

EVALUACIÓN DEL RIESGO OCUPACIONAL POR EXPOSICIÓN A BENCENO, TOLUENO Y XILENOS EN UNA INDUSTRIA DE PINTURAS EN BOGOTÁ, D.C.

Maria del Pilar Rubiano D., Clara Marciales C. , Martha Duarte A.***

Recibido: 04/10/02 Aceptado: 05/11/02

Palabras clave: benceno, tolueno, xilenos, BTX, riesgo ocupacional, cromatografía de gases.

Key words: Benzene, toluene, xilenos, BTX, occupational hazard, gas chromatography.

RESUMEN

Se determinaron los niveles de benceno, tolueno y xilenos (BTX) en el aire de una industria de pinturas adscrita al Instituto Colombiano de Seguros Sociales, con el propósito de evaluar el riesgo ocupacional ocasionado por el uso de estos solventes; se compararon estos resultados con los valores límite umbral (Threshold Limit Value , TLV).

Se escogió como estrategia de muestreo, la metodología de período parcial con muestras consecutivas y se utilizaron tubos de carbón activado como medio de captación de solventes. La extracción se hizo con disulfuro de carbono y se utilizó como método de análisis la cromatografía de gases con detector de ionización de llama.

Se encontró que el método es altamente selectivo porque aun en presencia de otros 10 solventes utilizados en la industria de pinturas, fue posible encontrar una buena separación para BTX. La precisión, expresada como coeficiente de variación, fue menor al 10%, la exactitud varió entre 85 y 99% para los tres disolventes.

Se encontraron concentraciones en aire que variaron entre no detectable y 55,1 mg/m³ para el benceno; entre 18,3 y 253 mg/m³ para tolueno; entre 11,8 y 122,2 mg/m³ para xileno. Los valores TLV de benceno, tolueno y xilenos, corregidos de acuerdo con el modelo de Brief y Scala para una jornada diaria de 10 horas fueron de 1,1, 132 y 304 mg/m³ respectivamente.

Se encontró que existe riesgo ocupacional por benceno en algunos puestos de trabajo, lo cual es preocupante si se tiene en cuenta que éste no es utilizado como materia prima en la fabricación de pinturas. El tolueno presenta riesgo ocupacional en menor proporción mientras que la presencia de xilenos no genera riesgo

* Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

** Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

porque las concentraciones encontradas no superaron el valor TLV.

Se determinó que existe riesgo ocupacional en la mayoría de los puestos de trabajo de la industria estudiada cuando se considera la mezcla de los tres disolventes.

ABSTRACT

It was determined benzene, toluene and xilenes (TX) levels in air from paint manufacture assigned to Instituto Colombiano de Seguro Social with the purpose to evaluate the occupational hazard caused by the use of these solvents. These results were compared with the Threshold Limit Value (TLV).

It was selected as sampling strategy, the methodology of partial period with consecutive samples and charcoal tubes as adsorbent of solvents. The extraction was realized with carbon disulfide and it was used Gas Chromatography with FID as analysis method.

It was found that the method is highly selective because in presence of the others ten solvents, utilized in paint manufacture, was obtained a good separation for BTX. The precision, expressed a variance coeficiente, was lower than 10%, the accuracy varied between 85 and 99% for the three solvents.

The airborne concentration found was between no detectable and $55,1 \text{ mg/m}^3$ for benzene, $18,3$ and 253 mg/m^3 for toluene and $11,8$ and $122,2 \text{ mg/m}^3$ for xilenes. The corrected TLV values for benzene, toluene and xilenes according to the Brief and Scala model for the ten hours shift were $1,1$, 132 and 304 mg/m^3 respecti-

vely. It was found occupational risk for benzene in some workplaces, this one is worried because benzene is not used as raw material for the paint manufacture.

It was determined that exists occupational risk in almost every workplace of the industry when it is considered the mixture of the three solvents.

INTRODUCCIÓN

En el ambiente ocupacional los trabajadores pueden estar expuestos por largos períodos a sustancias químicas, lo cual los coloca en peligro de desarrollar enfermedades graves que pueden ocasionarles incluso la muerte.

El tolueno y los xilenos se utilizan como disolventes en la fabricación de artículos de caucho, adhesivos, barnices y pinturas, también en la elaboración de perfumes, explosivos y tintas, entre otros. En la fabricación de pinturas se utilizan cantidades importantes como materia prima para la preparación de diferentes productos. A nivel mundial esta prohibido el uso de benceno, aunque puede estar presente como impurezas de otros disolventes (1, 2).

Colombia importa anualmente alrededor de 4000 toneladas de benceno, 4000 de tolueno y 7200 de xilenos, los cuales se utilizan en diferentes industrias, siendo las de pinturas las que requieren un mayor porcentaje de abastecimiento (cerca del 55% de la cantidad de solventes importados). El proceso de refinación del petróleo en Colombia deja anualmente como subproductos alrededor de 4300 toneladas de benceno, 5700 toneladas de tolueno y 7500 toneladas de xilenos; cerca

del 9% de estos subproductos se utilizan en la industria de pinturas (3).

Teniendo en cuenta los graves efectos que ocasiona al organismo el contacto permanente con estos disolventes, que se pueden encontrar como vapores en los ambientes ocupacionales de diferentes industrias, se propuso realizar este estudio para determinar por cromatografía de gases los niveles de benceno, tolueno y xilenos en el aire de una industria de pinturas adscrita al Instituto de Seguro Social, con el propósito de evaluar si existe o no riesgo ocupacional por exposición a estos disolventes.

Toxicidad de benceno, tolueno y xilenos. La exposición continua a estos disolventes afecta el organismo de diferentes maneras puesto que actúan como tóxicos sistémicos, narcóticos, anestésicos, producen dermatosis y efectos combinados al atacar diferentes órganos (1).

El benceno es una sustancia cancerígena, razón por la cual el Ministerio de Trabajo, por medio del Decreto 44 del 12 de diciembre de 1995, restringió el uso de éste en las industrias de Colombia (4).

Normas de calidad en ambientes ocupacionales. En el campo de la higiene industrial existen normas de calidad ambiental en aire con las cuales se comparan los resultados que se obtienen cuando se hace la evaluación de un ambiente de trabajo. Colombia ha adoptado los valores reportados por la American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH), quienes anualmente publican una relación de valores límite umbrales denominados TLV (Threshold Limit Value) para agentes físicos y químicos en ambientes ocupacionales. Estos valores de referencia están dados para jornadas

laborales de 8 horas diarias y 5 días de trabajo; son valores límite recomendables y como tal deben interpretarse. Para los agentes químicos expresan las concentraciones en aire de las sustancias y representan las condiciones bajo las cuales se asume que los trabajadores pueden estar expuestos, día a día repetidamente, durante toda su vida laboral sin sufrir efectos adversos en su salud.

Los valores TLV pueden estar expresados como ppm (v/v) y/o como mg/m^3 de aire a 25°C y 760 torr, dependiendo el estado físico en que se encuentren en el ambiente. Para el benceno, tolueno y xilenos son en su orden los siguientes: 1,6 mg/m^3 (0,5 ppm); 188,1 mg/m^3 (50 ppm); 441,7 mg/m^3 (100 ppm) (5).

El Convenio 170 sobre la seguridad en la utilización de productos químicos en el trabajo, de la Conferencia General de la Organización Internacional del Trabajo en Ginebra, adoptado por Colombia el 25 de junio de 1990, contiene medidas de control y de seguridad con el fin de proteger a los trabajadores contra los efectos nocivos de los productos químicos, previniendo enfermedades y accidentes causados por la utilización de éstos (6).

Investigaciones sobre riesgo ocupacional por solventes orgánicos. En algunos países se han realizado estudios para evaluar el daño que ocasiona a la salud de los trabajadores la exposición continua a disolventes orgánicos (7, 8). Estas investigaciones se llevaron a cabo en trabajadores expuestos y no expuestos, determinando algunos metabolitos del benceno como los ácidos s-fenilhipúrico, mucónico en orina y la s-fenilcisteína en sangre. También se hicieron estudios para eva-

luar los efectos neurotóxicos producidos por exposición a solventes en procesos de pinturas, encontrando que el 67% de las enfermedades neurotóxicas más comunes, como intensos dolores de cabeza, demencia y epilepsia fueron causados por dicha exposición (9).

En Colombia, en 1996, el Instituto Nacional de Salud y el Instituto de Seguro Social realizaron una investigación para evaluar los efectos generados por la exposición a disolventes orgánicos en muestras de orina en trabajadores expuestos en empresas de pinturas y pegantes. En este estudio se resalta la necesidad de hacer investigaciones a nivel ambiental (2).

METODOLOGÍA

Equipos y reactivos

Cromatógrafo de gases con detector de ionización de llama, J & W Scientific Phillips 1636, con columna capilar DB- 225, de 30 metros de longitud, 0,321 mm de diámetro y 0,25 μm de espesor de película, de polaridad similar a la del método 1501 propuesto por NIOSH (10).

Bombas de muestreo personal, con baterías de cadmio-níquel recargables, Gillian modelo HFS 513A.

Patrones de benceno, tolueno y xilenos, grado reactivo analítico, Merck.

Patrones de etilenglicol, acetato de etilo, isopropanol, isobutanol, butanol, acetato de butilo, ciclohexanona, varsol, solvesso 100 y butilcellosolve.

Disulfuro de carbono grado analítico, Merck.

Descripción de la empresa de pintura

Este estudio se realizó en una empresa de pinturas, localizada en Bogotá D.C., y los análisis se realizaron en el laboratorio del Centro de Atención en Salud Ocupacional (CASO), seccional Cundinamarca del Instituto de Seguro Social.

La empresa tiene 104 trabajadores, de los cuales 69 están en la planta de producción, de lunes a viernes, en jornadas diarias de 10 horas divididas en 9 horas de trabajo, 45 minutos para el almuerzo y 15 minutos para un descanso matutino.

En la planta de producción están localizadas 17 máquinas mezcladoras, de las cuales 16 se utilizan para los diferentes procesos de la fabricación de las pinturas, en los que están involucrados disolventes, y una máquina destinada a procesar pinturas a base de agua. Existe un área de almacenamiento, una de elaboración de resinas, una de empaquetamiento, un laboratorio de análisis fisicoquímico y dos oficinas.

Como materias primas en la fabricación de las pinturas utilizan los siguientes disolventes, en orden de volumen: xilenos, tolueno, acetato de butilo, acetato de etilo, varsol, isopropanol, butanol, isobutanol, butil-cellosolve, solvesso 100, ciclohexanona y etilenglicol.

Estrategia de muestreo

Se seleccionaron seis puestos de trabajo; cinco correspondientes a los sitios donde se encuentran las máquinas mezcladoras en las cuales se utilizan permanentemente solventes, y el sexto puesto correspondió al laboratorio de análisis fi-

sicoquímico. Se realizaron cinco muestreos durante el mismo número de semanas, teniendo en cuenta no repetir día de muestreo.

Como forma de muestreo se utilizó el período parcial con muestras consecutivas, que consiste en recoger varias muestras durante un tiempo inferior al período estandar de ocho horas. Como sistema de captación de solventes se usaron tubos de vidrio de 7 cm de longitud, 6 mm de diámetro externo y 4 mm de diámetro interno, que contienen 150 mg de carbón activado como adsorbente, dividido en dos secciones, una de 100 y otra de 50 mg separadas por una espuma de poliuretano de 2 mm.

En un muestreo preliminar se determinó que el límite de saturación de los tubos de captación fue de 3,5 horas, por tanto en cada puesto de trabajo seleccionado se tomaron tres muestras, así: al iniciar la jornada con duración de 150 minutos de captación; después del descanso con una duración de 120 minutos, y la última después del almuerzo con una duración de 150 minutos. Durante cada muestreo se capturaron dos muestras blancas, una en la mañana y otra en la tarde.

Procedimiento de muestreo

Se utilizaron bombas de muestreo personal con baterías de cadmio y níquel para la recolección de las muestras; el día anterior al muestreo se cargaron las baterías por un tiempo de 12 a 16 horas; las bombas fueron calibradas a un flujo bajo de captación cercano a 0,2 litros de aire/minuto, de acuerdo con la recomendación dada por NIOSH y por el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el

Trabajo de España para este tipo de agentes químicos en el aire (10, 11).

Las bombas se colocaron en la cintura del operario elegido asegurándolas con un cinturón apropiado; la manguera que conecta la bomba con el tubo adsorbente se pasó por la espalda y el hombro y se ajustó con una pinza en el vestido, de manera que un extremo del tubo quedará a la altura de la zona de respiración del trabajador.

Justo antes de iniciar el muestreo se rompieron los extremos de los tubos adsorbentes y se prendieron las bombas, comprobando que no existieran fugas de aire en el tren de muestreo. Durante el muestreo se vigiló que el flujo de captación permaneciera constante. Una vez se completó el tiempo de captación de los solventes, se sacaron los tubos y se cerraron sus extremos herméticamente para evitar pérdidas de muestra, se rotularon y se identificaron para posterior análisis por cromatografía de gases. Inmediatamente se almacenaron a 4°C hasta que fueron analizados en un período menor a 48 horas. Durante cada día de muestreo se recolectaron 20 muestras, incluyendo dos blancos.

Análisis de las muestras por cromatografía de gases

Para la extracción de los solventes de los tubos de captación se utilizó disulfuro de carbono, de acuerdo con el método propuesto por NIOSH (10); la sección frontal y la sección posterior de los tubos se colocaron en dos viales con tapa que contenían 1 mL de disulfuro de carbono cada uno, descartando la sección de espuma

ma de poliuretano; se agitó ocasionalmente durante 30 minutos.

En esta industria, en el proceso de elaboración de pinturas se utilizan 10 disolventes, además del tolueno y el xileno, por lo cual fue necesario modificar las condiciones del método propuesto por NIOSH para lograr una buena separación de todos los disolventes. Se emplearon las siguientes condiciones cromatográficas para el análisis de las muestras:

Temperatura de inyector y detector, 225°C.

Temperatura de columna: inicial 50°C durante 7 minutos, con programación de 15 grados por minuto hasta una temperatura final de 204°C, que permaneció durante 2 minutos.

Para garantizar la confiabilidad de la metodología para la determinación de BTX en aire en esta industria de pinturas, se evaluaron los parámetros de selectividad, linealidad, precisión, exactitud, límites de detección y cuantificación para estos agentes químicos.

Evaluación del riesgo ocupacional por BTX

Para cada uno de los puestos de trabajo seleccionados en el presente estudio se calculó la concentración media ponderada para el benceno, tolueno y xileno, teniendo en cuenta el volumen de aire muestreado y las condiciones de temperatura y presión de Bogotá.

Se determinó la desviación crítica de la concentración media para cada uno de estos agentes químicos, de acuerdo con la metodología recomendada por Moreno y

Mañas (12). Se aplicó una prueba de hipótesis unilateral para contrastar estos resultados con los TLV corregidos y establecer si existe o no riesgo ocupacional por la presencia de estos agentes químicos en los puestos de trabajo evaluados, con un nivel de confianza del 95%.

Cuando las jornadas laborales son diferentes a las estándar de 8 horas/día y 5 días semana es necesario aplicar un factor de corrección a los valores TLV para lo cual existen diferentes modelos (13). Para esta industria, cuya jornada es de 10 horas/día, se hicieron las correcciones de acuerdo con el modelo de Brief y Scala.

Cuando se encuentran presentes dos o más sustancias en el mismo ambiente ocupacional se debe tener en cuenta el efecto combinado de ellas (5); si no existe información en sentido contrario, los efectos deben considerarse aditivos. Si la suma de las fracciones supera la unidad, se está rebasando el TLV de la mezcla; la siguiente es la expresión matemática con la que se determina este valor:

$$TLV_{mezcla} = C_1 / TLV_1 + C_2 / TLV_2 + \dots + C_n / TLV_n$$

RESULTADOS

Validación de la metodología

Selectividad. Con las condiciones cromatográficas escogidas se determinó que el método es altamente selectivo pues se lograron separar todos los disolventes involucrados en el proceso de fabricación de pinturas, incluso la separación de los componentes del solvesso 100 y del varsol.

Linealidad. El intervalo de respuesta lineal para los tres disolventes estuvo comprendido entre 0 y 70 mg/L; las ecuaciones de las rectas de regresión promedio para las curvas de calibración con sus respectivos intervalos de confianza para el intercepto y la pendiente, y los coeficientes de correlación fueron los siguientes:

benceno: Altura de pico (%) = $0,16 (\pm 0,06) X_{\text{benceno}} + 0,11 (\pm 0,80) \quad r = 0,999$

tolueno: Altura de pico (%) = $0,11 (\pm 0,01) C_{\text{tolueno}} - 0,19 (\pm 0,60) \quad r = 0,995$

xilenos: Altura de pico (%) = $0,09 (\pm 0,01) C_{\text{xilenos}} - 0,35 (\pm 0,75) \quad r = 0,968$

Precisión y exactitud. La precisión expresada como coeficiente de variación fue menor al 10% para el análisis de los tres solventes; este valor es aceptable para este tipo de muestras de naturaleza tan volátil. En la tabla 1 se presentan los resultados de la exactitud, expresada como porcentaje de recuperación, para niveles de concentración de los tres agen-

tes químicos entre 26 y 62 mg/L; estos resultados muestran que el método es muy confiable por sus altos porcentajes de recuperación.

Límite de detección y cuantificación. Se calculó de acuerdo con el método presentado por Miller (14); los resultados

del límite de detección y de cuantificación obtenidos para la determinación de estos agentes químicos fueron, respectivamente: benceno 1,3 mg/L y 2,5 mg/L; tolueno 3,0 mg/L y 5,4 mg/L; xilenos 2,2 mg/L y 4,4 mg/L.

Tabla 1. Resultados de la exactitud para los tres disolventes, expresada como porcentaje de recuperación

Solvente	Concentración mg/L	Porcentaje promedio de recuperación %	Coficiente de variación (CV) %
Benceno	26	99,2	0,40
	44	99,2	0,23
	62	92,3	0,84
Tolueno	26	91,5	1,26
	44	89,1	1,20
	62	94,7	0,60
Xilenos	26	88,1	2,47
	44	84,9	1,18
	62	92,0	0,72

Análisis de muestras y decisión de riesgo ocupacional

En general, en todos los muestreos y en todos los puestos de trabajo se determinó la presencia de todos los disolventes que se utilizan durante el proceso de elaboración de pinturas.

En la tabla 2 se presentan los resultados de las concentraciones medias ponderadas de benceno para los puestos de trabajo analizados durante los cinco muestreos realizados. Al comparar estos resultados con el valor TLV corregido de $1,1 \text{ mg/m}^3$ a un nivel de confianza del 95% con la prueba de hipótesis unilateral, se observa que hubo riesgo ocupacional en la mayoría de los puestos de trabajo durante los últimos tres muestreos. Esta situación es preocupante porque las cantidades de benceno encontradas se deben a impurezas presentes en otros disolventes utilizados para la fabricación de pinturas. En los dos primeros muestreos no se prepararon algunos tipos de pinturas por fal-

ta de materia prima, lo cual puede explicar la ausencia de benceno.

En la tabla 3 se presentan los resultados de las concentraciones medias ponderadas para tolueno para los puestos de trabajo durante los cinco muestreos realizados. Al comparar estas concentraciones con el valor TLV corregido de $188,1 \text{ mg/m}^3$, a un nivel de confianza del 95% y con una prueba de hipótesis unilateral, se observa que hay riesgo ocupacional en el puesto de trabajo 2 en el primero y último muestreo; en el puesto tres para el muestreo cuatro, y en el puesto cinco hubo riesgo en el primero y el tercer muestreo.

Analizando estos resultados se puede decir que existe mayor riesgo ocupacional por presencia de tolueno en los puestos en los que se preparan diferentes tipos de pinturas; además, se puede concluir que el tolueno utilizado durante este período no contenía benceno como impureza porque en el muestreo uno, donde se

Tabla 2. Concentración de benceno en los puestos de trabajo durante los muestreos realizados

Puesto de trabajo	Concentración media ponderada en el tiempo mg/m^3				
	Muestreos				
	1	2	3	4	5
1. Preparación de lacas	ND	ND	22,8*	6,4	13,4
2. Preparación de lacas	ND	ND	25,3	ND	5,0
3. Preparación de pinturas	ND	ND	3,5	0,6	6,3
4. Preparación de lacas	ND	ND	2,0	0,6	0,4
5. Preparación de pinturas	ND	0,4	21,5	3,2	6,0
6. Laboratorio	ND	ND	0,5	51,2	55,1
Valor TLV _{corregido}			1,1		
Valor desviación crítica			0,1		

* Los valores en negrilla indican que hay riesgo ocupacional porque se superó el valor TLV corregido.

Tabla 3. Concentración de tolueno en los puestos de trabajo durante los muestreos realizados

Puesto de trabajo	Concentración media ponderada en el tiempo mg/m ³				
	Muestreos				
	1	2	3	4	5
1. Preparación de lacas	74,0	26,4	52,6	22,3	29,4
2. Preparación de lacas	140,8**	71,9	102,3	18,3	121,5**
3. Preparación de pinturas	51,9	116,1	22,3	178,7	43,1
4. Preparación de lacas	26,5	36,6	43,4	37,9	38,6
5. Preparación de pinturas	157,5*	93,8	253,6*	44,1	43,3
6. Laboratorio	132,9**	63,3	33,1	68,3	33,0
Valor TLV corregido			132		
Valor desviación crítica			14,8		

* Los valores en *negrilla* indican que existe riesgo ocupacional porque se superó el TLV.

** Estos valores indican que hay duda en la existencia de riesgo ocupacional porque al contrastar estas concentraciones con el TLV están dentro de la incertidumbre estadística.

encontraron concentraciones altas de tolueno en el aire, no se encontró benceno.

En la tabla 4 se presentan los resultados de las concentraciones medias ponderadas para los xilenos en todos los puestos de trabajo durante los cinco muestreos realizados. Al comparar estas concentra-

ciones con el valor TLV corregido de 304 mg/m³ para los xilenos se encontró que no se presentó riesgo ocupacional en ningún puesto de trabajo durante este estudio; esto es explicable debido a que los xilenos son los menos tóxicos de los tres agentes químicos, como se refleja en su alto valor de TLV.

Tabla 4. Concentración de xilenos en los puestos de trabajo durante los muestreos realizados

Puestos de trabajo	Concentración media ponderada en el tiempo mg/m ³				
	Muestreos				
	1	2	3	4	5
1. Preparación de lacas	20,7	15,1	47,6	11,8	24,6
2. Preparación de lacas	65,7	65,7	36,7	28,7	66,2
3. Preparación de pinturas	56,9	25,1	39,0	65,5	32,5
4. Preparación de lacas	44,7	20,9	12,8	33,6	31,3
5. Preparación de pinturas	54,5	65,0	25,6	122,2	54,0
6. Laboratorio	23,7	51,2	15,8	21,9	59,2
Valor TLV corregido			304		
Valor desviación crítica			35,2		

Tabla 5. Valores de TLV de mezcla para los diferentes puestos de trabajo durante los muestreos realizados

Puestos de trabajo	Valores TLV de mezcla para benceno, tolueno y xilenos				
	1	2	3	4	5
1. Preparación de lacas	0,6	0,2	21,0*	5,9	12,3
2. Preparación de lacas	1,3	0,8	23,4	0,2	5,6
3. Preparación de pinturas	0,6	1,0	3,4	2,1	6,0
4. Preparación de lacas	0,3	0,9	2,2	1,0	0,8
5. Preparación de pinturas	1,4	0,9	21,2	3,6	5,9
6. Laboratorio	1,1	0,6	0,8	46,3	49,0

*Los valores mayores que 1 significan que existe riesgo ocupacional por la presencia de las tres sustancias.

Considerando que los tres agentes químicos están presentes en el mismo ambiente ocupacional, se calculó el valor TLV de la mezcla. En la tabla 5 se presentan los resultados de estos valores para cada uno de los puestos de trabajo durante el estudio realizado. Cuando el valor es mayor que la unidad existe riesgo ocupacional por la presencia de la mezcla de sustancias químicas. Estos resultados indican que la presencia de estos tres disolventes genera riesgo ocupacional en casi todos los puestos de trabajo, durante los últimos muestreos.

En este estudio sólo se cuantificaron tres de los trece disolventes que pueden estar presentes en el ambiente ocupacional de esta industria en el proceso de producción de pinturas y lacas; sin embargo, también se encontraron proporciones considerables de acetatos de etilo y butilo, isopropanol e isobutanol, los cuales tienen TLV similares al tolueno y al xileno.

Es conveniente llamar la atención en el sentido de que si se determinaran cuantitativamente todos estos solventes y teniendo en cuenta que pueden presentar un efecto aditivo nocivo para la salud de los

trabajadores que allí laboran, es muy factible la existencia de riesgo ocupacional permanente en todos los puestos de trabajo, incluido el laboratorio de control de calidad.

BIBLIOGRAFÍA

1. World Health Organization International Agency for Research on Cancer (1989). Some organic solvent resin, monomers and related compounds and occupational exposure in paint manufacture and painting. IARC Monographs on the evaluation on the carcinogenic risk of chemicals to humans Vol. 47. Francia. pp. 84-88, 329.
2. Instituto Nacional de Salud, Instituto de Seguro Social (1996). Evaluación epidemiológica de la exposición a solventes orgánicos en fabricas de pinturas y pegantes en Bogotá. INS-ISS. pp. 1-30.
3. Departamento Nacional de Estadística (1996). Compendio de exportaciones e importaciones de las dife-

- rentes industrias de Colombia. DANE. pp. 2150-2800-3002.
- Ministerio de Trabajo y Seguridad Social de Colombia (1995). Decreto 44 del 12 de diciembre.
 - American Conference Governmental Industrial Hygienists (1998). Threshold Limit Values for chemical substances and physical agents Biological Exposure Indices.
 - Ministerio del Trabajo y Seguridad Social de Colombia (1990). Convenio 170 del 25 de junio.
 - Einig, T.; Dehnen, W. (1995), Sensitive determination of the benzene metabolite S-phenylmercapturic acid in urine by high performance liquid chromatography with fluorescence detection. *J. Chromatogr. A.* **697** 371.
 - Bechtold, W.E.; Henderson, R.F. (1993). Biomarkers of human exposure to benzene *J. Toxicol and Environ Health* **40** 377.
 - SinczuK, J.A. (1996). Neurological and neurophysiological examination of workers occupationally exposed to organic solvent mixtures used in the paint and varnish production. *J. Occupat. and Med. Environ. Health* **9** 235.
 - National Institute Occupational and Safety Health (1994). Manual of Analytical Methods. 4a. Edition. U.S. Department of Health, Education and Welfare, Publ. (NIOSH) 1551.
 - Instituto Nacional de Seguridad e Higiene del Trabajo (1995). Hidrocarburos aromáticos. Métodos de toma de muestra y análisis. **A-92**: Barcelona, España.
 - Moreno, R.; Mañas, J. (1989). Métodos y estrategias para el muestreo de contaminantes químicos. Consejo Colombiano de Seguridad: Bogotá.
 - Fundación Mafre (1996). Manual de higiene industrial. 4^a. Edición: Madrid. p. 125.
 - Miller, J.C.; Miller, J.N. (1993). *Estadística para química analítica*. 2da. edición. Addison-Wesley Iberoamericana S.A.; Delaware, USA. pp. 89-102.