

EFFECTOS EN LA SALUD ANTE EXPOSICIÓN A HIDROCARBUROS

Edgar David Flores Flores¹

Rosalinda Gutiérrez Hernández*^{2,5}

Jorge Luis Alvarado Alanís³

Dellanira Ruíz de Chávez Ramírez¹

Blanca Patricia Lazalde Ramos⁴

¹Maestría en Ciencias de la Salud con Especialidad en Salud Pública, UAMH, UAZ

²Licenciatura en Nutrición, UAE, UAZ.

³Departamento de Farmacología, Facultad de Medicina y Nutrición, UJED.

⁴Licenciatura de Químico Farmacéutico Biólogo, UACQ, UAZ

⁵Maestría en Educación y Desarrollo Profesional Docente de la Unidad Académica de Docencia Superior

*Correo-e: rosalinda@uaz.edu.mx

RESUMEN

Los hidrocarburos se componen únicamente de carbono e hidrógeno, son sustancias ampliamente utilizadas en las industrias, se pueden encontrar en la gasolina, el diésel, los solventes, los lubricantes, el gas natural y los productos derivados del carbón. La inhalación de hidrocarburos volátiles, como el benceno, el tolueno y el xileno, puede tener efectos graves en la salud respiratoria provocando irritación, tos, dificultad para respirar y afecciones crónicas como la bronquitis, de tal modo que la exposición a largo plazo a estos compuestos ha sido vinculada con un mayor riesgo de desarrollar cáncer de pulmón. Algunos estudios han demostrado que los hidrocarburos pueden provocar efectos negativos en el sistema cardiovascular, debido a la exposición y generar enfermedades como la hipertensión y el infarto agudo al miocardio, debido a que pueden afectar la función de los vasos sanguíneos y promover la formación de placas de colesterol en las arterias, del mismo modo ha sido relacionada con problemas de función hepática debido a que pueden causar daño en las células del hígado que propicien enfermedades como la hepatitis y la cirrosis. A nivel renal se puede observar un aumento en el riesgo de trastornos ya que se pueden acumular en los riñones y causar daño a largo plazo. En sistema nervioso, algunos estudios han reportado que la exposición a largo plazo está asociada con un mayor riesgo de desarrollar trastornos neurológicos, como el Parkinson y la esclerosis múltiple, mientras que la exposición aguda a altos niveles puede causar efectos como mareos, confusión y debilidad muscular perjudiciales para la salud humana. Es importante tomar medidas de precaución para reducir la exposición a hidrocarburos, especialmente en entornos laborales o áreas con alta concentración de estos compuestos.

Palabras Clave: Hidrocarburos, efectos en la salud.

ABSTRACT

Hydrocarbons are composed solely of carbon and hydrogen, they are substances widely used in industries, they can be found in gasoline, diesel, solvents, lubricants, natural gas and coal products. Inhalation of volatile hydrocarbons, such as benzene, toluene, and xylene, can have serious effects on respiratory health causing irritation, cough, difficulty breathing, and chronic conditions such as bronchitis, so long-term exposure to these compounds has been linked to an increased risk of developing lung cancer. Some studies have shown that hydrocarbons can cause negative effects on the cardiovascular system due to exposure and generate diseases such as hypertension and acute myocardial infarction, because they can affect the function of blood vessels and promote the formation of plaques. of cholesterol in the arteries, in the same way it has been related to liver function problems because they can cause damage to liver cells that lead to diseases such as hepatitis and cirrhosis. At the kidney level, an increased risk of disorders can be observed since they can accumulate in the kidneys and cause long-term damage. In the nervous system, some studies have reported that long-term exposure is associated with an increased risk of developing neurological disorders, such as Parkinson's and multiple sclerosis, while acute exposure to high levels can cause effects such as dizziness, confusion, and weakness. muscle harmful to human health. It is important to take precautionary measures to reduce exposure to hydrocarbons, especially in work environments or areas with high concentrations of these compounds.

Keywords: Hydrocarbons, health effects.

INTRODUCCIÓN

La contaminación del aire y sus efectos en la salud pública constituyen un tema preocupante a nivel global. Según informes de la Organización Mundial de la Salud (OMS) más del 89% de las muertes prematuras en países de ingresos bajo y medio están relacionadas con una baja calidad del aire. La liberación de gases tóxicos y material particulado, por el uso y manejo de combustibles en las zonas urbanas, reduce la calidad del aire en el interior y exterior de las edificaciones, esto expone a la población a una mezcla compleja de contaminantes atmosféricos, que pueden tener efectos negativos en el sistema respiratorio,

cardiovasculares, hemotóxicos, nefrotóxicos, neurotóxicos, carcinogénicos, mutagénicos y teratogénicos, dependiendo del tiempo de exposición y de los agentes contaminantes presentes.

Entre las fuentes puntuales de emisión de compuesto volátiles se encuentran las estaciones de servicio de gasolina donde se liberan compuestos orgánicos volátiles (COV) durante el trasvase de la bomba de despacho al auto (García-Zarate et al., 2017; OMS, 2022). Estos vapores de gasolina son especialmente preocupantes, ya que contienen compuestos como el benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX), siendo el benceno el contaminante más relevante de este grupo en las zonas. Estudios han demostrado que el benceno afecta diversos sistemas del cuerpo humano, como el nervioso, linfático, hematopoyético, hepático, renal. Además, se considera cancerígeno para los seres humanos (García-Zarate et al., 2017). Ante esta situación surge el interés por conocer los riesgos a los que se exponen los trabajadores que tienen una alta exposición a estos compuestos, como empleados de gasolineras, agentes de tránsito, mecánicos, entre otros. También es importante analizar los factores sociales involucrados en esta problemática y determinar el grado de afectación que pueden experimentar en el corto, mediano y largo plazo.

DESARROLLO

Los hidrocarburos son combustibles fósiles que han sido ampliamente utilizados alrededor del planeta como productores importantes de diversas formas de energía, estos se encuentran en la naturaleza gracias a la acumulación de biomasa durante millones de años. El sector de hidrocarburos se ha ido expandiendo de manera importante a lo largo de los últimos años, convirtiéndose en una pieza clave de la economía por lo que el consumo de energía, la exploración, las reservas y la producción han aumentado de forma exponencial convirtiéndose así en el motor de crecimiento económico de diversos países del mundo (Velázquez-Arias, 2017). Éstos compuestos evitan el intercambio de gases en la atmósfera, por lo cual, se inicia una serie de procesos físico-químicos de forma simultánea como la evaporación y penetración que dependiendo del hidrocarburo, temperatura, humedad, textura del suelo y cantidad que se haya depositado pueden ser procesos un poco lentos esto ocasiona que la toxicidad sea mayor, generando graves consecuencias ambientales tanto en la flora como en la fauna (Velázquez-Arias, 2017; Yavari et al., 2015; Zubizarreta-Solá et al., 2018).

Los compuestos orgánicos volátiles (COV) son aquellos que se presentan en estado gaseoso a temperatura ambiente o que puede evaporarse de la fase líquida a la fase gaseosa a la misma temperatura, por lo que son extremadamente volátiles. Esta característica permite que estos compuestos puedan alcanzar altas presiones de vapor, por consiguiente, el aire circundante a una fuente tendrá elevadas concentraciones de estos compuestos, los cuales están formados principalmente por carbono y se convierten con relativa facilidad en vapor o gas y tienen a 20°C una presión de vapor no mayor a 0.01KPa, o una volatilidad equivalente en las condiciones particulares de uso. Los compuestos orgánicos volátiles principales y con mayor presencia en el aire son el metano, n-butano, pentano, etano, propano y etileno, mientras que entre los derivados aromáticos se encuentran el benceno, tolueno, etilbenceno y xileno, cuya elevada volatilidad favorece su presencia en el aire (Costa, 2015) sistema respiratorio, cardiovasculares, hemotóxicos, nefrotóxicos, neurotóxicos, carcinogénicos, mutagénicos y teratogénicos

De forma general existen dos grupos principales de compuestos orgánicos: los Major Air Pollutants (MAP) o principales agentes contaminantes donde se engloban el dióxido de azufre, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, partículas y los contaminantes secundarios de ozono. Así mismo existe el grupo llamado Hazardous Air Pollutants (HAP) o agentes contaminantes peligrosos entre los que se agrupan algunos agentes químicos, físicos y biológicos de distintos tipos. Los HAP están por lo regular en la atmósfera en mucho menor concentración que los MAP, aunque tienden a ser más complicados de controlar ya que en muchas ocasiones no pueden ser identificados (Sánchez & Alcántara, 2007).

Los compuestos volátiles provienen de diversas fuentes tales como: gases de escape de los vehículos automotores, diversos procesos industriales, solventes orgánicos, pinturas a base de aceite, vapores de la gasolina, fugas de instalaciones y refinerías, fugas en tanques de almacenamiento de gasolina, operaciones de revestimientos superficial donde se emplean solventes, entre otras. Una fuente importante de contaminación por COV son las estaciones de servicio de gasolina las cuales generan emisiones fugitivas durante los procesos de carga y descarga de combustibles (García et al., 2021).

Dentro del área de una estación de servicio, se generan diversos compuestos orgánicos volátiles como resultado de la evaporación de combustibles líquidos, en particular la gasolina que tiene una alta densidad de 0.75 g/cm³; donde este vapor de gasolina se compone principalmente de compuestos que tienen bajo peso molecular. Asimismo, los compuestos orgánicos volátiles se pueden liberar en el medio ambiente por otros medios como fugas de tanques, de tuberías subterráneas y en la recarga de gasolina de un automóvil en la estación de servicio. Estos compuestos son extremadamente volátiles y tienen puntos de ebullición

que van desde los -1 a los 216 °C, por lo que, pueden evaporarse fácilmente cuando la gasolina queda expuesta a la atmósfera. La gasolina está compuesta de más de 1,000 sustancias con aproximadamente 25 a 30% de compuestos aromáticos dentro de los cuales figuran el benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTEX) lo que la hace una de las mezclas con mayor complejidad a la que el ser humano se expone (Boluda & González, 2019).

Efectos directos de los COV sobre la salud humana

Los COV son sustancias químicas que se evaporan fácilmente a temperatura ambiente, estos compuestos se encuentran en una amplia variedad de productos y materiales, como pinturas, solventes productos de limpieza, cosméticos, perfumes y muchos más, es importante considerar los efectos que estos pueden tener sobre la salud humana, los cuales pueden variar dependiendo del compuesto y la frecuencia de la exposición (Torres, Bojorque, Freire & Ochoa, 2022).

El grupo de contaminantes más destacados en las estaciones de servicio son estas sustancias químicas. Sus propiedades, como su carácter no iónico, bajo peso molecular y volatilidad, permiten ser absorbidas por diferentes vías de exposición, como la respiratoria, cutánea e ingestión. Esto afecta directamente la salud del individuo (García et al., 2021). Las concentraciones de vapor de gasolina oscilan entre 140 y 35,000ppm, donde la duración de la exposición puede estar entre unos minutos y unas pocas horas, que mediante el efecto sobre la inhalación del vapor de gasolina provoca variación en los síntomas desde la tos, dolor de garganta y la irritación ocular hasta la muerte, dependiendo de la concentración y susceptibilidad del sujeto (Kountouriotis et al., 2014). Diversos estudios orientados a analizar los efectos adversos de estar expuesto al vapor de la gasolina con altas concentraciones de COV sobre la salud de los empleados de las estaciones de servicio y los residentes cercanos a las gasolineras, reportan que la exposición al vapor de gasolina aumenta considerablemente el riesgo de padecer leucemia mieloide aguda, leucemia infantil aguda, cáncer de próstata y otras formas de cáncer en diversas partes del cuerpo (Jacome-Muñoz et al., 2022).

En la última década se ha observado que las poblaciones que han estado expuestas, a bajas concentraciones de COV han mostrado trastornos neurocomportamentales por esta exposición que puede provocar problemas importantes de salud, como alteraciones neurotóxicas que se expresan en un inicio en pequeños cambios de la función psicológica y del comportamiento. De la misma manera, una sustancia neurotóxica es capaz de interferir con las funciones normales del sistema nervioso central (SNC) y causar

un daño celular irreversible o en su caso muerte celular (García et al., 2021). El cáncer de próstata es otra enfermedad que se ha relacionado con la exposición al vapor de gasolina, se cree que los hidrocarburos aromáticos policíclicos presentes en el vapor de gasolina son los causantes de este riesgo, también el cáncer de pulmón y de vejiga (Reyes, Montes & Cabrera, 2021).

BTEX: benceno, etilbenceno, tolueno y xileno

Los BTEX son un conjunto de compuestos formado principalmente por el benceno, el etiltolueno, el ortoxileno, el metaxileno, el parabenceno y el xileno, éstos son un grupo de compuestos orgánicos volátiles que pertenecen a la familia de los hidrocarburos aromáticos, se caracterizan por presentarse en forma de vapor a temperatura ambiente además de ser insolubles en agua, pero muy solubles en otras sustancias orgánicas. Este alto poder disolvente hace que estos compuestos, sobre todo tolueno y xileno, sean muy apreciados por la industria (Villalba, 2022), pueden proceder de fuentes naturales, como los incendios forestales o emisiones volcánicas, o en su caso, de fuentes artificiales, siendo estas últimas las más importantes y numerosas. El hecho de que se encuentren de manera natural en el petróleo y en los derivados de éste hace que la mayoría de procesos de combustión de hidrocarburos (tanto ligados a la industria como al tráfico rodado) sean importantes fuentes de emisión de dichos compuestos. Además, a estas fuentes hay que agregarles los procesos industriales que los emplean como intermediarios para la fabricación de otros productos, así como, el humo del tabaco otras de las principales fuentes emisoras (González et al., 2010).

Pueden ser liberados por diferentes fuentes, como la quema de combustibles, gasolina, madera, carbón o gas natural, así como algunos disolventes, pinturas y otros productos almacenados en casa y el lugar de trabajo (Rubiano, 2013). La exposición humana a este tipo de contaminantes se determina por la concentración que exista de estos tanto en la vía pública, así como, en lugares cerrados como viviendas, oficinas, escuelas, etc. La exposición a BTEX en la población en general se produce fundamentalmente por vía respiratoria (inhalación) o por contacto directo en mayor proporción que por ingestión a través de alimentos o bebidas contaminadas (Martínez & Gamboa, 2022). Por lo que las vías de entrada de estos compuestos al organismo son la oral, respiratoria y cutánea, así mismo, tienen la capacidad de atravesar la barrera hematoencefálica y producir daño orgánico cerebral por su acción neurotóxica representando un gran riesgo para la salud. Algunas situaciones que pueden aumentar el riesgo de daño en los pacientes son

las etapas del embarazo, los jóvenes menores de 18 años y los adultos mayores de 65 años. En los menores de 18 años, sus mecanismos de defensa aún no están completamente desarrollados, mientras que en los mayores de 65 años estos mecanismos se encuentran deteriorados. Además, las poblaciones en mal estado de salud, con mala nutrición, enfermedades crónicas, obesidad y sensibilización por diversas afecciones también presentan un mayor riesgo de sufrir daños (Jacome-Muñoz et al., 2022).

El benceno es un hidrocarburo aromático que se encuentra en estado líquido a temperatura ambiente, es incoloro con olor dulce y los derivados de este se denominan compuestos orgánicos aromáticos debido al olor característico que cada uno de estos derivados posee, tiene una elevada presión de vapor (9.95KPa a 20°C), esto permite que dicho compuesto pueda evaporarse rápidamente a temperatura ambiente, además la volatilización es el proceso más representativo en la distribución de este hidrocarburo en el ambiente. Por otro lado, las principales fuentes naturales de benceno se encuentran en las erupciones volcánicas y en los incendios forestales, fenómenos que contribuyen en gran medida a la presencia de benceno en el medio ambiente (INSST, 2021).

Una de las principales propiedades del benceno es su alta estabilidad debido a la resonancia de los enlaces dobles en el anillo, esta característica lo hace altamente reactivo y se utiliza en numerosas reacciones químicas, como la producción de plásticos, resinas, tintes, explosivos, pesticidas, entre otros. Sin embargo, el benceno también es considerado un compuesto altamente tóxico y cancerígeno. La exposición prolongada al benceno puede causar trastornos en la médula ósea, daño en los órganos internos y es un factor de riesgo para desarrollar diversas enfermedades como la leucemia. Por esta razón, se han establecido regulaciones y restricciones para su uso y manejo seguro. Las empresas que trabajan con benceno deben tomar precauciones para evitar su inhalación, contacto con la piel y derrame en el medio ambiente. De igual manera, en los centros urbanos las principales fuentes emisoras son las que proceden del tráfico de vehículos automotores, en donde el benceno se presenta por la evaporación directa de las gasolinas o por la formación de este compuesto. Del mismo modo, las estaciones gasolineras representan una fuente considerable de COV, entre ellos el benceno (Juárez et al., 2022).

Aproximadamente el 45% de las emisiones de COV, como el benceno y el tolueno, en urbes como la Ciudad de México, Londres y Los Ángeles provienen de las estaciones de servicio por la evaporación de la gasolina y emisiones de vehículos automotores (Dehghani et al., 2018). Por otro lado, la degradación del benceno en el aire puede oscilar de entre unas horas a unos pocos días, esta degradación depende en gran medida a diversos factores como el clima y la presencia de otras especies animales (Costa, 2015). De igual

manera, el benceno en estado gaseoso, puede reaccionar con los radicales hidroxilos ($-OH$), presentes en el aire, por vía fotolítica, constituyendo una de las vías existentes para su degradación. Encima, la lluvia, la degradación por luz UV y la reacción con radicales nitratos (NO_{3-1}) o con ozono (O_3), es otra de las maneras por las cuales el benceno es degradado (Rubiano, 2013).

El benceno es un compuesto con alta toxicidad, el Departamento de Salud y Servicios Humanos (DHHS), la Agencia de Protección Ambiental (EPA) y la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) de Estados Unidos determinaron que el benceno es una sustancia carcinógena, es decir una sustancia que, por inhalación, ingestión o penetración cutánea, puedan producir cáncer o en su caso aumentar la frecuencia de esta enfermedad reconocido a nivel mundial (Silva & Quenza, 2023). La exposición breve, de 5 a 10 minutos, a niveles muy altos de benceno (10,000 a 20,000ppm equivalen a 31,927 a 63,853g/m³) puede producir la muerte. Niveles más bajos (700 a 3,000 ppm equivalente a 2,235 a 9,578g/m³) pueden producir síntomas como letargo, mareo, taquicardia, cefalea, temblores, confusión y pérdida del conocimiento (ATSDR, 2023).

El tolueno por su parte es un hidrocarburo aromático volátil al que también se le conoce como metilbenceno, toluol o fenil metano, que se caracteriza por ser un líquido incoloro y presenta un olor similar al solvente orgánico conocido como thinner. Está compuesto por un 91.25% de átomos de carbono y 8.75% de átomos de hidrógeno, teniendo una fórmula química $C_6H_5CH_3$ y tiene una presión de vapor de 3.8 KPa a 25°C, también presenta una solubilidad muy baja en el agua, aproximadamente 500mg/L, siendo soluble en la mayoría de sustancias orgánicas lipofílicas, donde se incluye también membranas celulares, pudiendo atravesar barreras como la piel por su poder lipofílico, lo que lo hace demasiado tóxico para la salud. Por otro lado, el tolueno puede ser encontrado en la naturaleza en el petróleo crudo y en el árbol de tolu (*Myroxylon balsamum*) de donde fue extraído por primera vez, es producido en el proceso de fabricación de la gasolina y de otros combustibles del petróleo crudo, en la producción de coque a partir del carbón y como subproducto en la síntesis de estireno (Sutta, 2016).

Igualmente, el tolueno puede ser encontrado en mezclas utilizadas como productos de limpieza en distintas industrias y en artesanía, se usa en la fabricación de detergentes y cuero artificial, además es un aditivo del petróleo, por lo que su presencia se extiende por todo el orbe (INSHT, 2007). En centros urbanos, las principales fuentes de emisión son las provocadas por el tráfico de vehículos y las estaciones de gasolina, la diferencia con respecto al benceno es cuantitativa, por lo que la presencia de tolueno en el aire es 3 a 9 veces mayor que la del benceno (Costa, 2015).

Las principales rutas por las que el tolueno ingresa al cuerpo son por la vía respiratoria y cutánea, el estar expuesto a grandes cantidades de tolueno puede ocasionar severos daños al sistema nervioso con especial énfasis al cerebro y los nervios. Asimismo, por una exposición temporal pueden presentarse síntomas como mareo, cefalea o inconsciencia, también, de manera permanente puede ocasionar alteraciones en la coordinación motora, déficit cognitivo, pérdida visual y auditiva. Otros efectos nocivos para la salud que provoca la exposición a tolueno que causan preocupación, son debilidad en el sistema inmunitario, daño en riñones, hígado y el sistema reproductivo (Sutta, 2016).

El xileno es un compuesto químico perteneciente a la familia de los hidrocarburos aromáticos, se utiliza como solvente en la industria química y en la fabricación de productos como pinturas, adhesivos, barnices, resinas y productos petroquímicos. Existen tres tipos de xileno, donde la posición de los grupos metilo varían en el anillo de benceno: meta-xileno, orto-xileno y para-xileno (m-, o-, p-xileno). Estas formas alternas del xileno se conocen como isómeros. También, el xileno es conocido como xilol o dimetilbenceno y la mezcla de xileno contiene los tres isómeros en diferente proporción y de un 6 a 15% de acuerdo a lo reportado por la agencia para sustancias tóxicas y el registro de Enfermedades, (2016). Las fuentes de xileno con mayor importancia son las emisiones de gases de coque y de vapores generados por la destilación seca de la madera y de algunos derivados del petróleo.

Suelen ser muy buenos disolventes y son usados como tales, además, forman parte de combustibles fósiles, como la gasolina, debido a su elevado octanaje, mientras que en la química orgánica son utilizados como productos de partida para la obtención de ácidos ftálicos que son sintetizados por oxidación catalítica (ECHA, 2017). A pesar de su amplio uso industrial, el xileno puede ser perjudicial para la salud si se inhala o se absorbe en grandes cantidades. La exposición crónica o repetida puede causar una serie de efectos negativos en la salud, cuya vía de entrada es el contacto con la piel y/o los ojos, puede provocar irritación, enrojecimiento y dolores agudos, también puede afectar el funcionamiento de los riñones y el hígado, existen artículos que mencionan que tiene propiedades genotóxicas lo cual se refiere a que puede dañar el material genético de las células y aumentar con ello el desarrollo del cáncer.

De la misma manera, una exposición continua y a concentraciones elevadas puede provocar depresión del sistema nervioso central, pérdida del conocimiento y por consiguiente la muerte (ECHA, 2017), en casos más graves, la intoxicación puede provocar daño neurológico irreversible. Es importante considerar que los efectos del xileno en la salud dependen de la dosis y la duración de la exposición, es por ello que las

personas que trabajan en las gasolineras tienen mayor riesgo en su salud (Muñoz, Arboleda, Falcón & Padilla, 2022).

Por último, el etilbenceno, al igual que el benceno, el tolueno y el xileno, es un hidrocarburo aromático muy volátil, también conocido como etano fenil o etilbenzol. Se utiliza principalmente como una materia prima en la fabricación de plásticos, resinas y productos químicos sintéticos, de manufactura, insecticidas y pinturas, aunque es muy utilizado también presenta efectos perjudiciales para la salud. Es un líquido incoloro, inflamable que presenta un olor similar al de la gasolina. Está compuesto en un 90.51% por átomos de carbono y 9.49% por átomos de hidrógeno, tiene una presión de vapor de 0.9KPa a 20°C y una solubilidad en agua de 0.0015g/100mL a 20 °C (Sutta, 2016). De igual manera, este compuesto orgánico volátil está en la atmósfera al proceder de los vehículos de motor y la evaporación de diversos disolventes (Costa, 2015).

La forma en la que el etilbenceno ingresa al organismo es mediante vía respiratoria y vía cutánea, puede causar enrojecimiento, inflamación, picazón y quemaduras en las áreas afectadas, la mayor parte de este compuesto se metaboliza en el hígado y se excreta vía urinaria, sin embargo, una pequeña cantidad puede quedar retenida en tejidos grasos. Algunos estudios demuestran que el etilbenceno no presenta evidencias convincentes de que sea genotóxico aunado a que no existen datos que demuestran su toxicidad a nivel reproductiva, algunos de sus efectos conocidos esta la irritación ocular, nasal y de garganta (INSHT, 2007).

El etilbenceno se ha asociado con efectos nocivos para el sistema nervioso central, la exposición crónica al compuesto puede causar síntomas como mareos, dolores de cabeza, debilidad, dificultades para concentrarse y problemas de memoria. Estos síntomas pueden ser más graves en caso de exposiciones intensas o prolongadas, también existe relación de toxicidad en órganos internos como hígado y riñones, aunque existen reportes que en modelos preclínicos se puede desarrollar carcinogénesis, aún no está muy demostrado en personas (Mozo, Merino, Santos & García, 2011).

CONCLUSIONES

Los hidrocarburos son compuestos abundantes en el entorno y tienen el potencial de causar efectos adversos en el organismo a corto, mediano y largo plazo. La exposición a estos compuestos puede ocurrir a

través de diversas vías, ya sea inhalación, ingestión o contacto dérmico. Es importante tener en cuenta los riesgos de exposición, que varían según la actividad laboral que se realice y la zona geográfica en la que se resida. Es necesario destacar que las personas que presentan comorbilidades como embarazo, diabetes, hipertensión, alergias, así como, menores de 18 años y mayores de 65 años, entre otras, tienen un mayor riesgo de experimentar efectos adversos a concentraciones menores de exposición en comparación con las personas sanas. Esto se debe a que estas condiciones médicas previas pueden predisponer al organismo a una mayor susceptibilidad y disminución de la capacidad de respuesta ante los hidrocarburos. Es fundamental tomar medidas preventivas para minimizar la exposición a los hidrocarburos y sus efectos perjudiciales.

En el ámbito laboral, es responsabilidad de los empleadores y las autoridades de seguridad y salud en el trabajo implementar medidas de control adecuadas, como la utilización de equipo de protección personal, la ventilación adecuada en los lugares de trabajo y la formación y concientización de los trabajadores sobre los riesgos asociados con la exposición a estos compuestos. En cuanto al entorno cerca de la vivienda, es importante estar informado sobre las fuentes de exposición a los hidrocarburos, como la contaminación del aire, el agua y el suelo. Las personas que viven cerca de industrias petroleras, refinerías, gasolineras o zonas de extracción de petróleo y gas natural pueden estar expuestas a niveles más altos de hidrocarburos y, por lo tanto, deben tomar precauciones adicionales.

Es fundamental mencionar que existen diferentes tipos de hidrocarburos, algunos de los cuales son más tóxicos que otros. Por lo tanto, es necesario evaluar y regular específicamente aquellos que representan un mayor riesgo para la salud humana y el medio ambiente. Además, se deben llevar a cabo investigaciones y estudios continuos para comprender mejor los efectos de los hidrocarburos en el organismo y desarrollar estrategias de prevención y protección más efectivas, la exposición a estos compuestos puede variar según la actividad laboral y la zona geográfica de residencia. Por tanto, es fundamental considerar los riesgos de exposición en aquellas personas que tienen una alta exposición debido a sus actividades laborales, especialmente para aquellas con comorbilidades, que presentan un mayor riesgo de sufrir manifestaciones clínicas por la exposición prolongada a hidrocarburos a concentraciones menores de exposición. La implementación de medidas preventivas y una regulación adecuada son elementos fundamentales para minimizar los riesgos asociados con los hidrocarburos y proteger la salud humana y el medio ambiente.

REFERENCIAS

- BOLUDA, C. J., MACÍAS, M., & GONZÁLEZ MARRERO, J. (2019). La complejidad química de las gasolinas de automoción. *Ciencia, Ingenierías y Aplicaciones*, 2(2), 51-79. Doi: <https://doi.org/10.22206/cyap.2019.v2i2.pp51-79>
- COSTA GI. (2015). Estudio de la concentración de compuestos orgánicos volátiles, óxidos de nitrógeno y ozono en el núcleo urbano de la ciudad de Cartagena y evaluación de la exposición de la población. Facultad de Química. Universidad de Murcia.
<https://digitum.um.es/digitum/bitstream/10201/48341/1/Tesis%20doctoral%20ISABEL%20COSTA%20G%c3%93MEZ.pdf>
- GARCÍA FA, GARCÍA AC & PÉREZ RJ. (2021). Evaluación ambiental de los productos textiles durante todo su ciclo de vida e introducción de estrategias de economía circular. Escuela Superior de Ingenieros Industriales. Universidad Politécnica de Madrid. https://oa.upm.es/68410/1/TFM_Ana_Garcia_Frutos.pdf
- GARCÍA-ZÁRATE, MARCO ANTONIO, ARELLANO-GARCÍA, MARÍA EVARISTA, VILLADA-CANELA, MARIANA, ACEVES-CALDERÓN, PATRICIA MARGARITA, RUIZ-ARELLANO, ANA ERIKA, VON-GLASCOE, CHRISTINE ALYSSE, & QUINTERO-NÚÑEZ, MARGARITO. (2017). Aglomeración urbana en la estimación de escenarios de riesgo sanitario por emisiones de gasolineras: el caso de Ensenada, Baja California. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(3), 322-334. <https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n3a03>
- GONZÁLEZ ALONSO S, ESTEBAN-HERNÁNDEZ J, VALCÁRCEL RIVERA Y, HERNÁNDEZ-BARRERA V, GIL DE MIGUEL A. (2010). Contaminación del agua en fuentes cercanas a campos petrolíferos de Bolivia. *Rev Panam Salud Publica*, 28(4):235–43.
<https://iris.paho.org/bitstream/handle/10665.2/9630/01.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- INSTITUTO NACIONAL DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL TRABAJO (INSST), O.A., M.P. (2021). Benceno agentes cancerígenos en el trabajo: Conocer para prevenir. Gobierno de España Ministerio de trabajo y economía social. <https://www.insst.es/documents/94886/2730585/Ficha+n%C2%BA+5+Benceno+-+A%C3%B1o+2021.pdf/ddb674a9-f60b-7ba2-7f54-1f15d42c61f1?t=1641254746528>
- JACOME-MUÑOZ, A. N., NAVARRETE-ARBOLEDA, E. D., VEGA-FALCÓN, V., & ACURIO-PADILLA, P. E. (2022). Efectos sobre la salud de exposición a gasolina en compañía de petróleo de Ecuador. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria De Ciencias De La Salud. Salud y Vida*, 6(2), 4–13. <https://doi.org/10.35381/s.v.v6i2.2035>
- JUÁREZ-PÉREZ, C. A., RODRÍGUEZ-JIMÉNEZ, A., MARTÍNEZ-SANTIAGO, G., MERCADO-CALDERÓN, F. A., TRUJILLO-REYES, O., AGUILAR-MADRID, G., & CABELLO-LÓPEZ, A. (2022). Neurotoxicidad en trabajadores petroquímicos con bajos índices de exposición a disolventes orgánicos. *Salud pública de Mexico*, 64(3, may-jun), 290–298. <https://doi.org/10.21149/12916>
- KOUNTOURIOTIS, P.G. ALEIFERIS, A.G. CHARALAMBIDES. (2014). Numerical investigation of VOC levels in the area of petrol stations, *Science of The Total Environment*, Volumes 470(471):1205-1224, ISSN 0048-9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.10.064>.
- MARTÍNEZ SM. & GAMBOA VC. (2022). Efectos a la salud por la exposición a BTEX en personas que manipulan combustibles. Corporación Universitaria Minuto de Dios. Bogota.



https://repository.uniminuto.edu/bitstream/10656/14735/1/TE.RLA_Mart%C3%ADnezMarcela-GamboaCarlos_2022

- MOZO, D. R., MERINO, R. G., SANTOS, T., & GARCÍA, A. M. G. (2011). Utilización de compuestos orgánicos volátiles (COV) como disolventes en empresas españolas. *Archivos de prevención de riesgos laborales*, 14(1), 27-37.
- MUÑOZ, A. N. J., ARBOLEDA, E. N., FALCÓN, V. V., & PADILLA, P. E. A. (2022). Efectos sobre la salud de exposición a gasolina en compañía de petróleo de Ecuador. *Revista Arbitrada Interdisciplinaria de Ciencias de la Salud. Salud y Vida*, 6(2), 4-13.
- NORDBERG, G., & NORDBERG, G. (2017). Metales: Propiedades químicas y toxicidad productos químicos. *Recuperado de <http://www.insbt.es/InsbtWeb/Contenidos/Documentacion/TextosOnline/EnciclopediaOIT>*, 2, 63.
- ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD (2022, 19 de diciembre). Contaminación del aire ambiente (exterior). [https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-\(outdoor\)-air-quality-and-health](https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/ambient-(outdoor)-air-quality-and-health)
- REYES H., MONTES J., & CABRERA A. (2021). Contaminación alimentaria por hidrocarburos aromáticos policíclicos: Impacto en la salud pública y legislación en México. *Alimentos Ciencia e Ingeniería*, 28(1), 34-46. <https://doi.org/10.31243/aci.v28i1.1049> (Original work published 7 de octubre de 2021)
- SÁNCHEZ & ALCÁNTARA. (2019). Compuestos orgánicos volátiles en el medio ambiente. Monografías de la Real Academia Nacional de Farmacia. 377-401 [oai:ojs.pkp.sfu.ca:article/605](https://ojs.pkp.sfu.ca/article/605)
- SILVA GARCÍA, L. E., & QUENZA OSTOS, S. J. (2023). Alteraciones en la superficie ocular asociadas a exposición de BTEX (Benceno Tolueno Etilbenceno Xileno) en los trabajadores de gasolineras en Chía, Cundinamarca. Retrieved from <https://ciencia.lasalle.edu.co/optometria/1928>
- TORRES, A. M. M., BOJORQUE, L. M. B., FREIRE, G. E. O., & OCHOA, P. Y. Q. (2022). Benceno y alteraciones crónicas dermatológicas en trabajadores de gasolineras. *Salud, Ciencia y Tecnología*, 2(S1), 186-186.
- VELÁSQUEZ ARIAS, J. A. (2017). Contaminación de suelos y aguas por hidrocarburos en Colombia. Análisis de la fitorremediación como estrategia biotecnológica de recuperación. *Revista De Investigación Agraria Y Ambiental*, 8(1), 151-167. <https://doi.org/10.22490/21456453.1846>
- VILLALBA TRD. (2022). Exposición Ocupacional a Benceno, Tolueno, Etilbenceno y Xileno en Trabajadores de Gasolineras: Revisión Sistemática. Universidad San Gregorio. <http://repositorio.sangregorio.edu.ec/bitstream/123456789/2812/1/VILLALBA%20TORO%20RODRIGO%20DAVID.pdf>
- YAVARI K, YEGANEH E, ABOLGHASEMI H. (enero de 2016). Producción y caracterización de microesferas de ácido poliláctico 166Ho. *Revista de radiofármacos y compuestos etiquetados*, 59(1):24-29. DOI: 10.1002/jlcr.3366. PMID: 26691104.
- ZUBIZARRETA SA, MARTÍNEZ M J, RIVAS PP, GÓMEZ IS & SANZ BA. (2018). Revisión de la literatura sobre efectos nocivos de la exposición laboral a hidrocarburos en trabajadores en ambiente externo. *Medicina y Seguridad del Trabajo*, 64(252), 271-294. Recuperado en 15 de septiembre de 2023, de http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2018000300271&lng=es&tlng=.