


Artículo Original / Original Article

[10.18004/mem.iics/1812-9528/2025.e23122509](https://doi.org/10.18004/mem.iics/1812-9528/2025.e23122509)

Evaluación hematológica y química hepática en trabajadores expuestos a componentes de la gasolina, Ciudad del Este - Paraguay

*Sol María Jazmín Noguera Quintana¹, Analía Milagros López Sosa¹, Gloria Elena Cardozo Ocampos¹

¹Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción, Facultad de Ciencias de la Salud (FACSA). Campus Alto Paraná. Hernandarias. Paraguay

Editor Responsable: María Eugenia Galeano Dinatale . Universidad Nacional de Asunción, Instituto de Investigaciones en Ciencias de la Salud, San Lorenzo Paraguay. Email: maruphd@hotmail.com

**Cómo referenciar este artículo/
How to reference this article:**

Noguera Quintana SMJ, López Sosa AM, Cardozo Ocampos GE. Evaluación hematológica y química hepática en trabajadores expuestos a componentes de la gasolina, Ciudad del Este - Paraguay. Mem. Inst. Investig. Cienc. Salud. 2025; 23(1): e23122509.

RESUMEN

Ciertos solventes orgánicos que son constituyentes principales de la gasolina, como: benceno, tolueno y xileno, pueden generar efectos adversos como la hepatotoxicidad y alteración de la médula ósea en la salud de los trabajadores de estaciones de servicio. Se realizó un estudio observacional, transversal y descriptivo con enfoque cuantitativo, con el propósito de describir los niveles basales los parámetros hematológicos y de química hepática (GGT, bilirrubina total, directa e indirecta) en trabajadores de estaciones de servicio de Ciudad del Este con respecto a la antigüedad laboral. Participaron 49 trabajadores de 15 estaciones de servicio de la ciudad. Los análisis clínicos se realizaron en el laboratorio externo de la Universidad Católica, campus Alto Paraná. Los datos se procesaron mediante estadística descriptiva y la prueba de Anova. Los resultados revelaron que en hombres predominaron alteraciones en hemoglobina (29,7%), glóbulos rojos (21,6%) y linfocitos (59,5%), mientras que en mujeres se observó mayor frecuencia de alteraciones en neutrófilos (66,7%), linfocitos (58,3%) y eosinófilos (50%). El 8,16% de los participantes (todos hombres) presentó al menos un parámetro hepático alterado (bilirrubinas). Se identificó un aumento lineal no significativo de glóbulos rojos, hematocrito y hemoglobina con la antigüedad, y un descenso en plaquetas. Estos hallazgos, aunque subclínicos, resaltan la importancia de implementar programas de vigilancia médica periódica para la detección temprana y el cuidado de la salud de los trabajadores. Se recomienda realizar estudios longitudinales de tipo caso-control para confirmar las tendencias observadas y estudiar los efectos a largo plazo.

Palabras clave: parámetros hematológicos, parámetros hepáticos, exposición ocupacional, gasolina, estaciones de servicio.

Recepción: 28 de julio 2025. **Revisión:** 06 de agosto 2025. **Aceptación:** 25 de diciembre 2025.

*Autor correspondiente: Sol María Jazmín Noguera Quintana: Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción, Facultad de Ciencias de la Salud (FACSA). Campus Alto Paraná. Hernandarias. Paraguay.

Email: noguerasol079@gmail.com



This is an open access article published under a Creative Commons License.

Hematological and hepatic chemical evaluation among workers exposed to gasoline components, Ciudad del Este-Paraguay

ABSTRACT

Certain organic solvents that are key components gasoline, such as benzene, toluene, and xylene, can cause adverse effects such as hepatotoxicity and bone marrow alterations in the health of service station workers. A cross-sectional, descriptive observational study with a quantitative approach was conducted with the purpose of describing potential variations in hematological parameters and liver chemistry (GGT, total, direct, and indirect bilirubin) in service station workers in Ciudad del Este concerning their length of employment. Forty-nine workers from 15 service stations in the city participated. The clinical analyses were carried out at the external laboratory of the Catholic University, Alto Paraná campus. The data were processed using descriptive statistics and the ANOVA test. The results revealed that in men, alterations in hemoglobin (29.7%), red blood cells (21.6%), and lymphocytes (59.5%) predominated, while in women, the most frequent alterations were found in neutrophils (66.7%), lymphocytes (58.3%), and eosinophils (50%). 8.16% of the participants (all men) had at least one altered liver parameter (bilirubin). A non-significant linear increase in red blood cells, hematocrit, and hemoglobin with length of employment was observed, alongside a decrease in platelets. These findings, though subclinical, highlight the importance of implementing regular medical surveillance programs for early detection and health care for workers. It is recommended that longitudinal case-control studies be conducted to confirm the observed trends and investigate long-term effects.

Keywords: hematological parameters, hepatic parameters, occupational exposure, gasoline, gas stations.

INTRODUCCIÓN

La implementación de medidas de prevención en salud ocupacional frente al riesgo químico ha avanzado significativamente en los países desarrollados. Sin embargo, a nivel global, la capacidad para gestionar la exposición a sustancias peligrosas y proteger la salud de los trabajadores lucha por mantenerse al día con la expansión de su uso, una brecha especialmente pronunciada en las naciones en desarrollo ⁽¹⁾.

En este contexto, es fundamental generar información confiable que permita identificar y monitorear los riesgos en actividades laborales específicas, como aquellas que implican el contacto con materiales de potencial toxicidad. El análisis de parámetros hematológicos y bioquímicos es una herramienta clave para este monitoreo.

La gasolina comercializada contiene diversos solventes orgánicos volátiles. Aunque se presenta como una mezcla compleja, sus principales componentes tóxicos son el benceno, el tolueno y el xileno (BTX). Estos compuestos actúan fundamentalmente sobre el sistema nervioso central, pudiendo causar somnolencia, fatiga y cefalea ⁽²⁾. Además, múltiples estudios han demostrado que pueden alterar la función de la médula ósea, induciendo cambios en la producción de glóbulos rojos, leucocitos y plaquetas⁽³⁻⁶⁾.

La toxicocinética del BTX se caracteriza por una rápida absorción pulmonar de sus vapores, facilitada por su naturaleza lipofílica. Una vez en el organismo, estos compuestos se distribuyen a diversos órganos diana y son biotransformados principalmente en el hígado para facilitar su excreción⁽⁷⁾. Este proceso hepático es una vía común para el grupo BTX, ya que los tres hidrocarburos son metabolizados inicialmente por la misma isoenzima del citocromo P450, la CYP2E1, antes de entrar en las fases de conjugación que los preparan para su eliminación renal⁽²⁾. De forma paralela a esta función, se ha reportado una asociación entre la actividad de esta enzima y la generación de especies reactivas de oxígeno (ROS), un mecanismo de alteración celular⁽⁸⁾.

En Paraguay, el sector de distribución de combustibles ha experimentado una notable expansión. Específicamente en la región de Alto Paraná, existe un número considerable de trabajadores en estaciones de servicio. Según un listado oficial proporcionado por la Municipalidad de Ciudad del Este, a la fecha del estudio en 2023 se encontraban habilitadas 65 estaciones de servicio en la ciudad, lo que dimensiona el universo de trabajadores en contacto directo con los componentes de la gasolina⁽⁹⁾.

Esta población laboral está en contacto directo y continuo con los componentes de la gasolina durante su jornada, que la expone a los riesgos de salud mencionados.

Teniendo en cuenta estos antecedentes, el presente estudio se propuso describir los valores basales de los parámetros hematológicos y hepáticos en un grupo de trabajadores de estaciones de servicio de Ciudad del Este, y comparar de manera descriptiva los resultados según distintos rangos de antigüedad laboral.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño metodológico

Este trabajo observacional, no experimental, descriptivo, con enfoque cuantitativo y de corte transversal se realizó con el objetivo de evaluar parámetros hematológicos y hepáticos de 49 trabajadores de estaciones de servicio que realizan expendio de combustibles. Los participantes fueron seleccionados mediante un muestreo no probabilístico por conveniencia. Los criterios de inclusión para este estudio abarcaron a trabajadores de las estaciones de servicio ubicadas en Ciudad del Este, siempre que fueran mayores de 18 años y hubieran aceptado participar voluntariamente. Por otro lado, los criterios de exclusión consideraron a aquellos trabajadores que se negaron a firmar el consentimiento informado, así como a quienes presentaban un hábito de consumo frecuente de alcohol o tabaco. Adicionalmente, se excluyó a los participantes con antecedentes de enfermedades hepáticas o hematológicas cuya antigüedad en el rubro fuera menor a un año.

De un total de 65 estaciones habilitadas en la ciudad, se incluyeron 15, elegidas según disponibilidad de acceso, aceptación institucional y la aceptación voluntaria de los trabajadores y su firma del consentimiento informado. Las estaciones participantes se distribuyeron en distintos puntos geográficos de la ciudad, incluyendo los barrios San José, Boquerón, Santa Ana, Área 2, Km 4 y Km 6/5, lo que permitió una variabilidad espacial y operativa en términos de ubicación, condiciones laborales y nivel de exposición ambiental.

La recolección de datos y los análisis clínicos se llevaron a cabo durante los meses julio - agosto 2023.

Recolección de datos personales y antropométricos:

Previa firma de una nota de consentimiento informado, se empleó un cuestionario para la recolección de datos como: edad, sexo, antigüedad laboral, conocimiento de equipo de protección personal. El peso corporal se registró empleando una balanza personal BRAVO para la medición del peso y cinta métrica para la altura. Mediante una fórmula matemática se obtuvieron los valores del IMC de cada sujeto. El estado nutricional fue clasificado con ayuda del estándar designado por la OMS⁽¹⁰⁾.

Determinación del perfil hematológico y hepático:

Las muestras de sangre fueron extraídas por venopunción siguiendo normas estándar de bioseguridad y asepsia, recolectando 2 mL en tubos con EDTA para hemograma y 3 mL en tubos secos para pruebas hepáticas. La recolección fue realizada por personal capacitado en el lugar de trabajo, utilizando material estéril y descartable.

La determinación de parámetros del perfil hepático se hizo con el equipo automatizado de química hepática BS-200E/BA-88A para determinación de bilirrubina total, directa y GGT empleando reactivos de la marca HUMAN.

El análisis del hemograma utilizó el analizador hematológico automatizado Humacount 30^{TS} basado en el principio de la impedancia eléctrica para el conteo de las poblaciones celulares (glóbulos rojos, blancos y plaquetas), así como de espectrofotometría de absorción para la medición de hemoglobina, VCM a partir del histograma de los glóbulos rojos, HCM y CHCM mediante cálculo matemático realizado por el mismo equipo. Para la fórmula leucocitaria se llevó a cabo el método manual de preparación del frotis sanguíneo con posterior tinción de May-Grunwald-Giemsa.

Análisis estadístico

Los datos obtenidos fueron organizados e introducidos en planillas de Microsoft Excel 2019, donde se realizó una primera depuración, codificación y estructuración de las variables de estudio, también se utilizó en la sistematización y elaboración de tablas, así como en el análisis estadístico, aplicando medidas de estadística descriptiva (medias, frecuencias y desviación estándar). Posteriormente, se empleó el software SPSS Statistics versión 25 para llevar a cabo la prueba ANOVA para evaluar diferencias en los parámetros según la antigüedad laboral.

Asuntos éticos

El protocolo de este trabajo ha sido aprobado por el Comité de Ética, y se ha obtenido el consentimiento informado de los sujetos del estudio. El documento que certifica esta aprobación será anexado.

Responsabilidades éticas

Protección de personas

Los procedimientos seguidos se ajustaron a las normas éticas del comité de experimentación humana y a los estándares del CIOMS, conforme a la Declaración de Helsinki.

Confidencialidad de los datos

Se han seguido los protocolos de la institución para asegurar la confidencialidad de los datos, su uso exclusivo para fines científicos y el consentimiento informado. Los datos serán tratados de forma anónima para proteger la identidad de los participantes.

Derecho a la privacidad y consentimiento informado

Los autores han obtenido el consentimiento informado de los pacientes y/o sujetos referidos en el artículo.

RESULTADOS

Para el presente estudio se visitaron 15 estaciones de servicio localizadas en Ciudad del Este, fueron encuestados 59 trabajadores con cargo exclusivo de expendio de gasolina, de los cuales se analizaron muestras de 49 de ellos debido a que cumplían los criterios de inclusión, y aceptaron participar de forma voluntaria en el trabajo de investigación. De estos trabajadores 12 eran del sexo femenino y 37 del masculino, el rango de antigüedad en el rubro de los mismos es de 1 a 24 años (\bar{X} : $6 \pm 5,9$), mientras que el rango de edad se extiende de 18 a 61 años (\bar{X} : $31 \pm 9,3$). En la Tabla 1 se presentan las características generales y ocupacionales de la población en estudio.

Tabla 1. Características generales de los trabajadores de las Estaciones de Servicio de Ciudad del Este, Paraguay (n=49).

Características	
Sexo (n, %)	
Masculino	37 (76%)
Femenino	12 (24%)
Edad (años)	\bar{X} : 31 (DE: $\pm 9,3$)
Antigüedad laboral (años)	6 (DE: $\pm 5,9$)
Estado nutricional (n, %)	
Desnutrido	0(0%)
Normopeso	17 (35%)
Sobrepeso	22 (45%)
Obesidad	10(20%)
Uso de equipos de protección personal	
Sí	49(100%)
No	0(0%)
Tipo de Equipo de protección personal utilizado	
Solo uniforme	1(2%)
Uniforme y botas	47(96%)
Guantes, uniforme y botas	1(2%)
Mascarilla	0(0%)
Capacitación sobre salud laboral y medidas de seguridad ocupacionales	
Si	32 (65%)
No	17(35%)

Con respecto al comportamiento de los parámetros hematológicos evaluados los resultados revelan diferencias entre hombres, mujeres y el total de la muestra. En los hombres, todas las medias se mantuvieron dentro de los valores de referencia, mientras que en las mujeres solo se observó un ligero aumento en el porcentaje medio de linfocitos (38%) respecto al rango normal (23–35%). No obstante, al analizar la proporción de sujetos con alteraciones, se identificó que en los hombres predominaron las alteraciones en hemoglobina (29,7%), glóbulos rojos (21,6%) y linfocitos (59,5%), mientras que en las mujeres se observó mayor frecuencia de alteraciones en neutrófilos (66,7%), linfocitos (58,3%) y eosinófilos (50%). En ambos sexos no se detectaron alteraciones en los basófilos. Tabla 2.

Tabla 2. Distribución y variabilidad de parámetros hematológicos por sexo.

Parámetro	Hombres		Mujeres		Total	
	Media y DE	N (%) de pacientes con alteraciones	Media y DE	N (%) de pacientes con alteraciones	Media y DE	N (%) de pacientes con alteraciones
GB (/mm ³)	7513 ± 1839	3(8,1%)	7329 ± 1356	0(0,0%)	7468 ± 1722	3(6,1%)
GR (/mm ³)	5192703 ± 386880	8(21,6%)	4437500 ± 253059	0(0,0%)	5007755 ± 484352	8(16,3%)
HB (g/dl)	14,65 ± 1,07	11(29,7%)	13,08 ± 1,08	0(0,0%)	14,26 ± 1,26	11(22,4%)
HTO (%)	45,90 ± 3,23	3(8,1%)	40,10 ± 2,52	0(0,0%)	44,47 ± 3,95	3(6,1%)
Plaquetas (/mm ³)	224378 ± 49794	3(8,1%)	241250 ± 55637	1(8,3%)	228510 ± 51212	4 (8,2%)
Neutrófilos (%)	57 ± 8	20(54,1%)	57 ± 10	8(66,7%)	57 ± 9	28(57,1%)
Linfocitos (%)	35 ± 8	22(59,5%)	38 ± 9	7(58,3%)	36 ± 9	29(59,2%)
Monocitos (%)	5 ± 2	8(21,6%)	4 ± 1	0(0,0%)	4 ± 2	8(16,3%)
Eosinófilos (%)	3 ± 2	13(35,1%)	1 ± 1	6(50,0%)	2 ± 2	19(38,8%)
Basófilos (%)	0 ± 0	0(0,0%)	0 ± 0	0(0,0%)	0 ± 0	0(0,0%)

Con respecto a los parámetros de la química hepática analizados, el 8,16% (n=4) de ellos presenta valores séricos alterados en al menos uno de los parámetros analizados, todos ellos son del sexo masculino. De los 4 parámetros hepáticos analizados (GGT, BT, BD, BI), 3 se encontraron alterados (BT, BD, BI) y su distribución se describe a continuación (Tabla 3).

Tabla 3. Distribución y variabilidad de parámetros hepáticos por sexo.

Parámetro	Hombres		Mujeres		Total	
	Media y DE	N (%) de pacientes con alteraciones	Media y DE	N (%) de pacientes con alteraciones	Media y DE	N (%) de pacientes con alteraciones
GGT (U/l)	22 ± 9	0(0,0%)	16 ± 7	0 (0,0%)	21 ± 9	0(0,0%)
BT (mg/dl)	0,64 ± 0,43	3(8,1%)	0,51 ± 0,14	0 (0,0%)	0,61 ± 0,38	3(6,1%)
BD (mg/dl)	0,19 ± 0,10	1(2,7%)	0,20 ± 0,04	0 (0,0%)	0,19 ± 0,09	1(2,0%)
BI (mg/dl)	0,46 ± 0,34	4(10,8%)	0,32 ± 0,13	0 (0,0%)	0,42 ± 0,31	4(8,2%)

Con respecto al comportamiento del hemograma en relación con la antigüedad, solo se observa un aumento lineal de la media de los glóbulos rojos, hematocrito, hemoglobina y monocitos. Mientras que las plaquetas presentan un comportamiento inverso. Sin embargo, todos ellos se mantienen dentro del rango de referencia (a excepción de los glóbulos rojos) y no presentan significancia estadística (Tabla 4).

Tabla 4. Media y significancia estadística de los parámetros hematológicos en relación a los años de antigüedad laboral.

Parámetro	Años de antigüedad				Valor p*
	1 a 6 (n=31)	7 a 12 (n=9)	13 a 18 (n=7)	19 a 24 (n=2)	
Glóbulos blancos (/mm³)	7449	8685	6416	6570	0,134
Glóbulos rojos (/mm³)	4877419	5213333	5230000	5325000	0,097
Hemoglobina (g/dL)	13,98	14,83	14,64	14,65	0,231
Hematocrito (%)	43,53	46,06	46,23	45,72	0,182
VCM (fl)	89,35	88,33	88,57	85,50	0,455
HCM (pg)	28,72	28,47	28,10	27,45	0,599
CHCM (g/dl)	32,18	32,18	31,74	32,00	0,798
Plaquetas (/mm³)	234846	242750	205200	163000	0,204
Neutrófilos (%)	58,13	56,56	54,00	61,00	0,615
Linfocitos (%)	35,61	35,00	38,00	30,50	0,569
Monocitos (%)	4,13	4,44	5,57	6,50	0,239
Eosinófilos (%)	1,81	3,67	2,42	2,00	0,096
Basófilos (%)	0,32	0,33	0,00	0,00	0,605

*Prueba de ANOVA. Nivel de significancia 0,05.

En la Tabla 5 se presentan los valores de la media del comportamiento de los parámetros hepáticos evaluados con respecto a la antigüedad, se evidencia que la mayor parte de los participantes presentan valores dentro de los rangos de referencia y ninguno de los parámetros presentó asociación estadística significativa con esta variable.

Tabla 5. Media y significancia estadística de los parámetros hepáticos con respecto a la antigüedad laboral.

Parámetro	Años de antigüedad				Valor de p*
	1 a 6 (n= 31)	7 a 12 (n= 9)	13 a 18 (n= 7)	19 a 24 (n= 2)	
GGT	20	21	21	32	0,978
BT	0,5	1,0	0,9	0,9	0,483
BD	0,2	0,2	0,2	0,3	0,398
BI	0,4	0,4	0,7	0,6	0,325

* mg/dl para BT, BD, BI y U/I para GGT

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Este estudio tuvo como objetivo describir las posibles variaciones de los niveles basales de los parámetros hematológicos y de química hepática en trabajadores expuestos a componentes de la gasolina en estaciones de servicio, con respecto a la antigüedad laboral.

La población evaluada presentó una edad promedio de 31 años (DE: $\pm 9,3$) y una antigüedad laboral media de 6 años (DE: $\pm 5,9$), con rangos que alcanzaron hasta los 24 años de servicio, lo cual coincide con las características descritas por Santacruz D y Amarilla M⁽¹¹⁾ en una población similar de trabajadores de estaciones de servicio en

Paraguay. El 76% de los participantes eran del sexo masculino, lo que refleja la distribución laboral habitual del sector; sin embargo, no se observaron diferencias significativas entre sexos en los parámetros analizados.

Referente a la capacitación sobre medidas de seguridad el 65% afirmó haber participado y tener conocimientos, lo cual se asemeja a los datos recabados por los autores en el estudio previamente mencionado ⁽¹¹⁾, que indicaron que más de la mitad del personal informó poseerlos.

En cuanto al uso de equipos de protección personal (EPP), el 100% reportó utilizar uniforme y botas; sin embargo, el uso de guantes fue poco frecuente y ninguno mencionó el uso de mascarilla, lo cual evidencia una brecha tanto en la protección respiratoria como dérmica. Esto coincide con lo reportado por Chávez ⁽¹²⁾, quien documentó que, pese a recibir kits completos de EPP, los trabajadores de estaciones de servicio no hacían uso adecuado de guantes ni mascarillas.

La mayoría de las medias de los parámetros hematológicos analizados en hombres y mujeres se encontraron dentro de los rangos de referencia establecidos. Sin embargo, se observaron alteraciones en un porcentaje considerable de la población, especialmente en variables como hemoglobina, glóbulos rojos, neutrófilos, linfocitos, monocitos y eosinófilos, lo que sugiere efectos subclínicos de la exposición que no necesariamente se reflejan en la media poblacional.

Al comparar nuestros hallazgos con los reportados en la literatura, se observan coincidencias y también discrepancias. Por ejemplo, en cuanto a las diferencias por sexo, la media de linfocitos fue ligeramente superior al rango de referencia en las mujeres (38% vs. 23–35%), mientras que en los hombres se mantuvo dentro de la normalidad. Además, la proporción de mujeres con alteraciones en neutrófilos (66,7%) y eosinófilos (50%) fue mayor que la de los hombres (54,1% y 35,1%, respectivamente). Esto coincide parcialmente con lo señalado por Moro et al. ⁽¹³⁾, quienes encontraron que las mujeres podrían ser más susceptibles a las alteraciones hematológicas asociadas a la exposición a benceno. Sin embargo, en nuestro estudio las medias poblacionales femeninas permanecieron dentro de rango normal (excepto linfocitos), lo cual podría atribuirse a las características metodológicas: nuestro tamaño muestral femenino fue reducido (n=12), lo que limita la capacidad de detectar diferencias estadísticamente significativas y puede atenuar las comparaciones con estudios con mayor representación de mujeres.

Por otro lado, la mayor proporción de hombres con alteraciones en hemoglobina (29,7%) y glóbulos rojos (21,6%) coincide con lo descrito por Teklu et al. ⁽¹⁴⁾ y Chaiklieng et al. ⁽¹⁵⁾, quienes demostraron que la exposición crónica a vapores de gasolina se asocia con disminuciones en hemoglobina, hematocrito y recuento eritrocitario, particularmente en trabajadores con mayor tiempo de servicio. En nuestro estudio, aunque las medias poblacionales se mantuvieron en rango normal, la proporción de hombres afectados podría reflejar variaciones individuales en la susceptibilidad o diferencias en el grado de exposición según las tareas desempeñadas, como también la distribución demográfica de la población.

En relación con los glóbulos blancos, se identificaron alteraciones en un 8,1% de los hombres, mientras que ninguna mujer presentó este tipo de cambio. Tanto en hombres como en mujeres se evidenció una alta frecuencia de alteraciones en linfocitos y neutrófilos ($\approx 60\%$), hallazgo similar al descrito por Zhang et al. ⁽¹⁶⁾ quienes documentaron linfocitopenia y neutropenia como efectos tempranos de la toxicidad hematológica inducida por benceno. Sin embargo, la diferencia principal radica en el diseño: nuestro estudio transversal ofrece una "fotografía" en un momento determinado, sin permitir evaluar progresión temporal ni establecer causalidad, mientras que el diseño longitudinal del autor mencionado identificó cambios acumulativos dependientes de la dosis.

Esta discrepancia metodológica podría explicar por qué en nuestra población no se evidenció una disminución significativa del valor de las medias, sino más bien un aumento en la proporción de sujetos con alteraciones.

La ausencia de alteraciones en basófilos concuerda con el estudio revisado de Kuranchie et al. ⁽¹⁷⁾, que no describen cambios relevantes en esta línea celular. Este

hallazgo refuerza la consistencia entre nuestro estudio y la literatura en aquellos parámetros que no suelen ser sensibles a la exposición a BTEX.

En cuanto a los parámetros de química hepática, las medias de GGT y bilirrubina total, directa e indirecta se mantuvieron dentro de los valores de referencia en hombres y mujeres, indicando ausencia de alteraciones significativas a nivel poblacional. Sin embargo, se registraron alteraciones individuales en bilirrubinas exclusivamente en los hombres, lo que sugiere cierta susceptibilidad hepática en este grupo. De la muestra total, solo 4 participantes (8,16%) presentaron al menos un parámetro sérico alterado, todos del sexo masculino: bilirrubina total 8,1%, directa 2,7% e indirecta 10,8%. Algunos de estos individuos presentaron más de un parámetro alterado, lo que explica los porcentajes individuales por tipo de bilirrubina.

Estos hallazgos, particularmente la concentración de alteraciones en bilirrubinas exclusivamente en hombres, concuerdan con la literatura que reporta diferencias en los niveles séricos de bilirrubina entre sexos, siendo generalmente más elevados en hombres que en mujeres⁽¹⁸⁾. Esta predisposición fisiológica por diferencias en el metabolismo hepático podría explicar la mayor susceptibilidad observada en nuestra cohorte masculina. En este contexto, estudios como el de Jabir et al. han encontrado alteraciones en bilirrubina principalmente en trabajadores con exposiciones prolongadas, sugiriendo que la duración del contacto con ciertos agentes es un factor determinante en la aparición de estas disfunciones⁽¹⁹⁾. Por su parte, Carvalho et al. describieron elevaciones en GGT en trabajadores de refinerías, un contexto de exposición más intensa que podría explicar la discrepancia con nuestros resultados⁽²⁰⁾.

Las diferencias metodológicas entre estudios (nivel y tiempo de exposición, tipo de población, tamaño muestral y control de factores confundentes como consumo de alcohol o uso de fármacos hepatotóxicos) podrían justificar estas variaciones.

En conjunto, nuestros resultados sugieren que las alteraciones hepáticas en trabajadores de estaciones de servicio son discretas y focalizadas, mientras que parámetros como la GGT podrían requerir exposiciones más prolongadas o intensas para evidenciar cambios.

Al analizar los parámetros hematológicos con respecto a la antigüedad laboral, específicamente la serie roja, en 2019 un estudio⁽²¹⁾ observó el aumento de la concentración de eritrocitos en la totalidad de una población expuesta a los componentes de la gasolina. Este hallazgo coincide con los resultados de este estudio donde se evidenció un crecimiento lineal de los valores medios de eritrocitos, hemoglobina y hematocrito conforme aumentaba la antigüedad laboral, aunque sin alcanzar significancia estadística. Sin embargo, los resultados de la Tabla 4 no estratifica los valores hematológicos por sexo, lo que puede generar sesgo, ese incremento observado puede deberse a una sobrerrepresentación masculina en las categorías de mayor antigüedad laboral.

Por otro lado, Sahb⁽²²⁾ reportó un decrecimiento significativo en la media de hemoglobina, hematocrito e índices eritrocitarios, lo cual difiere de los hallazgos de este trabajo, en el que, a pesar del aumento lineal de los valores, los parámetros se mantuvieron dentro de los rangos normales.

En cuanto a las plaquetas, se observó que sus valores medios se mantuvieron dentro del rango normal, aunque presentaron una tendencia decreciente conforme aumentaban los años de exposición ocupacional. Este comportamiento inverso coincide con lo planteado por Sun et al. quienes identifican la exposición recurrente como un factor crítico para la afectación de los linajes celulares, atribuida a una disminución progresiva de la función medular⁽²³⁾. Igualmente, nuestro estudio se ve limitado por no haber podido realizar un seguimiento a los participantes a lo largo de su vida laboral. En consecuencia, resulta complejo determinar la evolución exacta de estos cambios en el tiempo y confirmar que la exposición prolongada en el trabajo fue la causa principal.

Cuando se comparan los valores obtenidos con la variable antigüedad o tiempo de exposición se contempla que la media de los valores séricos de las determinaciones realizadas - dentro de los valores referenciales - se encuentran incrementadas en el grupo de participantes con más 19 años en el rubro para GGT (\bar{X} = 32) y BD (\bar{X} = 0,3

mg/dl); mientras que para BT se manifiesta el aumento en el rango de 7 a 12 años ($\bar{X}= 1,0$ mg/ dl) y para BI en el rango de 13 a 18 años ($\bar{X}=0,7$ mg/dl). Así mismo lo expuesto en 2022 por Santa Cruz y Amarilla ⁽¹¹⁾ refiere un aumento de la media para todos los parámetros hepáticos pero especialmente GGT en el grupo de trabajadores que tienen más de 7 años de antigüedad en el rubro ($\bar{X}= 32$) concordando exactamente con la media de los participantes de este trabajo para tal determinación, sin embargo, no se ha encontrado significancia estadística en ambos casos; lo que difiere de los resultados del trabajo de Molina y Vargas ⁽²⁴⁾ que establecieron relaciones significativas, sugiriendo, que la exposición a disolventes orgánicos se asocia con el incremento de la actividad de GGT; mientras que con respecto al comportamiento de la BT, los datos de este estudio corresponden con lo investigado por los autores citados previamente, manifestándose una tendencia incremental a partir de los 7 años de antigüedad, lo que también concuerda con Majid et al. ⁽²⁵⁾ en el aumento para el grupo de trabajadores de entre 6 a 10 años de antigüedad, aunque en este caso la significancia estadística si fue comprobada, infiriendo así que un mayor periodo de exposición a los vapores tóxicos de la gasolina pueden asociarse a efectos hepáticos adversos.

En este trabajo se constata el ligero aumento de BD en el grupo de mayor exposición, en contrapartida, un estudio reciente ⁽¹¹⁾ encontró una asociación inversa significativa, es decir, un decrecimiento de las medias en comparación al incremento de los años de trabajo, y consideraron que este resultado podría atribuirse a la dificultad con la que el hígado conjuga la bilirrubina a medida que sus funciones se ven afectadas.

Referente a la BI se obtuvo un valor promedio normal ($\bar{X}=0,4$ mg/dl), similar a la media señalada obtenida por Negrin et al. ($\bar{X}=0,5$ mg/dl) en 2014 ⁽²⁶⁾.

Por último, el valor de p presentado corresponde al resultado de la prueba ANOVA de un factor. Este valor indica si existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de todos los grupos de antigüedad (1-6, 7-12, 13-18 y 19-24 años) considerados en conjunto, y no a una comparación entre pares de grupos específicos. Dado que ninguno de los valores p obtenidos fue estadísticamente significativo ($p > 0.05$), no se procedió a realizar pruebas de comparación múltiple (post-hoc), ya que no se encontró evidencia de una diferencia global entre los grupos analizados.

Aunque el estudio tuvo como objetivo demostrar una correlación estadísticamente significativa entre la antigüedad laboral y las alteraciones del perfil hepático, los resultados obtenidos no permiten atribuir una relación directa. No obstante, las tendencias observadas permiten generar nuevas hipótesis sobre la posible afectación hepática por exposición ocupacional crónica. Es importante profundizar en el impacto que la exposición prolongada tiene en la salud de los trabajadores a largo plazo. Si bien no se halló una relación clara entre antigüedad y alteraciones de salud, la tendencia observada podría indicar un efecto acumulativo de la exposición crónica que, con el tiempo, podría derivar en problemas de salud más graves, como enfermedades hematológicas o hepática

Es importante destacar que este trabajo ha analizado nuevos enfoques de una población ya conocida, de modo a aportar nuevos datos y realizar inferencias que pueden servir de base para generar nuevas líneas de investigación.

Algunas de las limitaciones a las que nos hemos enfrentado durante el desarrollo de este trabajo de investigación son, en primer lugar, el acceso a la población, este pudo verse afectado por las rigurosas políticas propuestas por los emblemas para obtener información sobre los empleados; así también, la falta de homogeneidad con respecto al género y el tamaño de la muestra, ya que para establecer relaciones del conjunto de datos y resultados que sean más precisos y representativos, es importante considerar un tamaño muestral mayor.

Se recomienda realizar estudios de casos y controles longitudinales para evaluar los efectos a largo plazo de la exposición a gasolina, incorporar la medición de metabolitos (fenol, ácido hipúrico y metil-hipúrico) como índices biológicos de exposición, y complementar con pruebas citogenéticas para valorar efectos genotóxicos. Asimismo, se sugiere replicar la investigación en otras poblaciones con exposición crónica a solventes orgánicos y considerar la influencia del estado

nutricional en la variación de los parámetros analizados, dado que una alta proporción de los participantes presentaba sobrepeso.

En síntesis, este estudio revela la presencia de alteraciones subclínicas en parámetros hematológicos y de química hepática en una proporción considerable de los trabajadores expuestos a componentes de la gasolina, a pesar de que los valores promedio poblacionales se mantuvieron dentro de los rangos de referencia. Se identificaron diferencias notables en la susceptibilidad individual según el sexo, con predominio de alteraciones eritrocitarias y linfocitarias en hombres, y de la serie blanca en mujeres. Se observó una tendencia incremental en los niveles de bilirrubina asociada a la antigüedad laboral a partir de los siete años, sugiriendo posibles efectos acumulativos de la exposición crónica. La brecha detectada en el uso de equipos de protección personal, especialmente mascarillas y guantes, resalta la necesidad de fortalecer los programas de vigilancia médica y capacitación en salud ocupacional. Estos hallazgos sientan las bases para futuras investigaciones longitudinales que incorporen biomarcadores de exposición y pruebas citogenéticas para comprender plenamente el impacto a largo plazo de la exposición ocupacional en este sector.

Contribución de autores: Sol Noguera y Analía López, quienes llevaron adelante el diseño metodológico, el trabajo de campo, la toma y análisis de muestras, así como el procesamiento estadístico y la redacción del artículo. La coordinación académica y la supervisión general del proyecto estuvieron a cargo de la Bioquímica MSc. Gloria Elena Cardozo Ocampos, quien acompañó cada etapa del proceso con su orientación metodológica y revisión crítica del manuscrito.

Revisión por pares: Este artículo fue evaluado mediante un proceso de revisión por pares doble ciego, conforme a la política de transparencia editorial de la revista. Los comentarios de los evaluadores y su identidad no están disponibles para esta publicación. Las observaciones y sugerencias fueron consideradas por los autores, quienes realizaron las modificaciones necesarias hasta llegar a la versión final publicada. Este procedimiento tiene como objetivo garantizar la integridad científica del artículo.

Financiación: Estos resultados forman parte de la presentación de Trabajo Final de Grado de los autores, por tanto, la financiación fue de manera personal por cada autor.

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener conflictos de interés.

Disponibilidad de datos previa solicitud: Los conjuntos de datos generados y/o analizados durante el estudio están disponibles previa solicitud al autor correspondiente: Sol Noguera, Correo electrónico: noguerasol079@gmail.com]

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Mandrioli D, Azzi M. Exposure to hazardous chemicals at work and resulting health impacts: A global review [Internet]. Geneva: International Labour Organization; 2021 [consultado el 22 de agosto de 2025]. https://www.ilo.org/sites/default/files/wcmsp5/groups/public/@ed_dialogue/@lab_admin/documents/publication/wcms_791876.pdf
2. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Interaction profile for benzene, toluene, ethylbenzene, and xylenes (BTEX). Atlanta, GA: US Department of Health and Human Services; 2004 [consultado el 16 de febrero de 2023]. p. 5-59. https://www.atsdr.cdc.gov/interaction_profiles/media/pdfs/ip05.pdf
3. Moro AM, Brucker N, Charão MF, Sauer E, Freitas F, Durgante J, Bubols G, Campanharo S, Linden R, Souza AP, Bonorino C, Moresco R, Pilger D, Gioda A, Farsky S, Duschl A, Garcia SC. Early hematological and immunological alterations in gasoline station attendants exposed to benzene. *Environ Res* [Internet]. 2015 [consultado el 16 de febrero de 2023]; 137: 349-56. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25601738/>

4. Snyder R. Leukemia and benzene. *Int J Environ Res Public Health* [Internet]. 2012 Aug [consultado el 22 de agosto de 2025]; 9(8): 2875-93. <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3447593/pdf/ijerph-09-02875.pdf>
5. Smith MT. Advances in understanding benzene health effects and susceptibility. *Annu Rev Public Health* [Internet]. 2010 [consultado el 23 de agosto de 2025]; 31: 133-48. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20070208/>
6. Vlaanderen J, Lan Q, Kromhout H, Rothman N, Vermeulen R. Occupational benzene exposure and the risk of lymphoma and leukemia: a meta-analysis of cohort studies. *Am J Epidemiol* [Internet]. 2011 Jan 15 [consultado el 23 de agosto de 2025];173(2):133-44. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/20880796/>
7. Saeedi M, Malekmohammadi B, Tajalli S. Interaction of benzene, toluene, ethylbenzene, and xylene with human's body: Insights into characteristics, sources and health risks. *J Hazard Mater Adv* [Internet]. 2024 [consultado el 23 de agosto de 2025];16:100459. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772416624000603>
8. Cheng Y, Kong D, Ci M, Guan Y, Luo C, Zhang X, et al. Oxidative Stress Effects of Multiple Pollutants in an Indoor Environment on Human Bronchial Epithelial Cells. *Toxics* [Internet]. 2022 Oct 27 [consultado el 23 de agosto de 2025]; 10 (11): 654. <https://www.mdpi.com/2305-6304/11/3/251>
9. Municipalidad de Ciudad del Este. Listado de estaciones de servicio habilitadas en el distrito de Ciudad del Este. Datos no publicados; 2023.
10. Organización Mundial de la Salud. Recomendaciones para una vida saludable [Internet]. 2010 [consultado el 21 de junio de 2023]. <https://www.who.int/europe/news-room/fact-sheets/item/a-healthy-lifestyle---who-recommendations>
11. Santacruz D, Amarilla M. Evaluación del comportamiento del perfil hepático vs. tiempo de exposición a derivados del petróleo [Tesis]. Asunción: Universidad Católica Nuestra Señora de la Asunción; 2022.
12. Chávez D. Valoración del sistema inmune y hematológico en trabajadores expuestos a componentes de la gasolina en estaciones de servicio de combustible de la ciudad de Quito, 2016 [Tesis en Internet]. Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Escuela de Bioanálisis, Carrera de Bioquímica Clínica; 2016 [consultado el 18 de agosto de 2023]. 1-100. <https://repositorio.puce.edu.ec/server/api/core/bitstreams/d52d3b18-10cc-4532-8d4d-84a52257caa1/content>
13. Moro AM, Charão MF, Brucker N, Durgante J, Freitas F, Baierle M, et al. Biomonitoring of gasoline station attendants exposed to benzene: Hematological alterations and influence of gender. *Chem Biol Interact* [Internet]. 2017 [consultado 04 de septiembre 2025];272:20-8. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2016.11.002>
14. Teklu G, Zenebe T, Birhan W, Melaku T, Gashaw K. Effect of Gasoline Exposure on Hematological Parameters of Gas Station Workers. *J Blood Med* [Internet]. 2021 [consultado el 04 de septiembre 2025]; 12: 41-7. <https://doi.org/10.2147/JBM.S286743>
15. Chaiklieng S, Suggaravetsiri P, Autrup H. Altered hematological parameters in gasoline station workers related to benzene exposure. *Safety* [Internet]. 2024 [consultado el 04 de septiembre 2025];10(1):18. <https://doi.org/10.3390/safety10020038>
16. Zhang Z, Li H, Chen L, Xu Y, Huang Y, Xia Y, et al. Hematological effects and benchmark dose of long-term benzene exposure: a cohort study. *Environ Res* [Internet]. 2022 [consultado el 06 de septiembre 2025];212(Pt C):113417. <https://doi.org/10.3390/toxics10090502>
17. Kuranchie FA, Angnunavuri PN, Attiogbe FK, Adu-Gyamfi E, Affum AO. Occupational exposure of benzene, toluene, ethylbenzene and xylene (BTEX) among petrol station workers: A review. *Heliyon* [Internet]. 2019

- [consultado el 06 de septiembre 2025];5(6):e01993.
<https://doi.org/10.1080/23311843.2019.1603418>
18. Zucker SD, Horn PS, Sherman KE. Serum bilirubin levels in the U.S. population: gender effect and inverse correlation with colorectal cancer [Internet]. *Hepatology*. 2004 Oct [consultado 2025 Sep 23];40(4):827-35.
 19. Jabir M, Alwan S, Mohammed H. Biochemical changes in hepatic function of petrol station workers in Baghdad city. *Iraqi Journal of Science* [Internet]. 2016 [consultado el 06 de septiembre 2025];57(4A):2412-20.
https://iasj.rdd.edu.iq/journals/uploads/2025/04/23/39aa14f14b7abfcebfc04fc3c744ca4.pdf?utm_source=chatgpt.com
 20. Carvalho CR, Perez TS, Waissmann W. Liver enzyme abnormalities among oil refinery workers. *Rev Saude Publica* [Internet]. 2012 [consultado el 06 de septiembre 2025];46(1):151-9.
https://www.scielo.br/j/rsp/a/bPzHpD_PbNTby8pfVMRWMxsg/?format=pdf&lang=en&utm_source=chatgpt.com
 21. Ahmadi Z, Moradabadi A, Abdollahdokht D, Mehrabani M, Nematollahi MH. Association of environmental exposure with hematological and oxidative stress alteration in gasoline station attendants. *Environ Sci Pollut Res* [Internet]. 2019 [consultado el 28 de agosto de 2023];26(20):20411-7.
<https://doi-org.ezproxy-cicco.conacyt.gov.py/10.1007/s11356-019-05412-7>
 22. Sahb A. Hematological assessment of gasoline exposure among petrol filling workers in Baghdad. *J Fac Med Baghdad* [Internet]. 2011 [consultado el 30 de agosto de 2023];53(4):369-400.
<https://www.iasj.net/iasj/download/e6229bec2bb27e00>
 23. Sun R, Zhang J, Yin L, Pu Y. Investigation into variation of endogenous metabolites in bone marrow cells and plasma in C3H/He mice exposed to benzene. *Int J Mol Sci* [Internet]. 2014 [consultado el 27 de agosto de 2023];15(3):4994-5010.
<http://doi.org/10.3390/ijms15034994>
 24. Molina D, Vargas P. Prevalencia de la alteración de las enzimas hepáticas en trabajadores ocupacionalmente expuestos a disolventes orgánicos volátiles que acudieron al laboratorio de la subdivisión IESS Riesgos del Trabajo-Quito periodo Febrero-Mayo [Tesis en Internet]. 2014 [consultado el 30 de agosto de 2023].
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6364>
 25. Majid S, Omar A, Zainab J, Hussain H. Biochemical Changes in Hepatic Function of Petrol Station Attendants in Basrah. *J Fac Med Baghdad* [Internet]. 2016 [consultado el 30 de agosto de 2023];19(4):135-8.
<https://www.iasj.net/iasj/download/9e044abd02875203>
 26. Negrin J, Aular Y, Fernández Y, Piñero S, Romero G. Ácido trans, trans mucónico y perfil hepático, hematológico y renal en trabajadores expuestos a benceno. *Salud Trab* [Internet]. 2014 Dic [consultado el 4 de septiembre de 2023];22(2):121-8.
https://ve.scielo.org/scielo.php?pid=S131501382014000200003&script=sci_abstract