

Alteraciones reológicas sanguíneas en trabajadores de estaciones de servicios de gasolina

Alexander Montilla¹ , Orlando Molina¹ , Liliana Torres² , Yolima Fernández^{3,4} .

¹Escuela de Bioanálisis-sede Carabobo, Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Carabobo. ²Profesor Titular, Departamento de Bioquímica, Escuela de Ciencias Biomédicas y Tecnológicas. Facultad de Ciencias de la Salud. Universidad de Carabobo. ³Profesor Titular, Departamento de Investigación y Desarrollo Profesional, Escuela de Bioanálisis sede Carabobo. ⁴Instituto de Investigaciones Médicas y Biotecnológicas de la Universidad de Carabobo (IIMBUC).

Recibido para publicación 30 junio 2025. Aceptado: 30 julio 2025.

RESUMEN:

La gasolina, constituida principalmente por benceno, tolueno y xileno (BTX), representa un riesgo para los trabajadores, por ello las estaciones de servicios son un foco de exposición laboral. El objetivo fue evaluar los parámetros reológicos de la sangre en trabajadores de estaciones de servicio de gasolina de la zona norte de Valencia- estado Carabobo. La investigación tuvo un diseño no experimental y de campo, de tipo descriptiva correlacional y de corte transversal. La muestra, conformada por 77 individuos, fue dividida en 2 grupos: expuesto: 47 trabajadores de estaciones de servicio, y no expuesto: 30 individuos sin exposición a solventes orgánicos. Los resultados revelaron que la viscosidad plasmática del grupo expuesto presentó disminución al compararse con la del grupo no expuesto ($p=0,000$). El hematocrito del grupo expuesto mostró un aumento significativo al compararse con el grupo no expuesto ($p=0,047$). La Amplitud de Distribución Eritrocitaria (ADE) no presentó diferencia significativa entre los grupos ($p=0,838$). La VSG no mostró diferencia ($p=0,397$). Se observaron neutrófilos hipersegmentados (8,50%) y linfocitos reactivos (23,40%) en los expuestos. Finalmente, se encontró que los parámetros de viscosidad plasmática y la ADE tienen relación con el tiempo de exposición y, aunque no hubo asociación con el uso de equipamiento de bioseguridad, se debe concientizar sobre su uso, así como realizar monitoreo biológico para evitar futuros problemas de salud en los trabajadores.

Palabras clave: Solventes orgánicos, Estaciones de servicio, Reología sanguínea, Viscosidad plasmática, Bioseguridad.

Blood Rheological Disorders in Gasoline Station Workers

ABSTRACT

Gasoline, constituted mainly by benzene, toluene and xylene (BTX), represents a risk for workers; therefore, service stations are a focus of occupational exposure. The objective was to evaluate the rheological parameters of blood in gasoline service station workers in the northern area of Valencia-Carabobo State. The research had a non-experimental and field design, of a descriptive correlational and cross-sectional type. The sample, composed of 77 individuals, was divided into 2 groups: exposed: 47 service station workers, and unexposed: 30 individuals without exposure to organic solvents. The results revealed that the plasma viscosity of the exposed group showed a decrease when compared to that of the non-exposed group ($p=0.000$). The hematocrit of the exposed group showed a significant increase when compared to the non-exposed group ($p=0.047$). RDW showed no significant difference between the groups ($p=0.838$). ESR showed no difference ($p=0.397$). Hypersegmented neutrophils (8.50%) and reactive lymphocytes (23.40%) were observed in those exposed. Finally, it was found that plasma viscosity parameters and ADE are related to exposure time and, although there was no association with the use of biosafety equipment, awareness of its use should be raised, as well as biological monitoring to avoid future health problems in workers.

Keywords: Organic solvents, Service stations, Blood rheology, Plasma viscosity, Biosafety.

Introducción

Los solventes son compuestos orgánicos capaces de disolver sustancias, utilizados en la industria de múltiples formas: fabricación de pegamentos, pinturas, barnices, explosivos, plásticos, productos de limpieza y, además, como combustibles (1). Se obtienen a partir de destilación directa del petróleo y representan una de las

mayores fuentes de energía del planeta, sus derivados han dado productos que son ampliamente usados en diferentes áreas de la industria del transporte (2), como es el caso de la gasolina, utilizada como combustible en motores de combustión interna (3).

La gasolina contiene disolventes orgánicos como benceno, tolueno y xileno (BTX), que están presentes

Correos de contacto: Yolima Fernández, yfernandez13@uc.edu.ve

en concentraciones variables. Su presencia en estaciones de servicio y en cualquier lugar donde se produzca, maneje, almacene o transporte gasolina se monitorea de cerca, ya que la exposición crónica a estas sustancias por encima de 0,1 ppm durante períodos prolongados puede llevar a padecer a los trabajadores dolores de cabeza, depresión, fatiga, dolor, irritación de la piel, escalofríos, náuseas, insomnio, pérdida de memoria y un mayor riesgo de tumores o incluso cáncer (4). Por estas razones, la gasolina representa algunos de los mayores riesgos para la salud de millones de trabajadores en todo el mundo y, a su vez, causa no sólo graves problemas de salud pública, sino también contaminación ambiental (2).

Según los reportes de morbilidad del Instituto Venezolano de los Seguros Sociales – (IVSS) en el año 2014, los efectos tóxicos de la exposición a solventes orgánicos ocupan el quinto lugar entre los motivos de consulta por la División de Medicina del Trabajo del IVSS. Así mismo, en las estadísticas del Instituto Nacional de Prevención, Salud y Seguridad Laboral (INPSASEL), las patologías por riesgos químicos ocupan el segundo lugar con 9,9 %, de los cuales 2,3 % corresponden a patologías por solventes (5).

La toxicocinética de estos compuestos químicos, se inicia por inhalación y pasa al torrente sanguíneo, mediante el alto poder liposoluble que poseen, pueden atravesar las barreras hematoencefálicas (6). Según sea la sustancia, el tiempo y el grado de exposición pueden reducir, o incluso destruir las funciones de las células nerviosas, alterar la función renal, hepática y de la médula ósea. La exposición a solventes orgánicos, como el benceno puede ocasionar leucemia en una frecuencia de 5 a 10 veces mayor en trabajadores expuestos en relación con la población no expuesta, ya que estos compuestos ejercen un efecto directo en la formación de células sanguíneas, alterando de esta forma las propiedades físicas de la sangre, las cuales pueden ser estudiadas a través de la reología de la sangre (7).

El término reología de la sangre, reología sanguínea o hemorreología, investiga la biofísica del flujo sanguíneo, a través de parámetros de viscosidad tales como: el contenido de eritrocitos (hematocrito), la viscosidad plasmática, la deformabilidad de los glóbulos rojos y la agregación eritrocitaria (8).

Fisiológicamente el organismo ha desarrollado mecanismos compensatorios en torno a las variaciones de viscosidad que puede experimentar el cuerpo, sin embargo, en muchas oportunidades y en ciertas

patologías, estos mecanismos no son adecuados y la viscosidad sanguínea representa un riesgo para la salud, tal es el caso de las enfermedades cardiovasculares, enfermedades cerebrovasculares y algunas enfermedades crónicas como el cáncer (9).

Aunque los parámetros reológicos de la sangre han sido tradicionalmente relegados como indicadores de patologías o herramientas preventivas, investigaciones recientes están reivindicando su utilidad clínica. Este resurgimiento cobra especial relevancia al considerar los efectos de la exposición ocupacional a solventes orgánicos, cuyos impactos en la salud de los trabajadores merecen una evaluación detallada. En este contexto, resulta fundamental explorar cómo dicha exposición puede alterar las propiedades reológicas de la sangre, un enfoque que este estudio aplicará específicamente a trabajadores de estaciones de servicio, analizando su perfil hematológico para identificar posibles alteraciones asociadas con la viscosidad y el flujo sanguíneo.

Basándose en la importancia que actualmente representa el estudio de parámetros de reología sanguínea, esta investigación tiene como finalidad buscar la posible relación entre la exposición que sufren los trabajadores de estaciones de servicios de la zona norte de Valencia-estado Carabobo, y la variación de sus parámetros reológicos sanguíneos, para así mostrarlo como un indicador de riesgo vascular y de estudio en personas que mantienen una exposición constante a variados solventes orgánicos. Adicionalmente, se busca motivar y concientizar a los trabajadores y personas expuestas en las estaciones de servicios a usar equipos de bioseguridad adecuados debido a que tales implementos pueden ayudar a disminuir los efectos de dichos solventes y prevenir enfermedades relacionadas con la exposición en estas locaciones.

Materiales y métodos

Se trató de una investigación de tipo descriptiva correlacional debido a que se buscó especificar las posibles causas que ocasionan problemas hematológicos en los trabajadores de estaciones de servicios y además correlacionar los parámetros de reología sanguínea con el tiempo de exposición laboral y el uso de equipos de bioseguridad en dichos trabajadores (10). Al mismo tiempo, de corte transversal, debido a que se recolectaron los datos en un solo momento, en un tiempo único (11).

La investigación tuvo un diseño no experimental, y de campo debido a que los datos necesarios para el estudio se obtuvieron sin manipulación alguna y las muestras de los trabajadores in situ (12).

Población y muestra

La población estuvo conformada por los trabajadores de diez (10) estaciones de servicio ubicadas en la zona norte de Valencia-estado Carabobo.

La muestra se conformó con 77 individuos divididos en 47 trabajadores de 5 estaciones de servicio, con edades comprendidas entre 20-70 años. Los mismos fueron seleccionados a través de un muestreo no probabilístico de tipo intencional, siguiendo ciertos criterios establecidos por los investigadores.

Adicionalmente, se conformó un grupo de referencia o control representado por 30 individuos aparentemente sanos y sin exposición conocida a solventes orgánicos.

Criterios de inclusión y exclusión

Se incluyeron trabajadores de ambos sexos, con edades comprendidas entre 20-70 años con un mínimo de 2 años trabajando en estaciones de servicio. Para los individuos sin exposición los criterios son los mismos, excepto haber estado en contactos con solventes orgánicos por el periodo de tiempo descrito.

Se excluyeron aquellas personas con menos de 2 años de exposición a solventes orgánicos, así como aquellas personas con antecedentes de hepatitis, diabetes, enfermedades cardiovasculares, renales o hepáticas.

Consideraciones éticas

La investigación se llevó a cabo cumpliendo con los principios éticos para las investigaciones médicas en seres humanos, establecido por el Ministerio del Poder Popular para la Ciencia, Tecnología e Innovación (13), donde se describe a detalle cada parámetro que debe respetarse con el fin de mantener la integridad de los participantes que de alguna forma están vinculados con la investigación.

En la investigación se respetaron los principios éticos, como la no maleficencia, siendo un estudio de un bajo riesgo para la integridad de la persona, ya que no se utilizaron técnicas invasivas que pudiesen

perturbar de una u otra forma al participante. A fin de mantener principios de beneficencia se buscó retribuir la participación de los trabajadores dejándoles una evaluación de parámetros referentes a su estado de salud que quizá desconocían. La investigación no tuvo fines lucrativos, por lo cual los participantes no tuvieron gasto alguno en lo que correspondía al estudio.

Se solicitó la autorización de los participantes a través de un consentimiento informado en el cual se describieron las pautas que se tomarían en cuenta, con la finalidad de que los participantes estuviesen conscientes del proceso que se llevaría a cabo y la manera en que se manejaría la información que se obtuvo a través del procesamiento de las muestras extraídas. Además, se les acotó que en todo momento se respetaría la confidencialidad con cada uno de sus datos personales.

Procedimientos metodológicos

En la investigación se implementó como técnica de recolección de datos la encuesta, utilizando como instrumento el cuestionario, que se conformó por preguntas abiertas y cerradas previamente validadas por el juicio de los expertos, relacionadas con áreas de interés para el estudio y clasificadas en aspectos que engloban datos personales, tiempo de exposición laboral, uso de equipos de bioseguridad, hábitos tabáquicos y alcohólicos y antecedentes patológicos. De esta forma, el instrumento permitió integrar los datos para su posterior análisis.

Los empleados que laboran en las estaciones de servicio, que cumplieron con los criterios de inclusión, fueron citados para obtener el consentimiento informado. Las personas que accedieron a participar en la investigación, se les convocó un día para la toma de muestra sanguínea y se les notificó que dos días antes de la toma de muestra no debían ingerir alcohol.

Toma de muestra

La toma de muestra se realizó cumpliendo con las medidas adecuadas de asepsia del pliegue braquial del antebrazo para evitar cualquier tipo de contaminación tanto de la muestra como del paciente. El proceso se llevó a cabo por medio de punción de la vena cefálica o basilica, con una jeringa de 10 ml, se extrajeron 8 ml de sangre y fueron vertidos en dos (2) tubos de ensayo con anticoagulante (ácido etilendiaminotetraacético,

EDTA), para el análisis de hematología completa y parámetros hemoreológicos (14). Posteriormente, una vez obtenidas todas las muestras, fueron transportadas y llevadas al Laboratorio FIT del Centro de Salud CEPSA, para la determinación de hematología completa, VSG y separación del plasma para posteriormente medir la viscosidad plasmática, determinación realizada en el laboratorio de Docencia II del Departamento de Biología de la Facultad de Ciencias y Tecnología de la Universidad de Carabobo.

Durante la jornada, a los participantes se les entregó un instrumento de recolección de datos diseñada para obtener: 1) Información personal, como nombre, edad, sexo, fecha de nacimiento, escolaridad. 2) Tiempo de exposición laboral, especificado en horas, días, meses, años y el puesto que desempeñan dentro de la estación de servicio. 3) Uso de implementos de bioseguridad, para describir si cumplen o no con la utilización de: guantes, lentes, mascarilla, botas y uniforme especializado. 4) Hábitos y antecedentes patológicos, para conocer si consumen algún tipo de cigarrillo, toman algún medicamento o alcohol y además conocer con qué frecuencia lo hacen.

Determinación de parámetros de Reología sanguínea

Determinación de Amplitud de Distribución Eritrocitaria (ADE) y Hematocrito

El estudio de las muestras se realizó a través de un analizador hematológico modelo PD3100-21 útil para realizar análisis cualitativos y cuantitativos de los elementos sanguíneos (ADE y hematocrito de utilidad para la reología sanguínea). Utiliza el principio de impedancia eléctrica, para detectar la cantidad y distribución de volumen de glóbulos blancos, rojos y plaquetas, y adapta el método colorimétrico para la determinación de hemoglobina (15).

Determinación de alteraciones hematológicas

Las alteraciones hematológicas se determinaron a través de la observación en microscopio óptico con un aumento de 100X de un frotis sanguíneo elaborado con un extendido de una gota de sangre en una lámina portaobjeto, coloreados con Giemsa.

Velocidad de Sedimentación Globular (VSG)

La VSG se realizó según el método de Wintrobe, el cual permite medir la velocidad de caída de los glóbulos rojos en un tubo especial de vidrio con un diámetro de 3 mm y graduado en mm en una escala de 0 a 10 cm en un tiempo determinado (16).

Determinación de viscosidad plasmática con Viscosímetro NDJ-5S

La viscosidad plasmática se determinó a través de un viscosímetro rotacional ND-5S, instrumento que tiene alta sensibilidad y confiabilidad, se usa para medir la viscosidad absoluta de fluidos newtonianos y la viscosidad aparente del fluido no newtonianos, lo cual ayuda a determinar la viscosidad plasmática. Los resultados son expresados en milipascas por segundo (mPas/s) (17).

Análisis de datos

Los resultados fueron tabulados en una base de datos de Microsoft, Excel, presentados como tablas y gráficas empleando estadísticas descriptivas como promedios, desviación estándar, mediana, mínimo y máximo, frecuencias y porcentajes. Las variables fueron comparadas a través de la U de Mann Whitney, las asociaciones y/o correlaciones se establecerán a través del χ^2 de Pearson y coeficiente de Spearman, utilizando para ello el paquete estadístico SPSS Versión 22.0 con un nivel de confianza del 95%.

Resultados

La muestra estuvo conformada por setenta y siete (77) individuos, divididos en 2 grupos: expuestos y no expuestos; el grupo expuesto estuvo constituido por 47 trabajadores de estaciones de servicios, sexo masculino con promedio de edad de $37,00 \pm 3,01$ años y 80,85% con un nivel bajo de escolaridad. Por otra parte, el grupo de los no expuestos estuvo conformado por 30 individuos, sin exposición constante a solventes orgánicos, con promedio de edad de $42,04 \pm 15,13$ años.

En cuanto a las horas laborales la mayoría (85,11%) refiere cumplir de 8 a 12 horas diarias. En la Tabla 1, se muestra la distribución de acuerdo con el rango de tiempo de

Tabla 1. Rango de tiempo de exposición y función laboral de los trabajadores en las estaciones de servicio de gasolina

Tiempo de exposición		
Tiempo (años)	(f)	Porcentaje (%)
2-4	19	40,43
5-9	9	19,15
10-14	9	19,15
15-20	8	17,01
>20	2	4,26
Total	47	100
Función laboral		
Cargo	(f)	Porcentaje (%)
Dispensadores	20	42,55
Cajero	1	2,13
Mantenimiento	2	4,25
Encargado	2	4,25
Vendedores	2	4,25
Autolavado	10	21,28
Cauchera	8	17,02
Seguridad	2	4,25
Total	47	100

exposición del grupo expuesto, donde la mayoría de los trabajadores se encuentran en el rango de 2 a 4 años de servicio, seguidos por aquellos dentro del rango de 5 a 14 años. La distribución del grupo expuesto de acuerdo con el cargo que desempeñan dentro de la estación de servicio muestra que la mayoría de trabajadores se desempeñan como dispensadores (42,75%), seguido de aquellos que se dedican a la zona del autolavado (21,28%).

En la Tabla 2, se muestran los resultados del uso de equipos de bioseguridad por parte los trabajadores expuestos, (n=47), incluidas todas las funciones laborales anteriormente mencionadas, destacándose que la mayoría de los trabajadores refiere uso de botas y gorra, ambos con un 48,94% mientras que el uso del resto de los implementos de bioseguridad fue de bajo porcentaje, por lo que se demuestra que la mayoría de los trabajadores no cumple con las medidas de bioseguridad establecidas para el área en la que se desempeñan.

Respecto a la cantidad de individuos que mantienen hábitos tabáquicos y alcohólicos de los grupos expuesto y no expuesto se encontró que el 34,05% del grupo expuesto mantiene hábitos tabáquicos y el 44,68% refiere

Tabla 2. Uso de equipos de bioseguridad de los trabajadores de las estaciones de servicio de la zona norte de Valencia-edo. Carabobo

Equipo de protección	Si (%)	No (%)
Guantes	4 (8,51)	43 (91,49)
Lentes	3 (6,38)	44 (93,62)
Mascarilla	11 (23,40)	36 (76,60)
Botas	23 (48,94)	24 (51,06)
Uniforme especializado	2 (4,26)	45 (95,74)
Gorra	23 (48,94)	24 (51,06)

consumo de alcohol. En el grupo de los no expuestos solo un 3,33% mantiene hábitos tabáquicos mientras que 36,66% del grupo de los no expuestos refiere consumo de alcohol.

En la Tabla 3, se muestran resultados de parámetros relacionados con la viscosidad sanguínea, comparando el grupo expuesto y no expuesto, se observa que la mediana de viscosidad plasmática del grupo expuesto fue menor a la del grupo no expuesto (1,18 mPas/s vs 1,50 mPas/s) siendo esta diferencia estadísticamente significativa al aplicar el test de U de Mann-Whitney ($p=0,000$).

Seguidamente, en la Amplitud de Distribución Eritrocitaria (ADE) la mediana de los resultados fue similar en ambos grupos, (13,15% vs. 13,10%) por lo que

Tabla 3. Parámetros de viscosidad sanguínea del grupo expuesto y no expuesto

Parámetros	Grupo Control Mediana (min-máx)	Grupo Expuesto Mediana (min-máx)	p
Viscosidad plasmática (mPas/s)	1,50 (0,69-1,70)	1,18 (0,53-1,89)	0,000
Amplitud de distribución Eritrocitaria (%)	13,15 (12,10-16,60)	13,10 (12,00-16,50)	0,838
Velocidad de Sedimentación Globular (mm/h)	5,50 (3-12)	7 (3-15)	0,397
Hematocrito (%)	46,50 (43-52)	46 (34-52)	0,279

Test de U de Mann-Whitney

los resultados no mostraron diferencias estadísticamente significativas (p : 0,838).

Posteriormente, al comparar los valores de VSG de los individuos del sexo masculino entre expuestos y no expuestos, a pesar de que los valores de la mediana del grupo expuesto (7,00 mm/h) se encontraban dentro de los valores referenciales, estos se mostraron aumentados al ser comparados con el grupo no expuesto (5,50 mm/h), sin embargo, esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($p=0,397$). Al comparar los resultados del hematocrito de los participantes de ambos grupos se logra identificar una diferencia de medianas, (46 % expuestos y 46,5% no expuestos), aún así, esto no fue estadísticamente significativo ($p= 0,279$).

Con lo anteriormente descrito, existe una posible relación entre la exposición a solventes orgánicos y la disminución de la viscosidad plasmática, debido a que los componentes presentes en estos solventes podrían interactuar con los elementos constituyentes del plasma sanguíneo, alterando así sus propiedades reológicas.

En cuanto a las alteraciones morfológicas a nivel hematológico, no se observaron alteraciones respecto a los eritrocitos ni las plaquetas en ambos grupos, sin embargo se evidenció en el grupo expuesto alteraciones en la serie blanca, específicamente la presencia de hipersegmentados

neutrófilos, en un 8,50%, además, se observó la presencia de linfocitos reactivos en un 23,40% en los individuos expuestos, los cuales pueden aparecer en un proceso viral activo o cuando hay alguna exposición a agentes tóxicos.

La correlación entre los parámetros reológicos (viscosidad plasmática, ADE, hematocrito y VSG) con el tiempo de exposición se muestra en la Tabla 4, en la cual se identifica que la viscosidad plasmática y el tiempo de exposición mostraron relación inversa estadísticamente significativa (p : 0,007), que revela una disminución de la viscosidad plasmática a medida que aumenta el tiempo de exposición laboral.

Adicionalmente se encontró una variación estadísticamente significativa al relacionar la ADE con el tiempo de exposición, siendo notorio un aumento en los valores de este parámetro, (p : 0,028).

Al relacionar los resultados de VSG con el tiempo de exposición de los trabajadores no se logró obtener una relación estadísticamente significativa (p : 0,858).

Por otra parte, la asociación entre el uso de equipos de bioseguridad y los parámetros hemoreológicos no tuvieron relación estadísticamente significativa, debido a que la mayoría de los trabajadores no cumple con los lineamientos de bioseguridad adecuados para el cargo desempeñado, por lo que la manera en que están expuestos no varía. Solo una minoría refiere

Tabla 4. Relación del tiempo de exposición con parámetros de reología sanguínea de los trabajadores de las estaciones de servicio de la zona norte de Valencia-edo. Carabobo

		HTO	ADE	VSG	VP	T
HTO	r	1,000	-0,104	-0,563**	-0,006	0,111
	P	.	0,486	0,000	0,969	0,459
ADE	r	-0,104	1,000	0,231	0,086	0,321*
	P	0,486	.	0,118	0,564	0,028
VSG	r	-0,563**	0,231	1,000	0,217	0,027
	P	0,000	0,118	.	0,143	0,858
VP	r	-0,006	0,086	0,217	1,000	-0,386**
	P	0,969	0,564	0,143	.	0,007
T	r	0,111	0,321*	0,027	-0,386**	1,000
	P	0,459	0,028	0,858	0,007	.

HTO: Hematocrito; ADE: Amplitud de Distribución Eritrocitaria; VSG: Velocidad de Sedimentación Globular; VP: Viscosidad Plasmática; T: Tiempo; **:La correlación es significativa al nivel 0,01 (bilateral); *: La correlación es significativa al nivel 0,05 (bilateral).

haber usado implementos como botas de seguridad y mascarillas, pero la gran mayoría mantiene labores con cualquier tipo de vestimenta no especializada.

Discusión

La exposición ocupacional a solventes orgánicos, como los presentes en combustibles de hidrocarburos, ha sido asociada previamente con alteraciones hematológicas y reológicas en trabajadores expuestos crónicamente (18,19). En particular, estudios en poblaciones como trabajadores de estaciones de servicio y fábricas de pinturas han reportado cambios en la viscosidad sanguínea, agregación eritrocitaria y parámetros hematimétricos, atribuidos a la toxicidad de compuestos como el benceno, tolueno y xilenos (BTX) (20, 21).

Las características laborales de la población estudiada reflejan condiciones de exposición preocupantes que podrían influir en los parámetros reológicos observados. La predominancia de jornadas laborales prolongadas (8-12 horas diarias) en la mayoría de los trabajadores coincide con lo reportado en estudios previos sobre poblaciones ocupacionalmente expuestas a hidrocarburos (22,23). Este patrón de exposición prolongada adquiere especial relevancia al considerar que la mayoría de los trabajadores tenían alrededor de 4 años consecutivos desempeñándose en sus áreas laborales, expuestos a dicha mezcla de solventes.

La distribución por cargos revela que los dispensadores de combustible constituyen el grupo más numeroso, seguido por los trabajadores del área de autolavado, características similares fueron encontradas en el estudio de Torres *et al.* (24), que buscaba evaluar los niveles de benceno urinario, biomarcadores de estrés oxidativo, perfil hematológico, hepático y renal en trabajadores de estaciones de servicio, con una muestra de 60 trabajadores de estaciones de servicio, entre los cuales la mayoría se dedicaba a dispensar combustible. Esta particular distribución ocupacional es significativa porque ambos grupos presentan diferentes patrones de exposición: mientras los primeros tienen contacto directo con los vapores de hidrocarburos durante el repostaje, los segundos podrían estar expuestos a mezclas complejas de solventes presentes en los productos de limpieza.

Los hábitos de consumo de tabaco y alcohol en la población estudiada presentan implicaciones relevantes para la interpretación de los efectos reológicos asociados con la exposición ocupacional. La notable diferencia en

la frecuencia de tabaquismo entre grupos sugiere un posible efecto sinérgico entre la exposición ambiental y la inhalación activa de compuestos aromáticos. El consumo de bebidas alcohólicas, aunque similar en frecuencia entre ambos grupos, adquiere especial relevancia en el contexto de exposición a hidrocarburos.

Es importante señalar que tanto el tabaco como el alcohol pueden influir en la absorción del benceno, debido a que el humo del cigarrillo contiene benceno, aumenta la exposición total; el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST) (25), afirma que el consumo de bebidas alcohólicas aumenta el efecto nocivo del benceno. Adicionalmente, los componentes del humo del tabaco pueden alterar las enzimas hepáticas involucradas en el metabolismo del benceno, modificando su absorción y distribución en el organismo. Mientras que el etanol, presente en las bebidas alcohólicas, puede aumentar la absorción de sustancias liposolubles como el benceno a través de la mucosa gástrica, incrementando así los niveles sanguíneos.

Los hallazgos del presente estudio revelan alteraciones significativas en los parámetros reológicos sanguíneos de los trabajadores de estaciones de servicio expuestos a solventes orgánicos, en comparación con el grupo no expuesto. Estos resultados sugieren que la exposición laboral prolongada a hidrocarburos podría influir en las propiedades de la sangre, particularmente en la viscosidad plasmática y el hematocrito. Hallazgos que podrían explicarse por posibles alteraciones en proteínas plasmáticas como el fibrinógeno o por mecanismos de compensación hemodinámica ante la exposición crónica.

Los resultados obtenidos en este estudio revelan alteraciones significativas en la serie blanca de los individuos expuestos, específicamente la presencia de neutrófilos hipersegmentados y linfocitos reactivos, mientras que no se observaron cambios morfológicos en eritrocitos ni plaquetas. Estos hallazgos sugieren un posible efecto hematotóxico asociado con la exposición a agentes químicos, similar a lo reportado en otros estudios sobre trabajadores expuestos a hidrocarburos y sustancias tóxicas.

Este resultado concuerda con lo reportado por Paraguay en 2020, quien evaluó las alteraciones citomorfológicas en la línea roja, línea blanca y plaquetaria de los trabajadores en contacto directo a los hidrocarburos derivados del petróleo en la ciudad de Ambato, y logró observar linfocitos reactivos en un 7% del total de la

muestra analizada, constituida por 103 trabajadores de diferentes estaciones de servicio (26). La diferencia en la prevalencia podría deberse a variaciones en el grado de exposición, el tiempo de contacto o las características específicas de los agentes implicados.

Los resultados obtenidos demuestran una relación temporal significativa entre la exposición ocupacional prolongada y las alteraciones en los parámetros reológicos sanguíneos. El hallazgo más relevante corresponde a la disminución progresiva de la viscosidad plasmática en función del tiempo de exposición, lo que podría explicarse por diversos mecanismos fisiopatológicos; se ha sugerido que la exposición crónica a hidrocarburos puede inducir cambios en la síntesis de proteínas plasmáticas como el fibrinógeno, principal determinante de la viscosidad plasmática.

Contrariamente a lo observado con la viscosidad plasmática, la agregación eritrocitaria (ADE) mostró un aumento significativo con el tiempo de exposición. Esta aparente paradoja podría deberse a modificaciones en las propiedades de la membrana eritrocitaria inducidas por la acumulación de metabolitos liposolubles, o a un estado de activación plaquetaria secundaria a la exposición crónica.

Hallazgo que concuerda con la investigación realizada por Tiparra en 2023, quien buscaba identificar las alteraciones más frecuentes halladas en sangre relacionadas con la exposición ocupacional al benceno y sus derivados. En sus resultados identificó un aumento de la ADE (8,3%) en los individuos expuestos (27), y sabiendo que la ADE está estrictamente relacionada con la variación de tamaño de los eritrocitos se puede inferir en que la exposición prolongada a los solventes orgánicos pudiese alterar estas células sanguíneas que son parte fundamental en la viscosidad sanguínea.

Conclusiones

El presente estudio permitió identificar alteraciones reológicas sanguíneas en trabajadores de estaciones de servicio expuestos a solventes orgánicos, destacando una disminución significativa en la viscosidad plasmática en comparación con el grupo no expuesto. Estos hallazgos sugieren que la exposición laboral prolongada y las jornadas extensas podrían influir en las propiedades reológicas de la sangre, particularmente en la viscosidad plasmática y la agregación eritrocitaria

(ADE), las cuales mostraron correlación con el tiempo de exposición.

Si bien este estudio aporta evidencia preliminar sobre los efectos hematológicos de la exposición a benceno, se requieren investigaciones con muestras más amplias y diseños longitudinales para establecer relaciones causales, así como la inclusión de otros biomarcadores (fibrinógeno, proteínas plasmáticas) que permitan comprender con mayor precisión los mecanismos detrás de las alteraciones en la viscosidad sanguínea. Finalmente, los resultados obtenidos resaltan la importancia de monitorear la salud hematológica de los trabajadores expuestos a solventes orgánicos y reforzar las medidas de protección laboral para mitigar posibles riesgos en su bienestar a largo plazo.

Conflictos de interés

Los autores reportan ningún conflicto de intereses.

Contribuciones de autores

Participó en la concepción o diseño del estudio: AM, OM, LT, YF

Revisión de la literatura: AM, OM

Participó en el aporte de material de estudio: AM, OM, LT, YF

Brindó asesoría técnica: LT, YF

Recolección/ obtención de los datos: AM, OM, LT, YF

Análisis e interpretación de resultados: AM, OM, LT, YF

Obtuvo el financiamiento: AM, OM

Brindó asesoría estadística: YF

Redacción del artículo: AM, OM, LT, YF

Revisión crítica del artículo: LT, YF

Aprobación de la versión final del artículo: AM, OM, LT, YF

Referencias

1. Andadre M, Correa E, editores. Solventes Orgánicos: importancia de su determinación en los controles laborales [Internet]. MANLAB; 2012 [citado 5 abril 2023]. Disponible en: <http://www.revistabioanalisis.com/images/flippingbook/Rev45%20n/nota3.pdf>

2. Acosta H, Real G. Exposición al benceno en las estaciones de servicio. Alfa Publicaciones. 2022;4(1.1):485-498.
3. Gasolina [Internet]. Ecured.cu. 2015 [citado 13 enero 2023]. Disponible en: <https://www.ecured.cu/Gasolina>
4. Santiago S. 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 [Tesis de pregrado]. Colombia: Universidad Industrial de Santander. 2019.
5. Instituto Nacional de Prevención, Higiene y Seguridad Laboral (INPSASEL). Registro de enfermedades ocupacionales. Venezuela; 2004 [citado 25 julio 2024]. Disponible en: http://www.inpsasel.gob.ve/moo_doc/registro_enfermedades_2004.pdf
6. Laurence L. Las bases farmacológicas de la terapéutica. Colombia; McGraw-Hill Interamericana Editores, S.A. de C. V. 2007.
7. Toxicidad de los solventes como riesgo ocupacional [Internet]. Edu.pe. [citado 14 abril 2024]. Disponible en: <https://sisbib.unmsm.edu.pe/bvrevistas/spmi/v13n1/toxicidad.htm>
8. Levenson J, Simon A. Reología sanguínea y riesgo Cardiovascular. Arch Venez Farmacol Ter 2000;19(1):5-10.
9. Huamaní C, Cruz L, Herrera R, Damian P, Marmanillo R, Antonio D, et al. Importancia de la medición de la Viscosidad sanguínea: retos y limitaciones. Acta Médica Perú 2023;40(2):161-166.
10. Hernández R, Collado F, Baptista M. Metodología de la Investigación. 5ta ed; 2020.
11. Pineda M, Ochoa N, Rodríguez Y, Villaverde C. La experiencia e investigar. Recomendaciones precisas para realizar una investigación y no morir en el intento. 3ra ed. Universidad de Carabobo; 2010.
12. Maldonado C, Fuentes N, Brito N, Corral Y. Algunos Tópicos y Normas Generales Aplicables a la Elaboración de Proyectos y Trabajos de Grado y de Ascenso. Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador (FEDUPEL); 2011.
13. Ministerio del Poder Popular para Ciencia, Tecnología e Innovación (MCTI). LEY ORGÁNICA DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E INNOVACIÓN. Caracas; 24-28; 2010.
14. Yiju L. Cómo hacer una muestra de sangre venosa. Manual MSD versión para profesionales. 2020 [citado 04 septiembre 2023]. Disponible en: <https://www.msdmanuals.com/es-ve/professional/cuidados-cr%C3%ADticos/c%C3%B3mo-hacer-procedimientos-vasculares-perif%C3%A9ricos/c%C3%B3mo-hacer-una-muestra-de-sangre-venosa>
15. Plus Diagnostic. Manual de equipo automatizado de hematología. Febrero 2022
16. Navarro M. Velocidad de Sedimentación Globular: métodos y utilidad clínica. Comunidad y Salud Epidemiología en Acción. 2019;17(2).
17. Manual Viscosímetro SERIE NDJ-5S. Scribd. Revisado el 26 de septiembre, 2024, disponible en: <https://es.scribd.com/document/666608503/Espanol-Manual-Viscosimetro>.
18. Burgaz S, Demircigil GC, Karahalil B, Karakaya AE. Chromosomal damage in peripheral blood lymphocytes of traffic policemen and taxi drivers exposed to urban air pollution. Chemosphere 2002;47(1):57-64. doi: 10.1016/s0045-6535(01)00185-0.
19. Moro AM, Brucker N, Charão MF, Sauer E, Freitas F, Durgante J, et al. Early hematological and immunological alterations in gasoline station attendants exposed to benzene. Environ Res 2015;137:349-356. doi: 10.1016/j.envres.2014.11.003.
20. Lin L, Cao H, Wu B, Wang J, Song L, Chan W, et al. Association between occupational exposure to gasoline and anemia: a retrospective cohort study in China. BMC Public Health 2025;25(1):330. doi: 10.1186/s12889-025-21575-0.
21. Bahadar H, Mostafalou S, Abdollahi M. Current understandings and perspectives on non-cancer health effects of benzene: a global concern. Toxicol Appl Pharmacol 2014;276(2):83-94. doi: 10.1016/j.taap.2014.02.012.
22. Flores R. Efectos hematológicos y hepáticos relacionados con la exposición a solventes en trabajadores de talleres de pintura de vehículos de la ciudad de León [Tesis de postgrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Ciencias Médicas; 2017.
23. Haro L, Vélez N, Aguilar G, Guerrero S, Sánchez V, Muñoz S, et al. Alteraciones hematológicas en trabajadores expuestos ocupacionalmente a mezcla de benceno tolueno y xileno (BTX) en una fábrica de pinturas. Rev Peru Med Exp Salud Publica 2012; 29(2):181-187.
24. Torres L. Benceno urinario, estrés oxidativo y perfil hematológico, hepático y renal en trabajadores de estaciones de servicio en la zona norte de Valencia-Venezuela, 2012-2013. [Tesis de posgrado] Universidad de Carabobo, Facultad de Ciencias de la Salud, Maestría en Toxicología Analítica; 2014.
25. Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (INSST). BENCENO; España. 2018.
26. Paguay T. Evaluación de las alteraciones citomorfológicas en la línea roja, línea blanca y plaquetaria de los trabajadores en contacto directo a los hidrocarburos derivados del petróleo en la ciudad de Ambato [Tesis de pregrado]. Riobamba: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Carrera de Bioquímica y Farmacia; 2020.
27. Tiparra A. Alteraciones halladas en sangre por exposición ocupacional a benceno y sus derivados [Tesis de pregrado]. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Facultad de Medicina, Escuela Profesional de Tecnología Médica; 2023.