



# Alteración de la función pulmonar en vendedores informales de gasolina expuestos a sus vapores en Maicao, Colombia

Derangements in pulmonary function among informal fuel sellers exposed to vapors in Maicao, Colombia

Juan Carlos Jaramillo Ordoñez<sup>1,2,a</sup> , Guillermo González Vides<sup>1,2,b</sup> , Ivan David Lozada Martínez<sup>3,c</sup> ,  
María Cecilia García Espiñeira<sup>1,2,b</sup> 

## RESUMEN

**Objetivo:** Determinar los efectos de la exposición a vapores de gasolina sobre la función pulmonar en vendedores informales. **Material y métodos:** Estudio descriptivo de corte transversal realizado en expendedores informales de gasolina expuestos a sus vapores en el municipio de Maicao, Colombia. Se registraron datos sociodemográficos, se evaluó la función pulmonar por medio de espirometría, oximetría de pulso y, evaluación de la exposición a biomasa.

**Resultados:** Se evaluaron 74 pacientes. El 87,8% eran de sexo masculino, encontrándose principalmente entre los 18 – 40 años (71,6%). El 21,6% (n=16) de la población reportó tener afecciones respiratorias, el 59,4% obtuvo un VEF1 <80% predicho, el 68,9% un FVC <80% predicho y, el 32,4% un VEF1/FVC <70% predicho. De aquellos que tuvieron espirometría anormal (n=45), el 62,2% reportó tener un tiempo de labor  $\geq 5$  años. Los síntomas reportados con mayor frecuencia fueron disfonía (14,8%), conjuntivitis (14,8%), epigastralgia (10,8%) y cefalea (9,45%). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la alteración de la espirometría y antecedentes, saturación de oxígeno medida y presencia de afección respiratoria. **Conclusión:** Este estudio encontró que un porcentaje representativo de vendedores informales de gasolina expuestos a vapores de combustibles en la frontera colombo-venezolana, presentaron alteración en la función pulmonar comprobado por espirometría anormal y, algunos reportaron sintomatología y afección respiratoria. Estos, son principalmente hombres, adultos jóvenes, con nivel socioeconómico y educacional bajo y, expuestos a diario de forma prolongada y por varios años, a gases derivados del manejo de combustibles fósiles.

**PALABRAS CLAVE:** Gasolina, enfermedades pulmonares, mediciones del volumen pulmonar, toxicología, exposición a riesgos ambientales.

## SUMMARY

**Objective:** To determine the effects of fuel vapor exposure on pulmonary function among informal sellers. **Methods:** Cross-sectional study carried-out among informal fuel sellers in Maicao, Colombia. Sociodemographic data were gathered as well as pulmonary function by spirometry, pulse oximetry and evaluation of biomass exposure. **Results:** 74 patients were evaluated; 87.8% were males, 71.6% of them had between 18 to 40 years of age; 21.6% (n=16) reported pulmonary diseases; 59.4% had a predicted FEV1 <80%; 68.9% had a predicted FVC <80% and 32.4% had

<sup>1</sup> Maestría en Toxicología, Facultad de Medicina, Universidad de Cartagena. Cartagena, Colombia.

<sup>2</sup> Grupo Ciencias Biomédicas, Toxicológicas y Ambientales, Facultad de Medicina, Universidad de Cartagena. Cartagena, Colombia

<sup>3</sup> Grupo Prometheus y Biomedicina Aplicada a las Ciencias Clínicas, Facultad de Medicina, Universidad de Cartagena. Cartagena, Colombia.

<sup>a</sup> Médico Toxicólogo

<sup>b</sup> Profesor Titular

<sup>c</sup> Estudiante de Medicina

## INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

a predicted FEV1/FVC < 70%. Among those who had abnormal spirometry, (n=45) 62.2% reported to had worked  $\geq 5$  years. The most common reported symptoms were dysphonia (14.8%), conjunctivitis (14.8), epigastric pain (10.8) and headache (9.45%). No statistically significant differences were found between spirometry alterations and history of pulmonary diseases, mean oxygen saturations and presence of a respiratory disease. **Conclusions:** This study demonstrates that a significant proportion of informal fuel sellers exposed to fuel vapors in the Colombian-Venezuelan border had derangement of the pulmonary function measured by spirometry and that some of them reported symptoms and respiratory disease. Young male adults of low socioeconomic and educational levels with prolonged exposure to fuel vapors are mostly affected.

**KEYWORDS:** Gasoline, lung diseases, lung volume measurements, toxicology, environmental exposure.

### INTRODUCCIÓN

Maicao, en el departamento de La Guajira, es un municipio fronterizo con la República Bolivariana de Venezuela, uno de los mayores productores de petróleo a nivel mundial. Su reserva es de 20%, la mayor del mundo, siendo el 87% de ellas crudo extrapesado <sup>(1,2)</sup>. Los productos refinados del petróleo en ese país han sido subsidiados desde antaño a la fecha, pese a la sentida inflación y crisis social que padecen en este momento <sup>(1)</sup>. La condición fronteriza del municipio de Maicao es la base de su naturaleza económica, basada en el comercio de productos entre Colombia y Venezuela, en su gran mayoría ilegal, producto del contrabando <sup>(2)</sup>, siendo los productos refinados del petróleo, el más lucrativo de ellos <sup>(1)</sup>, constituyendo una alternativa de supervivencia económica para sus habitantes.

A la condición de ilegalidad de productos refinados del petróleo, gasolina y aceite combustible para motores (ACPM), se suma el factor de malas prácticas de seguridad, relacionadas con el transporte, almacenaje, distribución, y venta de tales productos en Maicao y la expedita comercialización hacia otros municipios del departamento de La Guajira, pese a la existencia de estaciones de gasolina constituidas formalmente, contando con la infraestructura y logística para ello, pero, con una desventaja competitiva con respecto al mercado alternativo, precios superiores al mercado ilegal, a pesar de expender gasolina y ACPM del mismo país de origen, Venezuela <sup>(3)</sup>. Se presume, que en Maicao existen más de 300 patios con almacenamiento ilegal de combustibles fósiles. La alcaldía municipal efectuó un censo en agosto de 2016, donde fueron registrados 295 “pimpineros” (expendedores ilegales de gasolina y ACPM) <sup>(4,5)</sup>. En este registro, no están contados los que se dedican al transporte ilegal y los “grandes mayoristas”, que tienen los depósitos clandestinos, los cuales también expenden estos hidrocarburos, incluso en albercas adaptadas dentro de sus propias viviendas.

La gran devaluación de la moneda venezolana y el subsidio a los combustibles en ese país hace muy lucrativo y atractivo este negocio, permitiendo límites de ganancia extraordinarios. La gasolina y otros derivados de la refinación de crudo son una mezcla de carbonos, con aditivos y componentes aromáticos, que varían según las disposiciones normativas para cada país <sup>(5)</sup>. En Venezuela, se producen hidrocarburos no plomados, con aditivos de benceno, tolueno, xileno (BTX), y metil-terc-butil éter (MTBE) <sup>(6)</sup>, cuyos vapores emitidos, ocasionan potencialmente efectos deletéreos sobre la salud, tales como: afectaciones neurológicas, neuromusculares, cutáneas, alérgicas, mutagénicas, y pulmonares. <sup>(5)</sup>

En el municipio, al igual que el departamento y a nivel nacional, las infecciones respiratorias agudas y las afecciones respiratorias no infecciosas, se encuentran entre las 10 primeras causas de morbimortalidad, según el informe Análisis de la Situación en Salud (ASIS 2012) <sup>(7-9)</sup>. Considerando las situaciones anteriormente descritas, los expendedores informales de gasolina, teniendo en cuenta la carencia de medidas de protección laboral, así como el uso de prácticas no aprobadas, como la succión directa en mangueras, para generar gradiente que permita el flujo de gasolina al vehículo, tendrían un mayor nivel de exposición a los vapores de gasolina, que podrían ocasionar afecciones respiratorias y de otra índole, tanto agudas como crónicas, teniendo en cuenta el tiempo y frecuencia de exposición <sup>(10)</sup>. Las condiciones austeras del territorio Guajirol, el contrabando, el impacto socioeconómico, la participación de menores de edad, la afectación de la salud, especialmente de tipo respiratorio, ligado al riesgo ambiental <sup>(11)</sup>, permite definir el contexto inobjetable de un problema de salud pública, que definitivamente debe ser estudiado e intervenido.

Con base en lo anterior, el objetivo principal del estudio fue determinar los efectos de la exposición a vapores de gasolina sobre la función pulmonar en

## INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

vendedores informales, en el municipio de Maicao, Colombia.

### MATERIAL Y MÉTODOS

#### *Tipo de investigación*

Estudio observacional, descriptivo, de corte transversal. El estudio se realizó en tres fases: I) Encuesta dirigida: realizada con Google Formularios; II) Medición y registro de la saturación de oxígeno por oxímetro de pulso portátil; III) Realización de la espirometría con equipo portátil SP10 a cada uno de los participantes y registro de los resultados.

#### *Participantes y recolección de variables*

La población elegible, fueron expendedores informales de gasolina expuestos a sus vapores en el municipio de Maicao, Departamento de La Guajira, Colombia, que cumplieron con los criterios de inclusión y no apliquen para los criterios de exclusión. Se definió expendedor informal de gasolina, en base a la ley 1988 del 2019 del Senado de la República de Colombia, como toda aquella persona que se dedique voluntariamente al comercio de bienes o servicios relacionados a combustibles tipo gasolina en el espacio público, como medio básico de subsistencia<sup>(12)</sup>. Así mismo, la exposición a vapores de gasolina se definió en función de directrices gubernamentales, como la inhalación continua de vapores producidos por la manipulación de gasolina, ya sea por contacto directo, succión por instrumentos u otra acción, relacionada las transporte y manejo de este material, sin la debida protección personal<sup>(13)</sup>. Los criterios de inclusión fueron: expendedores de gasolina entre 18 y 70 años, participación voluntaria con consentimiento informado, expendedores de gasolina con formulario diligenciado en forma completa y adecuada. Los criterios de exclusión: expendedores con enfermedades restrictivas crónicas diagnosticadas hace más de 10 años (asma bronquial, enfermedad pulmonar obstructiva crónica), embarazadas, personas con cualquiera de las siguientes contraindicaciones absolutas para realizar una espirometría: inestabilidad hemodinámica, embolismo pulmonar, neumotórax reciente (2 semanas tras re-expansión), hemoptisis aguda, infecciones respiratorias activas (tuberculosis, norovirus, influenza), infarto de miocardio reciente (7 días), angina inestable, aneurisma de la aorta torácica que ha crecido o de gran tamaño (> 6 cm), hipertensión intracraneal, desprendimiento agudo de retina.

La muestra fue calculada a través de métodos probabilísticos por medio de la calculadora electrónica en línea de la Red de bibliotecas de la Universidad Nacional del Nordeste (UNNE), a partir de los 295 expendedores informales de gasolina censados en el municipio de Maicao<sup>(4)</sup>. El tamaño definido de la muestra fue de 73, con un intervalo de confianza de 95% y un porcentaje de error de la muestra de 10%. La técnica de muestreo fue sistemático aleatorio simple. Los datos para la realización de este estudio se obtuvieron de fuentes primarias.

Se extrajeron datos sociodemográficos, clínicos y de resultados de la oximetría de pulso y espirometría (Capacidad Vital Forzada [FVC] y Volumen Espiratorio Forzado en un Segundo [VEF1]). Los resultados espirométricos una vez revisados según criterios estándar de aceptabilidad y repetibilidad se clasificaron en los rangos: normal, alterada y técnicamente no recomendable. Las espirometrías que resultaron alteradas se clasificaron en los diferentes patrones clínicos: obstructivo, restrictivo y mixto.

#### *Análisis estadístico*

Los datos se tabularon en una base de datos de MS Excel, vinculada y exportada de Google Formularios, a través de una aplicación denominada Flubaroo. La normalidad de las variables cuantitativas se comprobó mediante la prueba de Kolmogorov-Smirnov. Los datos se presentaron como media  $\pm$  desviación estándar (DE) para las variables continuas y mediana (intercuartil, RIQ) para las variables asimétricas. Las variables cualitativas se resumieron mediante la frecuencia y los porcentajes. El análisis comparativo se llevó a cabo mediante la prueba Chi-cuadrado de Pearson o la prueba exacta de Fisher para las variables categóricas y la prueba t de Student o Mann-Whitney para las variables cuantitativas. Un valor  $p < 0,05$  se consideró estadísticamente significativo. Todos los análisis se realizaron a través del software estadístico Epi Info 7.0.

#### *Declaración sobre aspectos éticos*

El trabajo de investigación nació de la observación de una situación local, cotidiana, en el municipio de Maicao, La Guajira, Colombia, que pone en riesgo la salud de sus habitantes en forma potencial, favoreciendo el desarrollo de afecciones respiratorias por la exposición a vapores de combustibles fósiles. De igual forma, la participación en el estudio fue

## INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

voluntaria, representado a través de la firma del consentimiento informado por parte de todos los participantes. Las variables medidas implicaron el uso de instrumentos no invasivos, por lo que el riesgo de daño, incidentes o eventos adversos es improbable. Por lo tanto, la investigación respetó la Declaración de Helsinki, y se clasificó como un estudio de riesgo mínimo según la resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia y fue avalada por el Comité de Ética de la Universidad de Cartagena.

### RESULTADOS

Se incluyó en total 74 individuos. El 87,8% eran de sexo masculino, el 71,6% se encontró dentro del grupo de 18 a 40 años y, solo el 33,7% tenía educación superior al bachillerato completo. La totalidad de la población era de nivel socioeconómico muy bajo, solo la mitad se poseía acceso a servicios de salud y, el 70,2% eran de nacionalidad colombiana. Entre ambos grupos, se reportó un tiempo de labor en promedio entre los 5 y 6 años aproximadamente, siendo mayor en el sexo masculino (tabla 1).

Ventiseis individuos reportaron tabaquismo (96,1% hombres) y, solo 16 mencionaron poseer afecciones respiratorias (68,7% hombres,  $p=0,01$ ). Se evidenció que, aproximadamente, el porcentaje promedio de saturación de oxígeno y frecuencia de pulso osciló entre 95 - 97, y 81 - 86, respectivamente. También, que el 59,4% obtuvo VEF1 <80% predicho (86,3% hombres), el 68,9% FVC <80% predicho (90,1% hombres) y, el 32,4% VEF1/FVC <70% predicho (87,5% hombres) (tabla 2).

De aquellos que tuvieron espirometría anormal ( $n=45$ ), el 62,2% reportó tener un tiempo de labor  $\geq 5$  años, solo el 11,1% presentó un porcentaje de saturación de oxígeno < 92% y, predominantemente no reportaron afección respiratoria (75,5%) (tabla 3). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la alteración de la espirometría y antecedentes, saturación medida y presencia de afección respiratoria. Sin embargo, se encontró que, de aquellos pacientes fumadores ( $n=26$ ), el 61,5% presentó un patrón espirométrico anormal en comparación al grupo

de no fumadores, donde el 56,2%, pero, fue mayor la frecuencia en el grupo no fumador (27 vs. 16) (tabla 4).

Sobre la sintomatología presentada, solo el 35,1% no reportó síntomas, pero, de los que sí reportaron, fue principalmente por disfonía (14,8%), conjuntivitis (14,8%), epigastralgia (10,8%) y cefalea (9,45%) (tabla 5). Finalmente, se encontró que, del grupo con afección respiratoria ( $n=16$ ), el 75% eran no tabaquistas, el 50% presentaba  $\geq 5$  años de trabajo, el 75% presentaba  $\geq 10$  horas diarias de exposición a los combustibles, el 87,5% presentó una saturación de oxígeno > 92% y, solo el 68,7% exhibió una espirometría alterada (tabla 6). No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre la presencia de afección respiratoria, con el antecedente de tabaquismo, tiempo de labor, tiempo de exposición y valores de saturación y espirometría ( $p > 0,05$ ).

### DISCUSIÓN

En la actualidad, a pesar de que el contrabando en la frontera colombo-venezolana es un problema crítico en materia legal y salud pública, es muy poca la evidencia disponible sobre el impacto que tiene esta labor sobre la salud de los vendedores informales. A la fecha, este estudio podría ser el primero en evaluar la función pulmonar a través de instrumentos de uso habitual en la práctica clínica en medicina general, interna o neumología, en vendedores informales expuestos a gases inhalables durante la manipulación de combustibles fósiles. Se encontró, que más del 87% de la población involucrada en esta actividad son de sexo masculino, predominantemente son adultos jóvenes (18-40 años), menos del 35% han alcanzado el bachillerato, solo la mitad tiene acceso a servicios de salud y, han estado expuestos constantemente por más de 5 años a estos materiales. Luego, es evidente, que de acuerdo con lo descrito en la literatura sobre el efecto deletéreo que eventualmente tendrán estos compuestos<sup>(14-17)</sup>, no solo sobre la función pulmonar sino otros sistemas, aparecerán años después, cuando aumente la exposición acumulada, aparición de comorbilidades y se tengan barrera para acceder a servicios oportunos de salud, tanto en prevención primaria como secundaria.

**INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH**

**Tabla 1.** Características sociodemográficas de la población estudiada.

Variable	Hombres (n=65)	Mujeres (n=9)	Total (n=74)	p
	n (%)	n (%)	n (%)	
<b>Grupo etario</b>				
18 a 30 años	27 (41,54)	1 (11,11)	28 (37,83)	
31 a 40 años	18 (27,69)	7 (77,78)	25 (33,78)	
41 a 50 años	14 (21,54)	1 (11,11)	15 (20,27)	
51 a 60 años	6 (9,23)	0	6 (8,12)	
<b>Estrato 1</b>	65 (100)	9 (100)	74 (100)	
<b>Escolaridad</b>				
Bachillerato incompleto	22 (33,84)	3 (33,34)	25 (33,78)	0,45
Bachillerato completo	15 (23,07)	1 (11,11)	16 (21,62)	
Primaria completa)	12 (18,46)	2 (22,22)	14 (18,95)	
Primaria incompleta	6 (9,23)	0	6 (8,10)	
Profesional incompleto	4 (6,18)	2 (22,22)	6 (8,10)	
Ninguna	3 (4,61)	1 (11,11)	4 (5,40)	
Técnica completa	3 (4,61)	0	3 (4,05)	
<b>Régimen de seguridad social</b>				
Población pobre no asegurada	34 (52,31)	3 (33,33)	37 (50)	0,28
Subsidiada	31 (47,69)	6 (66,67)	37 (50)	
<b>Estado civil</b>				
Unión Libre	26 (40)	0	26 (35,13)	
Soltero	23 (35,38)	3 (33,34)	26 (35,13)	
Casado	14 (21,54)	5 (55,55)	19 (25,67)	
Otros	2 (3,08)	1 (11,11)	3 (4,07)	
<b>Nacionalidad</b>				
Colombiana	44 (67,69)	8 (88,89)	52 (70,27)	0,19
Venezolana	21 (32,31)	1 (11,11)	22 (29,73)	
<b>Estatura, cm</b>	169,95 ± 8,28	160,33 ± 5,78	-	0,22
<b>Peso, kg</b>	73,52 ± 16,17	68,11 ± 18,48	-	0,6
<b>Tiempo de labor, años</b>	6,79 ± 7,06	5,11 ± 4,54	-	0,49

\*Estrato 1: Nivel socioeconómico muy bajo.

**Tabla 2.** Características clínicas y de la evaluación de la función pulmonar de la población estudiada.

Variable	Hombres (n=65)	Mujeres (n=9)	Total (n=74)	p
	n (%)	n (%)	n (%)	
<b>Tabaquismo</b>	25 (38,46)	1 (11,11)	26 (35,13)	0,1
<b>Afección Respiratoria</b>	11 (16,92)	5 (55,55)	16 (21,62)	<b>0,01</b>
<b>Frecuencia de Pulso</b>	81,83 ± 15,12	86,33 ± 6,5	-	0,38
<b>Saturación de Oxígeno, %</b>	95,5 ± 4,48	97,1 ± 1,17	-	0,3
<b>VEF1 &lt; 80% Predicho</b>	38 (58,46)	6 (66,66)	44 (59,45)	0,46
<b>FVC &lt; 80% Predicho</b>	46 (70,77)	5 (55,55)	51 (68,91)	0,28
<b>VEF1/FVC &lt; 70% Predicho</b>	21 (32,31)	3 (33,33)	24 (32,43)	0,61

\*FVC: Capacidad Vital Forzada; VEF1: Volumen Espiratorio Forzado en un Segundo

**INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH**

**Tabla 3.** Variables clínicas y laborales relacionadas al resultado de la espirometría en la población estudiada.

Variable	Espirometría Normal (n=29)	Espirometría Alterada (n=45)	Total (n=74)	p
	n (%)	n (%)	n (%)	
<b>Tabaquismo</b>	10 (34,48)	13 (28,88)	23 (31,08)	0,95
<b>Tiempo de labor</b>				0,82
Menos de 5 años	15 (51,72)	17 (37,78)	32 (43,25)	
5 años o mas	14 (48,28)	28 (62,22)	42 (56,75)	
<b>Tiempo de exposición</b>				0,79
10 horas o menos	7 (24,14)	12 (26,67)	19 (25,68)	
Más de 10 horas	22 (75,86)	33 (73,33)	55 (74,32)	
<b>Saturación de Oxígeno, %</b>				0,32
< 92	0	5 (11,11)	69 (93,24)	
> 92	29 (100)	40 (88,89)	5 (6,76)	
<b>Afección Respiratoria</b>				0,69
Sí	5 (17,25)	11 (24,45)	16 (21,63)	
No	24 (82,75)	34 (75,55)	58 (78,37)	

**Tabla 4.** Función pulmonar según el hábito de fumar.

Variable	Fumadores (n=26)	No Fumadores (n=48)	Total (n=74)	p
	n (%)	n (%)	n (%)	
<b>Patrón Espirométrico</b>				
Obstructivo	7 (26,92)	6 (12,50)	13 (17,56)	0,27
Restrictivo	4 (15,38)	10 (20,83)	14 (18,91)	0,43
Mixto	5 (19,23)	11 (22,92)	16 (21,64)	
Normal	10 (38,47)	21 (43,75)	31 (41,89)	
<b>Saturación de Oxígeno, %</b>				0,72
< 92	2 (7,70)	4 (8,34)	6 (8,10)	
> 92	24 (92,30)	44 (91,66)	68 (91,90)	

**Tabla 5.** Sintomatología presentada en la población estudiada (n=74).

Síntoma	n (%)
Disfonía	11 (14,86)
Conjuntivitis	11 (14,86)
Epigastralgia	8 (10,81)
Cefalea	7 (9,45)
Rinitis	5 (6,75)
Afecciones dermatológicas	3 (4,05)
Tos	2 (2,70)
Disnea	1 (1,35)
Sin síntomas	26 (35,17)

## INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

Tabla 6. Variables y antecedentes relacionados a la presencia de afecciones respiratorias.

Variable	Afección Respiratoria (n=16)	Sin Afección Respiratoria (n=58)	Total (n=74)	P
	n (%)	n (%)	n (%)	
<b>Tabaquismo</b>				0,19
Sí	4 (25,0)	24 (41,38)	28 (37,83)	
No	12 (75,0)	34 (58,62)	46 (62,17)	
<b>Tiempo de labor</b>				0,56
Menos de 5 años	8 (50,0)	28 (48,28)	36 (48,64)	
5 años o mas	8 (50,0)	30 (51,72)	38 (51,36)	
<b>Tiempo de exposición</b>				0,48
10 horas o menos	4 (25,0)	17 (32,75)	21 (28,37)	
Más de 10 horas	12 (75,0)	41 (67,25)	53 (71,63)	
<b>Saturación de Oxígeno, %</b>				0,38
> 92	14 (87,5)	55 (94,82)	69 (93,24)	
< 92	2 (12,5)	3 (5,18)	5 (6,76)	
<b>Resultado Espirometría</b>				0,69
Alterada	11 (68,75)	31 (53,44)	42 (56,75)	
Normal	5 (31,25)	27 (46,56)	32 (44,25)	

La gasolina es un destilado de petróleo que contiene una mezcla variable de al menos 150 - 200 alcanos C4 - C12, cicloalcanos, alquenos, e hidrocarburos aromáticos obtenidos por “craqueo” de fracciones pesadas de petróleo crudo en el intervalo de ebullición 40 - 225 ° C (104 - 437 ° F) <sup>(8)</sup>. La gasolina de grado regular contiene porciones sustanciales de alquenos y cicloalcanos <sup>(5)</sup>. Su composición varía dependiendo del sitio de origen de esta. Sin embargo, en común suelen encontrarse presentes los siguientes componentes: “parafinas, olefinas, compuestos aromáticos y naftenos. La gasolina hecha de los petróleos norteamericanos es principalmente rica en parafinas, toda vez que la procedente del petróleo de Borneo, es particularmente rica en cuerpos aromáticos y sobre todo en benceno, tolueno y xileno <sup>(18)</sup>. Los efectos fisiológicos de la gasolina y sus vapores, tras ser inhalados, parecen estar provocados por el peso molecular de sus componentes; los compuestos insaturados, especialmente los cuerpos aromáticos, tienen efectos convulsivantes definidos, ya que los cuerpos de elevado peso molecular producen mayores efectos irritantes. En cuanto a las sustancias añadidas a la gasolina, entre ellas el tetraetilo de plomo, se absorbe rápidamente, lo que ocasiona que sus efectos estén sujetos a la exposición”. <sup>(18)</sup>

De acuerdo a lo anterior, es relevante ejecutar investigaciones que permitan determinar, tal y como lo han hecho numerosos autores a nivel internacional <sup>(8,9,15,16,17)</sup>, quienes a través de estudios de ciencias básicas, traslacionales y clínicos más complejos, han podido determinar de forma puntual las citotoxicidad y genotoxicidad desarrollada en individuos expuesto de forma constante a combustibles fósiles, los cuales podrían desencadenar, además de lesión irremediable del parénquima y función pulmonar e integridad del sistema nervioso central, inestabilidad satelital y carcinogénesis <sup>(19,20)</sup>. En Colombia, Fonseca et al <sup>(21)</sup>, destacaron la falta de vigilancia en la industria de este país que utiliza BTX referente a la exposición ocupacional. Indican la afectación de estas sustancias sobre distintos órganos y sistemas, reportando que la tos, ronquera, cefalea, náuseas, neumonitis, neumonía, edema pulmonar y pérdida del conocimiento por vía inhalatoria, son algunos de síntomas y complicaciones más frecuentemente encontradas. Contrastando los resultados anteriores con los del presente estudio, observamos que la sintomatología es similar, dada principalmente por disfonía (probablemente por el proceso de irritación debido a la inhalación y succión de combustible para su transporte), conjuntivitis (por la exposición al gas sin la debida protección), epigastralgia y cefalea (de origen multifactorial, pero

## INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

podrían estar relacionados, el primero, con la succión e irritación del tracto gastrointestinal del combustible y, el segundo, por la inhalación del gas y sus residuos). Sin embargo, es necesario resaltar que el 35,1% reportó ser tabaquista, lo cual también podría desencadenar estos síntomas; solo el 21,6% reportó afección respiratoria, pero, hasta el 69% presentó alteración en los valores espirométricos (principalmente a expensas de la FVC). Esto, podría indicar una tendencia hacia el deterioro, a partir de la exposición al tabaquismo y de los gases de los combustibles.

De forma general, múltiples estudios relacionan el efecto deletéreo de la contaminación ambiental por inhalación de material particulado sobre la salud respiratoria, generando hospitalizaciones por neumonía, bronquitis, bronquiolitis y asma, dentro del material particulado se hallan metales, metaloides, hidrocarburos aromáticos policíclicos y vapores de combustibles, teniendo la más alta prevalencia, las ciudades con alto tráfico vehicular<sup>(19,20,22,23)</sup>. En un estudio realizado en la universidad de Taubaté, en Brasil<sup>(22)</sup>, encontraron un incremento en el número de hospitalizaciones en relación con los niveles de material particulado, siendo el efecto estadísticamente significativo en el día 2, 5 y 7 tras la exposición, obteniéndose un rango de riesgo relativo entre 1,017 y 1,022. Este riesgo se incrementó a 1,113 con una elevación de  $5\mu\text{g}/\text{m}^3$  en las concentraciones de estos contaminantes<sup>(22)</sup>. En Colombia se han realizado diversos estudios para determinar calidad del aire, donde el material particulado contribuye a los efectos adversos sobre la salud, entre ellos hidrocarburos aromáticos policíclicos<sup>(23)</sup>. Barakat-Haddad et al<sup>(10)</sup>, realizaron un estudio en Emiratos Árabes Unidos con adolescentes, lugar desértico al igual que La Guajira, donde describieron hallazgos similares, en 115 sujetos de estudio, hallando una prevalencia de asma de 12,3%, bronquitis crónica 1,8% y enfermedad pulmonar obstructiva crónica (EPOC) de 0,5%. El 12% presentó resfriado, de estos, el 34% presentaron tos seca nocturna persistente durante el último año, relacionándose al deterioro en la calidad del aire y contaminantes ambientales y gasolina, incluido las pipas artesanales para fumar<sup>(10)</sup>. Estos hallazgos, junto a los de nuestro estudio, deben servir de base para la ejecución de futuros proyectos sobre la calidad del aire, integridad pulmonar y genotipificación de ciertos marcadores, que permitan estimar el riesgo de daño orgánico en la población expuesta, no solo de los trabajadores informales, sino de su círculo social y familiar.

A pesar de la prevalencia en el ambiente y, de la morbimortalidad asociada a moradores cercanos a las vías de tránsito vehicular, no se conoce con certeza el efecto tóxico de los vapores de gasolina en todas las poblaciones. Los componentes aromáticos como se indicó previamente tienen tanto por vía inhalatoria o ingestión accidental o voluntaria, afectación de múltiples órganos y sistemas<sup>(20)</sup>. A nivel de sistema nervioso central, el compromiso es de tipo conductual, reflejado en irritabilidad, pero el componente más importante es el cognitivo, con afección de la velocidad del pensamiento y memoria como destaca un estudio realizado en Baja California<sup>(24)</sup>. Estos planteamientos han sido reproducidos en modelos biológicos, obteniendo resultados positivos y significativos, incluso, en útero (determinándose predisposición de asma o desarrollo de alergias por exposición durante la gestación), efectos cardiovasculares y susceptibilidad a infecciones<sup>(25)</sup>. Particularmente, durante un estudio en estaciones de gasolina en la ciudad de Barranquilla, se evidenció daño en el ADN en un 80% a los 6 años, permitiéndose apreciar que el grupo control presentó un porcentaje de daño de ADN en cola de  $20,6 \pm 25,79$ , mientras que el grupo expuesto, presentó una variabilidad de  $53,3 \pm 40,2$ <sup>(26)</sup>. Esto demuestra incluso, que en la población del caribe colombiano existe susceptibilidad al daño genético relacionado a la exposición a estos gases, lo que debería resaltar aún más la relevancia obtener este tipo de resultados y, de desarrollar políticas públicas que impacten positivamente en la reducción del riesgo de enfermedad en poblaciones vulnerables.

Aunque los resultados de nuestro estudio fueron heterogéneos y no se encontraron correlaciones significativas entre los subgrupos, la tendencia deletérea en la función pulmonar y sintomática es marcada y, debe encender las alarmas sobre las medidas de promoción y prevención que se deben ejecutar en la frontera colombo-venezolana, en función de su contexto sociodemográfico, de salud, legal y laboral. En orden de promover la salud pública del municipio y, con el fin de desarrollar estrategias encaminadas a la prevención y promoción de hábitos en salud respiratoria y con el gremio de expendedores informales de gasolina, se debe concertar conductas que sean objeto de vigilancia y control, tales como evitar prácticas de succión de hidrocarburos y ubicación de ventas en lugares abiertos con ubicación del vendedor en contra del viento. Del mismo modo, se debe indicar el uso de artefactos dispensadores, que faciliten el suministro del combustible por gravedad. Se hace necesario en pro de los resultados, la realización de un estudio

## INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

analítico preferentemente de cohorte que permita establecer una relación causal entre la exposición o no a vapores de gasolina y la repercusión en el patrón espirométrico y desarrollo de afecciones respiratorias a futuro. Además, considerando la composición de la gasolina, destacándose los hidrocarburos aromáticos, en los que está incluido el benceno, conocida sustancia oncogénica, se sugiere determinar el nivel de contaminación del aire y en forma individual, realizar medición de metabolitos, con el fin de establecer niveles de toxicidad y la posibilidad de relacionarlos con la alta prevalencia de enfermedades crónicas no transmisibles con alta carga de morbilidad en el municipio de Maicao y el departamento de La Guajira; los cuales están por encima de la media nacional, resaltándose en el informe de la cuenta de Alto Costo del Ministerio de Salud y Protección Social. <sup>(27)</sup>

Como limitaciones del estudio, se puede resaltar que la muestra evaluada fue limitada, principalmente en cuanto a la notable diferencia del sexo de la población (9 mujeres vs. 65 hombres), lo cual no permite establecer relaciones dependientes del sexo del individuo. Adicionalmente, los instrumentos evaluados no son suficientes para establecer una lesión concreta de la función pulmonar a expensas de la exposición de combustibles fósiles, mencionando, además, que un porcentaje de la población era tabaquista, lo que también influye sobre la integridad de la función pulmonar y no permite establecer una relación causal clara. No obstante, se observó una tendencia marcada en el deterioro pulmonar en esta población, lo que permite el planteamiento de futuros estudios con objetivos mucho más específicos y diseño más complejos.

En conclusión, este estudio encontró que un porcentaje representativo de vendedores informales de gasolina expuestos a vapores de combustibles en la frontera colombo-venezolana, presentaron alteración en la función pulmonar comprobado por espirometría anormal y, algunos reportaron sintomatología y afección respiratoria. Estos, son principalmente hombres, adultos jóvenes, con nivel socioeconómico y educacional bajo y, expuestos a diario de forma prolongada y por varios años, a gases derivados del manejo de combustibles fósiles.

### Declaración de financiamiento y de conflictos de interés:

El estudio fue financiado por los autores, quienes declaran no tener conflictos de interés.

### Contribución de autoría:

**JCJO:** Concepción del trabajo, adquisición, análisis e interpretación de los datos, redacción del manuscrito y revisión crítica del contenido intelectual, aprobación de la versión final. **GGV:** Concepción del trabajo, análisis e interpretación de los datos, redacción del manuscrito y revisión crítica del contenido intelectual, aprobación de la versión final. **IDLM:** Análisis e interpretación de los datos, redacción del manuscrito y revisión crítica del contenido intelectual, aprobación de la versión final. **MCGE:** Análisis e interpretación de los datos, redacción del manuscrito y revisión crítica del contenido intelectual, aprobación de la versión final.

### Correspondencia:

Ivan David Lozada Martínez.

Correo electrónico: ilozadam@unicartagena.edu.co

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Pardo D. 10 datos que probablemente no sabe de la gasolina en Venezuela. Londres: BBC; 2014. (Citado el 11 de noviembre del 2021). Disponible en: [http://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/08/140816\\_venezuela\\_gasolina\\_curiosidades\\_dp](http://www.bbc.com/mundo/noticias/2014/08/140816_venezuela_gasolina_curiosidades_dp)
2. Ávila A. Asimetrías de frontera Integración fronteriza Estados mafiosos y crimen en la frontera. *Perf Criminológico*. 2015; 20:7-8. (Citado el 11 de noviembre del 2021). Disponible en: <https://repositorio.flacsoandes.edu.ec/bitstream/10469/8292/1/BFLACSO-PC20-03-Avila.pdf>
3. Castellanos LM. Tráfico de hidrocarburos: una amenaza para la gobernabilidad colombo-venezolana en la frontera Norte de Santander-Táchira. *Perspect Intel*. 2015; 7(15):83-98.
4. Egea Jiménez C, Soledad Suescún JI. La venta informal de combustible en la frontera Colombia-Venezuela: El papel de los pimpineros como grupo vulnerable. *Rev Cienc Soc (Ve)*. 2013; 19(1):92-105.
5. Barceloux DG. *Medical Toxicology of Drug Abuse: Synthesized Chemicals and Psychoactive Plants*. New York, United States: Wiley; 2012. (Citado el 11 de noviembre del 2021). Disponible en: <https://www.wiley.com/en-us/Medical+Toxicology+of+Drug+Abuse%3A+Synthesized+Chemicals+and+Psychoactive+Plants-p-9781118106051>
6. Servicio Autónomo Nacional de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnicos. Norma venezolana de productos derivados del petróleo y gasolina sin plomo para motores de combustión interna. Caracas: Servicio Autónomo Nacional de Normalización, Calidad, Metrología y Reglamentos Técnico/ Publicación Oficial 3457; 1999. (Citado el

INVESTIGACIÓN ORIGINAL / ORIGINAL RESEARCH

- 11 de noviembre del 2021). Disponible en: <http://www.sencamer.gov.ve/sencamer/action/normas-find>
7. Organización de las Naciones Unidas. ETH: Estrategia Territorial para la Gestión Equitativa y Sostenible del Sector Hidrocarburos. Washington DC: Organización de las Naciones Unidas; 2019. (Citado el 11 de noviembre del 2021). Disponible en: <https://www.co.undp.org/content/colombia/es/home/projects/Estrategia-Territorial-para-Gestion-Equitativa-y-Sostenible-Sector-Hidrocarburos.html>
  8. Okoro AM, Ani EJ, Ibu JO, Akpogomeh BA. Effect of petroleum products inhalation on some haematological indices of fuel attendants in Calabar metropolis, Nigeria. *Niger J Physiol Sci.* 2006; 21(1-2):71-5.
  9. Rahimi Moghadam S, Afshari M, Moosazadeh M, Khanjani N, Ganjali A. The effect of occupational exposure to petrol on pulmonary function parameters: a review and meta-analysis. *Rev Environ Health.* 2019; 34(4):377-390.
  10. Barakat-Haddad C, Zhang S, Siddiqua A, Dghaim R. Air Quality and Respiratory Health among Adolescents from the United Arab Emirates. *J Environ Public Health.* 2015; 2015:1-13.
  11. Castellanos M, Isaza R, Torres J. Evaluación de los hidrocarburos totales de petróleo (TPH) sobre suelos urbanos en Maicao, Colombia. *Rev Colomb Quim.* 2015; 44(3):11-15.
  12. Senado de la República de Colombia. Ley 1988 de 2019 [Internet]. [Consultado 10 Nov 2022]. Disponible en: <https://www.suin-juriscol.gov.co/viewDocument.asp?ruta=Leyes/30037751>
  13. Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios – Gobierno de México. Comunicación de riesgos ante la exposición a gasolina [Internet]. [Consultado 10 Nov 2022]. Disponible en: <https://www.gob.mx/cofepris/acciones-y-programas/comunicacion-de-riesgos-ante-la-exposicion-a-gasolina#:~:text=Inhalar%20continuamente%20los%20vapores%20de,y%20da%C3%B1a%20el%20sistema%20nervioso>.
  14. Abdrabouh AE. Inflammatory and proapoptotic effects of inhaling gasoline fumes on the lung and ameliorative effects of fenugreek seeds. *Sci Rep.* 2022; 12(1):14446.
  15. Verma N, Pandit S, Gupta PK, Kumar S, Kumar A, Giri SK, et al. Occupational health hazards and wide spectrum of genetic damage by the organic solvent fumes at the workplace: A critical appraisal. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2022 May; 29(21):30954-30966
  16. Shaikh A, Barot D, Chandel D. Genotoxic Effects of Exposure to Gasoline Fumes on Petrol Pump Workers. *Int J Occup Environ Med.* 2018; 9(2):79-87.
  17. Nour-Eldine W, Sayyed K, Harhous Z, Dagher-Hamalian C, Mehanna S, Achkouti D, et al. Gasoline fume inhalation induces apoptosis, inflammation, and favors Th2 polarization in C57BL/6 mice. *J Appl Toxicol.* 2022; 42(7):1178-1191.
  18. Marín G, Paredes R. Efectos tóxicos provocados por la gasolina. *Rev Fac Med UNAL.* 2002; 1: 63–8.
  19. Roba C, Stefanie H, Török Z, Kovacs M, Rosu C, Ozunnu A. Determination of volatile organic compounds and particulate matter levels in an urban area from Romania. *Environ Engineering Manag J.* 2014; 13:2261–8.
  20. Claxton LD. The history, genotoxicity, and carcinogenicity of carbon-based fuels and their emissions. Part 3: Diesel and gasoline. *Mutat Res Mutat Res.* 2015; 763:30-85.
  21. Fonseca PA, Heredia JA, Navarrete DM. Vigilancia médica para los trabajadores expuestos a benceno, tolueno y xileno. Trabajo de Grado Especialización en Salud Ocupacional. Bogotá, Colombia: Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud; 2010. (Citado el 11 de noviembre del 2021). Disponible en: <http://repository.urosario.edu.co/handle/10336/1737>
  22. Costa L, Pompeo L, Cota K, Soares D. Air pollution and respiratory diseases: ecological time series. *Sao Paulo Med J.* 2016; 134(4):315-321.
  23. Quijano A, Quijano L, Quijano M. Calidad del aire de villa del rosario-norte de santander Colombia asociada con el material particulado (PM2.5) y la influencia de la combustión vehicular. *Universidad Cienc y Tecnol.* 2014; 18:79-89.
  24. García M, Arellano E, Walter L, Espejel I, Villada M, Aceves P, et al. Emisión de BTEX por las gasolineras, proximidad geográfica y síntomas neurológicos en residentes de Ensenada, Baja California, México. *Ciencias Nat y Exactas.* 2014;2: 124–39.
  25. McDonald JD, Reed MD, Campen MJ, Barrett EG, Seagrave J, Mauderly JL. Health effects of inhaled gasoline engine emissions. *Inhal Toxicol.* 2007; 19:107–16.
  26. González HJ, Rossi AM, Quintana M. Efecto genotóxico de las mezclas complejas de hidrocarburos en trabajadores de estaciones de servicio de gasolina. *Salud Uninorte.* 2015; 31:14482.
  27. Fondo Colombiano de Enfermedades de Alto Costo. Cuenta de alto costo. Bogotá: Fondo Colombiano de Enfermedades de Alto Costo; 2020. (Citado el 11 de noviembre del 2021). Disponible en: <https://cuentadealtocosto.org/site/>

**Recibido:** 15/02/22  
**Aceptado:** 29/09/22