

Exposición a COVs en fábricas de muebles de dos poblaciones del norte de Colombia

Exposure to VOCs in furniture factories of two populations north Colombia

Yadiris E. Vargas-Ramos y José L. Marrugo-Negrete

Laboratorio de Toxicología y Gestión Ambiental. Universidad de Córdoba. Montería, Colombia.
yadisinu05@yahoo.es; jlmarrugon@hotmail.com

Recibido 28 Junio 2013/Enviado para Modificación 12 Septiembre 2013/Aceptado 5 Marzo 2014

RESUMEN

Objetivos Evaluar la exposición a compuestos orgánicos volátiles (COVs) en trabajadores de fábricas artesanales de muebles de dos poblaciones de Sucre (Sincedejo y Sampués), Norte de Colombia. Determinar posibles signos y/o síntomas relacionados con la exposición a estos contaminantes.

Métodos Estudio transversal analítico con aplicación de una encuesta. La población objetivo estuvo conformada por 66 individuos, 41 expuestos y 25 controles. Se tomaron muestras personales para las concentraciones de benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (en ambos grupos) y se contrastó con posibles efectos en la salud atribuidos a estos contaminantes.

Resultados Las concentraciones de benceno, tolueno y m/p-xileno fueron mayores en el grupo expuesto (9,5 mg/m³, 8,1 mg/m³ y 12,1 mg/m³) en comparación con el grupo control (0,2 mg/m³, 0,3 mg/m³ y 0,03 mg/m³). Dolor muscular 82,9 % (RP=3,8; IC95%:1,2-11,8) y somnolencia 65,9 % (RP=4,9; IC95 %:1,7-14,7) estuvieron asociados a mayor exposición (p< 0,05). Factores como el uso de mezclas solventes (thinner) en el trabajo y el tráfico vehicular pueden contribuir a estos resultados.

Conclusiones La contribución de diversas fuentes aumenta la exposición personal a los COVs, de los trabajadores de las fábricas artesanales de muebles en el Norte de Colombia. Adicionalmente, el uso excesivo de estos compuestos puede estar generando efectos adversos en la salud de los trabajadores.

Palabras Claves: Exposición ocupacional, solventes, trabajadores, signos y síntomas (*fuentes: DeCS, BIREME*)

ABSTRACT

Objectives Assess the exposure to volatile organic compounds (VOCs) among craft furniture factories workers in two populations of Sucre (Sincedejo and Sampués) in Northern Colombia. Identify possible signs and/or symptoms related to exposure to these contaminants.

Methods This was an analytical cross-sectional study (2011), using a questionnaire. The study population consisted of 66 individuals, 41 exposed and 25 controls. Personal samples were collected for concentration of benzene, toluene, ethylbenzene and xylenes (both groups) and contrasted them with possible health effects attributed to these contaminants.

Results The concentrations of benzene, toluene and m/p-xylene were higher in the exposed group (9.5 mg/m³, 8.1 mg/m³ and 12.1 mg/m³) than the control group (0.2 mg/m³, 0.3 mg/m³ and 0.03 mg/m³). Muscle pain, 82.9 % (PR=3.8; CI95 %:1.2-11.8), and somnolence, 65.9 % (PR=4.9; CI95 %:1.7-14.7), were associated with a higher exposure. Factor such as mixtures of solvents (thinners) in the work and vehicular traffic can contribute to these results.

Conclusions Several sources contributed to increased personal exposure to VOCs among craft furniture factory workers in Northern Colombia. Additionally, excessive use of these compounds may be generating adverse effects in the health of workers.

Key Words: Occupational exposure, solvents, workers, signs and symptoms (source: Mesh, NLM).

Los solventes orgánicos o compuestos orgánicos volátiles (COVs) comprenden una variedad de sustancias químicas y mezclas usados en un extenso rango de procesos industriales tales como producción de pinturas, materiales sintéticos, adhesivos, elaboración de muebles de madera, entre otros. Según, el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), se estima que 9,8 millones de trabajadores en América Latina han estado expuestos a solventes orgánicos en los últimos 5 años (1-3). De acuerdo con los datos de la Organización Mundial de la Salud (OMS), en el año 2004, en Colombia ocurrieron 5,7 muertes por cada 100 000 habitantes, respectivamente, atribuibles a la contaminación del aire en interiores (4). De los COVs, en el grupo de los hidrocarburos aromáticos se encuentran el benceno, tolueno, etilbenceno y xilenos (BTEXs). El benceno está clasificado como carcinógeno humano grupo 1 (5), pero se encuentra en pequeñas cantidades en la formulación de resinas, barnices y thinners (6). El etilbenceno pertenece al grupo 2b (7). De hecho el oficio de pintor es clasificado como cancerígeno por la Asociación Internacional de Investigación para el Cáncer (8).

La exposición a los COVs es ubicua en aire exterior e interior, puede ocasionar intoxicaciones crónicas y agudas en los seres humanos, por tanto es un problema de salud pública. Esto incluye irritación del sistema respiratorio, de la piel, dolores de cabeza, náuseas, descontrol motriz, falta de aliento, entre otros efectos. Los más severos se observan con la exposición a

concentraciones elevadas de estos compuestos y/o la exposición prolongada a bajas concentraciones. Aunque la lista es extensa, se pueden mencionar síntomas pulmonares y agravamiento de afecciones respiratorias como el asma, daños cromosómicos, enfermedades hematológicas, trastornos del sistema reproductivo y la fertilidad, afecciones auditivas y visuales, alteraciones neurológicas y neuropsicológicas como las encefalopatías, afectaciones del sueño y la memoria, trastornos afectivos, entre otros (9-24).

En la actualidad, hay un creciente reconocimiento internacional de los riesgos potenciales para la salud asociados con la exposición a los COVs y la necesidad de evaluar la exposición en la población para minimizar estos riesgos (25). Varios estudios sobre exposición personal han sido reportados en décadas recientes (25-30). En Colombia, se han realizado estudios sobre trabajadores expuestos a COVs, en empresas ubicadas en el interior del país (Bogotá y Cundinamarca) evaluando los efectos genotóxicos y el daño en el ADN (31,32). Desconociendo otros grupos poblacionales vulnerables a los solventes orgánicos.

En las fábricas artesanales de muebles de madera de la región Caribe Colombiana, donde se usan en forma excesiva COVs, no se han realizado estudios de biomonitorio a estos tóxicos. Además, la ubicación de estas fábricas en sectores residenciales incrementa la exposición a BTEXs. A pesar de la importancia de las fábricas en la economía de poblaciones del Norte de Colombia, en especial de Sincelejo y Sampedra, no se conoce la magnitud real del problema generado, posiblemente por el subregistro de la información y la no aplicabilidad de protocolos de vigilancia epidemiológica.

Por lo anterior, el objetivo de este estudio fue: evaluar la exposición a COVs en trabajadores de fábricas artesanales de muebles de dos poblaciones del departamento de Sucre (Sincelejo y Sampedra), Norte de Colombia. Como también, determinar posibles signos y/o síntomas relacionados con la exposición a estos contaminantes.

MATERIALES Y MÉTODOS

Diseño y población de estudio

El estudio transversal analítico se desarrolló en el año 2011, en los municipios de Sincelejo (9°18'N and 75°23'O) y Sampedra (9°11'N y 75°23' O) y. El área de estudio está localizada en el Departamento de Sucre, Colombia. El clima de la zona es cálido y la temperatura media oscila entre 26,5 y

28,5°C (33). El universo lo conformaron 100 carpinteros, la población fue seleccionada mediante muestreo no probabilístico de tipo intencional. La muestra final estuvo conformada por 66 individuos de género masculino: control 25 y grupo expuesto 41, distribuidos en el área de estudio, Sincelejo 16 y Sampués 25. Los criterios de inclusión para el grupo expuesto fueron: participación voluntaria, haber trabajado en la fábrica mínimo 1 año, estar laborando con solventes, no tener exposición a radiaciones, no consumo de medicamentos quimioterapéuticos. Para el grupo control se emplearon los criterios anteriores excepto la exposición a BTEXs.

Previo consentimiento informado, se aplicó una encuesta supervisada por un médico, para obtener información demográfica, ocupacional y posibles signos y síntomas relacionados con la exposición a los contaminantes. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad de Córdoba (Montería, Colombia), de acuerdo a la Declaración de Helsinki y la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Protección Social de Colombia.

Determinación de COVs en aire

El monitoreo ambiental de BTEXs en el grupo expuesto y control se realizó con bombas de muestreo personal (Gilian LFS 113). Una vez muestreados los COVs con tubos de vidrio que contenían carbón activado, se desorbieron con disulfuro de carbono y el extracto fue analizado en un Cromatógrafo de Gases (PERKIN ELMER, AutosystemXL) equipado con un Detector de Ionización por Llama (FID). Para la cuantificación de los BTEXs en aire se implementó el método 1501 propuesto por "National Institute for Occupational Safety and Health" NIOSH (34). Se utilizaron estándares de BTEXs y disulfuro de carbono grado analítico, MERCK. El control de calidad fue implementado en el muestreo y en el procedimiento de análisis. Para cuantificar los BTEXs, se construyó una curva de calibración usando estándares certificados. Los límites de detección para los solventes fueron: 47,5, 215, 2,0 37, y 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ respectivamente para benceno, tolueno, etilbenceno, m/p-xileno y o-xileno.

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico, se calcularon las prevalencias para cada una de las variables con sus intervalos de confianza. Posteriormente, se evaluó la relación entre las variables de interés con la condición de exposición, mediante la prueba de Chi-cuadrado y la prueba T student, para la comparación de grupos independientes. Para las concentraciones por debajo del límite de detección se les asignó un valor igual a la mitad del mismo

(35). El criterio de significancia fue $p < 0,05$. El análisis estadístico de los resultados se procesó usando el programa SPSS versión 20.

RESULTADOS

Población estudiada

Con base en la encuesta, el 63,0% de los trabajadores presento exposición directa a COVs, con una jornada laboral mayor de 7 horas, cinco días a la semana. El promedio de edad fue de $31,4 \pm 13,9$ años para el grupo expuesto y $35,9 \pm 14,7$ años para el control. No se evidenciaron diferencias estadísticas significativas entre las variables edad, antigüedad en la empresa, educación y hábito tabáquico con la condición de exposición ($p > 0,05$). La mayoría de las fábricas (63,0 %) son recintos abiertos y están ubicadas cerca a otras. No se observó sistemas de extracción de gases. Las principales características sociodemográficas del grupo expuesto y control son mostradas en la Tabla 1.

Tabla 1. Perfil demográfico de la población estudio

Característica	Expuesto		No expuesto		Prevalencia total		Valor p
	N	%	N	%	N	%	
Edad (años)							
18-20	7	17,1	5	20,0	12	18,2	0,08
21-30	17	41,5	5	20,0	22	33,3	
31-40	10	24,4	4	16,0	14	21,2	
41-50	3	7,3	7	28,0	10	15,2	
51-60	1	2,4	3	12,0	4	6,1	
>60	3	7,3	1	4,0	4	6,1	
Antigüedad (años)							
1	3	7,3	5	20,0	8	12,1	0,22
2-5	18	43,9	5	20,0	23	34,8	
6-10	6	14,6	5	20,0	11	16,7	
10-20	8	19,5	4	16,0	12	18,2	
>20	6	14,6	6	24,0	12	18,2	
Nivel educativo							
Primaria	10	24,4	10	40,0	20	30,3	0,40
Secundaria	29	70,7	14	56,0	43	65,2	

En relación con las fuentes de BTEXs, las mezclas y productos que manifestaron los trabajadores expuestos, emplear con frecuencia, fueron: thinner (90,0 %), pintura (85,0 %), sellador (61 %) y gasolina (60,0 %). Con respecto a las medidas de higiene industrial y protección personal, se evidenció que la población expuesta presenta contacto dérmico con disolventes debido a la falta de uniforme y la ausencia de guantes. La mayoría utiliza tapabocas desechables (43,0%) y filtro para polvos (12,4%), los cuales no protegen a los pintores de los BTEXs. El 25,0 % no tienen en cuenta la dirección del viento, durante la aplicación de los solventes. Algunos trabajadores, manifestaron

lavar la ropa de trabajo en casa, junto con otras prendas (17,0 %) causando posiblemente exposición indirecta al grupo familiar.

Signos y síntomas

Como muestra la Tabla 2, la prevalencia de los signos y síntomas: dolor muscular 82,9 % (RP=3,8; IC95 %:1,2-11,8), fatiga 70,7 % (RP=2,2; IC95 %:0,8-6,2), somnolencia 65,9 % (RP=4,9; IC95 %:1,7-14,7) y rinitis 53,7 % (RP=1,1; IC95 %:0,4-2,9), fue más alta en el grupo expuesto comparado con el grupo control. Sin embargo, los síntomas dolor muscular y somnolencia presentan razones de prevalencia con significancia estadística.

Tabla 2. Prevalencia de signos y síntomas con la prueba de asociación en el grupo expuesto y control

Signos y síntomas	Expuesto		No expuesto		Prevalencia total		RP (IC95 %)	Valor p
	N	%	N	%	N	%		
	Oculares							
Conjuntivitis	8	19,5	6	24,0	14	21,2	0,7 (0,2-2,5)	0,7
Lagrimeo	17	41,5	13	52,0	30	45,5	0,6 (0,2-1,9)	0,4
	Respiratorios							
Tos	27	65,9	18	72,0	45	68,2	0,7 (0,2-2,2)	0,6
Rinitis	22	53,7	13	52,0	35	53,0	1,1 (0,4-2,9)	0,9
	Musculares							
Calambre	18	43,9	13	52,0	31	47,0	0,7 (0,3-2,0)	0,52
Dolor muscular	34	82,9	14	56,0	48	72,7	3,8 (1,2-11,8)	0,02**
	Neurológicos							
Cefalea	19	46,3	13	52,0	32	48,5	0,8 (0,3-2,2)	0,66
Fatiga	29	70,7	13	52,0	42	63,6	2,2 (0,8-6,2)	0,13
Somnolencia	27	65,9	7	28,0	34	51,5	4,9 (1,7-14,7)	0,003**
	Dermatológicos							
Dermatitis	16	39,0	11	44,0	27	40,9	0,89 (0,3-2,2)	0,69

**variables cuyo valor de p es < de 0,05

La Tabla 3 muestra las concentraciones de BTEXs en el grupo expuesto y no expuesto. Los resultados indican que las concentraciones de los solventes fueron más altas en el grupo expuesto que en el control, presentando diferencia estadística significativa.

La Tabla 4 muestra la comparación entre los grupos de estudio. La concentración máxima (83 mg/m³) y mínima (0,001) entre los BTEXs fue reportada para el benceno y etilbenceno respectivamente, en el grupo expuesto de Sampedo. Es relevante anotar, el benceno superó el valor límite umbral (0,5 mg/m³), establecido por la (ACGIH), Conferencia Americana de Higienistas Industriales para población ocupacionalmente expuesta. Sin embargo, no mostraron diferencias estadísticas entre los grupos expuestos, Sampedo y Sincelajo.

Tabla 3. Concentraciones de exposición personal a BTEX (mg/m³) en el grupo expuesto y control

Variable	Expuesto	No expuesto	Valor p
Benceno			
Media	9,5	0,2	0,02
Error estándar	2,9	0,08	
Intervalo de confianza	3,6-15,4	0,03-0,3	
Tolueno			
Media	8,1	0,3	0,001
Error estándar	1,0	0,15	
Intervalo de confianza	5,9-10,2	0,04-0,6	
Etilbenceno			
Media	4,9	0,14	0,001
Error estándar	0,9	0,06	
Intervalo de confianza	2,9-6,9	0,02-0,25	
o-Xileno			
Media	3,5	0,03	0,001
Error estándar	0,82	0,01	
Intervalo de confianza	1,8-5,1	0,01-0,05	
m/p-Xileno			
Media	12,1	0,03	0,002
Error estándar	2,0	0,01	
Intervalo de confianza	8,1-16,1	0,02-0,04	

Concentraciones de BTEXs en los grupos de estudio

Tabla 4. Concentraciones de exposición personal a BTEX (mg/m³) en las poblaciones de estudio

Variable	Expuesto	No expuesto	Valor p
Benceno			
Media	12,5	4,8	0,07
Error estándar	4,4	2,7	
Rango	0,02-83	0,02-37,9	
Intervalo de confianza	3,7-21,4	0,0-10,2	
Tolueno			
Media	9,1	6,5	0,2
Error estándar	1,2	1,9	
Rango	2,1-28,7	0,6-28,6	
Intervalo de confianza	6,7-11,6	2,7-10,4	
Etilbenceno			
Media	5,2	4,5	0,7
Error estándar	1,1	1,8	
Rango	0,01-17,4	0,3-27,8	
Intervalo de confianza	3,0-7,4	0,9-8,2	
o-Xileno			
Media	3,2	4,0	0,6
Error estándar	0,7	1,8	
Rango	0,1-11,3	0,04-24,8	
Intervalo de confianza	1,8-4,5	0,3-7,6	
m/p-Xileno			
Media	13,8	9,3	0,1
Error estándar	2,8	2,7	
Rango	0,06-49	0,7-37,6	
Intervalo de confianza	8,3-19,5	3,9-14,6	

DISCUSIÓN

El presente estudio evaluó la exposición a BTEXs en trabajadores de fábricas artesanales de muebles en dos poblaciones del Norte de Colombia, como también determinó posibles signos y/o síntomas relacionados con la exposición a estos COVs. La edad promedio de los individuos, se encuentra dentro de la población laboral activa. Estos resultados, son consistentes con un estudio realizado en empresas de Bogotá y Cundinamarca, donde los trabajadores en algunas etapas del proceso productivo se encuentran expuestos a solventes orgánicos (32). Varios estudios han demostrado la relación entre las características sociodemográficas y la exposición a disolventes orgánicos (36,37).

Las condiciones locativas de las fábricas de muebles son un aspecto importante a considerar. La tasa de renovación del aire es poca, debido a que no poseen extractores. Adicionalmente, la mayoría se ubican en sectores residenciales y cerca de otras. Esta situación se traduce en un factor de riesgo para la salud de grupos vulnerables, como los niños, mujeres embarazadas y ancianos.

Las mezclas y productos reportados por los trabajadores expuestos son consistentes con resultados de investigaciones realizadas en Colombia (31,32). Otras fuentes de COVs reportadas en este estudio son: varsol, barnices, lacas, tintillas, que son encontradas en otros estudios de exposición a estos contaminantes(37,38). Es importante resaltar, que los individuos que reportaron laborar en varias fábricas de muebles pueden presentar una mayor exposición a solventes orgánicos, debido a que realizan en algunos casos jornadas extras de trabajo directo con estos productos.

En el presente estudio, los signos y síntomas asociados a la exposición a COVs, fueron superiores a los reportados por Torres y colaboradores, quienes realizaron una investigación durante los años 2005 y 2006, en 5 empresas de Bogotá y Cundinamarca, donde se observó en los trabajadores expuestos, una prevalencia de: cefalea 34,4 %, dolor de espalda 35,6 %, lagrimeo 25,6 %, debilidad 20,0 % y somnolencia 22,0 %. En otro estudio desarrollado en Bogotá, en trabajadores de fábricas de pinturas, en el año 2003 se encontró una prevalencia de signos y síntomas tales como cefalea 45,9 %, irritación ocular 24,6 % y dolor de espalda 26,2 % (31,32).

A pesar, de que en la región Caribe Colombiana, los trabajadores de las fábricas de muebles consideran peligrosos para su salud los solventes, omiten el uso de elementos de protección y bioseguridad (máscaras, uniformes, entre otros). Los altos precios y la incomodidad de usar los mismos, debido a la temperatura de la región, son posibles explicaciones para esta situación, la cual indica una falta de capacitación efectiva a los carpinteros.

Por otra parte, los signos y síntomas relacionados con la exposición a COVs se clasificaron en: oculares, respiratorios, neurológicos, musculares y dermatológicos. En efecto, numerosos estudios han demostrado que las personas expuestas a BTEXs presentan con frecuencia síntomas neurológicos, reumatológicos, dermatológicos, pulmonares y cardiovasculares (13,37,39).

Las concentraciones elevadas de algunos COVs en el área de estudio, se explican posiblemente porque en la región es común el uso del thinner en actividades de pintado (38). Las características de fabricación del thinner, conllevan a que no se mantengan fórmulas constantes, dando origen a la sustitución por compuestos más tóxicos, por tanto, es frecuente la presencia de benceno (38). Otro factor que puede contribuir a la exposición de los trabajadores a los COVs en los municipios estudiados, es la calidad del aire, debido a que las empresas se encuentran ubicadas en una zona de tráfico pesado (cerca de la carretera), pero es posible, la contribución de fuentes interiores. La exposición personal a COVs puede originarse de aire exterior (tráfico de vehículos) y también de fuentes interiores, como materiales de construcción, muebles, uso de pinturas, almacenamiento de disolventes (40).

Por otra parte, los resultados del presente estudio, indican que en la región Caribe Colombiana, los trabajadores de las fábricas artesanales de muebles presentan concentraciones de exposición personal a BTEXs más elevadas, en comparación con los reportes de otros autores. Un estudio desarrollado en Ucrania, en los años 2005 y 2007, evaluó la exposición personal en 100 trabajadores y obtuvo los siguientes resultados: benceno ($2,2 \pm 2,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$), tolueno ($19,7 \pm 34,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), etilbenceno ($3,2 \pm 10,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), m/p-xileno ($3,1 \pm 11,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$; $7,7 \pm 11,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y o-xileno ($3,6 \pm 11,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (25). Otro estudio llevado a cabo en 669 individuos de USA, en los años 1999 y 2000, reportó concentraciones de benceno ($5,3 \pm 7,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$), tolueno ($36,4 \pm 107,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$), etilbenceno ($8,4 \pm 43,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), m/p-xileno ($18,8 \pm 43,2 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y o-xileno ($6,5 \pm 14,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (30). Por otra parte, en estudio conducido en Corea, en trabajadores de construcción reportó las siguientes concentraciones: benceno ($128,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$), tolueno ($485,7 \mu\text{g}/\text{m}^3$),

etilbenceno ($24,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$), m/p-xileno ($66,6 \mu\text{g}/\text{m}^3$) y o-xileno ($28,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$) (37). No obstante, un estudio conducido en Italia, en pintores de carros reportó los siguientes rangos de concentración: benceno, tolueno, etilbenceno y xileno: $0,5\text{-}53,0 \text{ mg}/\text{m}^3$; $1,9\text{-}93,8 \text{ mg}/\text{m}^3$; $0,6\text{-}23,8 \text{ mg}/\text{m}^3$; $1,2\text{-}75 \text{ mg}/\text{m}^3$ (6). El uso excesivo de COVs, factores específicos del área de estudio, tales como las condiciones sociodemográficas, el no uso de elementos de protección personal, entre otros, contribuyen a estos resultados. De igual forma, la exposición ocupacional, fue mayor de 1 (se determina por la sumatoria de las concentraciones de exposición para los solventes dividida por el valor umbral ponderado en el tiempo, TLV-TWA). Confirmando que la exposición de los trabajadores a BTEXs está representada por una mezcla de solventes y productos.

En conclusión, el estudio demostró que la contribución de diversas fuentes aumenta la exposición personal a los COVs, de los trabajadores de las fábricas artesanales de muebles de madera en el norte de Colombia.

Adicionalmente, su uso excesivo puede estar generando efectos adversos en la salud de estos, lo que incide en forma negativa en la productividad y la eficiencia de los trabajadores, sumado a la población general que se encuentra potencialmente expuesta, ocasionando un problema de salud pública.

Para monitorear la exposición a los COVs, se recomiendan estudios neurológicos, uso de biomarcadores urinarios, análisis de las fuentes de contaminación para la población con exposición indirecta y un programa de vigilancia epidemiológica ■

Agradecimientos: Los autores expresan sus agradecimientos a COLCIENCIAS y la Universidad de Córdoba por el soporte financiero mediante el contrato 733-2009. Además al proyecto Exposición humana a disolventes orgánicos en fábricas de muebles en la Costa Atlántica Colombiana: impactos sobre la expresión de genes asociados con daño al ADN y a la población de carpinteros de los municipios de Sincelejo y Sampués, por la colaboración en el estudio.

Conflicto de intereses: Ninguno.

REFERENCIAS

1. Xiao J, Levin, S. The diagnosis and management of solvent-related disorders. *American Journal of Ind Med.* 2000; 37: 44-61.
2. Janasik B, Jakubowski M, Wesolowski, Kucharska M. Unmetabolized VOCs in urine as biomarkers of low level occupational exposure international. *J of Occup Med. and Environ.Health.*2010; 23(1): 21 – 26.
3. Attarchi M, Labbafi Y, Mohammadi S. Occupational exposure to different levels of mixed organic solvents and colour vision impairment. *Neurotoxicology and Teratology.* 2010; 32(5):558-62.
4. OMS Organización Mundial de la Salud. Global Health Observatory Data Repository. Household and Outdoor Air Pollution Burden of Disease.2004. [Internet]. Disponible en:http://www.who.int/quantifying_ehimpacts/national/countryprofile/colombia.pdf. Consultado febrero del 2013.
5. IARC International Agency for Research on Cancer. Monographs on the evaluation of carcinogenic risk to humans, benzene. Lyon, France. 1987. [Internet]. Disponible en: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/suppl7/Suppl7.pdf>. Consultado febrero del 2013.
6. Vitali M, Ensabella F, Stella D, Guidotti, M. Exposure to organic solvents among handcraft car painters in Italy. *Industrial Health.*2006; 44(1): 310-317.
7. IARC International Agency for Research on Cancer. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Some industrial chemicals. Lyon, France. 2000. [Internet]. Disponible en: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol77/>. Consultado febrero de 2013.
8. IARC International Agency for Research on Cancer. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Painting, firefighting, and shiftwork. Lyon, France. 2010. [Internet]. Disponible en: <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol98/mono98.pdf>. Consultado en febrero de 2013.
9. Saddik B, Williamson A, Nuwayhid I, Black D. The Effects of Solvent Exposure on Memory and Motor Dexterity in Working Children. *Public Health Reports.*2005; 120: 657-663.
10. Ten J, Mendiola J, Torres-Cantero A.M, Moreno-Grau J.M, Moreno-Grau S., Roca M, et al. Occupational and Lifestyle Exposures on Male Infertility: A Mini Review. *The Open Reproductive Science Journal.* 2008; 1: 16-21.
11. Caro J, Gallego M, Montero R. Diferentes metodologías para la evaluación de riesgos originados por compuestos orgánicos volátiles (VOCs) en ambientes laborales. *Seguridad y Medio Ambiente (MAPFRE).* 2009; 113: 20-36.
12. Hoyos L.S, Carvajal S, Cajas N, Ruíz M, Sánchez A. Chromosome aberrations in workersexposed to organic solvents: Influence of polymorphisms in xenobiotic-metabolism and DNA repair genes. *Sci Tot Env.* 2009; 666: 8-15.
13. Kaukiainen A, Hyvärinen H.K, Akila R, Sainio M. Symptoms of chronic solvent encephalopathy: Euroquest questionnaire study. *Neurotoxicology.* 2009; 30(6): 1187-1194.
14. Viaene M., Vermeir G., Godderis L. Sleep disturbances and occupational exposure to solvents. *Sleep Medicine Reviews.* 2009; 13: 235-243.
15. Yoon H.I., Hong Y.C., Cho S.H., Kim H., Kim Y.H., Sohn J.R, et al. Exposure to volatile organic compounds and loss of pulmonary function in the elderly. *Eur Respir J.* 2010; 36(6):1270-6.
16. Godderis L, Dours G, Laire G, Viaene M.K. Sleep apnoeas and neurobehavioral effects in solvent exposed workers. *Int J Hyg Environ Health.* 2011; 214(1): 66-70.
17. Kim J.H, Moon J.Y, Park E.Y, Lee K.H, Hong Y.C. Changes in Oxidative Stress Biomarker and Gene Expression Levels in Workers Exposed to Volatile Organic Compounds. *Industrial Health.* 2011;49: 8-14.

18. Haro L.C, Vélez N.M, Aguilar G, Guerrero S, Sánchez V, Muñoz, et al. Alteraciones hematológicas en trabajadores expuestos ocupacionalmente a mezcla de benceno-tolueno-Xileno (BTX) en una fábrica de pinturas. *Rev Peru Med Exp Salud Pública*. 2012; 29(2): 181-187.
19. Tanyanont W, Vichit-Vadakan N. Exposure to volatile organic compounds and health risks among residents in an area affected by a petrochemical complex in Rayong, Thailand. *Southeast Asian J Trop Med Public Health*. 2012; 43(1): 201-211.
20. Chang W.J, Joe K.T, Park H.Y, Jeong J.D, Lee D.H. The Relationship of Liver Function Tests to Mixed Exposure to Lead and Organic Solvents. *Annals of Occupational and Environmental Medicine*. 2013; 25(5): 2-12.
21. Eldesouki M.A, Sharaf N.E, Abdel Shakour A.A, Mohamed M.S, Hussein A.S, Hasani I.W. Study of the Effect of Occupational Exposure to Volatile Organic Compounds (VOC's) on Male Reproductive Hormones. *World J Med Sci*. 2013; 8(1): 6-12.
22. Fuente A, McPherson B, Hormazabal X. Self-reported hearing performance in workers exposed to solvents. *Rev de Saúde Pública*. 2013; 47(1): 86-93.
23. Hasan N.H, Said M.R, Leman A.M. Health effect from Volatile Organic Compounds and Useful Tools for Future Prevention: A Review. *Int J EnvEngSci Tech Res*. 2013; 1(2): 28-36.
24. Lee E.H, Paek D, Kho Y.L, Choi K, Chae H.J. Color vision impairments among shipyard workers exposed to mixed organic solvents, especially xylene. *Neurotoxicol Teratol*. 2013; 37: 39-43.
25. Delgado J, Aquilina N, Meddings C, Baker S, Harrison RM. Relationship of personal exposure to volatile organic compounds to home, work and fixed site outdoor concentrations. *Sci of the Tot Environ*. 2011; 409: 478-488.
26. Edwards RD, Jurvelin J, Saarela K, Jantunen M. VOC concentrations measured in personal samples and residential indoor, outdoor, and workplace microments in EXPOLIS Helsinki, Finland. *Atmos Environ*. 2001; 35: 4531-4543.
27. Kim YM, Harrad S, Harrison RM. Levels and sources of personal inhalation exposure to volatile organic compounds. *Environ Sci Technol*. 2002; 36: 5405-5410.
28. Serrano-Trespalacios PI, Ryan L, Spengler JD. Ambient, indoor and personal exposure relationships of volatile organic compounds in Mexico city metropolitan area. *J Expo Anal EnvEpid*. 2004; 14: 118-132.
29. Han X, Naeher LP. A review of traffic-related air pollution exposure assessment studies in the developing world. *Environ Int*. 2006; 32: 106-120.
30. JiaCh, D'Souza J, Batterman S. Distributions of personal VOC exposures: A population-based analysis *Stuart Environ Intern*. 2008; 34: 922-931.
31. Cárdenas O, Varona M, Patiño R, Groot H, Sicard D, Torres M, et al. Exposición a solventes orgánicos y efectos genotóxicos en trabajadores de fábricas de pinturas en Bogotá. *Rev. Salud pública (Bogotá)*. 2007; 9 (2): 275-288.
32. Torres CH, Varona ME, Lancheros A, Patiño RI, Groot, H. Evaluación del daño en el ADN y vigilancia biológica de la exposición laboral a solventes orgánicos, 2006. *Revista Biomédica*. 2008; 28: 126-138.
33. Abreau, Diaz M. Determinación de la geometría del acuífero de Morroa y localización de futuras zonas de posible exploración y explotación del acuífero mediante el uso de líneas sísmicas y pozos de petróleo. *Sincelejo (Colombia) Corporación Autónoma Regional de Sucre - Aguas de la Sabana*; 2004.
34. National Institute Occupational Safety and Health, Centers Disease Control. *Hydrocarbons, Aromatic. Method 1501. Manual of Analytical Methods*. Four Edition. USA; 1996; 2: 1-7.
35. Hornung R, Reed, LD. Estimation of average concentration in the presence of non-detectable values. *Appl Occup Environ Hyg*. 1990; 5: 46-51.

36. Wang S, Majeed M, Chu P, Lin H. Characterizing relationships between personal exposures to VOCs and socioeconomic, demographic, behavioral variables. *Atmosf Environ.* 2009;43: 2296–2302.
37. Chun Ch, Sung K, Kim E, Park J. Self-reported multiple chemical sensitivity symptoms and personal volatile organic compounds exposure concentrations in construction workers. *Build and Environ.* 2010; 45: 901–906.
38. Verma S, Gomber S. Thinner intoxication manifesting as methemoglobinemia. *Indian J Pediatr.* 2009. 76(3): 315-316.
39. Ridgway P, Nixon TE, Leach J.P. Occupational exposure to organic solvents and long-term nervous system damage detectable by brain imaging, neurophysiology or histopathology. *Food and Chem Toxicol.* 2003; 41:153–187.
40. Delgado J, Aquilina N, Meddings C, Baker S, Harrison RM. Model development and validation of personal exposure to volatile organic compound concentrations. *Environ Health Perspect.* 2009; 117(10): 1571-1579.