

**Estado del Arte de la Relación Existente entre el Daño a la Salud y la Exposición
Ocupacional a Benceno en Trabajadores de Estaciones de Gasolina.**

Shirly Paulin Santiago Vega

Proyecto de Grado para optar por título profesional

Director

Juan Camilo Lésmez Peralta

Magister en Gerencia de Negocios

Universidad Industrial de Santander

Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas

Escuela de Estudios Industriales y Empresariales

Bucaramanga

2019

Agradecimientos

A Dios, él dador de mi vida, él autor de mi salvación, él que ha hecho posible cada uno de los sueños que he alcanzado como cada uno de sus acontecimientos.

A mi madre *Rode Isabel Vega Perez*, quién después de Dios es la inspiradora y promotora de este sueño, por todo el esfuerzo y motivación que emprende en mi vida.

A la *Universidad Industrial de Santander* por darme la oportunidad de ser parte de tan honorable comunidad y ser egresada de tan prestigiosa institución.

Al ingeniero *Juan Camilo Lésmez Peralta* por ser inspirador para desempañarme en esta área del conocimiento, su intelecto, aptitud y carisma, inclinó el enfoque de mi carrera, como también por darme la oportunidad de desarrollar este proyecto bajo su dirección.

A la ingeniera *Karin Aguilar Imitola* por su acompañamiento en el desarrollo de este proyecto, su orientación, capacidad y actitud, fueron de motivación.

Dedicatoria

A *Dios*, porque de él, por él y para él son todas las cosas, gracias a él soy quién soy y toda mi vida está determinada por el propósito que ha establecido en mí.

A mi madre *Rode Isabel Vega Pérez*, quién después de Dios es la que hace posible este sueño, y que con su amor, apoyo, responsabilidad, dedicación, paciencia y disciplina me motivan a ser mejor.

A mis tías, *Raquel Vega* y *Rebeca Vega*, primos hermanos *Leidy Sanchez* y *Hugo Sanchez*, y mis papás *Carlos Gamez* y *David Santiago*, quiénes han estado presente durante la ejecución de este logro, con su amor, consejos y acompañamiento le dan vitalidad a mi existir.

A mis *Amigos* en la fe, especialmente la familia pastoral *Salgado Cárdenas* y *Quintero Mantilla*, como también mis amigas *Mélida Ramírez*, *Anggy Vera*, *Angélica Jiménez*, *Lineth Bayona*, *Angélica Vezga* y *Natalia Aldanna*, que siempre me han apoyado con su presencia, sus oraciones, consejos, todo ellos son bendición para mi vida.

Contenido

	Pág.
Introducción	15
1. Descripción del Proyecto	17
1.1 Planteamiento del problema.....	17
1.2 Objetivos	21
1.2.1 Objetivo General.....	21
1.2.2 Objetivos Específicos.....	21
2. Marco de referencia del proyecto	21
2.1 Estaciones de servicio	22
2.2 Combustible líquido.....	24
2.3 Normatividad	27
3. Metodología de la investigación	29
3.1 Revisión Sistemática.....	30
3.1.1 Planeación de la revisión.	31
3.1.2 Ejecución de la Revisión.....	36
3.1.3 Reporte y difusión.....	38
3.2 Análisis y clasificación de la información como resultado de la revisión	38
4. Estado Del Arte De La Relación Existente Entre El Daño A La Salud y La Exposición Ocupacional A Benceno En Trabajadores De Estaciones De Gasolina	43

4.1 Análisis Bibliométrico	43
4.1.1 Publicaciones por año.	43
4.1.2 Publicaciones por revistas.....	44
4.1.3 Publicaciones por país.....	47
4.1.4 Publicaciones por Autor.....	48
4.2 Revisión de Literatura.....	49
4.2.1 Exposición ocupacional a benceno en las estaciones de gasolina/estaciones de servicio. ..	49
4.2.2 Los factores externos que influyen en la exposición ocupacional a benceno en la gasolina.	63
4.2.3 Enfermedades por la exposición ocupacional a benceno en la gasolina.....	66
5. Difusión de los resultados de la investigación	96
6. Conclusiones	97
6. Recomendaciones	101
Referencias Bibliográfica.....	103
Apéndices.....	112

Lista de Figuras

	Pág.
<i>Figura 1.</i> Porcentaje de ocupados afiliados al sistema general de riesgos.	19
<i>Figura 2.</i> Clasificación de las estaciones de servicio.	22
<i>Figura 3.</i> Estación de servicio automotriz. Fuentes de liberación crónica de combustible. Adaptado de: Hydrocarbon Release During Fuel Storage and Transfer at Gas Stations: Environmental and Health Effects (Hilpert et al., 2015).	24
<i>Figura 4.</i> Panorama de la sustancia química.	25
<i>Figura 5.</i> Secuencia normativa	28
<i>Figura 6.</i> Metodología de la investigación	30
<i>Figura 7.</i> Etapas de la Revisión Sistemática. Adaptado de Tranfield, Denyer and Smart (2003). Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review*. British Journal of Management, Vol. 14. 207-222. https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375	31
<i>Figura 8.</i> Proceso de selección de documentos.	38
<i>Figura 9.</i> Subtemas de la Revisión de Literatura	40
<i>Figura 10.</i> Clasificación de los artículos por subtema.	41
<i>Figura 11.</i> Factores por estudio	42
<i>Figura 12.</i> Publicación por años	44
<i>Figura 13.</i> Publicaciones por revista.	45

<i>Figura 14.</i> Publicaciones por país.	47
<i>Figura 15.</i> Colaboración entre países	48
<i>Figura 16.</i> Publicaciones por autor.....	49
<i>Figura 17.</i> Enfoque del subtema.....	50
<i>Figura 18.</i> Niveles de concentración	54
<i>Figura 19.</i> Riesgos para la salud.....	59
<i>Figura 20.</i> Esquema de los rangos de exposición.....	61
<i>Figura 21.</i> Influencia de los factores externos.....	66
<i>Figura 22.</i> Esquema del contenido en el subtema	67
<i>Figura 23.</i> Ruta toxicocinética de los compuestos de gasolina para los trabajadores expuestos, y los efectos moduladores de la vía suscepti-toxicocinética de los compuestos de gasolina para los trabajadores expuestos, y los efectos moduladores de los factores de susceptibilidad del individuo. Adaptado de: Recent Advances In Occupational And Environmental Health Hazards Of Workers Exposed To Gasoline Compounds (Ekpenyong & Asuquo, 2017)	68
<i>Figura 24.</i> Características de la población.	69
<i>Figura 25.</i> Perfil de toxicidad multisistémica.....	73
<i>Figura 26.</i> Estudios por perfil de toxicidad multisistemática.....	88
<i>Figura 27.</i> Efectos genotóxico estudiados.....	89
<i>Figura 28.</i> Objetivos del daño citogenéticos.	90
<i>Figura 29.</i> Carcinógenos más estudiados	90
<i>Figura 30.</i> Estudios por exposición ocupacional en miras del riesgo.	92
<i>Figura 31.</i> Estudio por factores en miras del más influyente.	94
<i>Figura 32.</i> Estudios por enfermedades asociadas.....	95

<i>Figura 33. Enfermedades por exposición.</i>	95
--	----

Lista de Tablas

	Pág.
<i>Tabla 1. Cumplimiento de objetivos.</i>	17
<i>Tabla 2. Compuestos más relevantes de la gasolina</i>	26
<i>Tabla 3. Criterios de Inclusión y Exclusión.....</i>	36
<i>Tabla 4. Estructura de la clasificación.....</i>	40
<i>Tabla 5. Mecanismos de comparación de revistas</i>	46
<i>Tabla 6. Límites permisibles de Exposición de Benceno</i>	51
<i>Tabla 7. Clasificación de los estudios por concentración según la categoría.</i>	60
<i>Tabla 8. Tipo de medición para las concentraciones de benceno.</i>	62
<i>Tabla 9. Factores externos encontrados en la literatura</i>	63
<i>Tabla 10. Toma de muestras por los autores.....</i>	70
<i>Tabla 11. Estudios de toxicidad de benceno.....</i>	74
<i>Tabla 12. Enfermedades más relevantes</i>	84
<i>Tabla 13. Enfermedades en los trabajadores de la estación.....</i>	87
<i>Tabla 14. Estructura del artículo.....</i>	97

Lista de Apéndices

	Pág.
Apéndice A. Clasificación de artículos por subtema de exposición, factores externos y enfermedades investigación	112
Apéndice B. Clasificación de los autores por categorías en la escala de rangos de exposición	119
Apéndice C. Clasificación de los autores por factores externos	121
Apéndice D. Clasificación de los autores por enfermedades más relevantes en la revisión de literatura	123
Apéndice E. Tabulación de las enfermedades por exposición del trabajador a benceno en las estaciones de gasolina	125
Apéndice F. Artículo Científico.....	129

Resumen

Título: Estado del arte de la relación existente entre el daño a la salud y la exposición ocupacional a benceno en trabajadores de estaciones de gasolina*

Autor: Shirly Paulin Santiago Vega**

Palabras Claves: Benceno, Enfermedad Laboral, Exposición Ocupacional, Estación De Gasolina, Gasolina.

Descripción:

Las estaciones de gasolina conocidas también como estaciones de servicio, prestan el servicio a vehículos de motor automotriz como abastecer combustible (la gasolina, diésel, gas natural, ACPM,) mecánica, lavado, pintura, ventas de productos lubricantes, entre otros; todos son producto de los derivados del petróleo, en especial la gasolina, una mezcla compleja que además de otros compuestos, contiene hidrocarburos aromáticos, entre los cuales, la hoja de seguridad, MSDS (Material Safety Data Sheet), destaca al benceno, compuestos con el porcentaje de concentración más relevante. Este hidrocarburo aromático es un disolvente orgánico altamente inflamable y catalogado carcinógeno por la organización mundial de la salud (OMS), dentro de los grupos cancerígenos está clasificado en la categoría tres por las Naciones Unidas (ONU), en el grupo A1 por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) y en la clase 1 por el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC), por consiguiente, el uso de esta sustancia química es restringido, y en cuanto a la manipulación de la sustancia, internacionalmente se han establecido límites ocupacionales con el propósito de velar por el bienestar de los trabajadores que tienen contacto directo y/o indirecto con este compuesto de la gasolina; sin embargo, la OMS no asegura un límite, debido a las implicaciones en la salud como consecuencia de la exposición ocupacional a benceno, por lo demás, el cáncer no es la única enfermedad, existen más enfermedades que se relacionan con este hidrocarburo y se evidencian en la tabla de enfermedades laborales de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) en el año 2010.

Por lo tanto, es importante la revisión de literatura sobre la relación entre el daño a la salud y la exposición ocupacional a benceno en las estaciones de gasolina, todo cimentado en la búsqueda exhaustiva por diferentes autores a través de los años, con el objetivo de conocer en profundidad la analogía respectiva y así, tener una información verídica y condensada para las estaciones de servicio cuya finalidad es prevenir las enfermedades laborales.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director Juan Camilo Lésmez Peralta. Magister en Gerencia de Negocios.

Abstract

Title: State of the art of the existing relationship between health damage and occupational exposure to benzene in gas station workers*

Author: Shirley Paulin Santiago Vega**

Keywords: Benzene, Occupational Disease, Occupational Exhibition, Gas Station, Gasoline

Description:

Gas stations also known as service stations, provide service to automotive motor vehicles such as fuel (gasoline, diesel, natural gas, diesel, mechanical), washing, painting, sales of lubricants, among others; all are products of petroleum derivatives, especially gasoline, a complex mixture that, in addition to other compounds, contains aromatic hydrocarbons, among which, the safety sheet, MSDS (Material Safety Data Sheet), highlights benzene, compounds with the most relevant percentage of concentration. This aromatic hydrocarbon is a highly flammable organic solvent and cataloged carcinogen by the World Health Organization (WHO), within the carcinogenic groups is classified in category three by the United Nations (UN), in group A1 by the American Conference of Government Industrial Hygienists (ACGIH) and in class 1 by the International Agency for Research on Cancer (IARC), therefore, the use of this chemical is restricted, and as regards the handling of the substance, internationally they have been established occupational limits with the purpose of ensuring the welfare of workers who have direct and / or indirect contact with this gasoline compound; However, the WHO does not ensure a limit, due to the health implications as a result of occupational exposure to benzene, otherwise, cancer is not the only disease, there are more diseases that relate to this hydrocarbon and are evident in the table of occupational diseases of the International Labor Organization (ILO) in the year 2010.

Therefore, it is important to review the literature on the relationship between damage to health and occupational exposure to benzene in gas stations, all based on the exhaustive search by different authors over the years, with the aim of know in depth the respective analogy and thus, have a true and condensed information for service stations whose purpose is to prevent occupational diseases.

* Trabajo de grado

** Facultad de Ingenierías Físico-mecánicas. Escuela de Estudios Industriales y Empresariales. Director Juan Camilo Lésmez Peralta. Magister en Gerencia de Negocios.

Introducción

En las estaciones de gasolina o estaciones de servicio generalmente se vende gasolina, gasóleo o diésel/ACPM, gas natural y otros lubricantes, dentro de estos productos para la salud el más perjudicial es la gasolina, debido a su una mezcla compleja de diversos compuestos (Atsdr & Sciences, 1996). El Benceno es un hidrocarburo aromático que, a diferencia del Tolueno, Xilenos, N-hexano y otros agentes químicos, es el principal componente de la gasolina y su concentración puede variar dependiendo la calidad del petróleo y el proceso de transformación, comúnmente varía de 2 a 3 % (IARC 1989, Vol. 45), estas concentraciones a las que se exponen los trabajadores por inhalación, la piel, los ojos y hasta ingestión, desencadenan en ellos diversas enfermedades, y es de considerar, que el benceno por entes internacionales se ha catalogado como carcinógeno y científicamente se ha comprobado que produce defectos genéticos y alteraciones en el organismo.

La seguridad y salud en el trabajo (SST) consiste en prevenir los riesgos de exposición en una actividad laboral, ya sea por lesiones en un accidente de trabajo o enfermedades laborales, a razón de velar por el cumplimiento de las funciones encaminadas en el bienestar de todos los trabajadores, se implementa el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), un sistema basado en los principios del ciclo PHVA (planificar, hacer, verificar y actuar) que debido a su alcance, permite una mejor gestión en los procesos que conlleva esta disciplina, (Ministerio de Trabajo, 2014a). En el caso de una enfermedad laboral, comprende cuando en el entorno de trabajo hay una enfermedad específica por exposición, o dentro de esa exposición las personas la presentan con mayor frecuencia que el resto de la población (Oficina Internacional del

Trabajo (OIT), 2010), de modo que la salud de los trabajadores en la estación de gasolina, se ve altamente comprometida por las concentraciones de benceno. Acorde con eso, se han establecido límites ocupacionales y normas que regulen este tipo de exposición, y de este modo, evitar en lo posible consecuencias mortíferas para la salud del trabajador.

En Colombia la entidad de Fondo de Riesgos Laborales publicó una guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia para Trabajadores Expuestos a Benceno y sus Derivados, una información sobre la composición de esta sustancia química y basada en las normas de seguridad y salud en el trabajo, establece pautas que mediante el cumplimiento de las funciones laborales se cuide la integridad de los trabajadores. Además, la gasolina colombiana se encuentra entre las más limpias de Latinoamérica, lo que muestra la calidad del combustible y como consecuencia contribuye a la reducción de las emisiones de benceno, un contaminante para el ambiente y para la salud (Torrico, 2016).

Por ende, el alcance de este proyecto se basa en una revisión de literatura a partir de la exposición a benceno en la gasolina de las estaciones de servicio automotriz y, establecer si existe una relación entre el daño a la salud por ejercer esta ocupación, es decir, determinar si hay efectos adversos a la salud por las emisiones de benceno. A continuación en la

Tabla 1 se muestra los objetivos específicos que mediante su cumplimiento, hicieron posible la construcción del estado del arte en la temática investigativa.

Tabla 1.

Cumplimiento de objetivos.

Objetivos	Cumplimiento
Realizar una revisión sistemática de la literatura sobre el daño a la salud del trabajador por la exposición ocupacional a benceno en estaciones de gasolina.	Numeral 3.1
Analizar y clasificar la información como resultado de la revisión sobre el tema planteado.	Numeral 3.2
Construir un documento que recopile la información seleccionada a partir de la interpretación y síntesis de la misma.	Numeral 4
Elaborar un artículo publicable sobre la temática investigada.	Numeral 5

1. Descripción del Proyecto

El proyecto Estado del Arte de la Relación Existente entre el Daño a la Salud y la Exposición Ocupacional a Benceno en Trabajadores de Estaciones de Gasolina se realiza bajo la modalidad de trabajo de investigación, es una revisión de literatura que permite recopilar investigaciones científicas que contribuyen significativamente al tópico en el área del conocimiento.

1.1 Planteamiento del problema

En las estaciones de servicio se puede ver diferentes funciones laborales como la parte mecánica, venta de productos lubricantes, asuntos administrativos y caja, pero la principal es suministrar gasolina a todo tipo de transporte automotriz y para distribuirlo a los clientes se requiere en la

operación recibir y el almacenar una cantidad suficiente de combustible que libera al medio ambiente, ya sea de forma líquida o de vapor, su forma compleja de sustancias químicas de las cuales algunas de ellas son tóxicas y cancerígenas, provocando consecuencias graves en la salud de cada trabajador (Hilpert, Mora, Ni, Rule, & Nachman, 2015).

Los estudios sobre la exposición a benceno como labor ejercida por las personas se asocian fuertemente con riesgos a la salud, que se reflejan en signos o síntomas y enfermedades en los trabajadores. Últimamente en los estudios se ha demostrado que las concentraciones de benceno en el aire menor que 0.1 ppm, metabolizan el benceno de una forma más eficiente que las personas que se exponen a niveles más altos, por lo que las exposiciones de los trabajadores a benceno en concentraciones bajas y muy por debajo de los límites pueden considerarse riesgos a la salud mayores de los que se han señalado (Costa et al., 2016), entonces en cuanto a las exposiciones crónicas, para la salud del trabajador son letales, por eso, la exposición ocupacional a niveles bajos de benceno es uno de los estudios que tiene más interés en la literatura científica.

En las estaciones de gasolina las bajas concentraciones de benceno inminentes en la gasolina afectan a los trabajadores, esto hace que este tipo de exposición ocupacional esté en la mira, mas aún, cuando científicamente existe controversia en cuanto a los efectos adversos por esta actividad laboral, suceso que lleva a que se realicen estudios con profundidad sobre el tema (Ekpenyong & Asuquo, 2017), puesto que, el contacto directo y/o indirecto de este riesgo químico con el personal de trabajo determinará el grado en que afecta la salud. Además, en la lista de enfermedades profesionales (Oficina Internacional del Trabajo (OIT), 2010), publicada por la Oficina Internacional del Trabajo, expone al benceno como agente causante de cáncer profesional, teniendo en cuenta que la Organización Mundial de la Salud cataloga el cáncer como una enfermedad crónica siendo una de las causantes principales de mortalidad en el mundo con el 63%.

Por tanto, en Colombia El Ministerio del Trabajo constituyó en el Decreto 1477 de 2014 la tabla de enfermedades laborales, considerando el benceno y sus derivados tóxicos como un agente químico nocivo para la salud, siendo el causante de enfermedades laborales como la leucemia, anemia aplásica, dermatitis, manifestaciones hemorrágicas, efectos tóxicos agudos y adversos que afectan los constituyentes de la sangre, entre otras, debido a la exposición por el contacto directo e indirecto de los trabajadores. A pesar de la normatividad colombiana y la problemática en la salud, falta más compromiso y responsabilidad con el bienestar de los trabajadores, y se puede observar en las estadísticas de trabajo observadas en la Fuente de Información Laboral de Colombia (FILCO). La Figura 1 muestra la relación porcentual entre la población ocupada y las afiliaciones de la misma al sistema general de riesgos laborales, estas afiliaciones se pueden apreciar por las diferentes ramas de actividad económica, en este caso, esta actividad laboral pertenece al sector de Explotación de minas y canteras, (DANE, 2012).

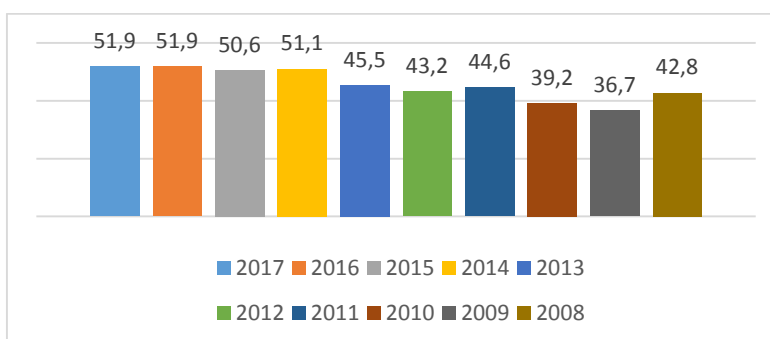


Figura 1. Porcentaje de ocupados afiliados al sistema general de riesgos laborales. Adaptado de fuente de información laboral Colombia. (2017). Estadísticas del trabajo. Recuperado de: <http://filco.mintrabajo.gov.co/FILCO/faces/indicadores.jsf?nombre=Porcentaje+de+ocupados+afiliados+al+sistema+general+de+riesgos+laborales&ind=112>.

De lo anterior, es claro que el porcentaje afiliado de los trabajadores a los riesgos laborales es poco convencional para el nivel de exposición laboral que acarrea este sector, cabe decir, que dentro de la rama de este sector se contemplan más actividades laborales e incluso con exposición ocupacional superiores a los que se contemplan en las estaciones de gasolina.

La investigación en las diferentes áreas tiene una amplitud de acuerdo al conocimiento generado y la metodología para desarrollarla es condicional al objetivo del problema, por eso, el objetivo de este proyecto es relacionar el daño a la salud del trabajador por la exposición ocupacional a benceno en estaciones de gasolina automotriz, en el cual, las condiciones laborales ameritan atención por los escenarios presentados y la frecuencia del contacto en este tipo de estación, por tal motivo, a partir de una revisión de literatura en la temática expuesta, se construirá un estado del arte, con el propósito de determinar la relación respectiva considerando los autores que han realizado investigaciones pertinentes.

Por consiguiente, es muy significativo saber si existe relación entre el daño a la salud y la exposición ocupacional a benceno en trabajadores de estaciones de gasolina, desarrollando una investigación exhaustiva y condensada como referencia para las estaciones de gasolina, cuyo objetivo sea prevenir las enfermedades producidas por la exposición a benceno, creando conciencia en los empleadores y empleados sobre las implicaciones en su bienestar, como también proporcionar información concisa y verídica para tomar acciones en el asunto.

Este proyecto, basado en la revisión de literatura aportará no solo para ampliar y reforzar el conocimiento fundamentado, sino juntamente ser un criterio base para desarrollar investigaciones respectivas en campo.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General. Construir un estado del arte de la relación existente entre el daño a la salud y la exposición ocupacional a benceno en trabajadores de estaciones de gasolina, con el propósito de la formulación de medidas de intervención encaminadas a proteger al trabajador.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Realizar una revisión sistemática de la literatura sobre el daño a la salud del trabajador por la exposición ocupacional a benceno en estaciones de gasolina.
- Analizar y clasificar la información como resultado de la revisión sobre el tema planteado.
- Construir un documento que recopile información seleccionada a partir de la interpretación y síntesis de la misma.
- Elaborar un artículo publicable sobre la temática investigada.

2. Marco de referencia del proyecto

Este capítulo muestra unos conceptos generales que son básicos para el desarrollo del proyecto, conceptos que permiten esclarecer el enfoque de la investigación.

2.1 Estaciones de servicio

Establecimiento en el cual se almacenan y distribuyen al consumidor final los combustibles líquidos derivados del petróleo, en la Figura 2 se muestra como se clasifican las estaciones dependiendo el tipo de combustibles y el tipo de servicio que ofrece, teniendo en cuenta el consumidor final y el segmento de clientes a quienes se dirige el servicio (Decreto 4299 de 2005, art. 4°).

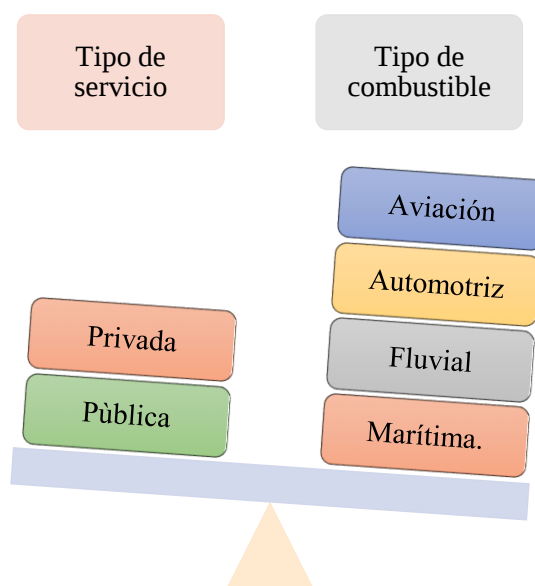


Figura 2. Clasificación de las estaciones de servicio.

Según el tipo de combustibles se destina para aviación, marítima (buques o naves), fluvial (barcazas flotantes) y el transporte automotriz, en el caso de la investigación es fundamental tener el concepto claro sobre la estación automotriz, sobre la cual se realiza los estudios. Por lo tanto, una estación de servicio es un establecimiento en el cual se almacenan distribuyen combustibles básicos utilizados para vehículos automotores, los cuales se entregan a partir de equipos fijos

(surtidores) que llenan directamente tanques de combustible. Dichos establecimientos pueden incluir facilidades para prestar uno o varios de siguientes servicios: lubricación, lavado general y/o de motor, cambio y reparación de llantas, alineación y balanceo, servicio de diagnóstico, trabajos menores mantenimiento automotor, venta de llantas, neumáticos, lubricantes, baterías accesorios y demás servicios afines. En las estaciones de servicio automotriz también podrá operar venta de GLP cilindros portátiles, con destino al servicio público domiciliario, caso en el cual sujetarán a la reglamentación específica que establezca el Ministerio de Minas Energía. Asimismo, podrán funcionar mini mercados, tiendas de comidas rápidas, cajeros automáticos, tiendas de vídeos y otros servicios afines a estos, siempre cuando se obtengan de las autoridades competentes las autorizaciones correspondientes y se cumplan todas las normas de seguridad para cada uno los servicios ofrecidos. Las estaciones de servicio también podrán disponer de instalaciones y equipos para la distribución de gas natural comprimido (GNC) para vehículos automotores, caso en el cual se sujetarán a la reglamentación expedida por el Ministerio Minas y Energía, sin embargo, presentan dos tipos de servicios, uno es público, servicios y venta de productos al público en general y el otro es privado, es más restringido el segmento de clientes debido a que pertenece a una empresa o institución en forma particular.

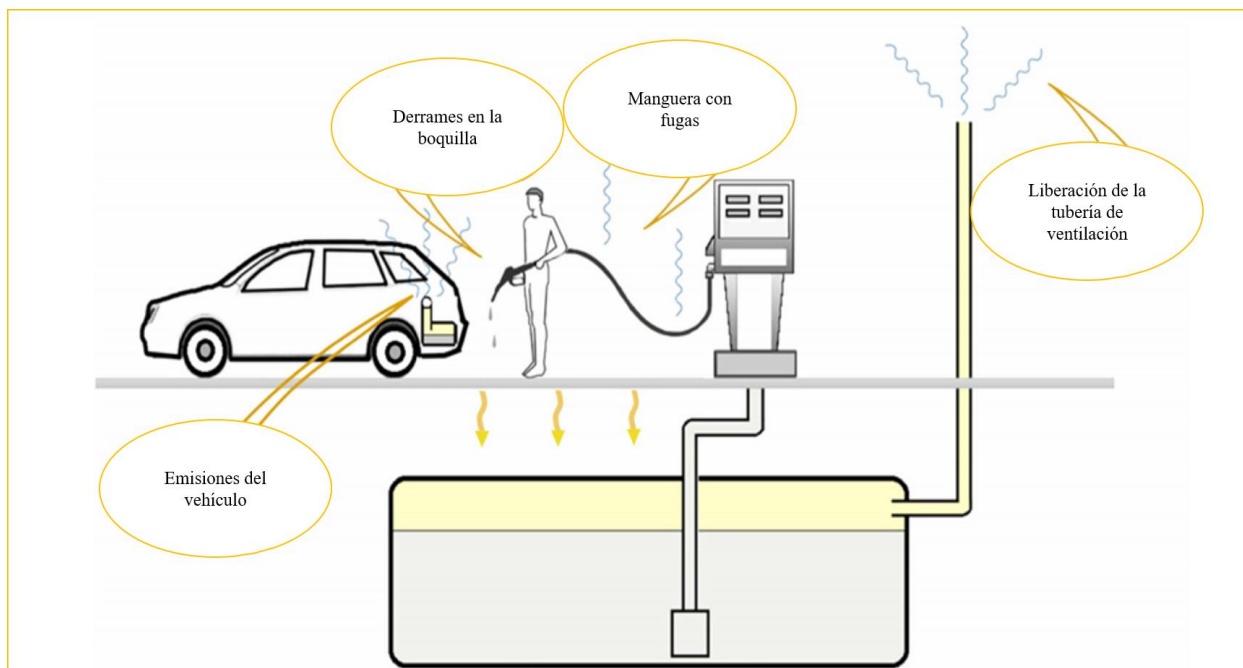


Figura 3. Estación de servicio automotriz. Fuentes de liberación crónica de combustible. Adaptado de: Hydrocarbon Release During Fuel Storage and Transfer at Gas Stations: Environmental and Health Effects (Hilpert et al., 2015).

En la Figura 3 se puede observar diferentes fuentes que liberan vapor del combustible a la atmósfera, el tanque de almacenamiento, la tubería, la manguera y su boquilla (incluyendo los derrames de líquido) y las emisiones de los vehículos, por eso, este tipo de exposición compromete la salud del trabajador de una manera considerable, que tiene en alerta los estudios ocupacionales.

2.2 Combustible líquido

Es una sustancia en estado líquido que en presencia de oxígeno genera energía. Puede ser de origen fósil, como sucede en el caso de los derivados del petróleo (Comisión de Regulación de Energía y gas, 2015). Son todos los productos clasificables dentro de las categorías de las gasolinas, gasóleos, querosenes y fuelóleos, en el caso de la gasolina motor, aunque existen diferentes tipos (extra,

corriente, corriente oxigenada y extra oxigenada), se considera a nivel general (Decreto 4299 de 2005, art. 4°), en la Figura 4 se observa el panorama de la sustancia química, teniendo en cuenta que una contiene a la otra.

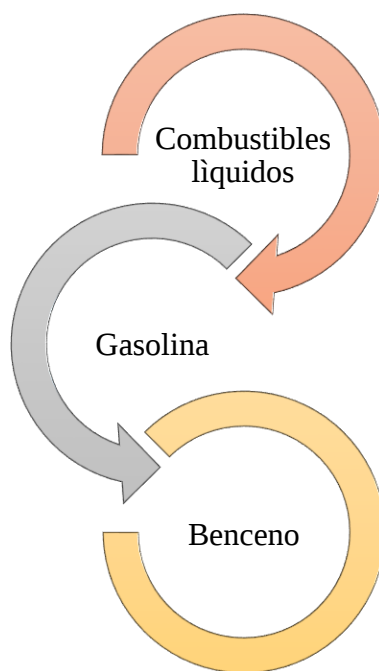


Figura 4. Panorama de la sustancia química.

La gasolina es una mezcla manufacturada que no ocurre naturalmente en el ambiente. La gasolina es producida de petróleo en el proceso de refinación. Es un líquido incoloro, pardo pálido o rosado, y es sumamente inflamable. Típicamente, la gasolina contiene más de 150 productos químicos, incluyendo pequeñas cantidades de benceno, tolueno, xileno, y algunas veces plomo. La manera como se manufactura la gasolina determina qué sustancias químicas y en qué proporción constituyen la mezcla. La composición efectiva varía con la fuente de petróleo crudo, el fabricante y la época del año (ATSDR, 2016), en la Tabla 2 se presenta algunos compuestos proporcionados por la hoja de datos de seguridad de la Gasolina (MSDS #934), donde especifica

los detalles de esta sustancia química como también los límites de exposición establecidos internacionalmente.

Tabla 2.

Compuestos más relevantes de la gasolina

Nombre del compuesto	Concentración %
• Gasolina	• 100%
• Etanol	• 10%
• Tolueno	• 10%
• Benceno	• 0 - 2%
• Ciclohexano	• 0 - 1%
• Ethilbenceno	• 0 - 3%
• Naftalina	• 0 - 1%
• N-Hexano	• 0 - 5%
• 1,2,4 - Trimetilbenceno	• 0 - 8%
• Xilenos	• 0 - 10%
• Cumene	• 0 -0.5%

El benceno es uno de los compuestos principales de la gasolina con una concentración que varía del 0 al 2%, dependiendo de diversos factores, sin embargo, de los componentes de la gasolina, ese hidrocarburo es el más peligroso de todos, es un líquido incoloro con un olor dulce que se evapora al aire muy rápidamente y se disuelve levemente en el agua. Es altamente inflamable y se forma tanto en procesos naturales como en actividades humanas.

El benceno es usado ampliamente en los Estados Unidos; se encuentra entre las 20 sustancias químicas principales por volumen de producción. Algunas industrias usan benceno para producir otras sustancias químicas que se usan para fabricar plásticos, resinas, nailon y otras fibras sintéticas. El benceno también se usa para fabricar ciertos tipos de caucho, lubricantes, tinturas,

detergentes, medicamentos y pesticidas. Entre las fuentes naturales de benceno se encuentran las emisiones provenientes de los volcanes y de los incendios forestales. El benceno también es parte natural del petróleo crudo, de la gasolina y del humo del cigarrillo (ATSDR, 2016), en la hoja de datos de seguridad de Benceno (MSDS #71-43-2), se especifica los detalles de esta sustancia química como también los límites de exposición establecidos internacionalmente.

2.3 Normatividad

La Organización Internacional del Trabajo (OIT), entidad fundada desde el año 1919 con el propósito de establecer normas del trabajo a nivel global, normas que trascienden los diferentes gobiernos de los respectivos países, convirtiéndose en la primera agencia de las Naciones Unidas en 1946, cuyo objetivo es promover los derechos laborales, fomentar oportunidades de trabajo decente, mejorar la protección social y fortalecer el diálogo al abordar los temas relacionados con el trabajo (Organización Internacional del Trabajo, 2017). Por tanto, la OIT tiene más de 40 normas que trata específicamente todos los aspectos que sean concernientes de la Seguridad y Salud en el Trabajo, principios fundamentales, ramas de la actividad económica, riesgos específicos y recomendaciones, todo bajo la supervisión y control de tres organismos elementales como: La Comisión de Expertos en Aplicación de Convenios y Recomendación (CEACR), La Comisión de Aplicación de Normas de la Conferencia (CAS) y El Comité de Libertad Sindical (CLS).

A nivel nacional el Sistema de Riesgos Laborales se rige por la modificación instituida en la Ley de 1562 de 2012 referente al cumplimiento de sus funciones, no así, dos años después el Ministerio de Trabajo implementa el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el trabajo (SG-SST) en el año 2014 mediante el Decreto 1443, con el fin de contribuir a la calidad de vida

de los ciudadanos velando por su bienestar y garantizar como derecho su condición laboral. Además, el Ministerio de Minas y Energía constituido por el Gobierno Colombiano, definido por el mismo como una entidad pública del nivel superior ejecutivo central, responsable de administrar los recursos naturales no renovables del país, se rige por leyes gubernamentales inherentes a sus labores, teniendo a cargo el Sistema de Información de Combustibles líquidos (SICOM), integrando los agentes del sector en uno solo; expide el Plan Nacional de Desarrollo 2010-2014 por la Ley 1450 de junio 16 de 2011 y las Normas Tributarias de Control y para la Competitividad determinada en la Ley 1430 de Diciembre 29 de 2010, leyes que se mantienen vigentes en la manipulación y distribución de estos combustibles, concretamente para este caso, la Gasolina.

Sin embargo, existen organizaciones científicas que compilan información verídica, segura y confiable como resultado de investigaciones exhaustivas sobre estas sustancias nocivas, no solo en cuanto a su composición sino también al contacto del hombre con ellas, a fin de aportar e impactar en el desarrollo global de la ciencia. Dentro de estas organizaciones las más reconocidas son: ACGIH (Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales), NIOSH (instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional), OSHA (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional), IARC (Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer), ATSDR (Agencia para Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades), entre otras. En la Figura 5 se ilustra la secuencia de las normas, considerando el orden jerárquico.

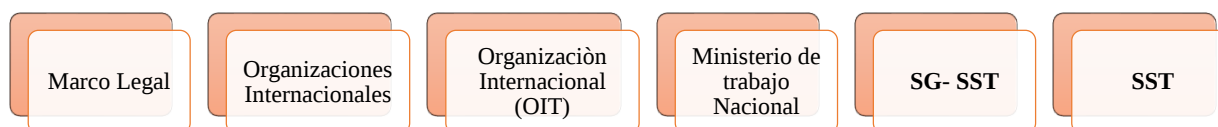


Figura 5. Secuencia normativa

El marco legal comprende muchas facetas, organizaciones encargadas de los efectos adversos a la salud (OMS y IARC), como también de las regulaciones respectivas en cuanto a la exposición a sustancias nocivas (NIOSH, OSHA y ACGIH), todas son soporte para que el ministerio de trabajo tanto a nivel nacional como internacional constituyan pautas que velen por el bienestar de los trabajadores; ahora, en Colombia se ha implementado el sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo (SG- SST), que consiste en el desarrollo de un proceso lógico y por etapas, basado en la mejora continua y que incluye la política, la organización, la planificación, la aplicación, la evaluación, la auditoría y las acciones de mejora con el objetivo de anticipar, reconocer, evaluar y controlar los riesgos que puedan afectar la seguridad y la salud en el trabajo (Sector de trabajo, 2015), para que la seguridad y salud en el trabajo (SST), estén rigurosamente establecidos en los diferentes lugares de trabajo, ya que es una disciplina que trata de la prevención de las lesiones y enfermedades causadas por las condiciones de trabajo, y de la protección y promoción de la salud de los trabajadores. Así mismo, tiene por objeto mejorar las condiciones y el ambiente de trabajo, así como la salud en el trabajo, que conlleva la promoción y el mantenimiento del bienestar físico, mental y social de los trabajadores en todas las ocupaciones (Sector de trabajo, 2015)

3. Metodología de la investigación

La metodología se basa en la revisión sistemática y en el análisis de la información como resultado de la revisión, con el fin de dar cumplimiento a los objetivos planteados del proyecto, sin embargo,

cabe decir fue necesario tener en claro unos conceptos preliminares para el desarrollo de esta metodología. En la Figura 6 se puede ver ilustrado el proceso.

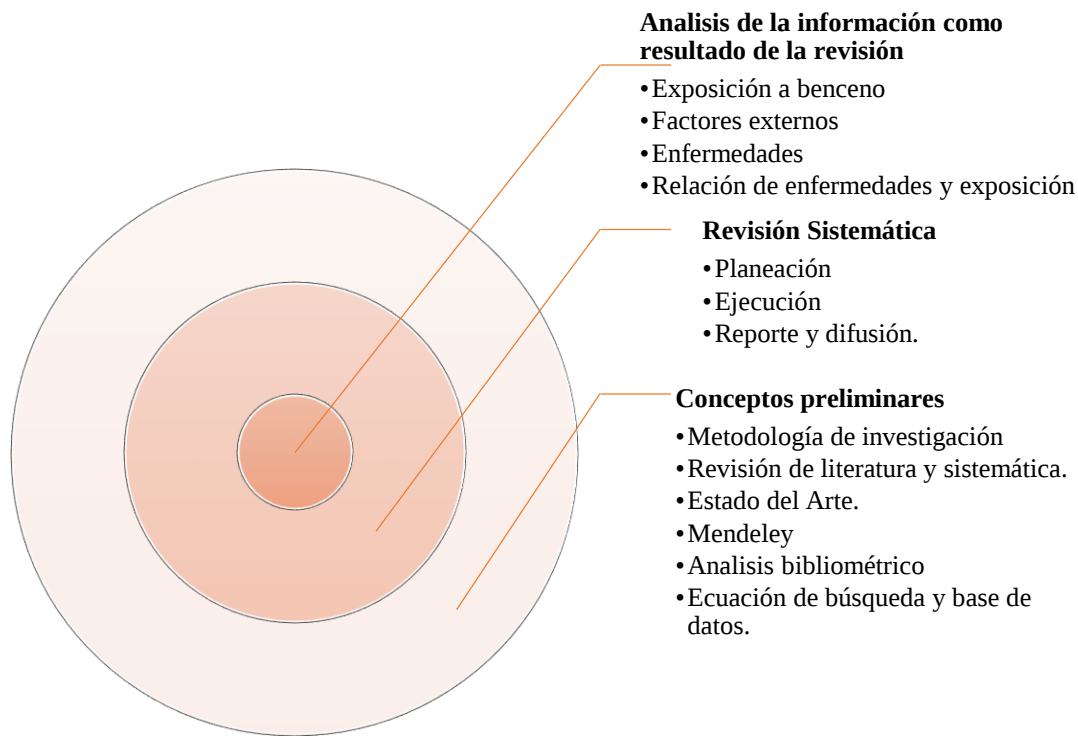


Figura 6. Metodología de la investigación

3.1 Revisión Sistemática

La revisión sistemática, es una metodología desarrollada por los autores Tranfield, Denyer and Smart (2003) en el artículo “*Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review**” consiste en hacer actividades de forma secuencial para establecer un orden lógico y coherente con la investigación que se realizará con la

finalidad de cumplir el objetivo propuesto. En la Figura 7 se presenta en un esquema esta metodología.

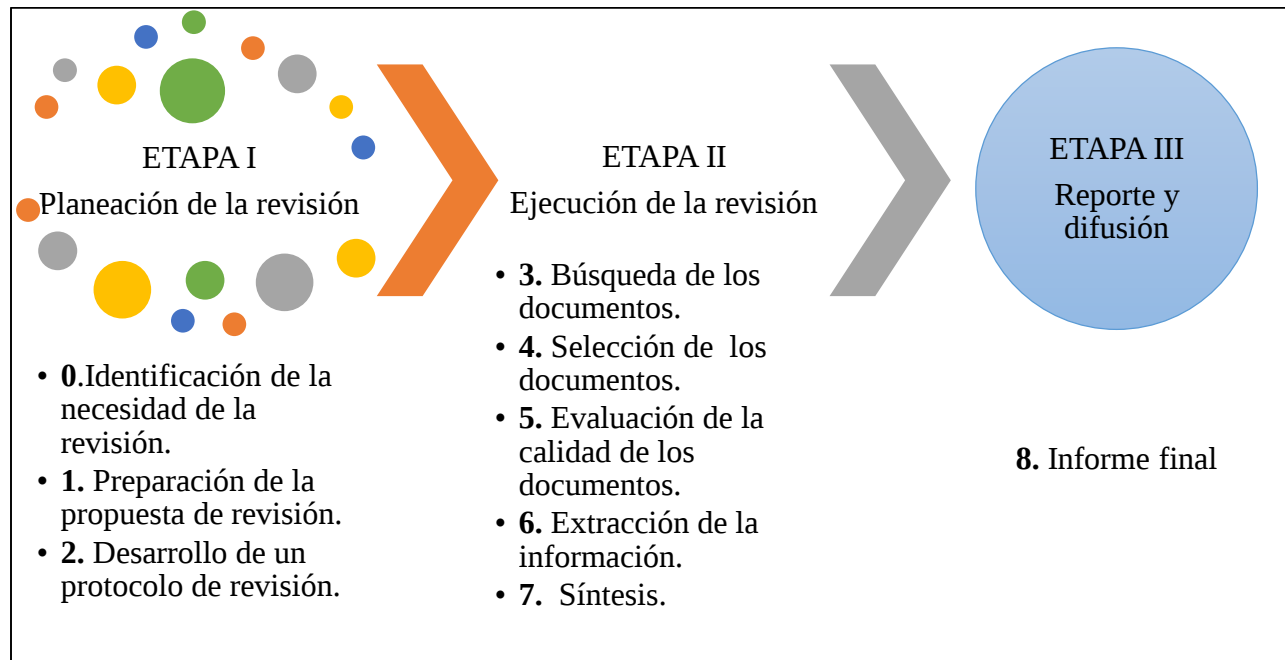


Figura 7. Etapas de la Revisión Sistemática. Adaptado de Tranfield, Denyer and Smart (2003). Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review*. British Journal of Management, Vol. 14. 207-222. <https://doi.org/10.1111/1467-8551.00375>.

3.1.1 Planeación de la revisión. En esta etapa se lleva a cabo tres actividades que definen la manera como se va a desarrollar la revisión considerando el aval de personas que tienen experiencia en el tema.

3.1.1.1 Identificación de la necesidad de revisión. En el año 2014 se expidió la Resolución 6045 que adoptó el Plan Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (PNSST) en Colombia para velar por la salubridad laboral según lo establecido por la Ley 1562 de 2012, cuyo propósito radica

en que el sistema de riesgos laborales sea más efectivo y equitativo nacionalmente (Ministerio de Trabajo, 2013).

El área de Seguridad y Salud en el Trabajo ha tomado fuerza en los últimos años respecto a sus funciones en el campo laboral, debido a la necesidad de proteger el bienestar de los trabajadores; a nivel nacional e internacional las leyes para las organizaciones son estrictas y específicas en cuanto a su aplicación. El auge en las afectaciones de la salud del trabajador producidas por exposición a benceno como también los casos de estudio y las publicaciones científicas respectivas, hace hincapié en la necesidad de una revisión de literatura que compile información clave y necesaria de la relación del trabajador en la estación de gasolina con la exposición ocupacional a benceno, como contribución al desarrollo académico y social.

3.1.1.2 Preparación de la propuesta de revisión. A través de la herramienta Google Trends, se hizo una búsqueda de las palabras que tienen relación con el entorno, el enfoque y la problemática en los últimos cinco años en el área de la salud, con el fin de encontrar los términos claves.

- Estaciones de gasolina: gasolina, estación de servicio, seguridad, salud y trabajo.
- Daño a la salud: salud, daño, riesgo, peligro, trabajo.
- Exposición ocupacional: exposición, riesgo, límite de exposición, ruido.

De lo anterior, se aprecia con claridad que algunos términos se repiten en las diferentes consultas, por consiguiente, se tiene como resultado las siguientes palabras claves:

Palabras Claves: Gasoline, benzene, gas stations, service stations, safety, health, risk, damage, occupational exposure.

Para formar la ecuación de búsqueda es necesario relacionar el daño a la salud del trabajador, exposición ocupacional a benceno y estaciones de gasolina/estaciones de servicio, que son los temas que establecen el tópico y agrupar los términos según su enfoque considerando los sinónimos respectivos.

A. Daño a la salud del trabajador.

B. Exposición ocupacional a benceno.

C. Estaciones de gasolina/estaciones de servicio.

AB: Daño, enfermedades, afectaciones, influencia, salud, bienestar.

AC: Benceno, VOC, BTX-EB, estaciones de gasolina/estaciones de servicio, riesgo, peligro.

ABC: Ecuación de búsqueda.

Una vez relacionados los términos con sus respectivas agrupaciones, se debe enlazar todas estas asociaciones en un todo, haciendo uso de los parámetros que incluye la construcción de la ecuación de búsqueda (Pérez Gutiérrez, 2000).

Por tanto, los parámetros usados en la construcción de la ecuación de búsqueda son los siguientes:

- Operadores Boléanos o lógicos: AND, intercesión que representa los conceptos cruciales y OR, reúne todos los términos del mismo concepto.
- Paréntesis: (), permiten claridad, orden, sentido y facilitan la orientación de la búsqueda.
- Asterisco: *, sustituye caracteres similares al término que se aplica.

Por tanto, se obtiene la ecuación de búsqueda a continuación.

((((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))

3.1.1.3 Desarrollo de un protocolo de revisión Este protocolo tiene un soporte significativo en la construcción del estado del arte, una revisión de literatura cuya confiabilidad depende de las fuentes que permiten el acceso a los documentos y el contenido de la información.

Internacionalmente existen dos principales bases de datos referenciales, una es la ISI Web of Science y otra Scopus, éstas, proporcionan herramientas necesarias para desarrollar una investigación (Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, 2017). Aunque la plataforma de Google Académico cuenta con búsqueda avanzada, se opta por estas bases referenciales que facilita la plataforma de la universidad, por tanto, a partir de la ecuación de búsqueda se hace la búsqueda de los documentos.

Por ende, en estas bases referenciadas se realizó la búsqueda incluyendo criterios iniciales como las publicaciones en la ventana de tiempo 2008-2018, tiempo recomendado por profesionales que pertenecen al grupo de investigación Finance & Management de la universidad, debido a su expertise en el área, mencionan que la información después de 10 años no es tan relevante, dado que, al pasar el tiempo, los avances científicos en el tema mejoran en comparación con los resultados de estudios realizados anteriormente. Del mismo modo, otros criterios son el idioma (español, portugués, principalmente en inglés) y el tipo de documento (artículos y revisiones).

Para la elección de los documentos que harán parte de la construcción de este estado del arte, en el artículo A Multi-Dimensional Framework of Organizational Innovation: A Systematic Review of the Literature se propone una metodología de revisión (Crossan & Apaydin, 2010), este proceso, es un filtro que se aplica a los documentos, para así, seleccionar la información que aportará significativamente a la investigación, ya que no todos son objetivos al tema.

En la Tabla 3, se muestra los criterios para la selección de los documentos, básicamente se concentra en lo siguiente:

- Criterios de inclusión y exclusión expuestos en el artículo de la revisión sistemática de literatura (Crossan & Apaydin, 2010), donde contempla tres grupos. Grupo 1: Artículos que son revisiones, como la investigación se basa en una revisión de literatura sobre el tema, es importante considerar los resultados de revisiones anteriores a las cuales llegaron los diferentes autores, Grupo 2: Artículos que tienen más de cinco citaciones, este grupo permite ver la relevancia de la información en los estudios sobre el tema, suceso que favorece el contenido de la revisión, y el Grupo 3: Artículos publicados recientemente, preferiblemente en los últimos tres años, en este caso, el filtro se emplea para cuatro años debido a que el año en curso, este grupo enfatiza la novedad en la información, considerando que sobre el tema influye mucho los avances en la literatura más recientes y la normatividad.
- Criterios de calidad, a parte de los criterios aplicados anteriormente por Crossan y Apaydin (2010), cada uno de los artículos trae consigo un resumen, donde muestra el tema principal de la publicación, por tanto, la lectura respectiva a estos documentos consiste en qué tanto aporta el tópico de los documentos a la temática investigativa, considerando los siguientes criterios: Daño a la salud del trabajador, Exposición ocupacional a benceno y Estaciones de gasolina/estaciones de servicio.

Tabla 3.

Criterios de Inclusión y Exclusión.

CRITERIOS		
	INCLUSIÓN	EXCLUSIÓN
ECUACIÓN DE BÚSQUEDA	Documentos disponibles en la base de datos Scopus	Todo el documento que esté escrito 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	
GRUPO 1	Documentos que son revisiones de literatura	Documentos que no son catalogados como revisiones de literatura
	Documentos comprendidos entre los años 2008-2018	
GRUPO 2	El registro de los documentos comprendidos entre los años 2008-2018	Documentos publicados con número de citaciones inferior a cinco
	Documentos con número de citaciones mayor o igual a cinco	Documentos que son revisiones de literatura
	Documentos que son artículos	
GRUPO 3	Documentos publicados entre 2015-2018	Documentos publicados antes del 2014 y durante ese año
CALIDAD DE ESTUDIOS	CRITERIOS DE APOORTE A LA LITERATURA	GRUPOS
	El daño a la salud del trabajador.	1
	Exposición ocupacional a benceno.	2
	Las Estaciones de gasolina/Estaciones de servicio.	3

3.1.2 Ejecución de la Revisión. La realización de los ítems mencionados anteriormente de forma específica.

3.1.2.1 Búsqueda de los documentos. En esta etapa se procede a la obtención de los documentos, se realiza en la base de datos de Scopus en el periodo 2008-2018, se aplica la ecuación de búsqueda propuesta, considerando la relación entre el título, resumen y palabras claves, se obtuvieron 94 documentos.

3.1.2.2 Selección de los documentos. Los criterios de inclusión y exclusión mencionados en la Tabla 3, se aplicaron a los 94 documentos como resultado de la ecuación de búsqueda, dejando así un total 79 artículos este filtro; posteriormente, se aplicó otros criterios para la consolidación de los grupos 1,2 y 3, arrojando 1, 41 y 37 artículos respectivamente.

En la Figura 8 se muestra el proceso de selección de los documentos.

3.1.2.3 Evaluación de la calidad de los documentos. Una vez conformados los grupos 1,2 y 3 como resultado de los criterios señalados anteriormente, se aplican los criterios de calidad a cada documento teniendo en cuenta el título y el resumen, y en algunos casos, más la introducción y las conclusiones debido a la presencia de ambigüedad en el tópico. Adicionalmente, se sumaron artículos por bola nieve en cada uno de los grupos cumpliendo solamente con los criterios de calidad.

En la Figura 8 se muestra los resultados de la evaluación de la calidad de los documentos.

3.1.2.4 Extracción de la información. La herramienta de Excel fue clave para extraer la información de interés de cada uno de los artículos, organizar y clasificar la información permitió mejor el análisis de los documentos como también la comprensión de los aspectos más relevantes de la literatura.

3.1.2.5 Síntesis. Una vez extraída la información para el desarrollo de la investigación como se muestra en la Figura 8, se procede al análisis propicio de forma ordenada y estructurada.

3.1.3 Reporte y difusión. Corresponde a la construcción del estado del arte a partir de los documentos, mediante la información extraída, la interpretación y el análisis, se procede a la elaboración del informe final, el cual se puede ver en el capítulo 4 del presente libro.

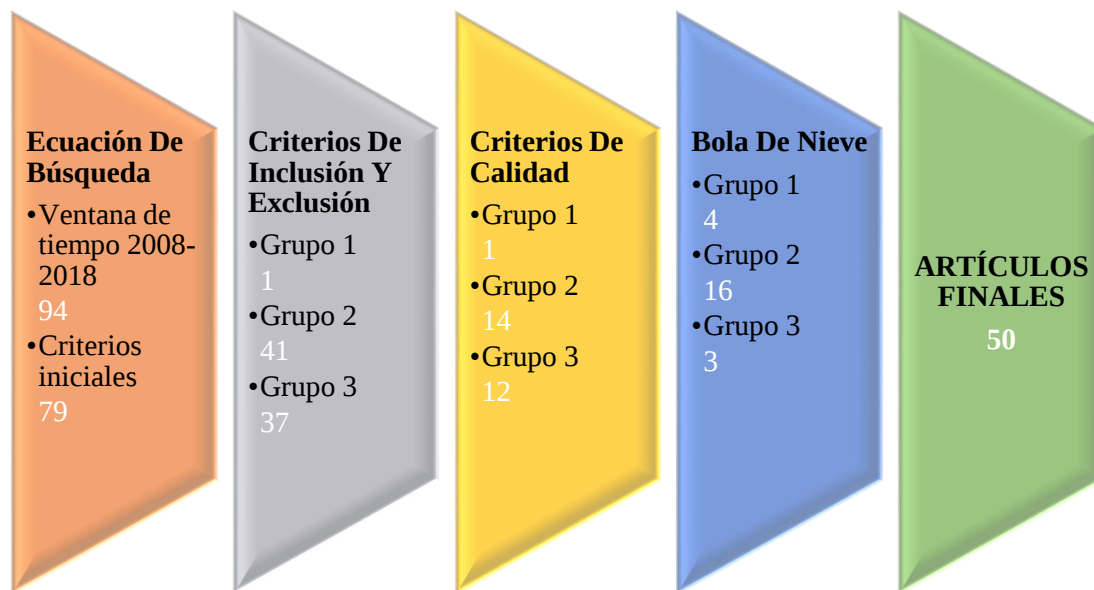


Figura 8. Proceso de selección de documentos.

3.2 Análisis y clasificación de la información como resultado de la revisión

En la revisión preliminar de la literatura se pudo observar el enfoque de los autores en las investigaciones, no todos llevaron se enfocaron en lo mismo, por eso, una vez se obtiene los 50 documentos como resultado final para el estado del arte, se procede hacer un análisis para clasificar

en los cuatro subtemas la información, ya que, subjetivamente se considera relevante para la organización de la misma:

- Exposición ocupacional a benceno en las estaciones de gasolina/estaciones de servicio: Los autores que enfocaron su estudio en medir los niveles de concentración de benceno al que se encuentran expuestos los trabajadores en la estación, considerando los límites ocupacionales debido a los riesgos que comprometen la salud del trabajador.
- Los factores externos que influyen en la exposición ocupacional a benceno en la gasolina: Los autores que en sus estudios tuvieron en cuenta aspectos generales que fueron significativos en los resultados de su investigación.
- Enfermedades por la exposición ocupacional a benceno en la gasolina: Los autores que enfocaron su estudio evaluando los efectos adversos en los trabajadores de la estación como resultado de su exposición a benceno en la gasolina.
- Relación de las enfermedades asociadas con la exposición ocupacional a benceno en la gasolina: Este subtema centraliza la información de los subtemas anteriores en la respuesta a la pregunta de investigación, como se puede ver ilustrado en la Figura 9.

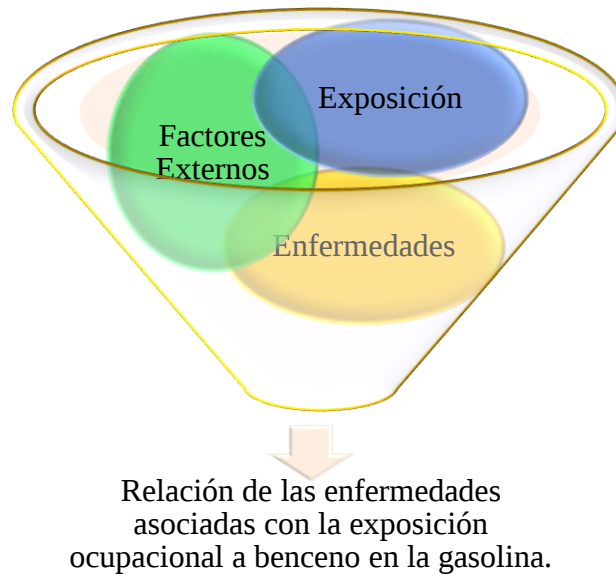


Figura 9. Subtemas de la Revisión de Literatura

La clasificación de los artículos se realiza mediante un análisis de la literatura, cuyo punto clave es la organización de los estudios para la extracción de la información a documentar. A continuación, en la Tabla 4 se presenta el proceso de los componentes que se tuvo en cuenta y en la Figura 10, se muestra la clasificación de los documentos por cada subtema.

Tabla 4.

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.

<i>Pasos</i>	<i>Componente</i>	<i>Descripción</i>
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

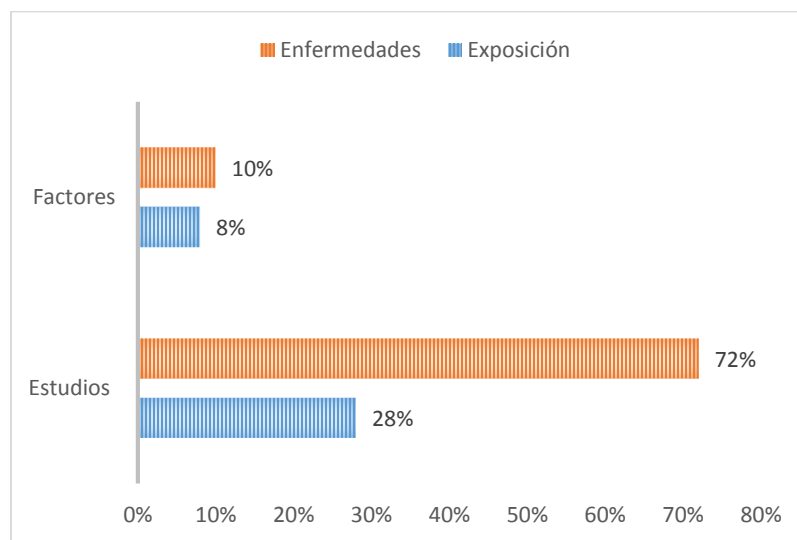


Figura 10. Clasificación de los artículos por subtema.

De los estudios realizados por los autores sobre el tema en la literatura, el 72% de los estudios se enfocan directamente con la enfermedad en específico, y el 28% considerando los riesgos a la salud se centran en medir las concentraciones teniendo en cuenta los límites ocupacionales. Ahora, en cuanto a los factores externos, no todos los autores lo tuvieron en cuenta, en la literatura solo el 8% del 28% de los estudios enfocados en concentraciones y el 10% del 72% de los estudios enfocados en estudiar las enfermedades, consideran los factores externos.

Ahora, en la Figura 11 muestra los estudios enfocados en las enfermedades y cuáles de ellos analizaron los factores externos, del mismo modo, para los autores enfocados en medir las concentraciones.

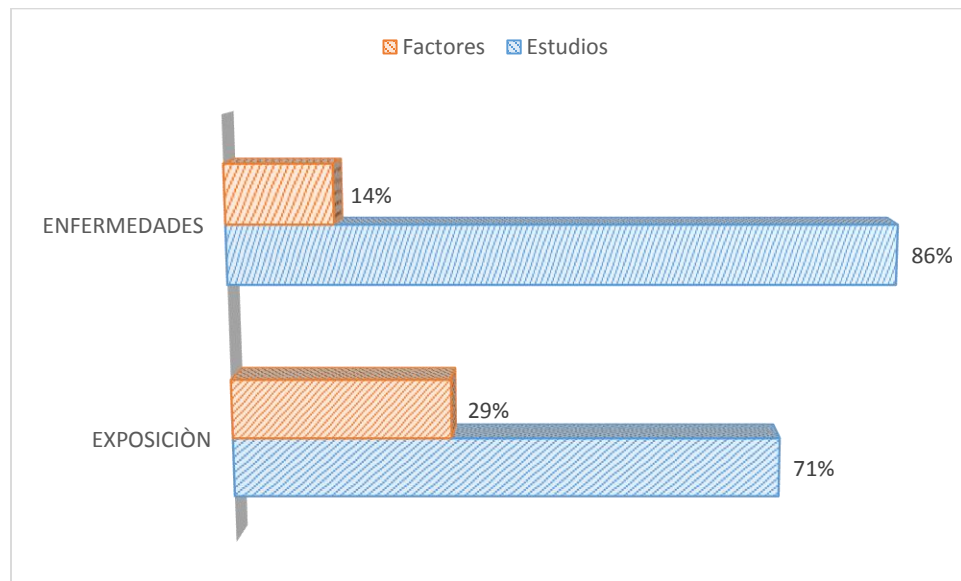


Figura 11. Factores por estudio

De lo anterior, se observa que el porcentaje de los factores externos estudiados no es de vital importancia, considerando el enfoque de los estudios basados en la exposición y en las enfermedades como 100%, se tiene respecto a la exposición un porcentaje considerable del 29%, pero no relevante, pero se encuentra por debajo con 6.5%, que posiblemente en un futuro debido a las recientes investigaciones, podría ser apreciable.

En el Apéndice A, se enlista la clasificación de los artículos por subtema de exposición, factores externos y enfermedades, siendo los soportes para el objetivo de la investigación, cabe decir, que como todos los artículos están relacionados con el último subtema, no fue necesario especificarlo en el apéndice.

4. Estado Del Arte De La Relación Existente Entre El Daño A La Salud y La Exposición Ocupacional A Benceno En Trabajadores De Estaciones De Gasolina

La investigación se basa en un análisis bibliométrico que cuantitativamente permite observar de forma objetiva los datos relevantes de la literatura científica y una revisión de literatura que cualitativamente aporta al conocimiento científico de forma significativa.

4.1 Análisis Bibliométrico

El análisis bibliométrico se realiza a los 79 artículos en la base de datos de Scopus, documentos como resultado en la ventana de tiempo 2008-2018 y con los criterios iniciales implicados para la ecuación de búsqueda, se optó por los documentos obtenidos por el primer filtro, teniendo en cuenta que, esto permite visualizar mejor el panorama en forma cuantitativa sobre la tendencia de la literatura en el área de investigación, considerando factores que agregan valor a la producción científica en la investigación.

4.1.1 Publicaciones por año. En la Figura 12, se puede apreciar que en los años 2014, 2015 y 2017 con 11, 15, y 10 publicaciones cada uno respectivamente, son el auge del número de documentos en el transcurso del tiempo, también es factible apreciar la tendencia de crecimiento a partir del año 2011 alcanzando el máximo número de publicaciones en el año 2015, lo que refleja la importancia de la investigación en el área.

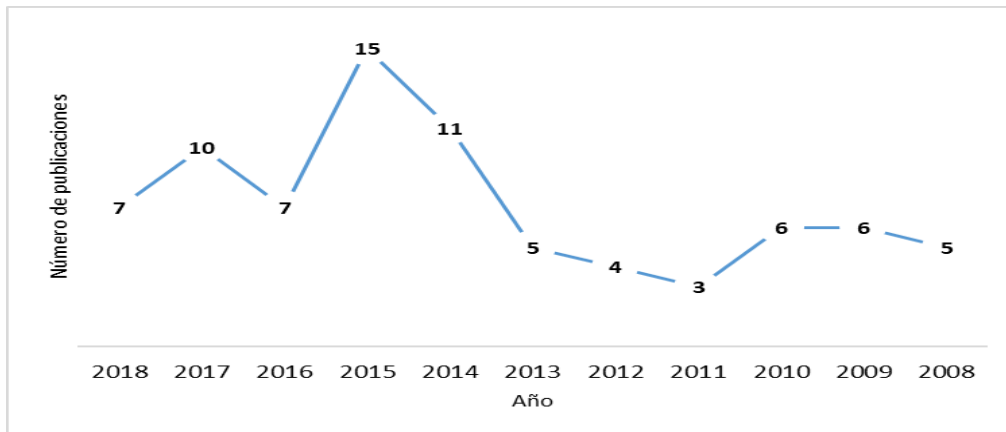


Figura 12. Publicación por años

4.1.2 Publicaciones por revistas. En la Figura 13 se muestra las revistas que cuentan con más de una participación en esta investigación, fuente de las respectivas publicaciones. El mayor número de documentos registrado es por la revista *Environmental Monitoring And Assessment* con 7 publicaciones, seguida *Science Of The Total Environment* con 6, cabe decir, que es normal que estas fuentes sean pioneras en los documentos publicados por el enfoque y las repercusiones de la temática a nivel internacional. La participación múltiple de las revistas alude a la importancia del tema en diferentes áreas de investigación.



Figura 13. Publicaciones por revista.

En la Tabla 5 se muestra una comparación de las 10 primeras revistas que aparecen con más publicaciones en el tema, uno de los mecanismos es el factor de impacto (FIN – Número de citaciones de la revista/Número de artículos publicados en un periodo de dos años), el Cite Score, que mide las citas promedio publicadas en el serial y el SJR (SCImago Journal Rank), mide el prestigio de la revista según el tema, calidad, reputación comportamiento de citas en la temática de investigación (Scopus, 2018).

Tabla 5.

Mecanismos de comparación de revistas

Nombre de la Revista				N° citaciones	N° artículos	FIN	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 solo el número de publicaciones se relaciona con el tema de investigación, el resto de los componentes incluye todos los documentos disponibles en las diferentes revistas.

De lo anterior, se aprecia que el mayor factor de impacto lo tiene la revista *Environment International* con 7.32 y consecuentemente a ello, el SJR es mayor, porque el factor de impacto de la revista es proporcional al mismo, adicionalmente, no posee mayor número de publicaciones en el tema, pero si es la más influyente, seguida a esta 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 reflejando un SJR de 1.546, lo que es importante para la investigación sin embargo, en cuanto al número de citas por año, esta revista es superior a las demás, lo que deja ver la relevancia de todos los temas que tienen que ver con el medio ambiente.

4.1.3 Publicaciones por país. Estados Unidos es un país que se destaca por su producción científica; sin embargo, en la Figura 14, en este tema de investigación se encuentra después de Brasil e Irán, encabezando la lista con 12 publicaciones cada uno, estos tres países tienen más del 30% de participación, considerando que son más de 50 países afines con la investigación. Además, la participación de varios países hace hincapié en el desempeño de la temática internacionalmente y enfatiza que tan identificados se encuentran con la problemática en la realidad.

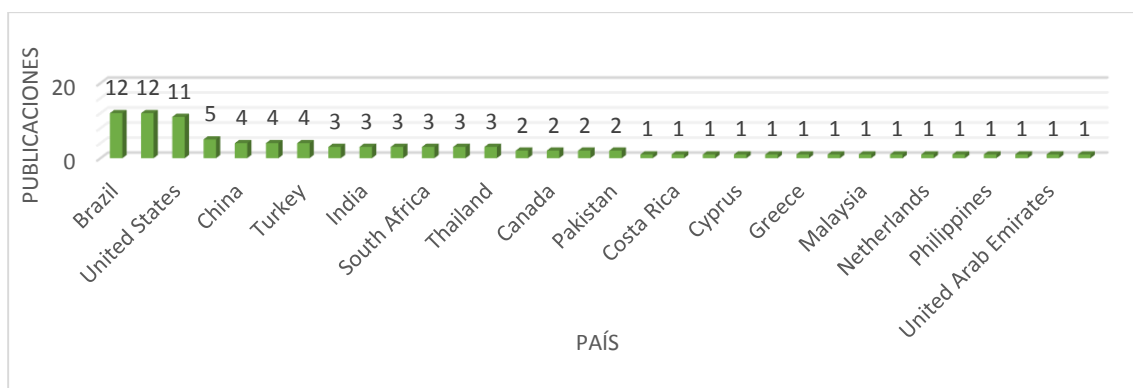


Figura 14. Publicaciones por país.

A. Colaboración científica entre países:

Con el software Vantage Point se consigue ilustrar por medio de un mapa la relación de los países más relevantes, aquellos que intervinieron en la producción científica sobre el tema, siendo Estados Unidos el protagonista con 75 participaciones, más del 80% de colaboraciones con los países de diferentes continentes para esta producción.

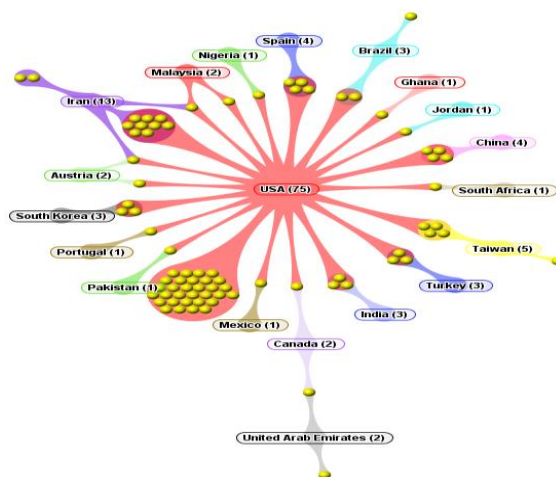


Figura 15. Colaboración entre países Adaptado: Vantage Point

4.1.4 Publicaciones por Autor. En la Figura 16, se muestra las publicaciones sobre el tema de investigación, donde intervienen 181 autores, de los cuales, el 11,6% de los autores solo tiene dos publicaciones, mientras que el 88,4% solo ha publicado una vez. Cabe apreciar, la diversidad de autores es un reflejo del interés en el estudio referente; sin embargo, ninguno se destaca de forma considerable en el número de aportes a la producción científica.

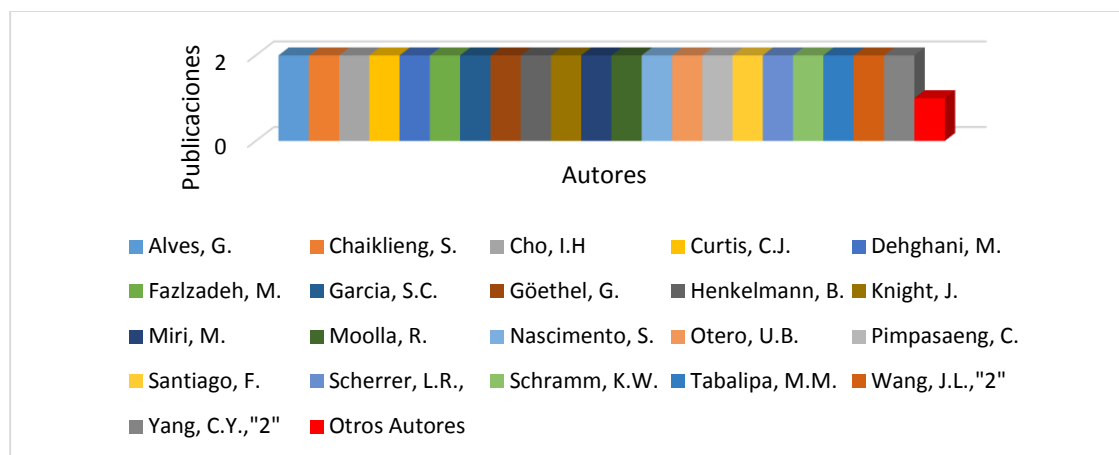


Figura 16. Publicaciones por autor.

4.2 Revisión de Literatura

Los subtemas planteados para esta revisión de literatura, son la clasificación del análisis de la información en los resultados de la revisión, con el fin de dar mejor comprensión en el tema de la investigación.

4.2.1 Exposición ocupacional a benceno en las estaciones de gasolina/estaciones de servicio. Actualmente, se han hecho muchos estudios sobre el Benceno, debido a que es catalogado por Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC) y la Organización Mundial de la Salud (OMS) en el grupo de los carcinógenos (Rattanajongjitrakorn & Prueksasit, 2014), los niveles de benceno varían dependiendo el nivel de pureza que tenga o el nivel de concentración en el compuesto que se encuentra, sin embargo, los estudios sobre el benceno centran principalmente la exposición continua y prolongada a niveles relativamente bajos de benceno, tanto en entornos ocupacionales como ambientales (Duarte-Davidson et al., 2001), por eso, se realizan estudios en las estaciones de gasolina con fines diferentes, considerando este

hidrocarburo aromático presente en la gasolina, que a pesar de que tiene un porcentaje bajo causa efectos negativos en la salud. Además, la concentración de benceno en la gasolina es crítico en el desarrollo de enfermedades en especial la leucemia, el grado se debe a su composición y volumen, ya que se bombea durante las operaciones de suministro de combustible (Carrieri et al., 2006), en la Figura 17 se ilustra el contenido que se llevará a cabo en este subtema.

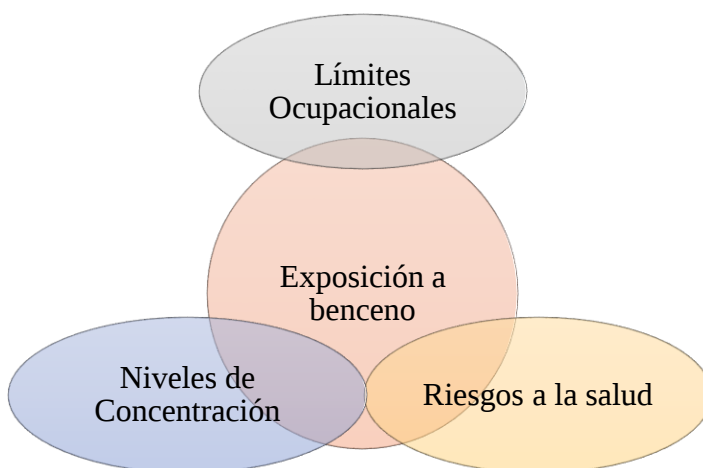


Figura 17. Enfoque del subtema

4.2.1.1 Límites ocupacionales. Existen organizaciones internacionales que estandarizan criterios de exposición referentes a agentes químicos, físicos y demás, referencia científicamente comprobada que la hace confiable para que cada país se guíe, y de este modo tener un orden y control establecido. En este caso, las organizaciones internacionales más importantes que competen en determinar la exposición a benceno son ACGIH American Conference of Industrial Hygienists), OSHA (The US Occupational Safety & Health Administration.), y la NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health.), cada una de ellas establece valores límites

permisibles para la exposición a benceno, siendo el hidrocarburo aromático más peligroso de la gasolina.

La Tabla 6 muestra los límites ocupacionales para los niveles de exposición a benceno, teniendo en cuenta que para la ACGIH es TLV (Umbral límite valor), para OSHA es PEL (límites de exposición permitidos) y para la NIOSH es REL (límite de exposición recomendado). (Majumdar (neé Som), Dutta, Mukherjee, & Sen, 2008) y TWA aluce al tiempo promedio ponderado (jornada convencional de 8 horas/ día, con 40 horas/semana) y STEL al tiempo de exposición a corto término (expuestos continuamente en un periodo corto de 15 minutos). (Ministerio de la protección social, 2008).

Tabla 6.

Límites permisibles de Exposición de Benceno

OSHA PEL		NIOSH REL Techo de		Techo ACGIH		Cal / OSHA PEL	
8 horas TWA		TWA		TLV ©		8 horas TWA	
(ST) STEL		(ST) STEL		TWA		(ST) STEL	
(C) Techo		(C) de hasta 10 horas		(ST) STEL		(C) Techo	
máximo				(C) de 8 horas		máximo	
PEL-TWA	1 ppm	REL-TWA	0.1 ppm	TLV-TWA	0.5 ppm [1996]	PEL-TWA	1 ppm
PEL-STEL	5 ppm	REL-STEL	1 ppm	TLV-STEL	2.5 ppm [1996]	PEL-STEL	5 ppm
PEL-C		REL-C		TLV-C		PEL-C	
Notación de la piel	norte	Notación de la piel	norte	Notación de la piel	Y	Notación de la piel	Y

En cuanto a la Gasolina el ACGIH define un TWA de 8 horas y 300 ppm y un STEL de 15 minutos y 500 ppm para esta sustancia y OSHA propuso un TWA PEL de 300 ppm y un STEL de 500 ppm, los límites no están actualmente en vigor, debido a que la gasolina es una mezcla compleja de más de 150 productos químicos, donde la cantidad de cada uno de ellos en su composición varía dependiendo de muchos aspectos, como la fuente del petróleo crudo, el fabricante y la época del año. (Atsdr & Sciences, 1996), como también las legislaciones en cada país respecto al manejo de los compuestos de la gasolina, en general se puede decir que al día de hoy, el benceno contenido en gasolina varía de menos de 1 a 5% (Verma y Tombe, 2002).

Debido a la composición diversa que presenta la mezcla, se estudian cada uno de los componentes de forma individual, en especial los compuestos aromáticos BTEX (benceno, tolueno, etil-benceno y xileno), agentes más peligrosos con efectos tóxicos y carcinogénicos (Bahiraii, Ahangari, Mirshafiey, Razazian, & Mohammadi, 2017), sobre todo la base de la carcinogenicidad bien establecida de algunos componentes como el benceno (Carere et al., 1995).

4.2.1.2 Niveles de concentración del benceno. Se han realizado diversos estudios cuyo interés principal es el benceno con exposición continua y prolongada a niveles relativamente bajos, tanto en entornos ocupacionales como ambientales (Duarte-Davidson et al., 2001), por eso, sobre exposición ocupacional a benceno en estaciones de gasolina, el objetivo de algunos estudios se centra en medir la concentración de benceno referenciando los valores límites ocupacionales y considerar que tan alta o baja está la exposición del trabajador a este producto químico considerando los límites por ACGIH, valor medio entre la OSHA y la NIOSH. En Figura 18 se muestra los parámetros de diferenciación para los límites permisibles.

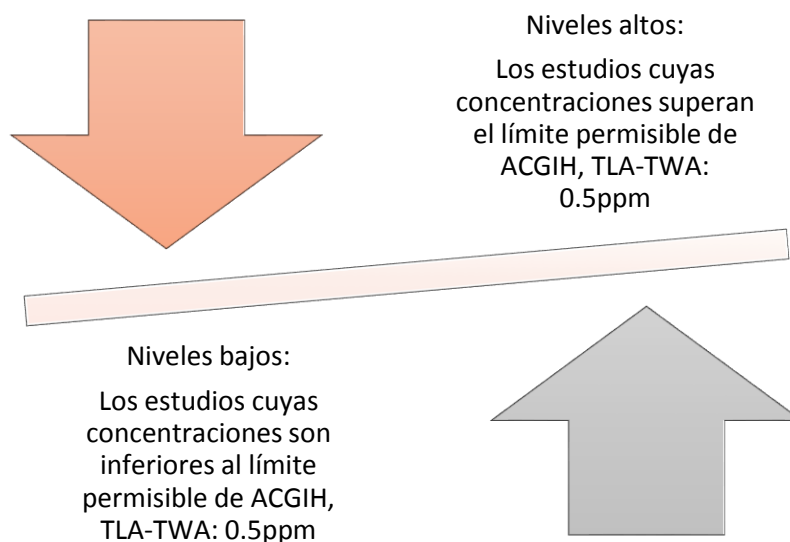


Figura 18. Niveles de concentración

❖ Niveles Altos

Las enfermedades desde la leucemia hasta la anemia, son asociadas al benceno, exposiciones agudas (concentraciones muy altas) puede causar narcosis: dolor de cabeza, mareos, somnolencia, confusión, temblores y pérdida de conciencia y las exposiciones crónicas (concentraciones relativamente altas) puede reducir la producción de glóbulos rojos y blancos de la médula ósea en los seres humanos, lo que resulta en anemia aplásica (Mohammadyan, Golafshani, Yousefinejad, & Boogaard, 2016), por eso, es importante medir los niveles de benceno que los empleados inhalan, pues, es la vía de exposición más relevante por la que el benceno causa diversos daños comprometiendo la salud y seguridad laboral en las estaciones de gasolina.

Irán es uno de los países más contaminados de la tierra, estudios muestran resultados elevados en comparación con otros en la literatura referente a la exposición a benceno en la gasolina, quizás, este hecho se deba a lo asequible en el consumo del petróleo o la falta de implementación de tecnología en el diseño de las estaciones, como también es una indicación de la falta de regulación

y control sobre la exposición a este producto químico, pues, los riesgos a la salud son mayores en cuanto se exceda las recomendaciones establecidas para la salud y seguridad laboral. En la ciudad de Juybar, en tres estaciones de gasolina el riesgo a la salud que se cuantifica es alto, debido a que los límites están por encima del permisible (Mohammadyan et al., 2016), así mismo, en Shiráz, como una de las ciudades más contaminadas de Irán, en puntos calientes de un área que emite mayores concentraciones a la atmósfera, se toman muestras, dentro de las cuales, las estaciones de gasolina emiten las concentraciones altas (Dehghani et al., 2018), y por último, en Ahvaz, dos de las estaciones de gasolina más grandes, en el muestreo desde el aire ambiente y en la zona de respiración del operador y los clientes, las concentraciones exceden los valores estándar, especialmente el operador que tiene relación directa (Zoleikha, Mirzaei, & Roksana, 2017).

En Bangkok, Tailandia, en una estación de gasolina con muestras de orina en los trabajadores expuestos y otras en un grupo no expuesto, a través del biomarcador ácido trans-mucomónico (ttMA), muestra los niveles de concentración de benceno en los metabolitos de los trabajadores significativamente más altos que las personas que no están expuestas, teniendo en cuenta que en un estudio previo por Muttamara S, Leong ST y Lertvisansak I (1999), el monitoreo de benceno atmosférico en el lugar varía de una concentración de 0.7 ppm a 4.14 ppm, siendo mayor que los límites permisibles es una alarma para la salud laboral y en especial porque son trabajadores pocos calificados para el alto riesgo al que se exponen continuamente. (Wiwanitkit, Suwansaksri, & Nasuan, 2001), cabe decir, que los índices de exposición biológica para el benceno en la orina establecidos por (ACGIH) son Ácido S-Fenilmercaptúrico con límite de 25 mcg/g creatina y para el ácido t-t-mucónico es de 500 mcg/g de creatina (Ministerio de la protección social, 2008), además, en una estación al límite de esta ciudad examinan diversos factores como las áreas de la

estación y días de la semana incluyendo las horas, en las concentraciones, cuyos niveles de benceno fueron bastantes altos (Rattanajongjitrakorn & Prueksasit, 2014).

Debido a los efectos en la salud como resultado de la exposición a benceno, se ha restringido este producto de forma general (Guerra et al., 1995; Asociación Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC), 1987; Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), 2000), y todas las regulaciones en cuanto a la cantidad de benceno en la gasolina, sistemas de recuperación de vapor y los límites establecidos de exposición para los empleados de las estaciones de servicio es menor que antes (Franco y Bisio, 1995; Giacometti, 2000), sin embargo, aún con todo, para los empleados de las estaciones de servicio y las concentraciones de benceno en el ambiente, sigue siendo relativamente alta en comparación con la población general (Aleksic et al., 2005). En Grecia, estudios muestran niveles de benceno inhalados por los trabajadores muy elevados, en la ciudad Ioánina el estudio de los factores como la ubicación, las funciones laborales, la demanda de la gasolina y las implicaciones meteorológicas influyen en los niveles emitidos dentro de la estación (Karakitsios, Papaloukas, Kassomenos, & Pilidis, 2007) e incluso, en Atenas, el punto de muestra en la zona de respiración del trabajador y a un metro por encima de las bombas, es tres veces más alto de la concentración del benceno en el trabajador de forma directa (A. P. SOLDATOS, E. B. BAKEAS & Environmental, 2003).

Las simulaciones con modelos numéricos en conjunto con datos experimentales también son una forma de medir la exposición a benceno, una simulación en un área de una estación de servicio, perteneciente a los grupos de estudios de CONCAWE, una organización europea de empresas petroleras para el medio ambiente, la salud y la seguridad del refinado proporciona los datos para esta simulación de flujo de fluidos y concentraciones de algunos compuestos típicos de gasolina, dentro de los cuales el benceno cuenta con niveles de exposición considerablemente altos, aunque

las simulaciones presentadas asumen un estado de equilibrio continuo, estas concentraciones son consistentes con las reportadas en la literatura y se encontró que causan efectos que van desde irritación leve (tos, dolor de garganta, etc.) hasta hiperemia conjuntival e irritación ocular, dependiendo del tiempo de exposición.. (Kountouriotis, Aleiferis, & Charalambides, 2014), y otra simulación en Rio Janeiro, Brasil, en varias estaciones de servicio las concentraciones de todas las muestras sobrepasa el límite ocupacional estipulado por la ley. (Correa, Arbilla, Marques, & Oliveira, 2012).

El monitoreo para medir la exposición a benceno es esencial, y hay diferentes maneras en recoger las muestras, atmosférica, personal y biológicas, sin embargo, para medir el impacto de las concentraciones en el trabajador, el monitoreo personal y ambiental siguen siendo más confiable que el monitoreo biológico, ya que los biomarcadores se ven influenciados por factores relacionados a las características de la población (Carrieri et al., 2006).

❖ Niveles bajos

La Organización Mundial de la Salud no recomienda un nivel de exposición establecido para que por debajo del mismo elimine los riesgos a la salud (Hajizadeh et al., 2018), por tanto, reducir la exposición del trabajador reduce los riesgos al mismo, en el sureste de España, un estudio sobre la evolución de los límites ocupacionales en tres periodos de tiempo diferentes, todos por debajo de los valores límites permisibles en su tiempo, evidencia no solo las reducciones en la exposición, sino también la concentración del benceno en la gasolina (Periago & Prado, 2005), ahora bien, no hay límite que garantice seguridad para el bienestar de los trabajadores, pero debido a los efectos negativos encontrados en el bienestar de los trabajadores expuestos a benceno, la intervención de las organizaciones reguladoras para velar por la salud laboral, a través del tiempo es considerable comparado a los niveles de exposición.

En Brasil, las emisiones de una estación de servicio y etanol comparadas con un punto de control (no hay exposición), a pesar de estar por debajo de los límites ocupacionales, la diferencia es tres veces mayor en la estación (De Oliveira, Martins, Arbilla, & Gatti, 2007) y en Irán, el estudio de emisiones de benceno en el aire ambiente de 10 estaciones con datos provenientes de la empresa de Control de Calidad del Aire de Teherán, reflejan el problema de no asumir la responsabilidad para hacer frente a la situación a pesar de los límites estar por debajo de los establecidos (Jafari & Ebrahimi, 2007).

Existen diversos estudios que revelan que la exposición baja a benceno es un riesgo a la salud, es leucémico (Smith et al., 2011) y genera cambios hematológicos significativos (Lan et al., 2004), así mismo, indica un nivel de riesgo inaceptable de desarrollar cáncer (Thaveevongs et al., 2010), sin embargo, estas exposiciones están asociadas a factores externos que influyen en los niveles emitidos a la atmósfera y los que inhalan los trabajadores, un estudio en Tailandia, en varias estaciones de gasolina aunque los niveles dentro de los permisibles, los diferentes riesgos asociados con funciones de trabajo, el entorno, las cantidades de diferentes productos derivados del petróleo y la venta de combustible, marcan significativamente en la exposición (Chaiklieng, Pimpasaeng, & Aravetsiri, 2015).

De lo anterior, es claro que las exposiciones bajas a benceno no son marcos de protección al trabajador, pueden disminuir los riesgos a la salud como también el grado de los efectos, no obstante, sigue siendo factor crítico a la salud.

4.2.1.3 Riesgos a la salud. La exposición indica que una o varias personas permanecen sometidas a un riesgo o están bajo la acción de un agente contaminante que incide negativamente en las condiciones de seguridad o en su estado de salud. Esta se mide en tiempo o en frecuencias

de tiempo, según el riesgo sea estable o se presente en determinados momentos de un proceso (Pontifica Universidad Javeriana, 2007, p.152), por lo tanto, en cuanto a la exposición a benceno las vías son Inhalación, absorción de la piel, ingestión, contacto con la piel y / o los ojos, síntomas presentados irritación de los ojos, piel, nariz, sistema respiratorio; mareo; dolor de cabeza, náuseas, marcha escalonada; anorexia, laxitud (debilidad, agotamiento); dermatitis; depresión de la médula ósea; [carcinógeno ocupacional potencial], cuyo órganos objetivo son los Ojos, piel, sistema respiratorio, sangre, sistema nervioso central, médula ósea y el Sitio del cáncer [leucemia], un dato significativo es que la ruta de ingreso del benceno en el trabajador es la sangre. (NIOSH (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo), 2018).

En la Figura 19 los riesgos a la salud se pueden ver con mayor claridad, el Consejo Internacional de Centros Comerciales (ICSC), esclarece los riesgos considerando la exposición.

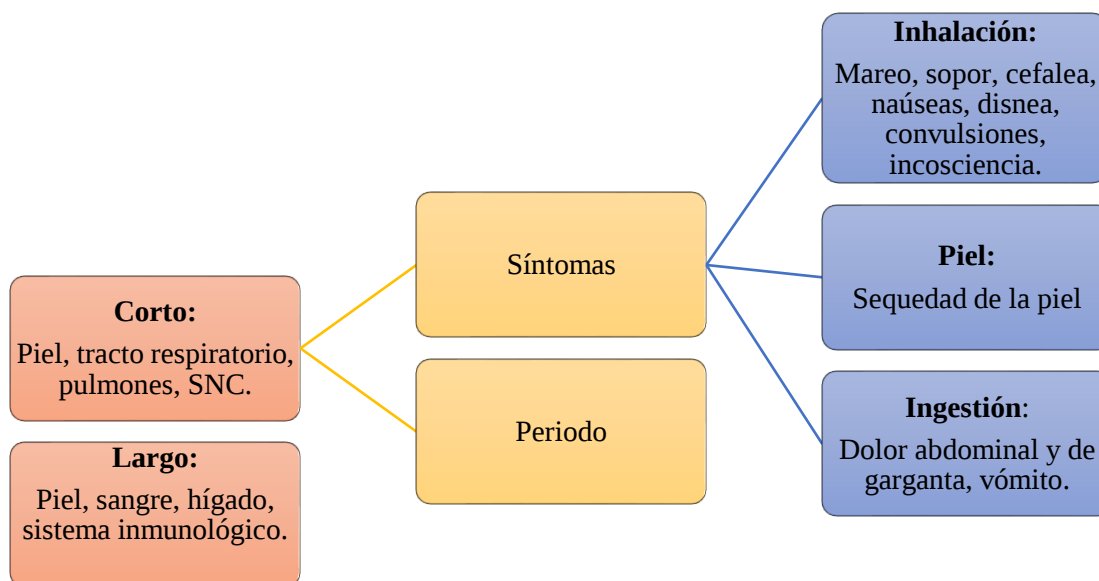


Figura 19. Riesgos para la salud.

Los valores límites permisibles para ser aplicados a agentes de BTX-EB, y poder controlar las mediciones respectivas, se recomienda la escala de rangos de exposición combinada (AIHA 2006, Rock J 1995). una escala que comprende cuatros categorías, cada una asociada con la concentración observada, para este caso, los límites ocupacionales altos pertenecen a la categoría 3 y 4, exposición moderada o alta (50% - 100% del Límite de exposición ocupacional) y muy alta (> Límite de exposición ocupacional), y los límites ocupacionales bajos a la categoría 1 y 2, no exposición (<10% del Límite de exposición ocupacional) y exposición baja (10%-50% del Límite de exposición ocupacional), (Ministerio de la protección social, 2008). En la Tabla 7 se muestra claramente la escala y el equivalente de las concentraciones en partes por millón (ppm).

Tabla 7.

Clasificación de los estudios por concentración según la categoría.

Categoría	%	Concentración (ppm)	Nº Estudios
No exposición (mínima)	<10	<0.05	1
Exposición baja	10-50	0.05-0.25	2
Exposición moderada o alta	50-100	0.25-0.05	2
Exposición muy Alta	>100	>0.5	9
Total			14

La finalidad de estos criterios es para ejercer correctamente las medidas de control sobre la exposición a los compuestos BTX-EB, compuestos más tóxicos de la gasolina y en especial el

benceno, el más peligroso de todos, por lo que a continuación en la Figura 20 se esquematizan las zonas de exposición.

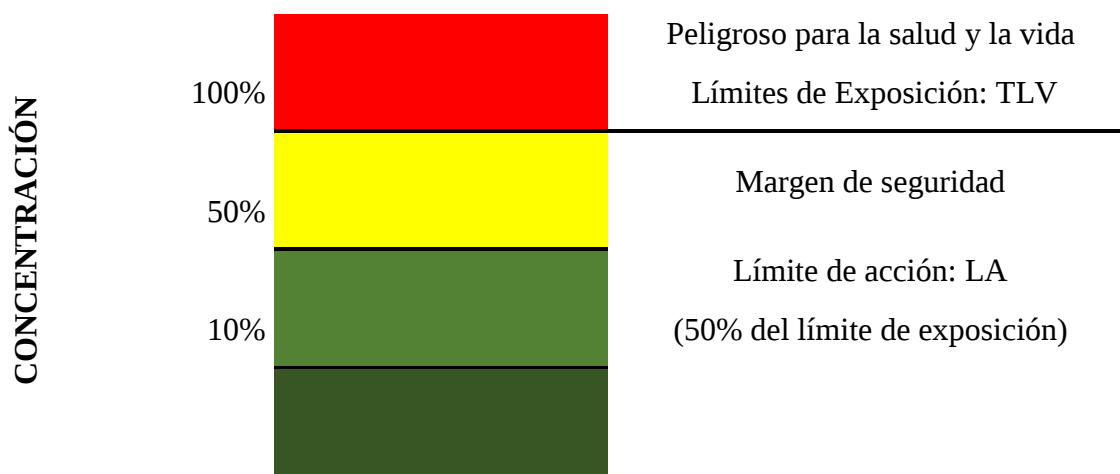


Figura 20. Esquema de los rangos de exposición.

En el esquema se muestran los riesgos a la salud de acuerdo a la exposición a concentraciones de benceno, cuyo riesgo al trabajador es de considerar a partir del 50% del límite permisible, para supervisión y control manteniendo un alerta por la seguridad y salud de cada uno de ellos, sin embargo, se observa que la mayoría de las concentraciones estudiadas por los diferentes autores, superan el límite ocupacional, hecho que evidencia el riesgo de forma peligrosa para la salud y la vida, por tanto, el riesgo a la salud aumenta en cuanto la exposición a benceno se mayor.

En el apéndice B están clasificados los autores de cada uno de los estudios por categorías en la escala de rangos de exposición (AIHA 2006, Rock J 1995).

En cuanto a la medición para las concentraciones, la literatura presenta dos métodos, uno es de lectura directa (Mide la concentración por medio de cromatógrafos de lectura directa e inmediatamente muestra los resultados) y el otro, de forma indirecta (Mide la concentración y el resultado se manda para el análisis respectivo), para la lectura indirecta el muestreo puede ser

pasivo, activo o con biomarcador (Ministerio de la protección social, 2008) A continuación, se muestra en la Tabla 8 el tipo de muestra para la medición de los niveles de benceno.

Tabla 8.

Tipo de medición para las concentraciones de benceno.

Autores	Tipo de medición
Karakitsios <i>et al.</i>	Muestreo pasivo y activo
Kountouriotis <i>et al.</i>	Datos (CONCAWE)
Wiwanitkit <i>et al.</i>	Biomarcador de exposición ttMA
Mohammadyan <i>et al.</i>	Cromatógrafos de lectura directa
Rattanajongjitrakorn <i>et al.</i>	Muestreo activo
Correa <i>et al.</i>	Muestreo activo
Dehghani <i>et al.</i>	Muestreo activo
Zoleikha <i>et al.</i>	Muestreo activo
Anastasios <i>et al.</i>	Muestreo activo
Carrieri <i>et al.</i>	Muestreo activo
Periago, J. F., & Prado, C.	Muestreo activo
De Oliveira <i>et al.</i>	Muestreo activo
Chaiklieng <i>et al.</i>	Muestreo activo
Jafari, H. R., & Ebrahimi, S.	Muestreo activo

De las cuatro muestras posibles, el muestreo activo es el más usado por los autores, pues de los 14 estudios, en 11 estudios prevalecen para evaluar los niveles de benceno, y respecto al análisis, las NIOSH y OSHA, proporciona los mejores métodos de medición (Ministerio de la protección social, 2008), en cuanto al análisis de las muestras recolectadas, el cromatógrafo de gases (GC) equipado con un detector de ionización de llama (FID), es el más relevante en las mediciones.

4.2.2 Los factores externos que influyen en la exposición ocupacional a benceno en la gasolina. Los factores de confusión afectan las respuestas en todos los tipos de células. Existen factores de confusión endógenos como la edad, el sexo, la composición genética y factores de confusión exógenos, incluidos los hábitos de estilo de vida (Benites, Amado, Vianna, & Martino-Roth, 2006), estos factores están relacionados directamente con las características de la población de estudio, podría decirse que son factores internos y pueden influir en los efectos adversos por exposición, sin embargo, existen otros factores, y en la Tabla 9 se muestra los factores externos que pueden influir en los niveles de exposición a benceno.

Tabla 9.

Factores externos encontrados en la literatura

Factores Externos	Elementos
Datos Meteorológicos	Temperatura Viento
Ubicación	Zona Urbana Zona Suburbana Zona Rural
Turnos	Horas/Día Jornada/Día Días/Semana
Puestos de trabajo	Cajero Miscelánea Repostaje

4.2.2.1 Datos Meteorológicos. La temperatura y el viento afectan las concentraciones de benceno en el ambiente, tiene que ver con la evaporización del combustible y la dispersión del mismo en el aire ((Karakitsios et al., 2007), a medida que aumente la temperatura, más elevada

son las concentraciones de benceno en la atmósfera (Sairat, Homwuttiwong, Homwutthiwong, & Ongwandee, 2015), cabe decir, que las temperaturas altas se presentan en la estación de verano y las bajas en la estación de invierno, independientemente de la estación, es el grado de la temperatura que marca el efecto, ahora, en cuanto al viento, entre mayor se presente en el área de la estación de servicio, menor exposición para los trabajadores, ya que el viento diluye las emisiones en la zona de su respiración (Mohammadyan et al., 2016).

4.2.2.2 Ubicación. Este factor comprende tres elementos, la zona urbana, suburbana y rural. La zona urbana es dentro de las ciudades, la rural fuera de las ciudades y la suburbana entre ambas (Chaiklieng, Pimpasaeng, & Aravetsiri, 2015), como la zona urbana hace referencia a grandes ciudades, el área comercial y residencial están incluidas (Hazrati, Rostami, Fazlzadeh, & Pourfarzi, 2016), debido a que una ciudad es un lugar integral.

Lo que hace que una zona sea influyente en las grandes emisiones de benceno, es la población habitada en ella, pues esta, tiene incidencia en el flujo de tráfico que en consecuencia conlleva a una mayor venta de combustible (Karakitsios et al., 2007), por lo que, a una demanda más alta, más se emite concentración. Un estudio en Tailandia, evalúa el riesgo a través de la matriz de riesgo del nivel de probabilidad de exposición y nivel de severidad de los síntomas adversos para las diferentes ubicaciones, resultado que muestra el mayor riesgo para la zona urbana, seguido por la suburbana y por último la rural (Chaiklieng, Pimpasaeng, & Thapphasaraphong, 2015).

4.2.2.3 Turnos. El turno de ocho horas que comúnmente se establece para el trabajador en su jornada laboral, hace que sea vulnerable en ejercer esta actividad (Jo y Song, 2001), teniendo en cuenta que un turno mayor a cuatro horas, las concentraciones de benceno que se inhalan es

mayor que en un tiempo de exposición menor, (Chaiklieng, Pimpasaeng, & Aravetsiri, 2015). Estas horas pueden ser en el periodo de la mañana, tarde y noche durante la semana. El turno de la mañana es el más relevante de los tres, porque el transporte es más activo para la población debido al desplazamiento a sus lugares de trabajo (Karakitsios et al., 2007), seguido del turno de la noche (Mohammadyan et al., 2016).

4.2.2.4 Puestos de trabajo. En la estación de gasolina las funciones laborales son diversas, dentro de las cuales las principales son: el repostaje (reabastecer combustible), actividades de misceláneas (lavar carros, control de aceite, entre otras) y la caja (se encuentra dentro de las oficinas donde también suele ser el área administrativa y puede haber productos a la venta) (Karakitsios et al., 2007), el área central es la bomba de gasolina, el área posterior que mide ambiente de la estación puede asemejarse a las actividades de miscelánea y el área adyacente a la carretera a las oficinas (Rattanajongjitrakorn & Prueksasit, 2014). La función laboral más expuesta para el trabajador en el llenado de combustible, seguido de los cajeros y por último los de actividades misceláneas. El riesgo calculado para la salud es mayor para el repostaje más que todas las funciones laborales.

4.2.2.5 Influencia de los factores externos. Los factores externos son muchos, cada uno contiene elementos que marcan una tendencia relevante en la exposición, sin embargo, como resultado de la revisión en la investigación algunos autores en el estudio de la exposición a benceno en las estaciones de gasolina trajeron a colación este aspecto, cabe decir, que los factores externos contemplados son minoría comparado con los existentes, ya que el objetivo de la investigación tiene un enfoque más específico. Sin embargo, en la Figura 21 se puede apreciar que, de los

factores observados en la literatura, el factor que tiene mayor influencia en las emisiones de benceno es el repostaje, uno de los puestos de trabajo con mayor importancia en la estación, seguido a esto, de forma simultanea se encuentra la zona urbana dejando ver que el punto de ubicación es de considerar como la temperatura. En el Apéndice C, se muestra la clasificación de los autores por factores externos estudiados.

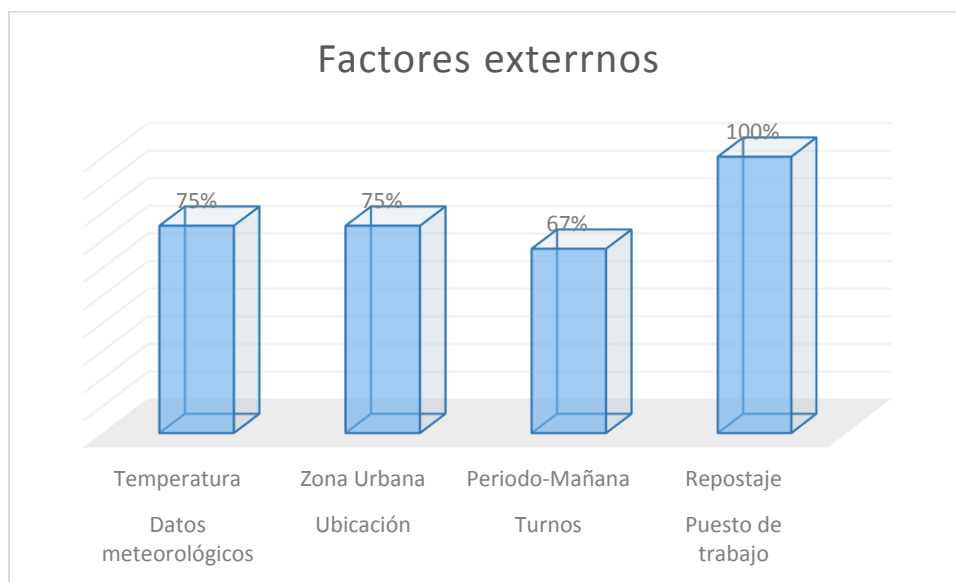


Figura 21. Influencia de los factores externos

Los trabajadores de la estación encargados de abastecer combustible a los motores automotriz, son los más perjudicados en comparación con los demás compañeros, ya que, tiene exposición directa con la gasolina, y consecuentemente con el benceno. Además, como es el área central de la estación tiene mayor receptividad con las emisiones.

4.2.3 Enfermedades por la exposición ocupacional a benceno en la gasolina. Las enfermedades por la exposición a benceno no es un tema nuevo, organizaciones como la

Organización Mundial de la Salud (OMS), y Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC), han comprobado estos efectos en la salud por exponerse laboralmente a este agente químico. Por tanto, debido a estos riesgos a la salud que corre el trabajador, organizaciones como la ACGIH, OSHA y NIOSH, establecen guías para el manejo correcto de estas sustancias que atentan contra la salud y seguridad laboral. En cuanto al ministerio de trabajo, la Organización Internacional del Trabajo (OIT) en el 2010 enlista las enfermedades por sustancias letales para trabajadores en su labor, enfermedades profesionales materializadas (Oficina Internacional del Trabajo (OIT), 2010), como también el ministerio de trabajo en Colombia por medio del Decreto 1477 (Ministerio de Trabajo, 2014b), para comprender mejor como se abordará este contenido, en la Figura 22 se muestra el bosquejo.

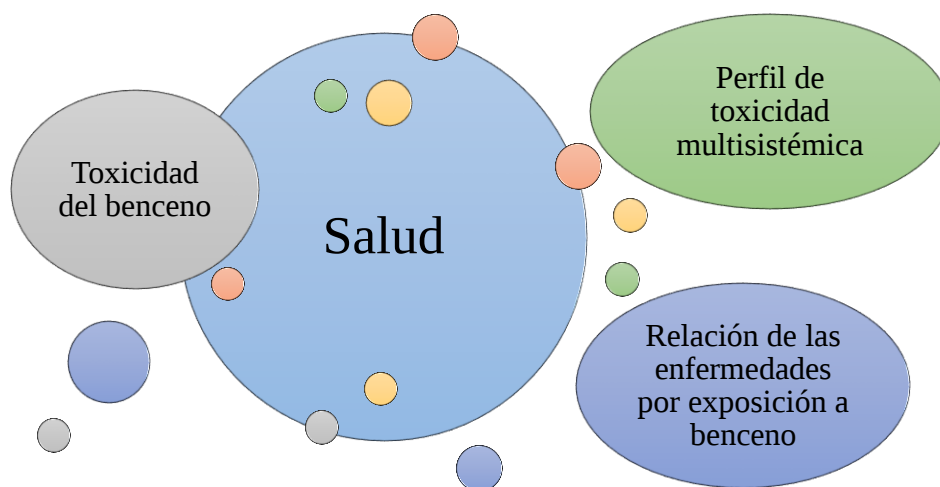


Figura 22. Esquema del contenido en el subtema

4.2.3.1 Toxicidad del benceno Los compuestos de la gasolina comprenden diferentes rutas metabólicas y toxicocinéticas en las personas expuestas a esta mezcla compleja de hidrocarburos, a pesar de esa discrepancia la exposición a la gasolina se absorbe fácilmente por

inhalación e ingestión; los metabolitos activos en este caso del benceno, genera especies reactivas de oxígeno, siendo el causante del daño oxidativo a los tejidos, promotor de estructuras y funciones alteradas, y toxicidad multisistémica (Ekpenyong & Asuquo, 2017), sucesos que conllevan a enfermedades y en el peor de los casos la muerte por la misma, las enfermedades ocupacionales son contraídas por la exposición a factores de riesgo como resultado de la actividad laboral (Oficina Internacional del Trabajo (OIT), 2010), en la Figura 23, se ilustra mejor este proceso.

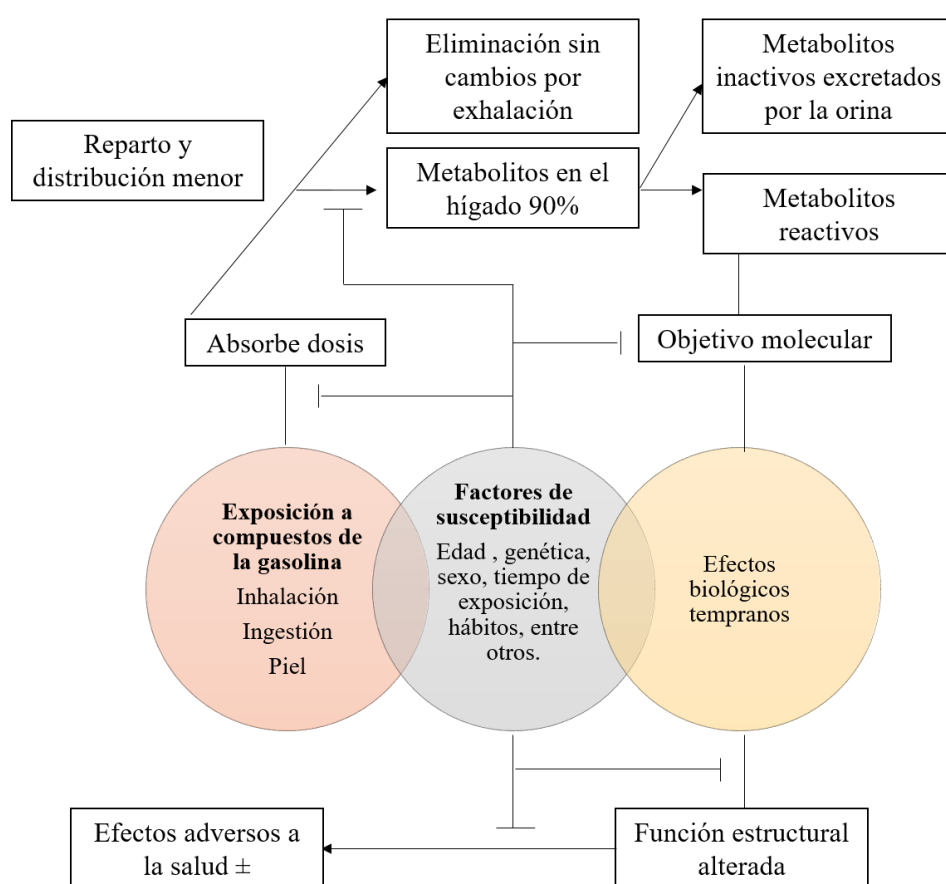


Figura 23. Ruta toxicocinética de los compuestos de gasolina para los trabajadores expuestos, y los efectos moduladores de la vía suscepti-toxicocinética de los compuestos de gasolina para los trabajadores expuestos, y los efectos moduladores de los factores de susceptibilidad del individuo. Adaptado de: Recent Advances In Occupational And Environmental Health Hazards Of Workers Exposed To Gasoline Compounds (Ekpenyong & Asuquo, 2017)

En la figura 23 se observa con claridad que los metabolitos de benceno, unos son excretados por la orina y los que quedan podrían verse afectados por las características de la población, ya que, en cada persona el organismo no funciona de la misma manera, y debido a eso, los metabolitos del cuerpo que reaccionan a la exposición de benceno como defensa generan una respuestas para protección, así mismo pasa con el proceso de biotransformación, los metabolitos en el cambio se vuelven uno con el organismo, o sea, ya el cuerpo lo consolida por completo; la relación entre la exposición a benceno y las características poblacionales, actualmente es material de investigación. Además, uno de los aspectos que coopera con la calidad en los resultados de investigación es una muestra homogénea que permita ver el objetivo del estudio; por lo tanto, en la Figura 24, se presenta las características de la población observadas en la literatura.

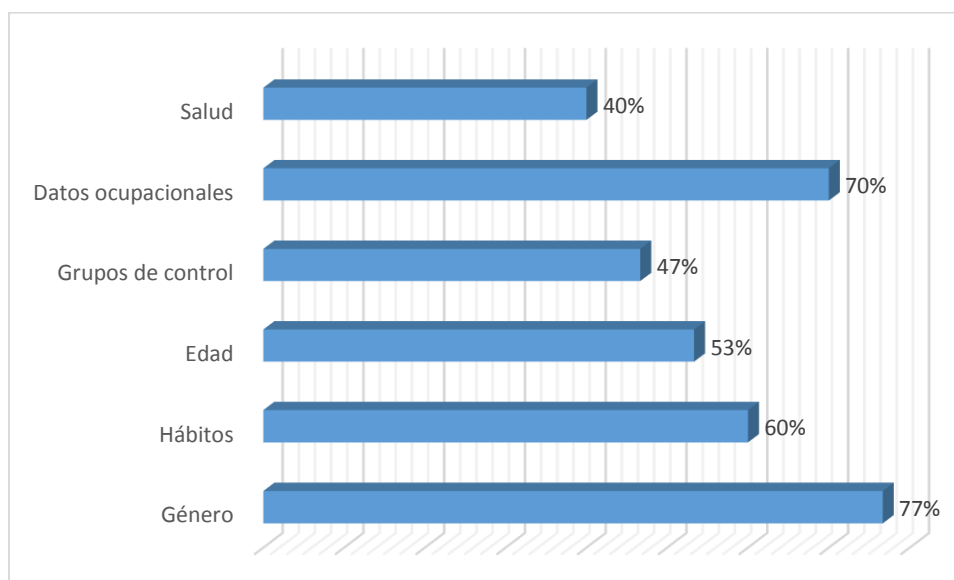


Figura 24. Características de la población.

En la figura 24 se puede ver que en las características predomina el género, la mayoría de los autores consideraron ambos sexos para el estudio, seguido de los datos ocupacionales como el

tiempo de exposición, los diferentes turnos y labores, el bienestar de los trabajadores se evaluó en sus hallazgos clínicos y en su estilo de vida (Cigarrillo o alcohol); ahora, en cuanto a grupos de control, se refiere a una población con la que se puedan comparar los resultados del estudio en los trabajadores, esta población incluye personas no expuestas a benceno y otras actividades laborales.

A diferencia de los estudios que midieron solo la concentración para comparación de los límites ocupacionales, estos estudios tienen que ver directamente con los efectos que la exposición a benceno ha dejado en los trabajadores, por eso, las muestras recogidas son más personales, ya que los marcadores biológicos son los indicados en mostrar las alteraciones encontradas en la salud por la exposición, las muestras biológicas hace referencia a muestras de orina, sangre, mejillas, boca, en fin, todas aquellas que impliquen extraer directamente del personal, en la Tabla 10 siguiente se muestra como los autores tomaron las muestras para llevar a cabo el análisis de los resultados en el estudio.

Tabla 10.

Toma de muestras por los autores

Autores	Medición
Moro <i>et al.</i>	Muestra de aire personal, muestra de aire, muestra de orina y muestras de sangre venosa
Martins <i>et al.</i>	Muestra de la mucosa de la mejilla o el borde lateral de la lengua.
Çelik <i>et al.</i>	Muestras de orina y muestras celulares de la mucosa bucal
Moro <i>et al.</i>	Muestra de aire personal, muestra de orina y muestras de sangre.
Moro <i>et al.</i> (2013)	Muestra de aire personal, muestra de orina, muestra de sangre venosa y muestra de mucosa bucal.

Autores	Medición
Rekhadevi <i>et al.</i>	Muestra de aire, muestra de aire personal y muestra de sangre
Benites <i>et al.</i>	Muestra de mucosa oral
Costa <i>et al.</i>	Muestra de aire, muestra de orina
Santiago <i>et al.</i>	Muestra de sangre
Majumdar <i>et al.</i>	Muestra de aire y muestra de aire personal.
Solanki <i>et al.</i>	Muestra respiratoria personal
Bahiraai <i>et al.</i>	Muestra de sangre.
Chaiklieng <i>et al.</i>	Muestra aire personal
Silvestre <i>et al.</i>	Muestra de sangre periférica
Martinez <i>et al.</i>	Muestra de la mucosa bucal
Filho <i>et al.</i>	Muestra de la mucosa bucal
Sairat <i>et al.</i>	Muestra de aire
Mitri <i>et al.</i>	Muestra de Sangre
Xiong <i>et al.</i>	Muestra de aire y muestra de sangre.
Sauer <i>et al.</i>	Muestra de aire, sangre y orina
Hazrati <i>et al.</i>	Muestra de aire personal
Göethel <i>et al.</i>	Muestra de orina, sangre y células bucales
Carugno <i>et al.</i>	Muestra aire personal
Ray <i>et al.</i>	Muestra de sangre venosa y orina.
Faraji <i>et al.</i>	Muestra de aire y aire personal
Chang <i>et al.</i>	Datos
Ho <i>et al.</i>	Datos
Hajizadeh <i>et al.</i>	Muestra de aire y muestra de aire personal.
Hallare <i>et al.</i>	Células de la mucosa bucal
Edokpolo <i>et al.</i>	Datos

En la tabla 10 se puede ver que la mayoría de las muestras son biológicas usadas en 19 estudios con un 45%, seguido se encuentran las muestras de aire personal consideradas en 11 estudios con

el 26% , posterior a ella, la muestra de aire ambiental en nueve estudios con el 21% y por último en tres estudios, los autores no usaron muestras, sino datos experimentales por muestras anteriores; por tanto, debido a la relevancia de la muestra biológica, estas son más factibles para determinar la toxicidad del benceno en el trabajador.

4.2.3.2 Perfil de toxicidad multisistémica. El efecto de las emisiones del combustible se relaciona con las características químicas de los componentes y el sistema de defensa del cuerpo en respuesta a la exposición, por lo que la presencia continua de toxicidad en el cuerpo altera esa interacción, suceso que lleva a que sea deficiente para las funciones de protección y la estabilidad genómica. (Manzetti & Andersen, 2016). Los metabolitos activos se someten a procesos toxicocinéticos adicionales, como la generación de especies reactivas de oxígeno, el daño oxidativo de los tejidos, lo que lleva a estructuras y funciones alteradas, y toxicidad multisistémica como la hematotoxicidad, toxicidad en el sistema respiratorio y reproductivo, inmunotoxicidad, hepatotoxicidad, genotoxicidad, cardiotoxicidad y patologías dermatológicas, renales y en el sistema nervioso central(SNC) y el efecto potencial carcinógeno, entre otros. (Ekpenyong & Asuquo, 2017).

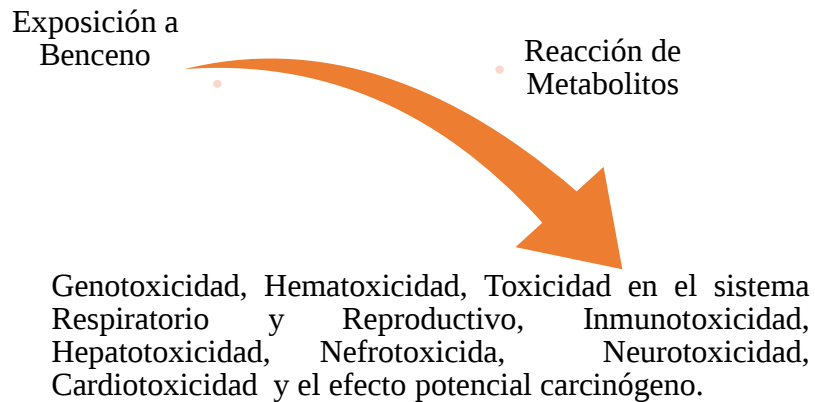


Figura 25. Perfil de toxicidad multisistémica

En la Tabla 11 siguiente se muestra el interés de los autores en la toxicidad del benceno en forma particular donde las X representan la toxicidad del benceno estudiada por los autores, y las letras el tipo de toxicidad.

- A. Carcinógeno
- B. Cardiotoxicidad
- C. Genotoxicidad
- D. Hematotoxicidad
- E. Hepatotoxicidad
- F. Inmunotoxicidad
- G. Nefrotoxicida
- H. Neurotoxicidad
- I. Toxicidad Respiratoria
- J. Toxicidad Reproductiva

Tabla 11.

Estudios de toxicidad de benceno

Perfil Tóxico										
Autores	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Moro <i>et al.</i>				X	X		X			
Martins <i>et al.</i>			X							
Çelik <i>et al.</i>			X							
Moro <i>et al.</i>				X		X				
Moro <i>et al.</i> (2013)			X							
Rekhadevi <i>et al.</i>			X	X	X		X			
Benites <i>et al.</i>			X							
Costa <i>et al.</i>			NO							
Santiago <i>et al.</i>			X							
Majumdar <i>et al.</i>	X									
Solanki <i>et al.</i>									X	
Bahiraii <i>et al.</i>								X	X	
Chaiklieng <i>et al.</i>		X		X				X		
Silvestre <i>et al.</i>										X

Perfil Tóxico										
Autores	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
Martinez <i>et al.</i>			X							
Filho <i>et al.</i>			X							
Sairat <i>et al.</i>								X		
Mitri <i>et al.</i>								X		
Xiong <i>et al.</i>			X							
Sauer <i>et al.</i>						X				
Hazrati <i>et al.</i>	X									
Göethel <i>et al.</i>			X							
Carugno <i>et al.</i>			X							

Ray <i>et al.</i>	X	X	X
Faraji <i>et al.</i>	X		
Chang <i>et al.</i>	X		
Ho <i>et al.</i>	X		
Hajizadeh <i>et al.</i>	X		
Hallare <i>et al.</i>		X	
Edokpolo <i>et al.</i>	X		

De la tabla 11 anterior se puede observar el autor con mayor alcance en cuanto a la toxicidad del benceno, debido a que se enfoca en más de una toxicidad en los trabajadores fue (Rekhadevi, Rahman, Mahboob, & Grover, 2010) con cuatro perfiles tóxicos, seguido con tres, se encuentran los autores (Moro *et al.*, 2015; Chaiklieng, Pimpasaeng, & Thapphasaraphong, 2015; Ray, Roychoudhury, Mukherjee, & Lahiri, 2007).

Existen biomarcadores de exposición, efecto y susceptibilidad. (Anderson, 1999), para la investigación se tiene en cuenta los de exposición y los de efecto. Las alteraciones presentes en el organismo conllevan a enfermedades, de las cuales algunas son de carácter terminal, y pueden clasificarse según la toxicidad como efectos adversos a la salud. A continuación, se muestra las alteraciones en la salud usando biomarcadores de efecto que reflejan si existen anormalidades en los resultados.

- **Genotoxicidad.**

Enfermedades afines al material genético, cabe decir que este tipo de toxicidad está vinculado al estrés oxidativo, el estrés oxidativo a causa del desequilibrio debido a la sobreproducción de especies de oxígeno (anión superóxido, peróxido de hidrógeno, radical hidroxilo) como producto de los metabolitos del benceno puede causar daño oxidativo al ADN reflejado en una inestabilidad genómica que conlleva a rupturas en la cadena del

ADN y reordenamientos, provocar alteraciones cromosómicas y funcionales en diferentes tejidos. (Moro et al., 2013).

El estrés oxidativo conocido también como daño oxidativo, que es el desequilibrio de moléculas oxidantes / antioxidantes, como causa de la activación de los metabolitos de benceno, potentes inductores de las especies reactivas de oxígeno (ROS) que se generan abundantemente (Ekpenyong & Asuquo, 2017), además Según Barreto et al. este desequilibrio se puede llevar a cabo en la biotransformación del benceno.

- ✓ Estrés oxidativo está fuertemente relacionado con la genotoxicidad, un estudio por Moro et al., 2013 en los trabajadores de estación es de gasolina revela desequilibrios del estado oxidativo causando daños diferentes a macromoléculas en las células, de las cuales se evaluó el daño al ADN por ensayos y micronúcleos, que en comparación con los grupos no expuesto a benceno, los índices son elevados como la frecuencia de micronúcleos en las células bucales. Según Xiong et al., 2016, observa que el daño por estrés oxidativo no solo afecta el ADN sino también al hígado y los pulmones, sin embargo un estudio en el este de silicia muestra que no existe ningún signo o síntoma de enfermedades laborales, infección u otra patología en los trabajadores asociadas por el estrés oxidativo, a pesar de no haber relación plantea en cuanto a los biomarcadores que permiten medir los niveles por exposición a baja dosis de benceno, que el producto de proteínas de oxidación avanzada (AOPP) es mejor marcador temprano del estrés oxidativo que los productos finales de la glicación avanzada (AGE). (Costa et al., 2016).
- ✓ Daño citogenético: Está relacionado con el daño al ADN y los cromosomas. Aberraciones y ruptura cromosómicas, considerando que la aberración cromosómica

tiene relación directa con la malignidad (Santiago et al., 2014), intercambios de cromátidas hermanas, anomalías nucleares incluyendo muerte celular, inestabilidad genómica, ruptura de la hebra del ADN y migración del ADN, en conjunto, se asocia con el material genético. Los estudios de biomarcadores nucleares se usan para el análisis de las células bucales y las anomalías nucleares (Martinez-Valenzuela et al., 2017), de este modo, determinar de forma específica el daño asociado por las genotoxinas que generan mutaciones en el ADN, que a su vez se refleja en la frecuencia de los micronúcleos estudiados. En cuanto al ensayo de micronúcleos, la sensibilidad depende de donde se recoge la muestra y como se hace. Datos revelan que el borde lateral de la lengua es un sitio más sensible en comparación con las células de la mucosa bucal (Martins, da Silva Gomes, Aguiar, & Ribeiro, 2009) y que el mejor método es en exfoliar las células. (Benites et al., 2006). Además, otra forma de medir los niveles de exposición a benceno es el número mitocondrial en el ADN (Carugno et al., 2011).

- **Hematotoxicidad**

La sangre es la ruta de ingreso del benceno, todas las células sanguíneas son transportadas a través del cuerpo, y debido a eso, es prioritario en cuanto a los daños por la toxicidad del benceno.

- ✓ **Anemia:** Esta enfermedad se asocia con la disminución de los glóbulos rojos en los trabajadores que, a su vez, se asocia a la hemoglobina baja. Los marcadores biológicos que la evidencian es la inhibición en las enzimas ALA_D, que compromete la síntesis de la hemoglobina (Baierle et al., 2010), la reducción en el número de células T y B y el bajo recuento de plaquetas. (Ray et al., 2007) y los niveles elevados de colesterol

CHOL (Rekhadevi et al., 2010). En un estudio, en la matriz de riesgo se evaluó los síntomas presentados en los trabajadores, de los cuales, la anemia dentro de la clasificación se calificó como grave. (Chaiklieng, Pimpasaeng, & Thapphasaraphong, 2015).

- ✓ Anemia aplásica: Se relaciona con la muerte celular, la degeneración de las células en la médula ósea debido a la inducción tóxica del benceno. La inducción tóxica puede verse en los niveles elevados de Interleucina-8 (IL-8) en los trabajadores de la estación que podrían estar relacionados con la participación de los metabolitos polifenólicos (Bironaite et al., 2004).

- **Inmunotoxicidad.**

Se genera por trastornos en respuesta del mecanismo de defensa del cuerpo, función protectora, este sistema es clave para responder a las alteraciones o enfermedades provocadas por la exposición.

- ✓ Deterioro inmunológico: Se refiere al funcionamiento bajo del sistema, y que a su vez se relaciona con los mecanismos de defensa, en especial la inmunidad adaptativa, que presenta una hiporrespuesta o inactividad de las células T, y en consecuencia no se combate las toxinas por el benceno. La evidencia se observa en la disminución de genes y proteínas, en especial el gen p53 encargado de suprimir temores (Sauer et al., 2018) y la reducción de las moléculas coestimulantes. (Chanan-Khan et al., 2011)(Dolen y Esendagli, 2013; Mohamed et al., 2012; Pardoll, 2012).

- **Toxicidad respiratoria.**

De las vías de exposición a benceno, la inhalación a benceno por parte del trabajador, es la principal y, por lo tanto, la mayoría de las enfermedades se relacionan a este patrón, ya que es el primer sistema comprometido en cuanto a la absorción del benceno en el cuerpo.

- ✓ **Disfunción respiratoria:** Las anomalías en la función pulmonar obstruye la capacidad de respirar en el trabajador y también desencadenar enfermedades respiratorias, en este caso, asma alérgica. Un estudio por un espirómetro en los trabajadores para mirar su capacidad respiratoria refleja los parámetros que contribuyen a esta alteración. (Solanki, Bhise, & Dangi, 2015), además, el aumento de la expresión génica en un estudio se relaciona con la reacciones inflamatorias pulmonares como el asma alérgica. (Bahiraii et al., 2017).

- **Neurotoxicidad.**

La toxina de benceno afecta el sistema nervioso central (SNC) y el cerebro, y los síntomas que presentan los trabajadores son evidencia.

- ✓ **Trastornos mental y nervioso:** Se relaciona con los siguientes síntomas, la depresión, la epilepsia, la ansiedad, el autismo, los trastornos del sueño y la enfermedad de Alzheimer, dolor de cabeza (cefaleas), infecciones recurrentes, calambres musculares, hormigueo, mareos y pérdida de peso, fatiga, falta de concentración e inconsciencia, muchos de estos se observan fácilmente. El aumento significativo en los niveles de expresión del receptor 5-HT_{2A} en los trabajadores de la estación al igual muchos estudios han demostrado que los receptores GABA_A también participan en la patología de varias enfermedades neurológicas y psiquiátricas. (Bahiraii et al., 2017). Ahora, la mayoría de los trabajadores muestran cambios clínicos y de laboratorio en

un estudio evidencian la predominancia de la intoxicación a benceno referente a la exposición ocupacional, considerando los síntomas después de la exposición (Mitri et al., 2015).

- **Toxicidad reproductiva.**

El efecto de la intoxicación a benceno afecta el sistema reproductor de los trabajadores ya sea en el feto de la mujer o el espermatozoides del hombre, sin embargo, hay poca exploración de estudios en este caso.

- ✓ Abortos Involuntarios: Tiene que ver con desprendimiento del feto en el útero de la mujer. Un estudio en Brasil sobre el aborto involuntario ocasionado por la exposición a benceno a través del análisis de polimorfismos no encontró asociación entre el aumento de los monocitos y el número espontáneo de abortos presentados en las trabajadoras en la estación, sin embargo, un estudio Yin et al. (1987) evaluó parámetros hematológicos y bioquímicos similares, cuya asociación revela un aumento significativo en la concentración de monocitos y abortos espontáneos (Silvestre et al., 2016), debido a esto, se debe enfatizar en los biomarcadores de efecto, que el marcador biológico como herramienta sea el indicado para estudiar las alteraciones pertinentes referente al estudio.

- **Nefrotoxicidad.**

Se asocia con el sistema funcional de los riñones, y es producida por las toxinas de benceno, es muy importante el papel de los riñones ya que ellos decretan por medio de la orina desechos y metabolitos de benceno, aunque, algunos metabolitos se quedan en el cuerpo, que la función de los riñones sea óptimo garantiza la limpieza del cuerpo.

- ✓ Disfunción renal: Implica disminución de la capacidad del funcionamiento y el daño a las células glomerulares, existe una asociación entre el biomarcador de exposición t, MA/creatinina y de efecto respecto a la concentración en la orina Microalbuminuria (mALB) (Moro et al., 2017), como también el incremento en los niveles de creatinina, y las modificaciones respectivas, lo que indican que la función renal se encuentra alterada al igual que la filtración glomerular, (Rekhadevi et al., 2010).

- **Hepatotoxicidad.**

El hígado juega un papel fundamental en biotransformación del benceno y los metabolitos tóxicos del mismo por medio una enzima, y como cuna de esta función, se ve afectada la capacidad del órgano, sin embargo, no se presentan muchos estudios al respecto.

- ✓ Disfunción hepática: El cambio en la función del hígado se ve comprometida por la exposición acumulación de benceno (Cooper y Snyder , 1988), que a su vez se relaciona también con la presencia de células en exceso en la sangre periférica según Dacie y Lewis, (1996). (Ray et al., 2007). El aumento de las enzimas hepáticas en suero (Moro et al., 2017) y los niveles reducidos de proteína (PRO) y albumina (ALB), asociada con alteraciones y hemorragias. (Rekhadevi et al., 2010).

- **Cardiotoxicidad.**

El corazón es el órgano que bombea la sangre a través de todo el cuerpo, por tanto, podría asociarse las alteraciones y enfermedades en la misma por toxicidad a benceno, que pueden afectar este órgano motor.

- ✓ Trastornos cardiovasculares: Es la alteración en el cumplimiento de la función del corazón, por lo tanto, puede desencadenar enfermedades debido a su insuficiencia. El aumento en el número de plaquetas en la sangre es el promotor de esta disfunción

cardiovascular, pues la hiperactividad de las plaquetas está fuertemente relacionada. (Ray et al., 2007).

- **Carcinógeno:** Se refiere a los tipos de cáncer por la exposición a benceno, clasificado Por ACGIH en el grupo A1 y por el IARC clase 1.

En los estudios por exposición a benceno en algunas estaciones de gasolina no especifica el tipo de cáncer, sin embargo, en cuanto a la hematotoxicidad por benceno hay numerosos estudios respecto al cáncer en la sangre.

Cabe decir, que el cáncer nace posiblemente de las alteraciones presentadas en las células del sistema, esas alteraciones dependen del tiempo en el que se desarrollan y como se hace, también qué tipo de alteración se presenta en forma específica.

- ✓ Leucemia: El cáncer en la sangre se presenta debido a las alteraciones en sus componentes, debido a la hematotoxicidad por benceno, dentro de la cual dependiendo el desarrollo de las células cancerígenas se puede clasificar. En un estudio asocia la patología por caracterización de riesgo debido a los efectos adversos en la salud presentes en la literatura, en el cual el la leucemia de todos los efectos es la más relacionada (Edokpolo, Yu, & Connell, 2015) y en otro estudio la expresión anormal de los coestimulantes CD80 Y CD86 que compromete la inmunidad adaptativa, según Costello et al., (1998) y Dai et al. (2009,), debido a los mecanismos escapes de las células tumorales puede inducir un tipo de leucemia. ((Moro et al., 2015) .
- ✓ Pulmón: Este cáncer es resultado de los trastornos en el sistema respiratorio, debido a la toxicidad del benceno en el sistema respiratorio. Un estudio basado en datos clínicos sobre casos y controles sobre la muerte como consecuencia del cáncer, examina la relación entre la mortalidad atribuida al cáncer de pulmón en mujeres y la exposición

a contaminantes del aire del tráfico utilizando la densidad de las estaciones de gasolina (PSD) como un indicador de exposición en Taiwán, resultó una relación significativa entre la exposición y la respuesta entre la PSD y el riesgo de cáncer de pulmón (Chang, Tsai, Chiu, Wu, & Yang, 2009), aunque no se hizo con muestras directas en la estación, con la densidad calculada simula la concentración a la que se exponen los trabajadores de forma gradual.

- ✓ Vejiga: La nefrotoxicidad como consecuencia de la exposición a benceno, podría atribuirse a este tipo de cáncer. Un estudio basado en datos clínicos sobre casos y controles sobre la muerte como consecuencia del cáncer, examina la relación entre la mortalidad atribuida al cáncer de vejiga en hombres y la exposición a contaminantes del aire del tráfico, utilizando la densidad de las estaciones de gasolina (PSD) como un indicador de exposición en Taiwán, resultó que los individuos que vivían en municipios con altos niveles de PSD tenían un mayor riesgo cuantitativo de muerte por cáncer de vejiga en comparación con los que residían en municipios con bajos niveles de PSD (Ho, Peng, & Yang, 2010), aunque no se hizo con muestras directas en la estación, con la densidad calculada simula la concentración a la que se exponen los trabajadores de forma gradual.

En muchos estudios se evaluó el riesgo potencial de cáncer, una variedad entre las ecuaciones y matriz, para su respectiva estimación, a continuación, se presentan los resultados:

- ✓ En las estaciones de gasolina existen diversas funciones laborales, sin embargo, el **repostaje** presenta los valores más altos por riesgo de cáncer. (Hazrati et al., 2016).

- ✓ El tiempo de exposición influye mucho en la intoxicación por benceno, y entre más el trabajador se exponga al benceno en la estación, mayor es la toxicidad, el riesgo de cáncer calculado por el ciclo vital con base en el riesgo de cáncer de benceno recomendado por la EPA, estipula que existe un riesgo potencial de cáncer para las personas que tienen **exposición prolongada** al benceno. (Hajizadeh et al., 2018).

4.2.3.2.1 Enfermedades preeminentes en los estudios de revisión. Las enfermedades presentadas aquí son las más comunes en los estudios de revisión literaria, una recopilación del daño causado por la exposición a benceno en el trabajo, a través de la recolección de muestras de ambiente (atmosférica o personal), de sangre, orina, células y micronúcleos, hizo posible determinar específicamente el efecto adverso.

En la Tabla 12 se puede observar las enfermedades más comunes en los estudios de revisión y el área del cuerpo donde se ejecuta.

Tabla 12.

Enfermedades más relevantes

Enfermedad	área afectada
Cáncer	Esófago, nasal, riñón, faríngeo, laríngeo, pulmón, cerebro, sangre..
Leucemia (Cáncer)	Sangre
Leucemia mielógena aguda o leucemia mieloide aguda (LMA). (Cáncer).	Sangre
Anemia	Sangre
Anemia aplasia	Sangre
Aberraciones cromosómicas e intercambio e cromáticas de hermanas (SCE).	ADN

Enfermedad	área afectada
Mutaciones y amenazas de la actividad de reparación celular.	ADN

El autor Ekpenyong & Asuquo (2017), contiene todas las enfermedades relevantes en su estudio de revisión, lo que hace que se destaque por el alcance en la literatura. La multiplicidad de los estudios revela que el benceno causa cáncer, y este se puede desarrollar en cualquier parte del cuerpo, las áreas del cuerpo mencionadas tienen mayor posibilidad de desarrollarse, la leucemia y la LMA, es el cáncer en la sangre y el que se presenta con mayor frecuencia, debido a la frecuencia de este cáncer, los estudios son de forma directa. En el apéndice D se encuentra la clasificación de los autores por enfermedades más relevantes.

Por lo demás, en un reporte tóxico por exposición a benceno en la literatura científica a nivel general, las enfermedades más comunes son la anemia aplasia, anemia, leucopenia, aberración cromosómica y leucemia, cáncer en la sangre, reportes que a medida que avanza el tiempo con ella los avances científicos sobre el tema (Edokpolo et al., 2015).

4.2.3.2.2 Enfermedades encontradas por estudios en la estación. Las enfermedades son resultado de la toxicidad del benceno en los trabajadores, Ekpenyong & Asuquo, (2017), compila algunos de los mecanismos del proceso de toxicidad sistémica como consecuencia de la exposición a benceno, por ejemplo, en la genotoxicidad los metabolitos de la gasolina forman aductos con el ADN, lo que lleva a la mutación y la alteración y la generación de metabolitos reactivos del metabolismo de la gasolina lleva al agotamiento de las enzimas antioxidantes, para la hematotoxicidad, los metabolitos reactivos generados por la biotransformación o la unión covalente al ADN, para toxicidad respiratoria, los metabolitos reactivos generados por el metabolismo

oxidativo a través de una serie de mecanismos de señalización generan especies reactivas de oxígeno (ROS), lo que induce procesos inflamatorios locales que liberan mediadores inflamatorios y ROS,, para la neurotoxicidad, los metabolitos reactivos generados por el metabolismo oxidativo generan ROS que causan estrés oxidativo, que puede alterar en múltiples sistemas los neurotransmisores como también inducir interacciones no específicas de la membrana, para la nefrotoxicidad la gasolina se puede unir a la bicapa lipídica de la membrana y a las proteínas debido a su alta lipofilicidad, como también la gasolina puede experimentar biotransformación a intermedios reactivos que alteran su actividad aumentando el ROS en las células renales después de ser biotransformada a través del ciclo; para la hepatotoxicidad, una generación de ROS conduce a la peroxidación lipídica y al daño a la membrana hepática y los tejidos, además se produce una fuga de enzimas hepáticas y por ende un aumento en sus niveles séricos, y el deterioro puede desencadenar una cascada de procesos bioquímicos llevando a disminución del flujo biliar independiente de ácidos biliares y acumulación de reacciones colestásicas, que posteriormente aumentan los niveles séricos de bilirrubina y ALP, y por ultimo para la cardiotoxicidad la alteración de las actividades de la enzima transmembrana puede provocar una disfunción de la membrana iónica, un aumento de la actividad RAAS y patologías cardiovasculares asociadas, el estrés oxidativo inducido por los metabolitos reactivos del metabolismo de la gasolina también puede alterar la síntesis de óxido nítrico que conduce a la aterosclerosis y vasoconstricción y patologías cardiovasculares, incluida la hipertensión.

Por lo tanto, es evidente en los mecanismos expuestos anteriormente que el estrés oxidativo está vinculado directamente con la genotoxicidad, también induce alteraciones a toxicidad del benceno en otras áreas del cuerpo.

En la Tabla 13 se muestran las enfermedades como resultado del estudio en las estaciones de gasolina. En el Apéndice E. se encuentra la tabulada las enfermedades por los autores en la exposición a benceno en las estaciones de gasolina.

Tabla 13.

Enfermedades en los trabajadores de la estación

Toxicidad	Enfermedad
Hematotoxicidad	Anemia, Anemia aplásica
Hepatotoxicidad	Disfunción Hepática, hemorragias
Nefrotoxicidad	Disfunción renal.
Genotoxicidad.	Daño citogenético En linfocitos de la sangre periférica, daño a los cromosomas (deleciones, inestabilidad, aberraciones), daño al ADN (aumento en las roturas de la hebra, migración del ADN, alteraciones mitocondriales) y daño citotóxico (células dañadas y muerte celular) Estrés Oxidativo
Inmunotoxicidad.	Hiporrespuesta/células T anergias, deterioro del sistema inmune.
Nefrotoxicidad	Disfunción renal
Toxicidad respiratoria	Disfunción respiratoria (Insuficiencia Respiratoria), asma alérgica
Neurotoxicidad.	Trastornos neurológicos psiquiátricos, inconsciencia, dolor de cabeza, fatiga y dificultades para concentrarse, infecciones recurrentes, calambres musculares, hormigueo, somnolencia, mareos y pérdida de peso
Cardiotoxicidad	Arritmia, trastornos
Toxicidad Reproductiva	Abortos involuntarios
Carcinógeno	Leucemia, cáncer en la mujer.

4.2.3.2.3 Enfermedades principales por exposición a benceno. Las enfermedades más estudiadas por los autores debido a la toxicidad que causa el benceno están relacionadas con la genotoxicidad, el efecto carcinógeno seguido de la simultaneidad entre la hematoxicidad y neurotoxicidad, relevancia que se puede observar en la Figura 26.



Figura 26. Estudios por perfil de toxicidad multisistemática.

Los autores basaron sus estudios en la genotoxicidad con un 32%, seguido del efecto potencial carcinógeno con el 17%, siendo la mitad del enfoque de los estudios, por tanto, el daño a la salud más notable es relacionado con el material genético seguido del cáncer, una explicación del porque el cáncer no enlista los estudios a pesar de que es un hecho, podría ser porque es una enfermedad que se presenta como consecuencia de daños letales a los diferentes sistemas y sale a relucir al tiempo, debido a que su efecto potencial se relaciona con la exposición prologando a benceno (Hajizadeh et al., 2018), sin embargo, la toxicidad en los sistemas son alteraciones que se pueden apreciar en corto tiempo e incluso materializadas (enfermedades).

A continuación, se especifica los efectos adversos a la salud en cada uno de ellos.

- **Genotoxicidad**

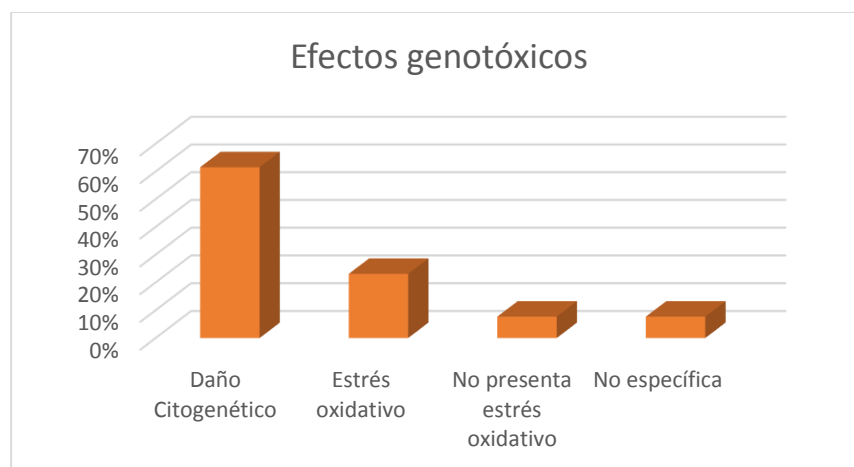


Figura 27. Efectos genotóxico estudiados.

En la Figura 27, el daño citogenético es la enfermedad con el 62% más presentada, por la toxicidad del benceno, pero este daño tiene blancos en los que se puede desarrollar, por eso en la Figura 28 se puede apreciar sus objetivos.

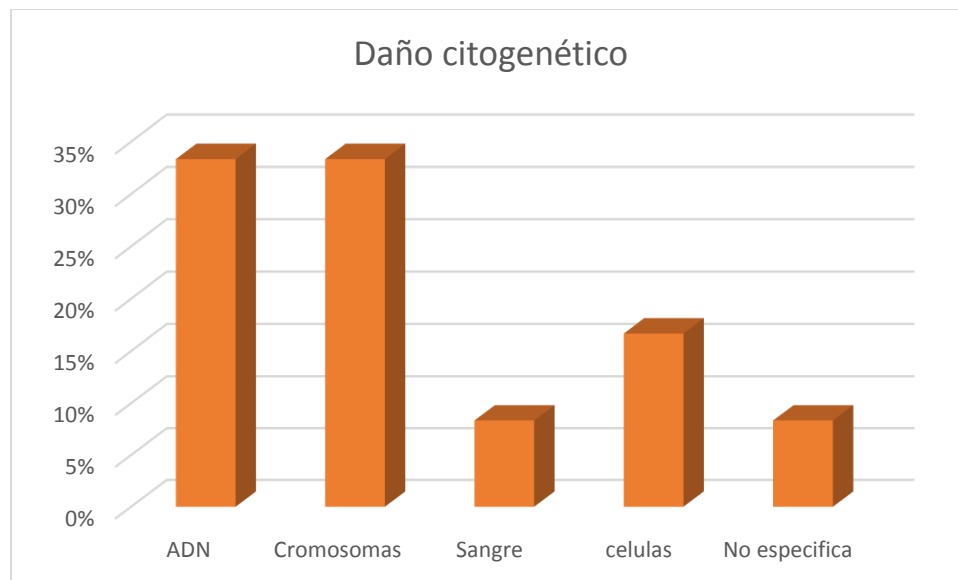


Figura 28. Objetivos del daño citogenéticos.

En la figura 28 los objetivos del daño citogenético de forma simultanea son el ADN y los cromosomas, que hace hincapié en las posibles mutaciones en el material genético, un efecto adverso que no solo afecta al trabajador sino a su descendencia.

- **Carcinógeno**

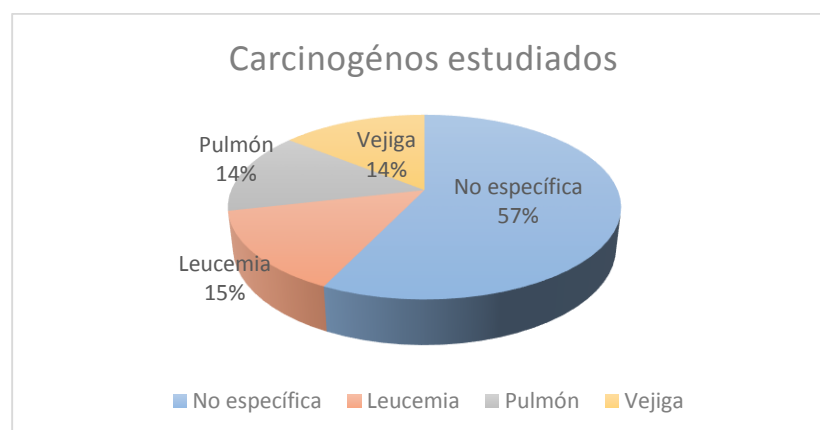


Figura 29. Carcinógenos más estudiados

En la Figura 29 es observable el 57% de los estudios no especifica el tipo de cáncer por exposición a benceno, pero debido a que la leucemia es el sitio de cáncer del benceno (NIOSH (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo), 2018), podría decirse e intuirse que se refiere a la Leucemia.

De lo anterior, se intuye que los efectos genotóxicos y carcinógenos son las enfermedades más presentadas en los trabajadores de la estación por exposición a benceno, además, para la hematoxicidad y la neurotoxicidad, se encuentran segunda instancia, ya que son los efectos adversos más relevantes asociados fuertemente con anemia, anemia aplásica y trastornos neurológicos y psiquiátricos.

4.2.3.3 Relación de las enfermedades asociadas con la exposición ocupacional a benceno en la gasolina. Como se planteó inicialmente, los subtemas de la investigación referente a la investigación, son soporte para argumentar la respuesta a la pregunta de investigación, por lo que, una vez, estudiado por medio del análisis cada subtema procedemos a responder la pregunta de investigación que es el objetivo de la revisión en la literatura, ¿Hay relación entre el daño a la salud del trabajador por exposición a benceno en las estaciones de gasolina?

- La exposición ocupacional a benceno, aluce a la concentración de benceno emitido en las estaciones, que en primera instancia es la causa objetivo de la investigación, la principal vía de exposición a benceno es la inhalación.

Las emisiones a la atmósfera se pueden medir por medio de biomarcadores de exposición, en este caso los más el ácido t, t.Mucónico (t /tMa) en la orina por medio de la creatinina como también las muestras de aire en la atmósfera y en la zona de respiración del trabajador, métodos de lectura directa e indirecta que permiten medir los niveles de benceno y con la escala de rangos

de exposición aplicada a las mediciones encontradas, determinar hay riesgos a la salud asociado considerando los límites ocupacionales en la exposición a benceno (Ministerio de la protección social, 2008)

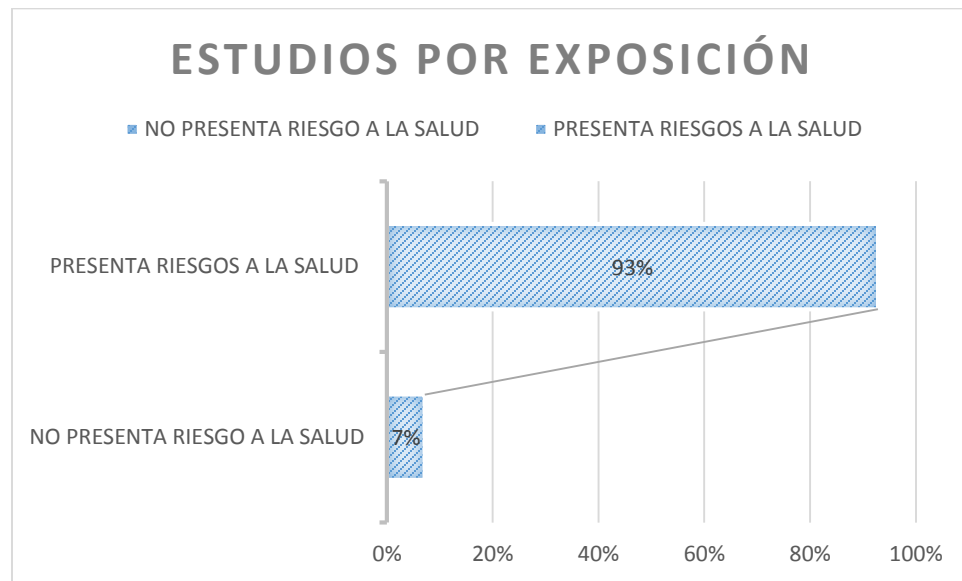


Figura 30. Estudios por exposición ocupacional en miras del riesgo.

En la Figura 30, se puede observar a simple vista la diferencia porcentual en cuantos a los estudios que se centran en medir las concentraciones cuyos riesgos a la salud se asocian fuertemente.

Según la escala de rango combinada (AIHA 2006, Rock J 1995) de las cuatro categorías solo en una posición los riesgos a la salud son nulos y los tres restantes presentan riesgos mínimos como superiores a la salud. Por tanto, todos los estudios excepto uno (Carrieri et al., 2006) clasifican en las categorías que presentan riesgos a la salud.

De lo anterior, el hecho de que existe un riesgo a la salud, así sea mínimo se asocia con daños a la salud, porque aunque no esté materializado, que exista la posibilidad de ocurrir los hace

peligroso (Ministerio de la protección social, 2008). Además los riesgos a la salud por exposiciones bajas o muy bajas, pueden ser mayores que los predicho por estudios epidemiológicos (Benites et al., 2006)

Entonces, debido a los resultados de los estudios sobre los niveles de concentración de benceno y los riesgos presentados, en especial que aquí el 65% excedieron límites ocupacionales, hay evidencia del daño a la salud por exponerse a benceno e incluso a muy por debajo de los límites permisibles.

- En cuanto a los factores externos, los estudios presentados no incluyen todos los factores, debido a la gran variedad que se presenta, sin embargo, en este caso los que se mencionan influyen en los niveles de concentración de benceno de una manera considerable. Los trabajadores que abastecen combustible se exponen a concentraciones de benceno mucho mayor que otros que cumplen otras tareas, por eso, están más susceptibles a los efectos adversos producidos por el benceno, en la Figura 31, muestra que, de los nueve estudios encontrados en la revisión de literatura, seis estudios afirman que el repostaje como puesto de trabajo es el que más tiene participación en las emisiones de benceno.

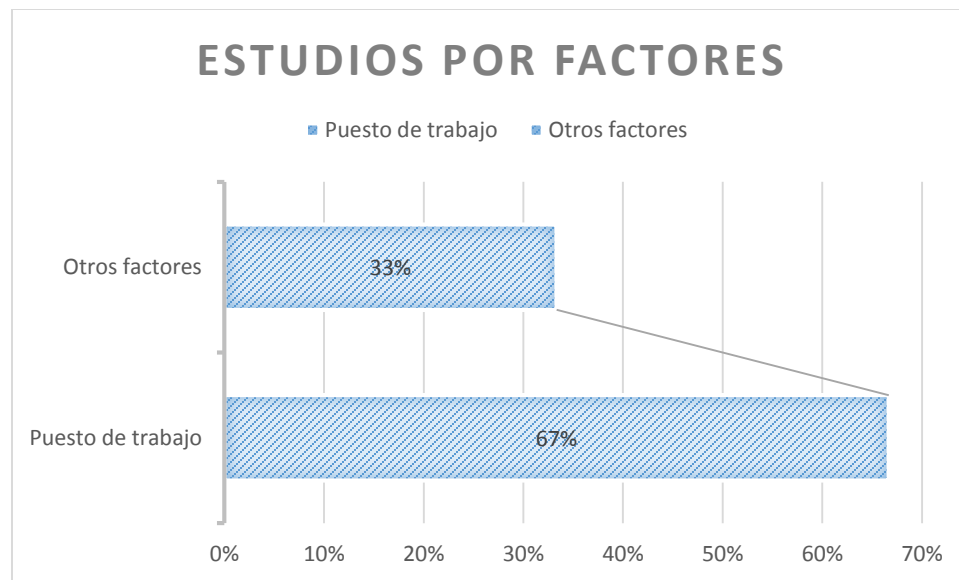


Figura 31. Estudio por factores en miras del más influyente.

Por lo tanto, como el trabajador que reabastece combustible es el factor más estudiado y el que emite mayores emisiones, asocia la relación entre el daño a la salud por esta exposición, aunque no establezcan la relación directa ya que no compara las enfermedades por puesto de trabajo, pero se puede apreciar los factores externos debido a que la exposición a benceno en niveles de concentración para diversos escenarios es diferente, especialmente para quienes trabajan en el repostaje.

- Los efectos adversos a la salud como alteraciones y enfermedades, muestran daño a la salud, por tanto, en los 36 estudios que se asocian con las enfermedades por exposición a benceno, solo uno no mostró relación con los efectos adversos (Costa et al., 2016), este resultado puede observarse mejor en la Figura 32.

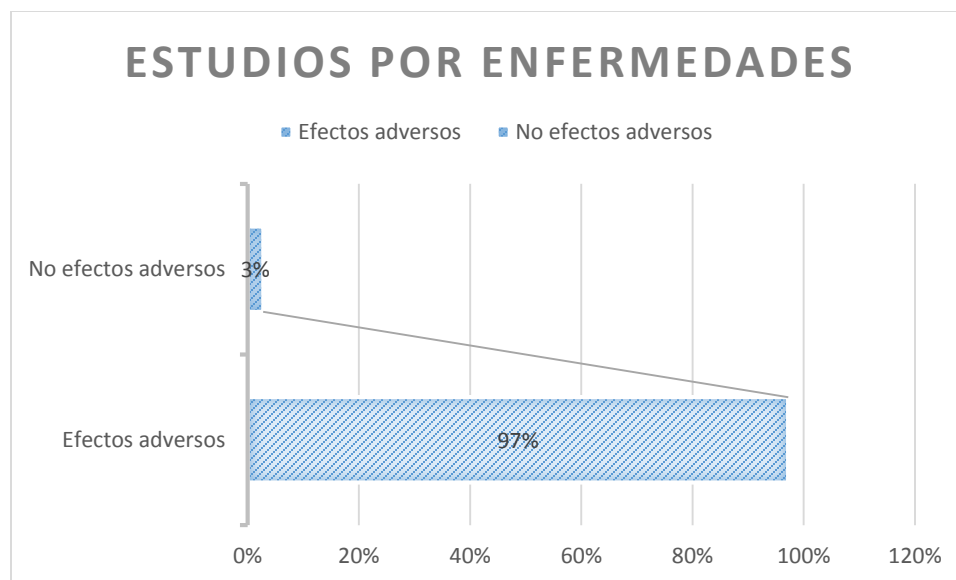


Figura 32. Estudios por enfermedades asociadas.

Ahora bien, es importante hacer una distinción en los estudios que relacionan el daño a la salud considerando las exposiciones de benceno presentes en la muestra entre las enfermedades, en la Figura 33, se muestra gráficamente.

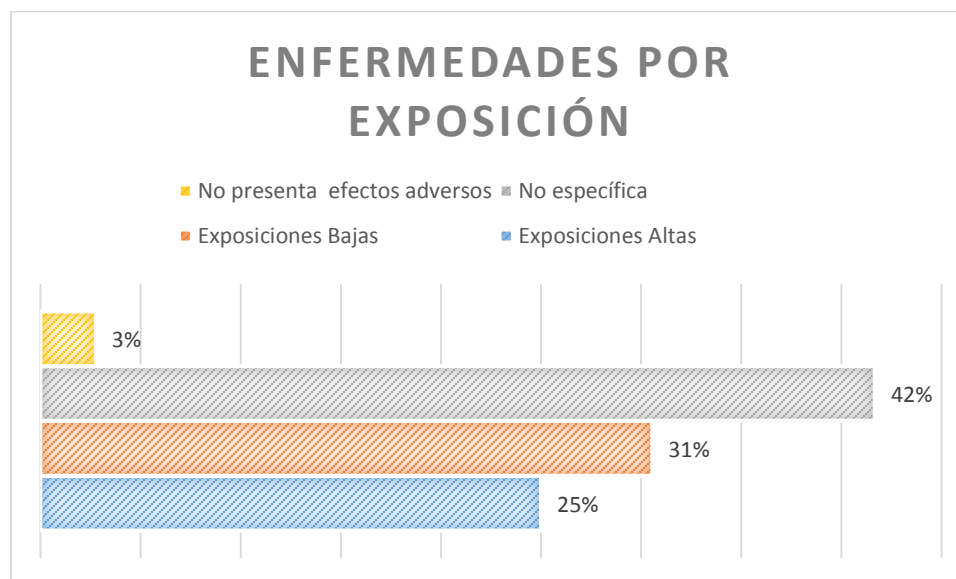


Figura 33. Enfermedades por exposición.

El mayor porcentaje con 42% no especifica los niveles de concentraciones emitidos por el benceno, sin son bajos o altos en comparación con los límites ocupacionales, sin embargo, el punto que el 31% de las enfermedades se presentan en exposiciones bajas en comparación con las exposiciones altas que son el 25%.

Por lo tanto, científicamente no existe un límite seguro, uno referencial por el cual no se genere riesgos a la salud (Periago & Prado, 2005), con todo esto, se puede responder a la pregunta de investigación, afirmando la relación entre el daño a la salud del trabajador por exposición a benceno en las estaciones de gasolina, debido a que hay evidencia suficiente que argumenta esta asociación.

5. Difusión de los resultados de la investigación

Los artículos científicos son el medio que propaga todo conocimiento verídico y confiable, el contenido de la información es un aporte característico para el desarrollo de la sociedad, por lo tanto, el propósito de los resultados de esta investigación es hacerlo público en una revista científica.

La estructura del artículo consta de lo siguiente: 1) resumen, 2) introducción, 3) metodología, 4) resultados y 5) conclusiones, en la Tabla 14 se puede ver claramente la estructura que aborda el artículo referente al tema de investigación.

Tabla 14.

Estructura del artículo

Estructura	Contenido
Resumen/Abstract	Una descripción que resumen todo el proyecto
Introducción	Preámbulo de la información en cuanto al tema de la investigación, en este caso la misma del proyecto.
Metodología	El proceso explicado de forma general de cómo se llevó a cabo la revisión de literatura.
Resultados	La información más relevante que muestra la respuesta a la pregunta de investigación de forma puntual, considerando los subtemas pertinentes.
Conclusión	El cumplimiento de los objetivos del proyecto, en este caso, las mismas conclusiones del Proyecto.

El artículo científico se encuentra en el Apéndice F, el propósito es trabajar para hacerlo público en una revista científica.

6. Conclusiones

Los estudios epidemiológicos sobre la exposición a benceno en las estaciones de servicio, actualmente no tiene mucho auge en el conocimiento científico, pero podría tener mayor relevancia en un futuro, ya que se ha comprobado los efectos adversos a la salud por la exposición a benceno (Ray et al., 2007), en especial a niveles bajos, de benceno, concentraciones preeminentes a las que se exponen diariamente los trabajadores en la estación de servicio. Las investigaciones sobre el

tema tienen mayor relevancia en los países de Brasil, Irán y Estados Unidos, ya sea porque los autores realizaron sus estudios en ese lugar o están asociados con instituciones investigativas de ese país. Sin embargo, en las colaboraciones en la producción científica sobre el tema Estados Unidos es el país más representativo con el 80%. Ahora, en cuanto a los autores, el 88,4% ha publicado una sola vez sobre el tema y ningún autor se destaca por el número de publicaciones, 72% de los estudios en la literatura tienen el enfoque en las enfermedades de forma específica, considerando los tipos de toxicidad del benceno encontrado en los trabajadores, en cambio el 28% se enfatiza en medir las concentraciones teniendo en cuenta los riesgos a la salud, más no contempla los efectos inducidos por el benceno en el trabajador.

La relación entre el daño a la salud por exposición a benceno en las estaciones de gasolina, análogamente se vislumbra en cuatro fases: Fase 1: la exposición 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, esta hace referencia a agentes físicos que intervienen durante la labor del trabajador; Fase 3: enfermedades por exposición a benceno, efectos adversos en la salud del personal en la estación como consecuencia de la exposición y por último; Fase 4: la relación de las enfermedades asociadas al benceno en esta actividad laboral, esta fase compila las fases anteriores en una para determinar si hay una relación fuerte entre el daño a la salud y el benceno.

Cada fase comprende diversos escenarios referentes al tema, como también diversos autores con aportes relevantes para 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 tiene parte importante en el desarrollo socioeconómico a nivel mundial.

Los estudios reflejan el interés de cada uno de los autores y el logro respectivo, por lo que permite ver con claridad el objetivo de la investigación, lo que hace llamativo el tema de la exposición ocupacional a benceno en las estaciones. Aunque muchos entes difieren en el enfoque de los autores debido a sus prioridades, todos apuntan al mismo blanco, el bienestar de las personas que ejercen una actividad laboral. La literatura expone que los riesgos a la salud en las estaciones de gasolina son mayores que los predichos, porque las exposiciones de benceno a niveles altos y bajos, generan efectos adversos a la salud de forma considerable, letal y hasta irreversible. Este hecho, hace que los autores direccionen la investigación en la seguridad y la salud del trabajo, considerando las concentraciones de benceno emitidas, y aunque no existe límite seguro para evitar los riesgos, el 69% de los estudios que se realizaron en las diferentes estaciones, los niveles de benceno sobrepasan los límites permisibles establecidos internacionalmente, siendo peligroso para la salud. Por lo tanto, la exposición crónica no solo eleva en número los efectos adversos a la salud, sino que también intervienen en el grado en que se presentan. Así mismo, el factor más influyente en las concentraciones de benceno es el el reabastecimiento de combustible, este puesto de trabajo en la estación es el más perjudicial para los trabajadores, ya que no todos ejercen las mismas labores dentro de la estación lo que marca diferencia en la exposición.

Los hallazgos encontrados en la literatura en cuanto a la salud, confirman las enfermedades como resultado por este tipo de exposición, en el que los autores se apropiaron de diferentes recursos y herramientas, para llevar a cabalidad la investigación, por medio de datos clínicos, experimentales y de revisión, muestran no solo la fuerte relación de los efectos adversos por el

benceno sino también marcan una tendencia relevante en prever por el bienestar del trabajador , debido a las alteraciones causadas por el benceno en el organismo.

El daño citogenético debido a la genotoxicidad, es la enfermedad que tiene mayor auge entre las demás enfermedades resultantes con un 32%, en el que el daño al ADN y a los cromosomas fue la más común entre los autores, la exposición a benceno produce estrés oxidativo y éste, está vinculado fuertemente con la genotoxicidad, aunque el estrés oxidativo induce la toxicidad del benceno en el cuerpo en diferentes áreas, el daño oxidativo está relacionado directamente con el material genético; por eso, esta enfermedad es una de las más frecuentes en los trabajadores. Ahora, después seguida de esta enfermedad, se presenta tres enfermedades importantes en la que los autores basan las investigaciones, uno son los efectos carcinógenos con un 17%, que por la naturaleza del benceno esta enfermedad es de esperarse; entre el daño citogenético y los efectos carcinógenos, comprenden casi el 50% de las enfermedades encontradas en la literatura; seguido a estos es relevantes la anemia por hemotoxicidad y los síntomas recurrentes por alteraciones neurológicas debido a la neurotoxicidad,

En definitiva, los autores evidencian que el daño a la salud por exposición a benceno en las estaciones de gasolina es una realidad, en la cual se reitera los efectos adversos por exposición a benceno independientemente de los niveles, además, los autores sugieren que la inhalación del benceno en la gasolina para los trabajadores de la estación debe constar de vigilancia médica, monitoreo de manera frecuente como el seguimiento a la salud de los trabajadores con el fin velar por su bienestar, y de este modo prevenir, promover y controlar los riesgos a la salud para evitar las enfermedades como consecuencia de esta exposición laboral.

6. Recomendaciones

En esta investigación existen limitaciones, ya que no se contemplaron muchos aspectos referentes al tema y otros se encuentran de forma general, por eso se sugiere a los investigadores profundizar en lo siguiente:

- Cuáles son los tiempos de exposición a benceno por día en la estación y las respectivas dosis de concentración, teniendo en consideración los efectos adversos a la salud, como también a cuáles temperaturas se evapora el combustible más rápido, sabiendo que entre mayor se eleve, aumenta la evaporación, lo que hace que las emisiones de benceno sean mayores.
- Profundizar en este tema considerando el tipo y la cantidad de gasolina que se vende, las fuentes de las emisiones dentro de la estación, los factores externos mencionados con mayor trascendencia en los estudios elaborados, y la influencia de las características de la población en los efectos adversos producidos por las concentraciones de benceno.
- Es importante abordar en la investigación el método y las herramientas para evaluar la exposición a benceno, y comparar la efectividad de ellas al igual los efectos adversos en la salud de trabajador como resultantes, ya que son característicos en el proceso de la investigación, en especial los biomarcadores de efecto como los mecanismos de control.
- Realizar más investigaciones sobre este tema debido a que en Colombia no se encuentran estudios al respecto, esta es la primera revisión de literatura que se conoce hasta ahora.

Como recomendación extra para la seguridad y salud en el trabajo en las estaciones de gasolina, se sugiere lo siguiente:

Para las estaciones de gasolina

- Invertir en los sistemas de recuperación de vapor tanto para la boquilla de la manguera en el repostaje como para los tanques de almacenamiento, también establecer rotaciones de las funciones laborales para el personal

Para los trabajadores

- OSHA recomienda usar un respirador facial a media cara con filtro/cartucho para los contaminantes de hidrocarburo y de forma periódica renovar, para este caso el filtro de línea 6001 especial para protegerse del benceno, ya que la vía de exposición de mayor importancia, también realizar pautas activas durante el turno de trabajo, y evitar en lo posible derrames de la gasolina, porque esto dispara más los niveles de benceno al ambiente.

Referencias Bibliográfica

- A. P. SOLDATOS, E. B. BAKEAS, P. A. S., & Environmental. (2003). *Occupational Exposure To Btex Compounds of Workers in Car*. 1–8.
- Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). (2018). *BASE DE DATOS QUÍMICOS OCUPACIONALES DE OSHA GASOLINA PÁGINA*. Retrieved from <https://www.osha.gov/chemicaldata/chemResult.html?recNo=701>
- Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). (2018). *BASE DE DATOS QUÍMICOS OCUPACIONALES DE OSHA BENCENO PÁGINA*. Retrieved from <https://www.osha.gov/chemicaldata/chemResult.html?recNo=491>
- AGUILERA, A. (n.d.). *Audi trabaja ya en la e-gasolina, el nuevo combustible alternativo sintético producido a partir de biomasa*.
- Atsdr, C. D. C., & Sciences, H. H. (1996). *ToxFAQsTM Gasolina de automóvil*.
- Atsdr, C. D. C., & Sciences, H. H. (n.d.). *ToxFAQsTM sobre el benceno*. 1–2.
- 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>

- 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>
- Çelik, A., Çavaş, T., & Ergene-Gözükara, S. (2003). Cytogenetic biomonitoring in petrol station attendants: Micronucleus test in exfoliated buccal cells. *Mutagenesis*, 18(5), 417–421. <https://doi.org/10.1093/mutage/geg022>
- 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>
- Colprensa. (n.d.). *Gasolina nacional tendrá más etanol _ La Opinión*.
- Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG -. (2012). *Nuestra historia -CREG-*.
- 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>
- DANE. (2012). *Revisión 4 adaptada CIIU Rev . 4 A . C .* 496. Retrieved from https://www.dane.gov.co/files/nomenclaturas/CIIU_Rev4ac.pdf
- 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/ijomeh.1896.00800>
- Faraji, A.*, Nabibidhendi, Gh. and Pardakhti, A. (2017). Risk assessment of exposure to released BTEX in district 12 of Tehran municipality for employees or shopkeepers and gas station customers. *Pollution*, 3(3), 363–375. <https://doi.org/10.7508/pj.2017.03>
- FILCO. (2018). FILCO - Ministerio del Trabajo. *Trimestre Mayo - Julio Por Genero*. Retrieved from <http://filco.mintrabajo.gov.co/FILCO/faces/indicadores.jsf?nombre=Tasa+de+ocupacion&ind=96>
- Filho, A. P. R., Silveira, M. A. D., do Nascimento, C. B., & d'Arce, L. P. G. (2018). Integrative study of cell damage and cancer risk in gas station attendants. *International Journal of Environmental Health Research*, 28(1), 1–7. <https://doi.org/10.1080/09603123.2017.1415305>

- Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. (2017). *Recursos Científicos*. Retrieved from <https://www.recursoscientificos.fecyt.es/>
- Göethel, G., Brucker, N., M. Moro, A., F. Charão, M., Fracasso, R., Barth, A., ... Garcia, S. C. (2014). Evaluation of genotoxicity in workers exposed to benzene and atmospheric pollutants. *Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 770, 61–65. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2014.05.008>
- Hajizadeh, Y., Mokhtari, M., Faraji, M., Mohammadi, A., Nemati, S., Ghanbari, R., ... Miri, M. (2018). Trends of BTEX in the central urban area of Iran: A preliminary study of photochemical ozone pollution and health risk assessment. *Atmospheric Pollution Research*, 9(2), 220–229. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2017.09.005>
- Hallare, A. V., Gervasio, M. K. R., Gervasio, P. L. G., & Acacio-Claro, P. J. B. (2009). Monitoring genotoxicity among gasoline station attendants and traffic enforcers in the City of Manila using the micronucleus assay with exfoliated epithelial cells. *Environmental Monitoring and Assessment*, 156(1–4), 331–341. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0488-y>
- 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>
- Henshaw, J. L. (1998). OSHA (Occupational Safety and Health Administration). *Technical Manual*, Washington. Retrieved from https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=DIRECTIVES&p_id=%0A2276
- 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>
- 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>
- Majumdar (néé Som), 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. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2008.09.011>
- 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>
- MIÑARRO, M. D. (n.d.). «Preferiría no vivir junto a una gasolinera» - Cáceres - *El Periódico Extremadura*.
- Minenergia. (2019). *Hidrocarburos - Ministerio de Minas y Energía*. Retrieved from <https://www.minenergia.gov.co/area-de-exploracion-y-explotacion>
- Ministerio de la protección social. (2008). *Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia para Asma Ocupacional (GATISO-ASMA)* (Vol. 47). Retrieved

- from <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/gatiso-asma.pdf>
- Ministerio de Trabajo. (2014). Decreto 1477 de 2014. *Ministerio de Trabajo- República de Colombia*, 1–109. Retrieved from http://www.fondoriesgoslaborales.gov.co/documents/Normatividad/Decretos/Dcto_1477_2014.pdf
- 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., Brucker, N., Charão, M. F., Sauer, E., Freitas, F., Durgante, J., ... Garcia, S. C. (2015). Early hematological and immunological alterations in gasoline station attendants exposed to benzene. *Environmental Research*, 137, 349–356. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.11.003>
- 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>
- NIOSH (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo). (2018). *Benzene | Workplace Safety and Health Topics | NIOSH*. Retrieved from <https://www.cdc.gov/niosh/topics/benzene/>
- NIOSH (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo). (2018). *Guía de bolsillo NIOSH para riesgos químicos GASOLINA*. 110. Retrieved from <https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0299.html>

- NIOSH (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo). (2018). *Guía de bolsillo NIOSH para riesgos químicos BENCENO*. Retrieved from <https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0049.html>
- NIOSH (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo). (n.d.). *CDC - NIOSH 1988 OSHA PEL Documentación de proyecto_ Lista por nombre químico_ GASOLINA*.
- NIOSH (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo). (n.d.). *CDC - Guía de bolsillo NIOSH para riesgos químicos - Benceno*.
- NIOSH (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo). (n.d.). *CDC - Guía de bolsillo NIOSH para riesgos químicos - Gasolina*.
- Oficina Internacional del Trabajo (OIT). (2010). *Lista de enfermedades profesionales (revisada en 2010)*.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (n.d.). *Lista completa: las 118 cosas que provocan cáncer según la OMS*. Retrieved from http://www.abc.es/sociedad/abci-lista-completa-118-cosas-provocan-cancer-segun-201510291343_noticia.html
- Organización Internacional del Trabajo. (2017). *Acerca de la OIT*. Retrieved from www.gallup.com/contact.
- Pérez Gutiérrez, M. (2000). El lenguaje de la interrogación: una gramática formal para la recuperación de la información. *Revista Española de Documentación Científica*, 23(3), 247–266. <https://doi.org/10.3989/redc.2000.v23.i3.323>
- 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>
- Rattanajongjitakorn, 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., Homwuttiwong, 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. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4615-3>
- Salud), O. (Organización M. de la. (2008). OMS | *Enfermedades crónicas*. Retrieved from http://www.who.int/topics/chronic_diseases/es/
- 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>
- Sauer, E., Gauer, B., Nascimento, S., Nardi, J., Göethel, G., Costa, B., ... Garcia, S. C. (2018). The role of B7 costimulation in benzene immunotoxicity and its potential association with cancer risk. *Environmental Research*, 166(May), 91–99. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.05.029>
- Scopus. (2018). Scopus - Analyze search results. Elsevier: Scopus. <https://doi.org/10.1109/MILCOM.2014.128>
- Sector de trabajo. (2015). *Decreto 1072 De Mayo 26 De 2015*. 1–293. Retrieved from [http://usc.elogim.com:2197/document/legcol/legcol_3a413f16c5c14866af2c4a524b540130/decreto-1072-de-mayo-26-de-2015/bf12526c4b466a64c38bba8eff3d5b57738nf9?text=decreto 1072 de 2015](http://usc.elogim.com:2197/document/legcol/legcol_3a413f16c5c14866af2c4a524b540130/decreto-1072-de-mayo-26-de-2015/bf12526c4b466a64c38bba8eff3d5b57738nf9?text=decreto%201072%20de%202015)
- SICOM. (n.d.). *SICOM- Ministerio de Minas y Energía*.
- Silvestre, R. T., Santiago, F. abio, Tabalipa, M., Delmonico, L., Scherrer, L. R., Otero, U., ... And Alves, G. (2016). Health Survey and Assessment of the Polymorphisms BRCA1/P871L, BRCA1/Q356R, and BRCA2/N372H in Female Gas Station Workers in Rio de Janeiro. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 36(1), 249–255. <https://doi.org/10.1002/em>
- Solanki, R., Bhise, A., & Dangi, B. (2015). A study on spirometry in petrol pump workers of Ahmedabad, India. *Lung India*, 32(4), 347. <https://doi.org/10.4103/0970-2113.159567>

- Torrco, I. (2016). *Gasolina colombiana, entre las más limpias de Latinoamérica*. Retrieved from https://www.elmundo.com/portal/noticias/territorio/gasolina_colombiana_entre_las_mas_limpas_de_latinoamerica.php?fbclid=IwAR2CPzYNkGNYhSqj4xQUncI6deQ2TaOo5lI_jmUWHFbeBjzVf06ktMdDXI#.XJq0Hoq22f0
- UCO. (n.d.). *Una herramienta policial mejora la seguridad laboral en gasolineras _ Noticias _ SINC*.
- Wiwantitkit, 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>
- 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>

Apéndices

Apéndice A. Clasificación de artículos por subtema de exposición, factores externos y enfermedades investigación

TÍTULO	Autor (es)	Exposición	Enfermedades	Factores
A STUDY ON RISK ASSESSMENT OF BENZENE AS ONE OF THE VOCS AIR POLLUTION.	Jafari, h. R., & ebrahimi, s.	X		
A STUDY ON SPIROMETRY IN PETROL PUMP WORKERS OF AHMEDABAD, INDIA.	Solanki, r., bhise, a., & dangi, b.	X	X	
AN EVIDENCE-BASED ANALYSIS OF EPIDEMIOLOGIC ASSOCIATIONS BETWEEN LYMPHATIC AND HEMATOPOIETIC CANCERS AND OCCUPATIONAL EXPOSURE TO GASOLINE.	Keenan, j. J., gaffney, s., gross, s. A., ronk, c. J., paustenbach, d. J., galbraith, d., & kerger, b. D	X	X	
ASSESSMENT AND PREDICTION OF EXPOSURE TO BENZENE OF FILLING STATION EMPLOYEES.	Karakitsios, s. P., papaloukas, c. L., kassomenos, p. A., & pilidis, g. A.	X		X
ASSESSMENT OF BENZENE EXPOSURES IN THE WORKING ENVIRONMENT AT GASOLINE STATIONS,	Chaiklieng s., pimpasaeng c., aravetsiri p.s.,	X		X
ASSESSMENT OF CHANGES IN EXPRESSION OF THE 5-HT2A AND GABAA RECEPTOR GENES IN PERIPHERAL BLOOD	Bahiraii s., ahangari g., mirshafiey a., razazian m., mohammadi f.,	X	X	

MONONUCLEAR CELLS OF GAS STATION WORKERS, TEHRAN, IRAN,				
BENZENE EXPOSURE AT GASOLINE STATIONS: HEALTH RISK ASSESSMENT,	Chaiklieng s., pimpasaeng c., thapphasaraphong s.,	X	X	X
BENZENE, TOLUENE, ETHYLBENZENE AND XYLENE CONCENTRATIONS IN ATMOSPHERIC AMBIENT AIR OF GASOLINE AND CNG REFUELING STATIONS,	Hazrati s., rostami r., fazlzadeh m., pourfarzi f.,	X	X	X
BIOCHEMICAL AND PHYSIOLOGICAL EFFECTS FROM EXHAUST EMISSIONS. A REVIEW OF THE RELEVANT LITERATURE	Manzetti, s., & andersen, o	X	X	
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.	X	X	
BIOMONITORING OF ORAL EPITHELIAL CELLS IN PETROL STATION ATTENDANTS: COMPARISON BETWEEN BUCCAL MUCOSA AND LATERAL BORDER OF THE TONGUE,	Martins r.a., da silva gomes g.a., aguiar jr. O., ribeiro d.a.,	X	X	
CHARACTERISTICS AND HEALTH EFFECTS OF BTEX IN A HOT SPOT FOR URBAN POLLUTION,	Dehghani m., fazlzadeh m., sorooshian a., tabatabaee h.r., miri m., baghani a.n., delikhooon m., mahvi a.h., rashidi m.,	X		
CHRONIC CARCINOGENICITY STUDY OF GASOLINE VAPOR CONDENSATE (GVC) AND GVC CONTAINING METHYL TERTIARY-BUTYL ETHER IN F344 RATS,	Benson j.m., gigliotti a.p., march t.h., barr e.b., tibbetts b.m., skipper b.j., clark c.r., twerdok l.,	X	X	
COMPARISON OF EXPOSURE ASSESSMENT METHODS IN OCCUPATIONAL EXPOSURE TO BENZENE IN GASOLINE FILLING-STATION ATTENDANTS.	Carrieri, m., bonfiglio, e., scapellato, m. L., maccà, i., tranfo, g., faranda, p., ... bartolucci, g. B.	X		

CYTOGENETIC BIOMONITORING IN PETROL STATION ATTENDANTS: MICRONUCLEUS TEST IN EXFOLIATED BUCCAL CELLS. MUTAGENESIS,	Çelik, a., çavaş, t., & ergene-gözükara, s.	X	X	
EARLY HEMATOLOGICAL AND IMMUNOLOGICAL ALTERATIONS IN GASOLINE STATION ATTENDANTS EXPOSED TO BENZENE	Moro, a. M., brucker, n., charão, m. F., sauer, e., freitas, f., durgante, j., ... garcia, s. C.	X	X	
EVALUATION OF GENOTOXICITY IN WORKERS EXPOSED TO BENZENE AND ATMOSPHERIC POLLUTANTS,	Göethel g., brucker n., m. Moro a., f. Charão m., fracasso r., barth a., bubols g., durgante j., nascimento s., baierle m., saldiva p.h., garcia s.c.,	X	X	
EVOLUTION OF OCCUPATIONAL EXPOSURE TO ENVIRONMENTAL LEVELS OF AROMATIC HYDROCARBONS IN SERVICE STATIONS.	Periago, j. F., & prado, c.	X		
EXPOSURE TO CHEMICAL HAZARDS IN PETROL PUMPS STATIONS IN AHVAZ CITY, IRAN,	Zoleikha s., mirzaei r., roksana m.,	X		
EXPOSURE TO VOLATILE ORGANIC COMPOUNDS IN AN ETHANOL AND GASOLINE SERVICE STATION.	De oliveira, k. M. P. G., martins, e. M., arbilla, g., & gatti, l. V.	X		
GENOTOXICITY AND OXIDATIVE STRESS IN GASOLINE STATION ATTENDANTS	Moro, a. M., charão, m. F., brucker, n., durgante, j., baierle, m., bubols, g., ... garcia, s. C. (2013)	X	X	
GENOTOXICITY IN FILLING STATION ATTENDANTS EXPOSED TO PETROLEUM HYDROCARBONS,	Rekhadevi p.v., rahman m.f., mahboob m., grover p.,	X	X	
HEALTH RISK CHARACTERIZATION FOR EXPOSURE TO BENZENE IN SERVICE STATIONS AND PETROLEUM REFINERIES	Edokpolo, b., yu, q. J., & connell, d	X	X	X

ENVIRONMENTS USING HUMAN ADVERSE RESPONSE DATA.				
HEALTH SURVEY AND ASSESSMENT OF THE POLYMORPHISMS BRCA1/P871L, BRCA1/Q356R, AND BRCA2/N372H IN FEMALE GAS STATION WORKERS IN RIO DE JANEIRO,	Silvestre r.t., delmonico l., bravo m., santiago f., scherrer l.r., moreira a.d.s., tabalipa m., otero u., ornellas m.h.f., alves g.,	X	X	
HYDROCARBON RELEASE DURING FUEL STORAGE AND TRANSFER AT GAS STATIONS: ENVIRONMENTAL AND HEALTH EFFECTS,	Hilpert m., mora b.a., ni j., rule a.m., nachman k.e.,	X	X	
INCREASED MITOCHONDRIAL DNA COPY NUMBER IN OCCUPATIONS ASSOCIATED WITH LOW-DOSE BENZENE EXPOSURE,	Carugno m., pesatori a.c., dioni l., hoxha m., bollati v., albeti b., byun h.-n., bonzini m., fustinoni s., cocco p., satta g., zucca m., merlo d.f., cipolla m., bertazzi p.a., baccarelli a.,	X	X	
INDUCED CYTOTOXIC DAMAGE BY EXPOSURE TO GASOLINE VAPORS: A STUDY IN SINALOA, MEXICO,	Martinez-valenzuela c., soto f.b., waliszewski s.m., meza e., arroyo s.g., martínez l.d.o., meraz e.a., caba m.,	X	X	
INTEGRATIVE STUDY OF CELL DAMAGE AND CANCER RISK IN GAS STATION ATTENDANTS,	Filho a.p.r., silveira m.a.d., do nascimento c.b., d'arce l.p.g.,	X	X	
INVESTIGATION OF GASOLINE DISTRIBUTIONS WITHIN PETROL STATIONS: SPATIAL AND SEASONAL CONCENTRATIONS, SOURCES, MITIGATION MEASURES, AND OCCUPATIONALLY EXPOSED SYMPTOMS,	Sairat t., homwuttiwong s., homwutthiwong k., ongwandee m.,	X	X	X
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.n.,	X	X	
MICRONUCLEUS TEST ON GAS STATION ATTENDANTS	Benites, c. l., amado, l. L., vianna, r. A. P., & martino-roth, m. Da g.	X	X	

MOLECULAR BIOMARKERS OF OXIDATIVE STRESS AND ROLE OF DIETARY FACTORS IN GASOLINE STATION ATTENDANTS.	Costa, c., ozcagli, e., gangemi, s., schembri, f., giambò, f., androutsopoulos, v., ... fenga, c.	X	X	
MONITORING GENOTOXICITY AMONG GASOLINE STATION ATTENDANTS AND TRAFFIC ENFORCERS IN THE CITY OF MANILA USING THE MICRONUCLEUS ASSAY WITH EXFOLIATED EPITHELIAL CELLS,	Hallare a.v., gervasio m.k.r., gervasio p.l.g., acacio-claro p.j.b.,	X		
MONITORING GENOTOXICITY AMONG GASOLINE STATION ATTENDANTS AND TRAFFIC ENFORCERS IN THE CITY OF MANILA USING THE MICRONUCLEUS ASSAY WITH EXFOLIATED EPITHELIAL CELLS,	Hallare a.v., gervasio m.k.r., gervasio p.l.g., acacio-claro p.j.b.,	X	X	
MONITORING OF GAS STATION ATTENDANTS EXPOSURE TO BENZENE, TOLUENE, XYLENE (BTX) USING THREE-COLOR CHROMOSOME PAINTING,	Santiago f., alves g., otero u.b., tabalipa m.m., scherrer l.r., kosyakova n., ornellas m.h., liehr t.,	X	X	
NUMERICAL INVESTIGATION OF VOC LEVELS IN THE AREA OF PETROL STATIONS,	Kountouriotis a., aleiferis p.g., charalambides a.g.,	X		
OCCUPATIONAL BENZENE EXPOSURE FROM VEHICULAR SOURCES IN INDIA AND ITS EFFECT ON HEMATOLOGY, LYMPHOCYTE SUBSETS AND PLATELET P-SELECTIN EXPRESSION.	Ray, m. R., roychoudhury, s., mukherjee, s., & lahiri, t.	X	X	
OCCUPATIONAL EXPOSURE TO BTEX OF WORKERS IN CAR PARKINGS AND GASOLINE SERVICE STATIONS IN ATHENS, GREECE	Anastasios p. Soldatos, evangelos b. Bakeas and panayotis a. Siskos	X		
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., ma s., qing l., liang l., su j., peng x., li q., zou y.,	X	X	X

RECENT ADVANCES IN OCCUPATIONAL AND ENVIRONMENTAL HEALTH HAZARDS OF WORKERS EXPOSED TO GASOLINE COMPOUNDS	Ekpenyong, c. E., & asuquo, a. E.	X	X	
RESEARCH NOTE: URINE TRANS,TRANS-MUCONIC ACID AS A BIOMARKER FOR BENZENE EXPOSURE IN GAS STATION ATTENDANTS IN BANGKOK, THAILAND.	Wiwanitkit, v., suwansaksri, j., & nasuan, p.	X		
RISK ASSESSMENT OF BENZENE AMONG GAS STATION REFUELING WORKERS,	Mohammadyan m., golafshani f.y., yousefinejad r., boogaard p.j., heibati b.,	X		X
RISK ASSESSMENT OF EXPOSURE TO RELEASED BTEX IN DISTRICT 12 OF TEHRAN MUNICIPALITY FOR EMPLOYEES OR SHOPKEEPERS AND GAS STATION CUSTOMERS	Faraji, a.*, nabibidhendi, gh. And pardakhti, a.	X	X	
SOURCE APPORTIONMENT OF VOCS AT THE PETROL PUMPS IN KOLKATA, INDIA; EXPOSURE OF WORKERS AND ASSESSMENT OF ASSOCIATED HEALTH RISK,	Majumdar (née som) d., dutta c., mukherjee a.k., sen s.,	X	X	
TEMPORAL VARIATION OF BTEX AT THE AREA OF PETROL STATION IN BANGKOK, THAILAND.	Rattanajongjitrakorn, p., & prueksasit, t.	X		X
THE HISTORY, GENOTOXICITY, AND CARCINOGENICITY OF CARBON-BASED FUELS AND THEIR EMISSIONS. PART 3: DIESEL AND GASOLINE	Larry d. Claxton	X	X	
THE IMPACT OF BTEX EMISSIONS FROM GAS STATIONS INTO THE ATMOSPHERE.	Correa, s. M., arbilla, g., marques, m. R. C., & oliveira, k. M. P. G.	X		
THE ROLE OF B7 COSTIMULATION IN BENZENE IMMUNOTOXICITY AND ITS	Sauer e., gauer b., nascimento s., nardi j., göethel g., costa b., correia d.,	X	X	

POTENTIAL ASSOCIATION WITH CANCER RISK,	matte u., charão m., arbo m., duschl a., moro a., garcia s.c.,			
TRAFFIC AIR POLLUTION AND LUNG CANCER IN FEMALES IN TAIWAN: PETROL STATION DENSITY AS AN INDICATOR OF DISEASE DEVELOPMENT,	Chang c.-c., tsai s.-s., chiu h.-f., wu t.-n., yang c.-y.,	X	X	
TRAFFIC AIR POLLUTION AND RISK OF DEATH FROM BLADDER CANCER IN TAIWAN USING PETROL STATION DENSITY AS A POLLUTANT INDICATOR,	Ho c.-k., peng c.-y., yang c.-y.,	X	X	
TRENDS OF BTEX IN THE CENTRAL URBAN AREA OF IRAN: A PRELIMINARY STUDY OF PHOTOCHEMICAL OZONE POLLUTION AND HEALTH RISK ASSESSMENT,	Hajizadeh y., mokhtari m., faraji m., mohammadi a., nemati s., ghanbari r., abdolahnejad a., fard r.f., nikoonahad a., jafari n., miri m.,	X	X	

Apéndice B. Clasificación de los autores por categorías en la escala de rangos de exposición

Escala de rango de exposición - Límites ocupacionales				
Autores	Categoría			
	No exposición	Baja	Moderada o Alta	Muy Alta
Karakitsios, S. P., Papaloukas, C. L., Kassomenos, P. A., & Pilidis, G. A.				x
Kountouriotis A., Aleiferis P.G., Charalambides A.G.,				x
Wiwanitkit, V., Suwansaksri, J., & Nasuan, P.				x
Mohammadyan M., Golafshani F.Y., Yousefinejad R., Boogaard P.J., Heibati B.,				x
Rattanajongjitrakorn, P., & Prueksasit, T.				x
Correa, S. M., Arbilla, G., Marques, M. R. C., & Oliveira, K. M. P. G.				x
Dehghani M., Fazlzadeh M., Sorooshian A., Tabatabaee H.R., Miri M., Baghani A.N., Delikhoon M., Mahvi A.H., Rashidi M.,				x
Zoleikha S., Mirzaei R., Roksana M.,				x
Anastasios P. Soldatos, Evangelos B. Bakeas and Panayotis A. Siskos				x
Carrieri, M., Bonfiglio, E., Scapellato, M. L., Maccà, I., Tranfo, G., Faranda, P., ... Bartolucci, G. B.	x			
Periago, J. F., & Prado, C.		x		

De Oliveira, K. M. P. G., Martins, E. M., Arbilla, G., & Gatti, L. V.	x
Chaiklieng S., Pimpasaeng C., Aravetsiri P.S., Jafari, H. R., & Ebrahimi, S.	x

Apéndice C. Clasificación de los autores por factores externos

Autores	Factores Externos				
	Datos meteorológicos	Ubicación	Turno	Puesto de trabajo	Total
Karakitsios, S. P., Papaloukas, C. L., Kassomenos, P. A., & Pilidis, G. A.	x	x	x	x	4
Mohammadyan M., Golafshani F.Y., Yousefinejad R., Boogaard P.J., Heibati B.,	x		x		2
Rattanajongjitrakorn, P., & Prueksasit, T.	x		x	x	2
Chaiklieng S., Pimpasaeng C., Aravetsiri P.S.,		x		x	2
Chaiklieng S., Pimpasaeng C., Thapphasaraphong S.,		x	x	x	3
Edokpolo, B., Yu, Q. J., & Connell, D				x	1
Sairat T., Homwuttiwong S., Homwutthiwong K., Ongwandee M.,	x				1
Xiong F., Li Q., Zhou B., Huang J., Liang G., Zhang				x	1

L., Ma S., Qing L., Liang L., Su J., Peng X., Li Q., Zou Y.,					
Hazrati S., Rostami R., Fazlzadeh M., Pourfarzi F.,		x			1
Total	4	4	3	6	17

Apéndice D. Clasificación de los autores por enfermedades más relevantes en la revisión de literatura

Autores	Enfermedades más relevantes estudiadas en las revisiones						
	Cáncer	Leucemia	Leucemia Mieloide Aguda (LMA)	Anemia	Anemia Aplásica	Aberraciones cromosómicas e intercambio e cromáticas de hermanas (SCE).	Mutaciones y amenazas de la actividad de reparación celular.
Manzetti, S., & Andersen, O							x
Ekpenyong, C. E., & Asuquo, A. E.	x	x	x	x	x	x	x
Keenan, J. J., Gaffney, S., Gross, S. A., Ronk, C. J., Paustenbach, D. J., Galbraith, D., & Kerger, B. D			x				
Larry D. Claxton	x	x	x			x	
Hilpert M., Mora B.A., Ni J., Rule A.M., Nachman K.E.,	x	x	x				

Benson J.M.,	x	x
Gigliotti A.P.,		
March T.H., Barr		
E.B., Tibbetts		
B.M., Skipper		
B.J., Clark C.R.,		
Twerdok L.,		

Apéndice E. Tabulación de las enfermedades por exposición del trabajador a benceno en las estaciones de gasolina

Autores	Perfil Tóxico/Enfermedad
Moro, A. M., Brucker, N., Charão, M. F., Baierle, M., Sauer, E., Goethel, G., ... Garcia, S. C.	HEMATOTOXICIDAD-Anemia. HEPATOTOXICIDAD-Disfunción Hepática. NEFROTOXICIDAD-Disfunción renal.
Martins R.A., da Silva Gomes G.A., Aguiar Jr. O., Ribeiro D.A.,	GENOTOXICIDAD. Daño citogenético (En linfocitos de la sangre periférica, Deleciones cromosómicas, Aumento en las roturas de la hebra de ADN) y la muerte celular
Çelik, A., Çavaş, T., & Ergene-Gözükara, S.	GENOTOXICIDAD. Daño citogenético
Moro, A. M., Brucker, N., Charão, M. F., Sauer, E., Freitas, F., Durgante, J., ... Garcia, S. C.	HEMATOTOXICIDAD. Anemia aplásica INMUNOTOXICIDAD. Hiporrespuesta/células T anergias
Moro, A. M., Charão, M. F., Brucker, N., Durgante, J., Baierle, M., Bubols, G., ... Garcia, S. C. (2013)	GENOTOXICIDAD Estrés Oxidativo
Rekhadevi P.V., Rahman M.F., Mahboob M., Grover P.,	GENOTOXICIDAD. Daño Citogenético (Migración del ADN). NEFROTOXICIDAD. Disfunción renal, HEPATOTOXICIDAD Disfunción hepática y hemorragias. HEMATOTOXICIDAD. Anemia.

Benites, C. I., Amado, L. L., Vianna, R. A. P., & Martino-Roth, M. da G.	GENOTOXICIDAD. Daño citogenético(Daño al ADN y cromosomas)
Costa, C., Ozcagli, E., Gangemi, S., Schembri, F., Giambò, F., Androutsopoulos, V., ... Fenga, C.	GENOTOXICIDAD. No presentó Estrés Oxidativo.
Santiago F., Alves G., Otero U.B., Tabalipa M.M., Scherrer L.R., Kosyakova N., Ornellas M.H., Liehr T.,	Daño citogenético (Aberraciones cromosómicas). GENOTOXICIDAD
Majumdar (neé Som) D., Dutta C., Mukherjee A.K., Sen S.,	CARCINÓGENO. Cáncer.
Solanki, R., Bhise, A., & Dangi, B.	TOXICIDAD RESPIRATORIA Disfunción respiratoria (Insuficiencia Respiratoria).
Bahiraii S., Ahangari G., Mirshafiey A., Razazian M., Mohammadi F.,	TOXICIDAD RESPIRATORIA. Asma alérgica. NEUROTOXICIDAD. Transtornos neurológicos psiquiátricos.
Chaiklieng S., Pimpasaeng C., Thapphasaraphong S.,	CARDIOTOXICIDAD Arritmia HEMATOTOXICIDAD Anemia NEUROTOXICIDAD inconsciencia
Silvestre R.T., Delmonico L., Bravo M., Santiago F., Scherrer L.R., Moreira A.D.S., Tabalipa M., Otero U., Ornellas M.H.F., Alves G.,	TOXICIDAD REPRODUCTIVA Abortos involuntarios.
Martinez-Valenzuela C., Soto F.B., Waliszewski S.M., Meza E., Arroyo S.G., Martínez L.D.O., Meraz E.A., Caba M.,	GENOTOXICIDAD. Daño citogenético. (Daño citotóxica -Células dañadas).

Filho A.P.R., Silveira M.A.D., do Nascimento C.B., d'Arce L.P.G.,	GENOTOXICIDAD Daño citogenético.(daño elevado e inestabilidad cromosómica).
Sairat T., Homwuttiwong S., Homwutthiwong K., Ongwandee M.,	NEUROTOXICIDAD. Dolor de cabeza con una tasa mayor, la fatiga y dificultades para concentrarse
Mitri S., Fonseca A.S.A., Otero U.B., Tabalipa M.M., Moreira J.C., Sarcinelli P.N.,	NEUROTOXICIDAD Cefaleas, infecciones recurrentes, músculo Calambres, hormigueo, somnolencia, mareos y pérdida de peso.
Xiong F., Li Q., Zhou B., Huang J., Liang G., Zhang L., Ma S., Qing L., Liang L., Su J., Peng X., Li Q., Zou Y.,	GENOTOXICIDAD Daño oxidativo (estrés oxidativo).
Sauer E., Gauer B., Nascimento S., Nardi J., Göethel G., Costa B., Correia D., Matte U., Charão M., Arbo M., Duschl A., Moro A., Garcia S.C.,	INMUNOTOXICIDAD Deterioro del sistema inmunológico.
Hazrati S., Rostami R., Fazlzadeh M., Pourfarzi F.,	CARCINOGENO Cáncer (riesgo alto).
Göethel G., Brucker N., M. Moro A., F. Charão M., Fracasso R., Barth A., Bubols G., Durgante J., Nascimento S., Baierle M., Saldiva P.H., Garcia S.C.,	GENOTOXICIDAD Genotoxicidad y el Estrés oxidativo.
Carugno M., Pesatori A.C., Dioni L., Hoxha M., Bollati V., Albetti B., Byun H.-N., Bonzini M., Fustinoni S., Cocco P., Satta G., Zucca M.,	GENOTOXICIDAD. Daño citogenético (alteraciones mitocondriales(Aumento de mtDNAcn)

Merlo D.F., Cipolla M., Bertazzi P.A., Baccarelli A.,	
Ray, M. R., Roychoudhury, S., Mukherjee, S., & Lahiri, T.	HEMATOTOXICIDAD Anemia. HEPATOTOXICIDAD Disfunción hepática, (Cambios en la función). CARDIOTOXICIDAD. Trastornos cardiovasculares.
Faraji, A.*, Nabibidhendi, Gh. and Pardakhti, A.	. CARCINOGENO Cáncer (Riesgo).
Chang C.-C., Tsai S.-S., Chiu H.-F., Wu T.-N., Yang C.-Y.,	CARCINOGENO Cáncer (Femenino).
Ho C.-K., Peng C.-Y., Yang C.-Y.,	CARCINOGENO Cáncer.
Hajizadeh Y., Mokhtari M., Faraji M., Mohammadi A., Nemati S., Ghanbari R., Abdollahnejad A., Fard R.F., Nikoonahad A., Jafari N., Miri M.,	CARCINOGENO Cáncer.
Hallare A.V., Gervasio M.K.R., Gervasio P.L.G., Acacio-Claro P.J.B.,	GENOTOXICIDAD No específica.
Edokpolo, B., Yu, Q. J., & Connell, D	CARCINOGENO Leucemia

Apéndice F. Artículo Científico**ESTADO DEL ARTE DE LA RELACIÓN EXISTENTE ENTRE EL DAÑO A LA
SALUD Y LA EXPOSICIÓN OCUPACIONAL A BENCENO EN TRABAJADORES DE
ESTACIONES DE GASOLINA****State Of The Art Of The Existing Relationship Between The Damage To Health And The
Occupational Exposition To Benzene In Gas Station Workers**

Autor¹ **SANTIAGO-VEGA, Shirly P.**

Autor² **LESMEZ-PERALTA, Juan C.**

Resumen

Las estaciones de gasolina conocidas también como estaciones de servicio, prestan el servicio a vehículos de motor automotriz como abastecer combustible (la gasolina, diésel, gas natural, ACPM,) mecánica, lavado, pintura, ventas de productos lubricantes, entre otros; todos son producto de los derivados del petróleo, en especial la gasolina, una mezcla compleja que además de otros compuestos, contiene hidrocarburos aromáticos, entre los cuales, la hoja de seguridad, MSDS (Material Safety Data Sheet), destaca al benceno, compuestos con el porcentaje de concentración más relevante. Este hidrocarburo aromático es un disolvente orgánico altamente

¹ Corresponding Author. Student Industrial Engineering, School of Industrial Engineering and Business, Universidad Industrial de Santander. E-mail: shirlypaulinsv@outlook.com Address: Calle 9 Carrera 27, Ciudad Universitaria, Edificio de Ingeniería Industrial, Bucaramanga, Colombia. Phone: +57 7 634 4000 Ext. 23223.

² Adjunct Professor, School of Industrial Engineering and Business, Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, Colombia. E-mail: jclesper@uis.edu.co

inflamable y catalogado carcinógeno por la organización mundial de la salud (OMS), dentro de los grupos cancerígenos está clasificado en la categoría tres por las Naciones Unidas (ONU), en el grupo A1 por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (ACGIH) y en la clase 1 por el Centro Internacional de Investigaciones sobre el Cáncer (IARC), por consiguiente, el uso de esta sustancia química es restringido, y en cuanto a la manipulación de la sustancia, internacionalmente se han establecido límites ocupacionales con el propósito de velar por el bienestar de los trabajadores que tienen contacto directo y/o indirecto con este compuesto de la gasolina; sin embargo, la OMS no asegura un límite, debido a las implicaciones en la salud como consecuencia de la exposición ocupacional a benceno, por lo demás, el cáncer no es la única enfermedad, existen más enfermedades que se relacionan con este hidrocarburo y se evidencian en la tabla de enfermedades laborales de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) en el año 2010.

Por lo tanto, es importante la revisión de literatura sobre la relación entre el daño a la salud y la exposición ocupacional a benceno en las estaciones de gasolina, todo cimentado en la búsqueda exhaustiva por diferentes autores a través de los años, con el objetivo de conocer en profundidad la analogía respectiva y así, tener una información verídica y condensada para las estaciones de servicio cuya finalidad es prevenir las enfermedades laborales.

Palabras claves

Benceno, Enfermedad Laboral, Exposición Ocupacional, Estación De Gasolina, Gasolina

1. Introducción

En las estaciones de gasolina o estaciones de servicio generalmente se vende gasolina, gasóleo o diésel/ACPM, gas natural y otros lubricantes, dentro de estos productos para la salud el más perjudicial es la gasolina, debido a su una mezcla compleja de diversos compuestos (Atsdr &

Sciences, 1996). El Benceno es un hidrocarburo aromático que, a diferencia del Tolueno, Xilenos, N-hexano y otros agentes químicos, es el principal componente de la gasolina y su concentración puede variar dependiendo la calidad del petróleo y el proceso de transformación, comúnmente varía de 2 a 3 % (IARC 1989, Vol. 45), estas concentraciones a las que se exponen los trabajadores por inhalación, la piel, los ojos y hasta ingestión, desencadenan en ellos diversas enfermedades, y es de considerar, que el benceno por entes internacionales se ha catalogado como carcinógeno y científicamente se ha comprobado que produce defectos genéticos y alteraciones en el organismo.

La seguridad y salud en el trabajo (SST) consiste en prevenir los riesgos de exposición en una actividad laboral, ya sea por lesiones en un accidente de trabajo o enfermedades laborales, a razón de velar por el cumplimiento de las funciones encaminadas en el bienestar de todos los trabajadores, se implementa el Sistema de Gestión de la Seguridad y Salud en el Trabajo (SG-SST), un sistema basado en los principios del ciclo PHVA (planificar, hacer, verificar y actuar) que debido a su alcance, permite una mejor gestión en los procesos que conlleva esta disciplina, (Ministerio de Trabajo, 2014a). En el caso de una enfermedad laboral, comprende cuando en el entorno de trabajo hay una enfermedad específica por exposición, o dentro de esa exposición las personas la presentan con mayor frecuencia que el resto de la población (Oficina Internacional del Trabajo (OIT), 2010), de modo que la salud de los trabajadores en la estación de gasolina, se ve altamente comprometida por las concentraciones de benceno. Acorde con eso, se han establecido límites ocupacionales y normas que regulen este tipo de exposición, y de este modo, evitar en lo posible consecuencias mortíferas para la salud del trabajador.

En Colombia la entidad de Fondo de Riesgos Laborales publicó una guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia para Trabajadores Expuestos a Benceno y sus Derivados, una información sobre la composición de esta sustancia química y basada en las normas

de seguridad y salud en el trabajo, establece pautas que mediante el cumplimiento de las funciones laborales se cuide la integridad de los trabajadores. Además, la gasolina colombiana se encuentra entre las más limpias de Latinoamérica, lo que muestra la calidad del combustible y como consecuencia contribuye a la reducción de las emisiones de benceno, un contaminante para el ambiente y para la salud (Torrico, 2016).

Por ende, el alcance de este proyecto se basa en una revisión de literatura a partir de la exposición a benceno en la gasolina de las estaciones de servicio automotriz y, establecer si existe una relación entre el daño a la salud por ejercer esta ocupación, es decir, determinar si hay efectos adversos a la salud por las emisiones de benceno.

2. Metodología

La metodología consistió en aplicar el proceso para la revisión sistemática planteado por los autores Tranfield, Denyer and Smart (2003) en el artículo “*Towards a Methodology for Developing Evidence-Informed Management Knowledge by Means of Systematic Review**”, esta metodología comprende tres fases importantes.

Fase I: Planeación de la revisión

La investigación en el tópico es poco relevante en comparación con otros estudios y en especial, porque es un problema de salud pública, por eso nace la necesidad de investigar en el área y de esta forma contribuir un aporte al conocimiento. Una vez identificado el objetivo de la investigación se procede las siguiente 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 esto modo, se prepara la propuesta de revisión dando como resultado la ecuación de búsqueda, con el fin de obtener los documentos que harán

parte de la literatura; la búsqueda inicial se hizo en los idiomas inglés como el de preferencia, español y portugués, este proceso se elabora en la base de datos referencial de 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))

Para la elección de los documentos que harán parte de la construcción de este estado del arte, en el artículo A Multi-Dimensional Framework of Organizational Innovation: A Systematic Review of the Literature se propone una metodología de revisión (Crossan & Apaydin, 2010), este proceso, es un filtro que se aplica a los documentos, para así, seleccionar la información que aportará significativamente a la investigación, ya que no todos son objetivos al tema.

- Criterios de inclusión y exclusión expuestos en el artículo de la revisión sistemática de literatura (Crossan & Apaydin, 2010), donde contempla tres grupos. Grupo 1: Artículos que son revisiones, como la investigación se basa en una revisión de literatura sobre el tema, es importante considerar los resultados de revisiones anteriores a las cuales llegaron los diferentes autores, Grupo 2: Artículos que tienen más de cinco citaciones, este grupo permite ver la relevancia de la información en los estudios sobre el tema, suceso que favorece el contenido de la revisión, y el Grupo 3: Artículos publicados recientemente, preferiblemente en los últimos tres años, en este caso, el filtro se emplea para cuatro años debido a que el año en curso, este grupo enfatiza la novedad en la información, considerando que sobre el tema influye mucho los avances en la literatura más recientes y la normatividad.
- Criterios de calidad, a parte de los criterios aplicados anteriormente por Crossan y Apaydin (2010), cada uno de los artículos trae consigo un resumen, donde muestra el tema principal

de la publicación, por tanto, la lectura respectiva a estos documentos consiste en qué tanto aporta el tópico de los documentos a la temática investigativa, considerando los siguientes criterios: Daño a la salud del trabajador, Exposición ocupacional a benceno y Estaciones de gasolina/estaciones de servicio.

Tabla 1. *Criterios de Inclusión y Exclusión.*

CRITERIOS		
	INCLUSIÓN	EXCLUSIÓN
ECUACIÓN DE BÚSQUEDA	Documentos disponibles en la base de datos Scopus	Todo el documento que esté escrito 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	
GRUPO 1	Documentos que son revisiones de literatura	Documentos que no son catalogados como revisiones de literatura
	Documentos comprendidos entre los años 2008-2018	
GRUPO 2	El registro de los documentos	Documentos publicados con número de citaciones inferior a cinco

	comprendidos entre los años 2008-2018	
	Documentos con número de citaciones mayor o igual a cinco	Documentos que son revisiones de literatura
	Documentos que son artículos	
GRUPO 3	Documentos publicados entre 2015-2018	Documentos publicados antes del 2014 y durante ese año
CALIDAD DE ESTUDIOS	CRITERIOS DE APOORTE A LA LITERATURA	GRUPOS
	El daño a la salud del trabajador.	1
	Exposición ocupacional a benceno.	2
	Las Estaciones de gasolina/Estaciones de servicio.	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 cuyo aporte sea significativo para el desarrollo de la investigación

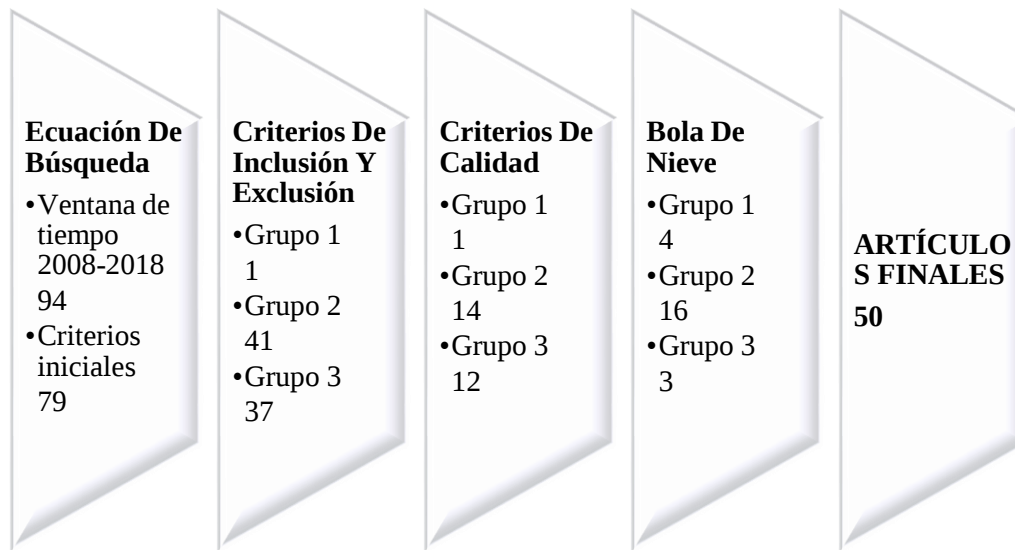


Figura 1. Proceso de selección de documentos.

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 abordados en la literatura, en la tabla siguiente se muestra el proceso.

Tabla 2. Estructura de la clasificación.

Pasos	Componente	Descripción
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

<i>Pasos</i>	<i>Componente</i>	<i>Descripción</i>
3	Datos claves	Esta información hace referencia a los detalles que cada subtema abordará para la mejor comprensión del lector

La clasificación dio como resultado que el 72% de los autores enfatizaron su estudio en las enfermedades de forma específica, y 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.

4. Resultados

El resultado de la investigación consta de un análisis bibliométrico de la literatura y una revisión general de la literatura.

4.1. Análisis bibliométrico

El análisis bibliométrico se realiza a los 79 artículos en la base de datos de Scopus, documentos como resultado en la ventana de tiempo 2008-2018 y con los criterios iniciales implicados para la ecuación de búsqueda, se optó por los documentos obtenidos por el primer filtro, teniendo en cuenta que, esto permite visualizar mejor el panorama en forma cuantitativa sobre la tendencia de la literatura en el área de investigación, considerando factores que agregan valor a la producción científica en la investigación.

En la Figura 2 se puede apreciar que en los años 2014, 2015 y 2017 con 11, 15, y 10 publicaciones cada uno respectivamente, son el auge del número de documentos en el transcurso del tiempo, también es factible apreciar la tendencia de crecimiento a partir del año 2011 alcanzando el máximo número de publicaciones en el año 2015, lo que refleja la importancia de la investigación

en el área y en la Figura 3 se muestra las publicaciones sobre el tema de investigación, donde intervienen 181 autores, de los cuales, el 11,6% de los autores solo tiene dos publicaciones, mientras que el 88,4% solo ha publicado una vez. Cabe apreciar, la diversidad de autores es un reflejo del interés en el estudio referente; sin embargo, ninguno se destaca de forma considerable en el número de aportes a la producción científica.

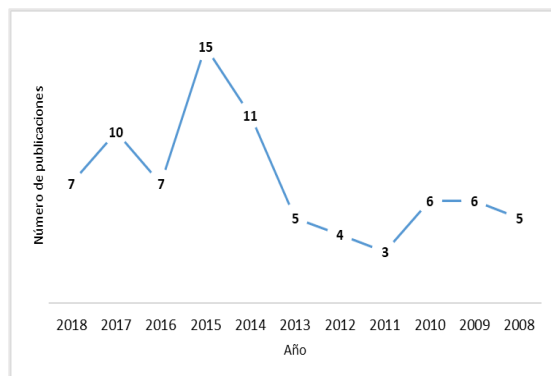


Figura 2. Publicación por años

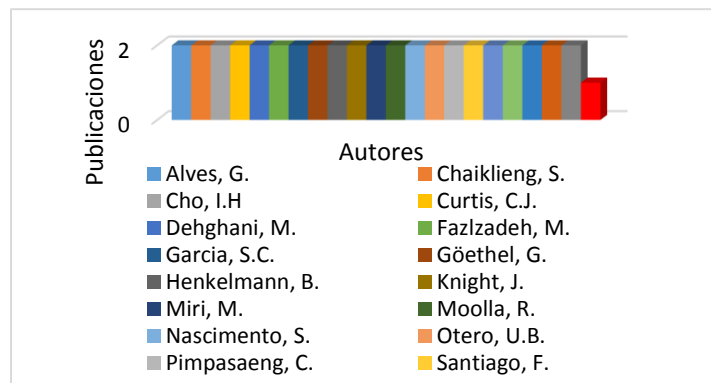


Figura 3. Publicación por años

En la tabla 2 se puede observar se aprecia que el mayor factor de impacto lo tiene la revista *Environment International* con 7.32 y consecuentemente a ello, el SJR es mayor, porque el factor de impacto de la revista es proporcional al mismo, adicionalmente, no posee mayor número de publicaciones en el tema, pero si es la más influyente, seguida a esta 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 reflejando un SJR de 1.546, lo que es importante para la investigación sin embargo, en cuanto al número de citaciones por año, esta revista es superior a las demás, lo que deja ver la relevancia de todos los temas que tienen que ver con el medio ambiente.

Tabla 2. *Mecanismos de comparación de revistas*

Nombre de la Revista	Publicaciones	N° citaciones	N° artículos	FIN	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.

Estados Unidos es un país que se destaca por su producción científica; sin embargo, en la Figura 4, en este tema de investigación se encuentra después de Brasil e Irán, encabezando la lista

con 12 publicaciones cada uno, estos tres países tienen más del 30% de participación, considerando que son más de 50 países afines con la investigación. Además, la participación de varios países hace hincapié en el desempeño de la temática internacionalmente y enfatiza que tan identificados se encuentran con la problemática en la realidad.

Además, Estados Unidos es el país que tiene mayor participación con el 80% en colaboraciones de la investigación científica.

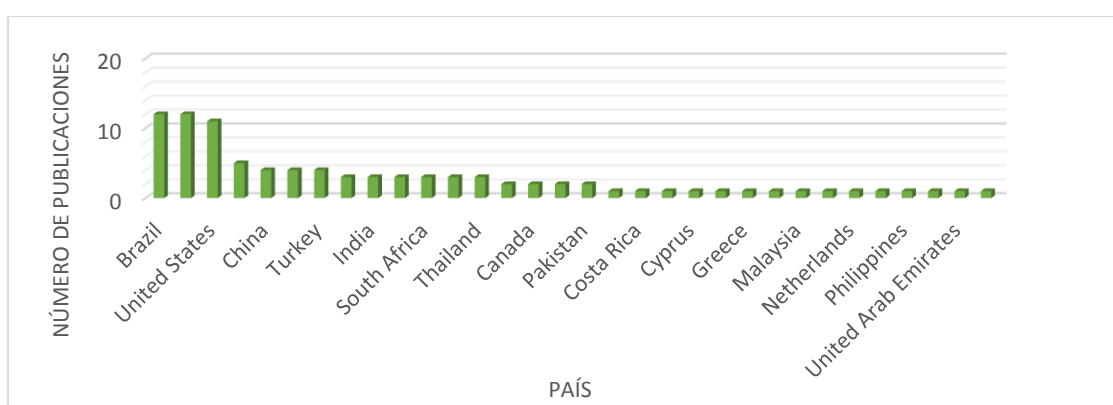


Figura 4. Publicaciones por país.

4.2. Análisis general de la Revisión

En la literatura se abordan cuatro subtemas, dos subtemas hacen referencia al enfoque de la investigación por los autores, el otro subtema solo comprende nueve artículos que están incluidos en los anteriores y el último subtema, consta de centralizar los resultados obtenidos en uno.

Exposición ocupacional a benceno en las estaciones de gasolina

Este subtema comprende todos los artículos que se centran en medir las concentraciones de benceno en las estaciones de gasolina, la finalidad es establecer si están dentro de los límites permisibles establecidos internacionalmente (Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA), 2018), considerando los riesgos a la salud que conlleva este tipo de exposición, por tanto,

se clasificaron los límites de concentración de benceno encontrados por los autores en cuatro categorías escogiendo los límites de ACGIH como referencia, pues es el punto medio entre los límites de OSHA y la NIOSH (Ministerio de la protección social, 2008), para la categoría 1, límites de exposición se consideran casi nulos (Carrieri et al., 2006), en la categoría 2, límites entre el 10% y 50% de los ocupacionales (Chaiklieng, Pimpasaeng, & Aravetsiri, 2015; Periago & Prado, 2005), en la categoría 3 se encuentra límites entre el 50% y 100% de los ocupacionales (Jafari & Ebrahimi, 2007; De Oliveira, Martins, Arbilla, & Gatti, 2007) y para la categoría 4, los límites encontrados son superior a los ocupacionales (A. P. SOLDATOS, E. B. BAKEAS & Environmental, 2003; Zoleikha, Mirzaei, & Roksana, 2017; Dehghani et al., 2018; Correa, Arbilla, Marques, & Oliveira, 2012; Rattanajongjitrakorn & Prueksasit, 2014; Mohammadyan, Golafshani, Yousefinejad, & Boogaard, 2016; Wiwanitkit, Suwansaksri, & Nasuan, 2001; Kountouriotis, Aleiferis, & Charalambides, 2014; Karakitsios, Papaloukas, Kassomenos, & Pilidis, 2007), por tanto, con la escala de rangos de exposición combinada (AIHA 2006, Rock J 1995), tenemos que el 65% de las concentraciones estudiadas por los autores se encuentran en la zona de exposición muy alta, debido a que los límites son sobrepasan los límites permisibles, arraigando 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 y el otro 14% 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 se presentan.

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 que la influencia sea relevante depende de muchos patrones. El factor externo de

datos meteorològicos tiene que ver con la temperatura y el viento (Sairat, Homwuttiwong, Homwutthiwong, & Ongwandee, 2015; Rattanajongjitrakorn & Prueksasit, 2014; Mohammadyan et al., 2016; Karakitsios et al., 2007), el factor externo de la ubicaciòn comprende tres zonas, urbana, suburbana y rural (Hazrati, Rostami, Fazlzadeh, & Pourfarzi, 2016; Chaiklieng, Pimpasaeng, & Aravetsiri, 2015; Chaiklieng, Pimpasaeng, & Thapphasaraphong, 2015; Karakitsios et al., 2007), el factor externo de los turnos tiene que ver con los tiempos de trabajo (Chaiklieng, Pimpasaeng, & Thapphasaraphong, 2015; Rattanajongjitrakorn & Prueksasit, 2014; Mohammadyan et al., 2016; Karakitsios et al., 2007), y por ùltimo el factor externo de los puestos de trabajo, este considera las funciones laborales como los hombre que trabajan en el repostaje, miscelanea-mecanica-pintura-lavado y cajeros-oficinas, (Xiong et al., 2016; Edokpolo, Yu, & Connell, 2015; Chaiklieng, Pimpasaeng, & Aravetsiri, 2015; Chaiklieng, Pimpasaeng, & Thapphasaraphong, 2015; 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 el, la totalidad de los estudios concluye que los trabajadores que trabajan en el repostaje, es el factor mas influyente en los niveles de benceno que inhala el trabajador.

Enfermedades por la exposiciòn ocupacional a benceno en la gasolina.

Las enfermedades encontradas en la literatura se observa desde dos perspectivas, una, son los autores que en sus estudios realizaron revisiòn de literatura y la otra, son aquellos autores que se basaron en datos experimentales, ya que los estudios fueron directamente con los trabajadores de la estaciòn de servicio.

Enfermedades por revisiòn de literatura: Las enfermedades màs relevantes encontradas en la literatura son el càncer (Benson et al., 2011; Hilpert, Mora, Ni, Rule, & Nachman, 2015; Claxton,

2015; Ekpenyong & Asuquo, 2017), estos mismos autores implicados en el cáncer, se relacionan con la leucemia, otro tipo de cáncer es la leucemia mieloide aguda (Keenan et al., 2013; Hilpert, Mora, Ni, Rule, & Nachman, 2015; Claxton, 2015; Ekpenyong & Asuquo, 2017), el autor Ekpenyong & Asuquo, (2017), consideró en sus estudios la anemia y anemia aplásica, y en conjunto con Claxton, (2015), las aberraciones cromosómicas e intercambio e cromátidas de hermanas (SCE) y también en conjunto con Manzetti & Andersen, (2016) , las Mutaciones y amenazas de la actividad de reparación celular ADN, cabe decir, que el Ekpenyong & Asuquo, (2017), es quien se destaca porque en su estudio contiene todas las enfermedades relevantes.

Enfermedades por trabajadores de la estación: Las enfermedades más relevantes encontradas por los autores en los trabajadores de la estación, para determinar los resultados se contemplaron muestras biológicas, muestras de aire ambiente, muestras de aire personal y datos establecidos, sin embargo, la muestra biológica fue la más representativa y con justa causa, ya que, las muestras de orina, sangre, bucales y mejillas, son muestras que tienen que ver directamente con el organismo del trabajador. Las enfermedades más relevantes de los resultados son por genotoxicidad el daño citogenético en especial al ADN y cromosomas (Santiago et al., 2014; Martínez-Valenzuela et al., 2017; Martins, da Silva Gomes, Aguiar, & Ribeiro, 2009; Benites, Amado, Vianna, & Martino-Roth, 2006; Benites et al., 2006; Carugno et al., 2011), seguido a esto, los efectos carcinógenos por el benceno (Edokpolo et al., 2015; Moro et al., 2015; Chang, Tsai, Chiu, Wu, & Yang, 2009; Ho, Peng, & Yang, 2010). Ahora, otras enfermedades adicionales que son importantes ya que la hematotoxicidad es todo lo relacionado con la sangre, y esta es la ruta de ingreso del benceno, todas las células sanguíneas son transportadas a través del cuerpo, y debido a eso, es prioritario en cuanto a los daños por la toxicidad del benceno. por la hematotoxicidad se encontró la anemia (Baierle et al., 2010; Ray et al., 2007; Rekhadevi, Rahman, Mahboob, & Grover, 2010; Chaiklieng,

Pimpasaeng, & Thapphasaraphong, 2015) y también la anemia aplásica (Bironaite et al., 2004), y en cuanto a la neurotoxicidad, es relevante por los síntomas frecuentes en los trabajadores como resultado de los trastornos mental y nervioso (Bahiraii et al., 2017 y 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, de los estudios solo un Carrieri et al., 2006, no presenta riesgos a la salud por los niveles de exposición a benceno, ahora, en cuanto a las enfermedades, de los 36 estudios, solo uno, no presenta estrés oxidativo (Costa et al., 2016), por consiguiente, el 96% de los autores que investigaron en la temática, concordaron que en definitiva la exposición a benceno en las estaciones de gasolina se relaciona fuertemente con los efectos adversos a la salud.

5. Conclusión

Los estudios epidemiológicos sobre la exposición a benceno en las estaciones de servicio, actualmente no tiene mucho auge en el conocimiento científico, pero podría tener mayor relevancia en un futuro, ya que se ha comprobado los efectos adversos a la salud por la exposición a benceno (Ray et al., 2007), en especial a niveles bajos, de benceno, concentraciones preeminentes a las que se exponen diariamente los trabajadores en la estación de servicio. Las investigaciones sobre el tema tienen mayor relevancia en los países de Brasil, Irán y Estados Unidos, ya sea porque los autores realizaron sus estudios en ese lugar o están asociados con instituciones investigativas de ese país. Sin embargo, en las colaboraciones en la producción científica sobre el tema Estados Unidos es el país más representativo con el 80%. Ahora, en cuanto a los autores, el 88,4% ha publicado una sola vez sobre el tema y ningún autor se destaca por el número de publicaciones, 72% de los estudios en la literatura tienen el enfoque en las enfermedades de forma específica,

considerando los tipos de toxicidad del benceno encontrado en los trabajadores, en cambio el 28% se enfatiza en medir las concentraciones teniendo en cuenta los riesgos a la salud, más no contempla los efectos inducidos por el benceno en el trabajador.

La relación entre el daño a la salud por exposición a benceno en las estaciones de gasolina, análogamente se vislumbra en cuatro fases: Fase 1: la exposición 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, esta hace referencia a agentes físicos que intervienen durante la labor del trabajador; Fase 3: enfermedades por exposición a benceno, efectos adversos en la salud del personal en la estación como consecuencia de la exposición y por último; Fase 4: la relación de las enfermedades asociadas al benceno en esta actividad laboral, esta fase compila las fases anteriores en una para determinar si hay una relación fuerte entre el daño a la salud y el benceno.

Cada fase comprende diversos escenarios referentes al tema, como también diversos autores con aportes relevantes para 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 tiene parte importante en el desarrollo socioeconómico a nivel mundial.

Los estudios reflejan el interés de cada uno de los autores y el logro respectivo, por lo que permite ver con claridad el objetivo de la investigación, lo que hace llamativo el tema de la exposición ocupacional a benceno en las estaciones. Aunque muchos entes difieren en el enfoque de los autores debido a sus prioridades, todos apuntan al mismo blanco, el bienestar de las personas que ejercen una actividad laboral. La literatura expone que los riesgos a la salud en las estaciones

de gasolina son mayores que los predichos, porque las exposiciones de benceno a niveles altos y bajos, generan efectos adversos a la salud de forma considerable, letal y hasta irreversible. Este hecho, hace que los autores direccionen la investigación en la seguridad y la salud del trabajo, considerando las concentraciones de benceno emitidas, y aunque no existe límite seguro para evitar los riesgos, el 69% de los estudios que se realizaron en las diferentes estaciones, los niveles de benceno sobrepasan los límites permisibles establecidos internacionalmente, siendo peligroso para la salud. Por lo tanto, la exposición crónica no solo eleva en número los efectos adversos a la salud, sino que también intervienen en el grado en que se presentan. Así mismo, el factor más influyente en las concentraciones de benceno es el el reabastecimiento de combustible, este puesto de trabajo en la estación es el más perjudicial para los trabajadores, ya que no todos ejercen las mismas labores dentro de la estación lo que marca diferencia en la exposición.

Los hallazgos encontrados en la literatura en cuanto a la salud, confirman las enfermedades como resultado por este tipo de exposición, en el que los autores se apropiaron de diferentes recursos y herramientas, para llevar a cabalidad la investigación, por medio de datos clínicos, experimentales y de revisión, muestran no solo la fuerte relación de los efectos adversos por el benceno sino también marcan una tendencia relevante en prever por el bienestar del trabajador , debido a las alteraciones causadas por el benceno en el organismo.

El daño citogenético debido a la genotoxicidad, es la enfermedad que tiene mayor auge entre las demás enfermedades resultantes con un 32%, en el que el daño al ADN y a los cromosomas fue la más común entre los autores, la exposición a benceno produce estrés oxidativo y éste, está vinculado fuertemente con la genotoxicidad, aunque el estrés oxidativo induce la toxicidad del benceno en el cuerpo en diferentes áreas, el daño oxidativo está relacionado directamente con el

material genético; por eso, esta enfermedad es una de las más frecuentes en los trabajadores. Ahora, después seguida de esta enfermedad, se presenta tres enfermedades importantes en la que los autores basan las investigaciones, uno son los efectos carcinógenos con un 17%, que por la naturaleza del benceno esta enfermedad es de esperarse; entre el daño citogenético y los efectos carcinógenos, comprenden casi el 50% de las enfermedades encontradas en la literatura; seguido a estos es relevantes la anemia por hemotoxicidad y los síntomas recurrentes por alteraciones neurológicas debido a la neurotoxicidad,

En definitiva, los autores evidencian que el daño a la salud por exposición a benceno en las estaciones de gasolina es una realidad, en la cual se reitera los efectos adversos por exposición a benceno independientemente de los niveles, además, los autores sugieren que la inhalación del benceno en la gasolina para los trabajadores de la estación debe constar de vigilancia médica, monitoreo de manera frecuente como el seguimiento a la salud de los trabajadores con el fin velar por su bienestar, y de este modo prevenir, promover y controlar los riesgos a la salud para evitar las enfermedades como consecuencia de esta exposición laboral.

Referencias bibliográficas

A. P. SOLDATOS, E. B. BAKEAS, P. A. S., & Environmental. (2003). *Occupational Exposure To Btex Compounds of Workers in Car*. 1–8.

Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). (2018). *BASE DE DATOS QUÍMICOS OCUPACIONALES DE OSHA GASOLINA PÁGINA*. Retrieved from <https://www.osha.gov/chemicaldata/chemResult.html?recNo=701>

Administración de Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA). (2018). *BASE DE DATOS QUÍMICOS OCUPACIONALES DE OSHA BENCENO PÁGINA*. Retrieved from <https://www.osha.gov/chemicaldata/chemResult.html?recNo=491>

AGUILERA, A. (n.d.). *Audi trabaja ya en la e-gasolina, el nuevo combustible alternativo sintético producido a partir de biomasa*.

Atsdr, C. D. C., & Sciences, H. H. (1996). *ToxFAQs™ Gasolina de automóvil*.

Atsdr, C. D. C., & Sciences, H. H. (n.d.). *ToxFAQs™ sobre el benceno*. 1–2.

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>

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>

Çelik, A., Çavaş, T., & Ergene-Gözükara, S. (2003). Cytogenetic biomonitoring in petrol station attendants: Micronucleus test in exfoliated buccal cells. *Mutagenesis*, 18(5), 417–421. <https://doi.org/10.1093/mutage/geg022>

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>
- Colprensa. (n.d.). *Gasolina nacional tendrá más etanol _ La Opinión*.
- Comisión de Regulación de Energía y Gas - CREG -. (2012). *Nuestra historia -CREG-*.
- 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>
- DANE. (2012). *Revisión 4 adaptada CIIU Rev . 4 A . C . 496*. Retrieved from https://www.dane.gov.co/files/nomenclaturas/CIIU_Rev4ac.pdf
- 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/ijomeh.1896.00800>
- Faraji, A.*, Nabibidhendi, Gh. and Pardakhti, A. (2017). Risk assessment of exposure to released BTEX in district 12 of Tehran municipality for employees or shopkeepers and gas station customers. *Pollution*, 3(3), 363–375. <https://doi.org/10.7508/pj.2017.03>.
- FILCO. (2018). FILCO - Ministerio del Trabajo. *Trimestre Mayo - Julio Por Genero*. Retrieved from <http://filco.mintrabajo.gov.co/FILCO/faces/indicadores.jsf?nombre=Tasa+de+ocupacion&ind=96>
- Filho, A. P. R., Silveira, M. A. D., do Nascimento, C. B., & d'Arce, L. P. G. (2018). Integrative study of cell damage and cancer risk in gas station attendants. *International Journal of Environmental Health Research*, 28(1), 1–7. <https://doi.org/10.1080/09603123.2017.1415305>
- Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología. (2017). *Recursos Científicos*. Retrieved from <https://www.recursoscientificos.fecyt.es/>
- Goethel, G., Brucker, N., M. Moro, A., F. Charão, M., Fracasso, R., Barth, A., ... Garcia, S. C. (2014). Evaluation of genotoxicity in workers exposed to benzene and atmospheric pollutants. *Mutation Research - Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 770, 61–65. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2014.05.008>
- Hajizadeh, Y., Mokhtari, M., Faraji, M., Mohammadi, A., Nemati, S., Ghanbari, R., ... Miri, M. (2018). Trends of BTEX in the central urban area of Iran: A preliminary study of photochemical ozone pollution and health risk assessment. *Atmospheric Pollution Research*, 9(2), 220–229. <https://doi.org/10.1016/j.apr.2017.09.005>
- Hallare, A. V., Gervasio, M. K. R., Gervasio, P. L. G., & Acacio-Claro, P. J. B. (2009). Monitoring genotoxicity among gasoline station attendants and traffic enforcers in the City of Manila using the micronucleus assay with exfoliated epithelial cells. *Environmental Monitoring and Assessment*, 156(1–4), 331–341. <https://doi.org/10.1007/s10661-008-0488-y>
- 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>

- Henshaw, J. L. (1998). OSHA (Occupational Safety and Health Administration). *Technical Manual*, Washington. Retrieved from https://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=DIRECTIVES&p_id=%0A2276
- 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>
- 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>
- Majumdar (néé Som), 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. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2008.09.011>
- 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>
- MIÑARRO, M. D. (n.d.). «Preferiría no vivir junto a una gasolinera» - Cáceres - *El Periódico Extremadura*.
- Minenergia. (2019). *Hidrocarburos - Ministerio de Minas y Energía*. Retrieved from <https://www.minenergia.gov.co/area-de-exploracion-y-explotacion>
- Ministerio de la protección social. (2008). *Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia para Asma Ocupacional (GATISO-ASMA)* (Vol. 47). Retrieved from <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/gatiso-asma.pdf>
- Ministerio de Trabajo. (2014). Decreto 1477 de 2014. *Ministerio de Trabajo- República de Colombia*, 1–109. Retrieved from http://www.fondoriesgoslaborales.gov.co/documents/Normatividad/Decretos/Dcto_1477_2014.pdf
- 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., Brucker, N., Charão, M. F., Sauer, E., Freitas, F., Durgante, J., ... Garcia, S. C. (2015). Early hematological and immunological alterations in gasoline station attendants exposed to benzene. *Environmental Research*, 137, 349–356. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2014.11.003>
- 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>
- NIOSH (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo). (2018). *Benzene | Workplace Safety and Health Topics | NIOSH*. Retrieved from <https://www.cdc.gov/niosh/topics/benzene/>
- NIOSH (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo). (2018). *Guía de bolsillo NIOSH para riesgos químicos GASOLINA*. 110. Retrieved from <https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0299.html>
- NIOSH (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo). (2018). *Guía de bolsillo NIOSH para riesgos químicos BENCENO*. Retrieved from <https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0049.html>
- NIOSH (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo). (n.d.). *CDC - NIOSH 1988 OSHA PEL Documentación de proyecto_ Lista por nombre químico_ GASOLINA*.
- NIOSH (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo). (n.d.). *CDC - Guía de bolsillo NIOSH para riesgos químicos - Benceno*.
- NIOSH (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo). (n.d.). *CDC - Guía de bolsillo NIOSH para riesgos químicos - Gasolina*.
- Oficina Internacional del Trabajo (OIT). (2010). *Lista de enfermedades profesionales (revisada en 2010)*.
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (n.d.). *Lista completa: las 118 cosas que provocan cáncer según la OMS*. Retrieved from http://www.abc.es/sociedad/abci-lista-completa-118-cosas-provocan-cancer-segun-201510291343_noticia.html

- Organización Internacional del Trabajo. (2017). *Acerca de la OIT*. Retrieved from www.gallup.com/contact.
- Pérez Gutiérrez, M. (2000). El lenguaje de la interrogación: una gramática formal para la recuperación de la información. *Revista Española de Documentación Científica*, 23(3), 247–266. <https://doi.org/10.3989/redc.2000.v23.i3.323>
- 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.apcbbee.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., Homwuttiwong, 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. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-4615-3>
- Salud), O. (Organización M. de la. (2008). *OMS | Enfermedades crónicas*. Retrieved from http://www.who.int/topics/chronic_diseases/es/
- 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>
- Sauer, E., Gauer, B., Nascimento, S., Nardi, J., Göethel, G., Costa, B., ... Garcia, S. C. (2018). The role of B7 costimulation in benzene immunotoxicity and its potential association with

- cancer risk. *Environmental Research*, 166(May), 91–99. <https://doi.org/10.1016/j.envres.2018.05.029>
- Scopus. (2018). Scopus - Analyze search results. *Elsevier: Scopus*. <https://doi.org/10.1109/MILCOM.2014.128>
- Sector de trabajo. (2015). *Decreto 1072 De Mayo 26 De 2015*. 1–293. Retrieved from [http://usc.elogim.com:2197/document/legcol/legcol_3a413f16c5c14866af2c4a524b540130/decreto-1072-de-mayo-26-de-2015/bf12526c4b466a64c38bba8eff3d5b57738nf9?text=decreto 1072 de 2015](http://usc.elogim.com:2197/document/legcol/legcol_3a413f16c5c14866af2c4a524b540130/decreto-1072-de-mayo-26-de-2015/bf12526c4b466a64c38bba8eff3d5b57738nf9?text=decreto%201072%20de%202015)
- SICOM. (n.d.). *SICOM- Ministerio de Minas y Energía*.
- Silvestre, R. T., Santiago, F. abio, Tabalipa, M., Delmonico, L., Scherrer, L. R., Otero, U., ... And Alves, G. (2016). Health Survey and Assessment of the Polymorphisms BRCA1/P871L, BRCA1/Q356R, and BRCA2/N372H in Female Gas Station Workers in Rio de Janeiro. *International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research*, 36(1), 249–255. <https://doi.org/10.1002/em>
- Solanki, R., Bhise, A., & Dangi, B. (2015). A study on spirometry in petrol pump workers of Ahmedabad, India. *Lung India*, 32(4), 347. <https://doi.org/10.4103/0970-2113.159567>
- Torrico, I. (2016). *Gasolina colombiana, entre las más limpias de Latinoamérica*. Retrieved from https://www.elmundo.com/portal/noticias/territorio/gasolina_colombiana_entre_las_mas_limpias_de_latinoamerica.php?fbclid=IwAR2CPzYNkGNYhSqqj4xQUncI6deQ2TaOo5lI_jmUWHFbeBjzVf06ktMdDXI#.XJq0Hoq22f0
- UCO. (n.d.). *Una herramienta policial mejora la seguridad laboral en gasolineras _ Noticias _ SINC*.
- 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>

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>