tanto como el uso del kit de seguridad, manguera con doble tubuladora, sistemas de ventilación o la disminución de las horas laborables.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Lesmez-Peralta JC, Santiago-Vega SP, Contreras-Pacheco OE. Exposición ocupacional al benceno y efectos adversos en la salud de los trabajadores de las estaciones de servicio automotriz. Bases teóricas y antecedentes empiricos. *Revista ESPACIOS* 2020;41.
2. Chaiklieng S, Pimpasaeng C, Thappasaphong S. Benzene Exposure at Gasoline Stations: Health Risk Assessment. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal* 2015;21:2213-22. <https://doi.org/10.1080/10807039.2015.1044938>.
3. Pacheco CFJ, Martínez MA, López MH. Eritrocitos, glóbulos blancos y plaquetas en trabajadores de una refinería expuestos a benceno, Venezuela 2018. *Revista Cubana de Salud y Trabajo*. 2019;20(2):65-69.
4. Teklu G, Negash M, Asefaw T, Tesfay F, Gebremariam G, Teklehaimanot G, et al. Effect of Gasoline Exposure on Hematological Parameters of Gas Station Workers in Mekelle City, Tigray Region, Northern Ethiopia. *J Blood Med* 2021;12:839. <https://doi.org/10.2147%2FJBM.S286743>.
5. Flores MS, Cedillo SQ, Caicedo RS. Medición de exposición al Benceno a través de biomarcadores en gasolinera de Guayas. *Polo Conoc* 2022;7(8):665-84.
6. Qian S, Han Y, Shi Y, Xu W, Zhu Y, Jiang S, et al. Benzene induces haematotoxicity by promoting deacetylation and autophagy. *J Cell Mol Med* 2019;23(2):1022-33. <https://doi.org/10.1111/jcmm.14003>.
7. Liu Y, Wang J. Benzene exposure increases the risk of non-Hodgkin's lymphoma: a systematic review and meta-analysis of observational studies. *Transl Cancer Res* 2022;11(6):1750-61. <https://doi.org/10.21037/tcr-22-1434>.
8. Qafisheh N, Mohamed OH, Elhassan A, Ibrahim A, Hamdan M. Effects of the occupational exposure on health status among petroleum station workers, Khartoum State, Sudan. *Toxicol Rep* 2021;8:171. <https://doi.org/10.1016/j.toxrep.2020.12.025>.
9. Linet MS, Yin SN, Gilbert ES, Dores GM, Hayes RB, Vermeulen R, et al. A retrospective cohort study of cause-specific mortality and incidence of hematopoietic malignancies in Chinese benzene-exposed workers. *Int J Cancer* 2015;137(9):2184-97. <https://doi.org/10.1002/ijc.29591>.
10. Salleh N, Firdaus Yhaya M, Ghafar NA, Zuhartini N, Muslim M, Hamzah NA. Occupational-related Disease to the Toxicity of Benzene Derivatives Exposure among Working Populations : A Review. *Malays J Med Health Sci* 2021;17(SUPP8):2636-9346.
11. Kirkeleit J, Riise T, Bråtveit M, Moen BE. Increased risk of acute myelogenous leukemia and multiple myeloma in a historical cohort of upstream petroleum workers exposed to crude oil. *Cancer Causes Control CCC* 2008;19(1):13-23. <https://doi.org/10.1007/s10552-007-9065-x>.
12. da Poça KS, Giardini I, Silva PVB, Geraldino BR, Bellomo A, Alves JA, et al. Gasoline-station workers in Brazil: Benzene exposure; Genotoxic and immunotoxic effects. *Mutat Res Genet Toxicol Environ Mutagen* 2021;865. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2021.503322>.
13. Moro AM, Brucker N, Charão MF, Baierle M, Sauer E, Goethel G, et al. Biomonitoring of gasoline station attendants exposed to benzene: Effect of gender. *Mutat Res Toxicol Environ Mutagen* 2017;813:1-9. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2016.11.002>.

14. North CM, Rooseboom M, Kocabas NA, Schnatter AR, Faulhammer F, Williams SD. Modes of action considerations in threshold expectations for health effects of benzene. *Toxicol Lett* 2020;334:78-86. <https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2020.09.005>.
15. Çelik A, Akbaş E. Evaluation of sister chromatid exchange and chromosomal aberration frequencies in peripheral blood lymphocytes of gasoline station attendants. *Ecotoxicol Environ Saf* 2005;60(1):106-12. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2003.10.008>.
16. Scheepers PTJ, de Werdt L, van Dael M, Anzion R, Vanoirbeek J, Duca RC, et al. Assessment of exposure of gas station attendants in Sri Lanka to benzene, toluene and xylenes. *Environ Res* 2019;178:108670. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2019.108670>.
17. 1. Neghab M, Hosseinzadeh K, Hassanzadeah J. Hematological study of petrol station workers exposed to unleaded petrol. *Toxicological & Environmental Chemistry* 2014;96:951-61. <https://doi.org/10.1080/02772248.2014.979828>.
18. Goldstein B. Benzene exposure and leukemia. *Epidemiol Camb Mass* 2004;15(4):509-10. <https://doi.org/10.1097/01.ede.0000129523.30311.49>.
19. Beelte S, Haas R, Germing U, Jansing PJ. Paradigmenwechsel in der Beurteilung myeloischer und lymphatischer Neoplasien bei beruflicher Benzolexposition (BK-Ziffer 1303). *Med Klin* 2009;104(3):197-203. <https://doi.org/10.1007/s00063-009-1032-8>.
20. Hayes RB, Yin SN, Dosemeci M, Li GL, Wacholder S, Travis LB, et al. Benzene and the dose-related incidence of hematologic neoplasms in China. Chinese Academy of Preventive Medicine-National Cancer Institute Benzene Study Group. *J Natl Cancer Inst* 1997;89(14):1065-71. <https://doi.org/10.1093/jnci/89.14.1065>.
21. Steinmaus C, Smith AH, Jones RM, Smith MT. Meta-analysis of benzene exposure and non-Hodgkin lymphoma: biases could mask an important association. *Occup Environ Med* 2008;65(6):371-8. <https://doi.org/10.1136/oem.2007.036913>.
22. Lan Q, Zhang L, Li G, Vermeulen R, Weinberg RS, Dosemeci M, et al. Hematotoxicity in Workers Exposed to Low Levels of Benzene. *Science* 2004;306(5702):1774. <https://doi.org/10.1126/science.1102443>.
23. Qu Q, Shore R, Li G, Jin X, Chen LC, Cohen B, et al. Hematological changes among Chinese workers with a broad range of benzene exposures. *Am J Ind Med* 2002;42(4):275-85. <https://doi.org/10.1002/ajim.10121>.
24. Glass DC, Gray CN, Jolley DJ, Gibbons C, Sim MR, Fritschi L, Adams GG, Bisby JA, Manuell R. Leukemia risk associated with low-level benzene exposure. *Epidemiology*. 2003;14(5):569-77. <https://doi.org/10.1097/01.ede.0000082001.05563.e0>.
25. Ehmig Santillán S. Evaluación y control del riesgo químico por vapores orgánicos en los despachadores de combustible de una estación de servicio. *Enfoque UTE* 2015;6(4):113-23. <https://doi.org/10.29019/enfoqueute.v6n4.82>.
26. Fenga C, Gangemi S, Giambò F, Tsitsimpikou C, Golokhvast K, Tsatsakis A, et al. Low-dose occupational exposure to benzene and signal transduction pathways involved in the regulation of cellular response to oxidative stress. *Life Sci* 2016;147:67-70. <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2015.12.025>.

FINANCIACIÓN

Sin financiación externa

CONFLICTOS DE INTERÉS

No existen conflictos de interés

CONTRIBUCIÓN DE AUTORIA

Conceptualización: Paola Yessenia Quito Ochoa, Luz María Bojorque Bojorque, Andrea Melissa Márquez Torres, Germania Elizabeth Ortiz Freire, Santiago Martín Sánchez Peralta

Investigación: Paola Yessenia Quito Ochoa, Luz María Bojorque Bojorque, Andrea Melissa Márquez Torres,

Germania Elizabeth Ortiz Freire, Santiago Martín Sánchez Peralta

Metodología: Paola Yessenia Quito Ochoa, Luz María Bojorque Bojorque, Andrea Melissa Márquez Torres,

Germania Elizabeth Ortiz Freire, Santiago Martín Sánchez Peralta

Administración del proyecto: Paola Yessenia Quito Ochoa, Luz María Bojorque Bojorque, Andrea Melissa Márquez Torres, Germania Elizabeth Ortiz Freire, Santiago Martín Sánchez Peralta

Redacción-borrador original: Paola Yessenia Quito Ochoa, Luz María Bojorque Bojorque, Andrea Melissa Márquez Torres, Germania Elizabeth Ortiz Freire, Santiago Martín Sánchez Peralta

Redacción, revisión y edición: Paola Yessenia Quito Ochoa, Luz María Bojorque Bojorque, Andrea Melissa Márquez Torres, Germania Elizabeth Ortiz Freire, Santiago Martín Sánchez Peralta