

***Determinación de la exposición
en trabajadores que laboran con
solventes orgánicos
en Bogotá***



INSTITUTO
NACIONAL DE
SALUD



**Seguros
Ganadero**

ADMINISTRADORA DE RIESGOS PROFESIONALES

***Determinación de la exposición
en trabajadores que laboran con
solventes orgánicos
en Bogotá***



INSTITUTO
NACIONAL DE
SALUD



Seguros
Ganadero
ADMINISTRADORA DE RIESGOS PROFESIONALES



INSTITUTO
NACIONAL DE
SALUD

INSTITUTO NACIONAL DE SALUD

MOISES WASERMAN
Director

MYRIAM SANCHEZ DE GOMEZ
Subdirectora de Investigación
y Desarrollo

MARCELA VARONA URIBE
Coordinadora de investigación
Laboratorio de Salud Ambiental



BBV Seguros Ganadero, Compañía de Seguros de Vida S.A.

LUIS ANTONIO ESCOBAR DE LA ESPRIELLA
Presidente

JORGE ARTURO ARTEAGA CARREÑO
Vicepresidente ejecutivo

PEDRO NEL MOLANO ALUESTIA
Gerente Ley 100

Administración delegada por parte de BBV Seguros Ganadero ARP a Entorno &
Compañía para la investigación científica con el Instituto Nacional de Salud



INSTITUTO
NACIONAL DE
SALUD

Investigadores:

MARCELA VARONA
OMAYDA CARDENAS
JUAN VICENTE CONDE
LEYLA V. ROSSI
ALVARO JAVIER IDROBO
ALVARO ARAQUE
DARIO PARDO

LABORATORIO DE SALUD AMBIENTAL, INSTITUTO NACIONAL DE SALUD
ASEGURADORA DE RIESGOS PROFESIONALES, BBV SEGUROS GANADERO

Estudio realizado por el Laboratorio de Salud Ambiental del Instituto Nacional de Salud en
copatrocinio con la Aseguradora de Riesgos Profesionales BBV Seguros Ganadero.

Bogota, D.C., mayo del 2001

Indice

1. Resumen	7
2. Introducción	9
3. Metodología	13
3.1 Tipo de estudio	13
3.2 Población muestra	13
3.2.1 Criterios de inclusión	13
3.2.2 Criterios de exclusión	13
3.3 Estudio piloto	13
3.4 Variables definidas	13
3.4.1 Características del trabajador	14
3.4.2 Características del ambiente laboral	14
3.4.3 Medición de metabolitos de solventes orgánicos en orina	14
3.4.4 Determinación de exámenes de bioquímica sanguínea	14
3.4.5 Medición de solventes orgánicos en aire	14
3.5 Recolección de la información	15
3.6 Métodos analíticos	16
3.7 Métodos estadísticos	19
4. Resultados	25
5. Discusión	27
6. Conclusiones y recomendaciones	29
Referencias	31
Anexo 1	33
Anexo 2	

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1000

1. Resumen

El benceno, el tolueno y el xileno (BTX) son solventes orgánicos ampliamente utilizados por la industria. La problemática a escala mundial en relación con la exposición a los hidrocarburos aromáticos, se ha centralizado con mayor atención en torno al benceno, el cual se considera peligroso para la salud inclusive a bajas concentraciones.

El objetivo de este estudio fue determinar la exposición a solventes orgánicos (BTX), mediante monitorización ambiental y biológica en una muestra de trabajadores pertenecientes a laboratorios analíticos y empresas cuyas actividades económicas fueran de tipo manufacturero, químico o metalmecánico en Bogotá. Se realizó un estudio descriptivo en 330 trabajadores de los cuales se recolectó información general, ocupacional y clínica. Se llevó a cabo un muestreo ambiental y biológico, se determinaron los metabolitos de BTX en orina y se comparó un grupo expuesto con uno no expuesto mediante frecuencias simples, ji cuadrado, prueba exacta de Fisher y t de Student.

El 12,1% de los trabajadores presentó niveles de fenol por encima del valor límite permisible y el 6,7% de ácido hipúrico. El 4,8% de los lugares de trabajo tuvo niveles de benceno con grado de exposición alta, el 10,6% de los trabajadores mostraron valores que superan el TWA ajustado para las condiciones laborales en Colombia. Los síntomas que se presentaron con mayor frecuencia fueron resequedad de la piel, irritación ocular y cefalea. Se encontraron diferencias significativas en el uso de los elementos de protección personal, sintomatología y pruebas paraclínicas entre el grupo expuesto y el no expuesto.

Este estudio exploró la exposición ocupacional y ambiental en general a BTX, y propone los medios por los cuales las empresas pueden vigilar la exposición de esos trabajadores.

2. Introducción

El benceno, el tolueno y el xileno (BTX) son solventes orgánicos ampliamente utilizados actualmente por la industria. Según estudios realizados en Italia, se considera que entre el 10 y el 16% de los trabajadores se encuentran expuestos a este tipo de sustancias. En Estados Unidos, se calcula que cerca de 100.000 trabajadores tienen algún tipo de exposición al tolueno y, aproximadamente, 140.000 al xileno, mientras que, en Suecia, se llega a afirmar que entre el 3 y el 4% de la población general se encuentra expuesta (1,2).

La problemática a escala mundial en relación con la exposición a los hidrocarburos aromáticos, se ha centralizado con mayor atención en torno al benceno, el cual se considera peligroso para la salud inclusive a bajas concentraciones (2).

Estos compuestos tienen gran utilización en la industria lo que ha conducido a que existan muchas actividades laborales con riesgo a solventes y, por tanto, sea considerable la población potencialmente afectada. Entre los procesos más importantes que utilizan estos solventes se encuentra la industria de adhesivos, como intermediario químico en la síntesis de compuestos orgánicos, como vehículo para diluir y aplicar determinados productos como pinturas, barnices, lacas y tintas; en la manufactura de colores de anilina del cuero artificial, como disolvente de gomas, resinas, grasas y líquidos para lavado en seco, y en la mezcla de combustibles para motores. En Colombia, las cantidades utilizadas de estos hidrocarburos provienen tanto de la producción nacional, a cargo de la Planta de Aromáticos de Ecopetrol, como de su importación (3).

Los solventes orgánicos se absorben principalmente a través del tracto respiratorio, lo cual depende de la ventilación pulmonar, el coeficiente de distribución sangre/aire y la circulación a través del alvéolo. Aproximadamente, del 50 al 60% de la cantidad inhalada, es absorbida por el organismo. También penetran a través de la vía dérmica (4). Es rápido el paso de los solventes hacia la circulación y son muy solubles en grasas por lo cual es evidente el riesgo de acumulación en este tejido.

Una vez que penetran en el organismo, los solventes se distribuyen por los tejidos y órganos internos donde son sujetos a biotransformación, principalmente en el hígado, con la participación de reacciones de oxidación y conjugación, que inducen a una detoxicación y eliminación. Además, se acumulan en los tejidos con abundantes lípidos como el tejido nervioso.

Algunos de los efectos adversos sobre la salud asociados con la exposición a BTX se han documentado extensamente e incluyen alteraciones en el sistema nervioso central, el hígado, el sistema pulmonar, la piel y el sistema hematopoyético; el benceno es un reconocido agente mutagénico, embriotóxico y carcinogénico (3-6).

Las manifestaciones clínicas más frecuentes son dificultad en la concentración, incoordinación, temblor, labilidad emocional e irritabilidad; la aplasia medular, la anemia, la leucopenia y la trombocitopenia son las principales alteraciones hematológicas. Los solventes en contacto con la piel disuelven los lípidos de la superficie, lo cual puede ocasionar irritación e incluso, originar diversas dermatitis (7-12).

El benceno ejerce una acción narcótica y también tiene efectos irritantes sobre la piel y las mucosas. Tiene la capacidad de lesionar los tejidos encargados de la formación de células

sanguíneas. En exposiciones cortas, se ha presentado neurotoxicidad evidenciada por el acortamiento del tiempo de reacción, alteración de la memoria reciente y dificultad en la elaboración de pruebas aritméticas simples. En exposiciones crónicas, se han mencionado alteraciones que varían desde el conocido síndrome psicoorgánico o neurasténico, hasta la encefalopatía tóxica. Los signos y síntomas son inespecíficos tales como adormecimiento o somnolencia, cansancio, labilidad afectiva, irritabilidad, alteraciones en la memoria, dificultad para leer y concentrarse, fatiga, cefalea y disminución de la libido; también se pueden presentar neuropatías axonales (3).

Los efectos hematopoyéticos se han descrito asociados con exposiciones crónicas, como la anemia aplásica, normocrómica macrocítica, aunque otros autores la describen como hiperocrómica. El cuadro se puede acompañar de leucopenia y trombocitopenia. También se asocia con la presencia de leucemia (mieloide crónica, linfóide crónica y aguda mieloblástica) y de mieloma múltiple. La capacidad carcinógena de este solvente se ha asociado más con la presencia de metabolitos de tipo epóxido que se producen en su biodegradación (5,11). Son variados los estudios que presentan la posible asociación con el incremento de las malformaciones congénitas y con la alta frecuencia de abortos. Otros efectos como glomerulonefritis, hematuria microscópica, albuminuria, microglobulinuria, hiperreactividad bronquial, arritmias e, incluso, fibrilación ventricular, también han sido descritos en individuos expuestos a BTX (7,11).

El tolueno tiene propiedades narcóticas y neurotóxicas; sus efectos hematotóxicos son escasos al igual que los efectos irritantes en las mucosas y en los ojos. La intoxicación aguda produce excitación seguida de depresión, cefalea, fatiga, parestesias y vértigo. La intoxicación crónica por inhalación de pequeñas cantidades y de forma continua, produce daños hepáticos, renales y alteraciones en el SNC. Por su capacidad de diluir los lípidos, puede producir encefalopatías y neuropatías (3,13).

Las propiedades narcóticas del xileno son su principal riesgo para la salud. Produce también irritación de la piel, los ojos, las membranas mucosas del aparato respiratorio y efectos sensibilizantes como asma y dermatitis alérgica. No hay pruebas de que el xileno sea hematotóxico ni cancerígeno (3).

En Colombia, la exposición ocupacional a los solventes orgánicos es un tema que no ha recibido la importancia que se merece, como se puede deducir de la falta de estudios y referencias sobre el mismo. Una investigación realizada por el Instituto Nacional de Salud y cofinanciada por el Seguro Social, en una muestra de 190 trabajadores de fábricas de pinturas y pegantes en Bogotá, encontró niveles elevados de fenol en el 8,3% (IC 95%=4,9-13,5), ácido hipúrico en el 25,4% (IC 95%=19,4-32,5) y ácido metilhipúrico en el 35,3% (IC 95%=29,0-43,4) (14).

También demostró un uso inadecuado e infrecuente de los elementos de protección personal. Estos hallazgos advierten sobre lo que puede estar pasando en el resto de empresas relacionadas en el país.

Otro estudio realizado por el Instituto de Seguros Sociales con la cooperación del Centro de Neurociencias de Cuba, evaluó los efectos sobre el sistema nervioso por exposición a solventes orgánicos en trabajadores potencialmente expuestos en industrias del Valle del Cauca, en una muestra de 157 sujetos; éste permitió detectar alteraciones funcionales del sistema nervioso en grupos de trabajadores potencialmente expuestos a BTX o mezclas de

solventes orgánicos. La evaluación neuroconductual reveló que, en los procesos de atención, percepción o codificación y memoria se encuentran las principales diferencias entre los grupos (15).

Ante esta situación aún no claramente diagnosticada en Colombia y debido a la necesidad de implementar sistemas de vigilancia epidemiológica que permitan controlar la exposición al generar o mejorar los procesos industriales, el presente trabajo tuvo los siguientes objetivos:

- Evaluar el nivel de exposición de los trabajadores por actividad económica, oficio y tipo de sustancias empleadas en las empresas de tipo manufacturero, químico, metal-mecánico y laboratorios analíticos.
- Medir los niveles de metabolitos (fenol, ácido hipúrico y metilhipúrico) que se excretan por orina por exposición al benceno, tolueno y xileno mediante técnicas cromatográficas
- Determinar mediante la monitorización ambiental, los niveles de solventes orgánicos benceno, tolueno y xileno en cada una de las empresas participantes mediante técnicas cromatográficas.
- Evaluar los hábitos en el trabajo y el uso de elementos de protección personal de los trabajadores.

La población trabajadora participante en el estudio pertenece a un grupo de empresas de Bogotá afiliadas a la Administradora de Riesgos Profesionales BBV Seguros Ganadero. Esta investigación pretende realizar una primera aproximación a la problemática relacionada con el uso de los solventes orgánicos en general, y de manera especial al benceno, el cual tiene importantes restricciones de uso tanto en el ámbito nacional como internacional debido a su potencial carcinogénico.

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DEPARTMENT OF THE HISTORY OF ARTS
AND ARCHITECTURE

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DEPARTMENT OF THE HISTORY OF ARTS
AND ARCHITECTURE

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DEPARTMENT OF THE HISTORY OF ARTS
AND ARCHITECTURE

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DEPARTMENT OF THE HISTORY OF ARTS
AND ARCHITECTURE

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DEPARTMENT OF THE HISTORY OF ARTS
AND ARCHITECTURE

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DEPARTMENT OF THE HISTORY OF ARTS
AND ARCHITECTURE

THE UNIVERSITY OF CHICAGO
DEPARTMENT OF THE HISTORY OF ARTS
AND ARCHITECTURE

3. Metodología

3.1 Tipo de estudio

Se llevó a cabo un estudio de corte transversal con los trabajadores de laboratorios analíticos y empresas cuyas actividades económicas fueran de tipo manufacturero, químico o metalmecánico afiliados a la ARP BBV Seguros Ganadero en Bogotá D.C.

3.2 Población muestra

La población marco de muestreo estuvo constituida por 19 empresas las cuales contaban con 1.344 trabajadores. La muestra se calculó en 353 trabajadores pertenecientes a 10 empresas usando la fórmula de muestreo aleatorio simple, con un poder del 80%, un nivel de confiabilidad del 95% y esperando hasta un 10% de pérdidas; para el grupo expuesto, se asumió una prevalencia de eliminación de metabolitos fenol, ácido hipúrico y metilhipúrico del 50% y en el grupo de no expuestos, del 15% (6). Para la selección de los trabajadores participantes, se realizó una inspección a las instalaciones de cada una de las empresas que conformaron la muestra por un ingeniero químico e higienista industrial y un médico especialista en salud ocupacional. Los objetivos de esta visita fueron informar a los trabajadores y directivos de las empresas acerca del estudio, determinar la forma de realizar el muestreo ambiental y seleccionar los trabajadores expuestos directa e indirectamente. Los trabajadores expuestos directamente son los que manipulan dichas sustancias dentro de sus procesos y los indirectamente expuestos no manipulan estos productos, pero se encuentran en contacto con los vapores producidos

durante los diversos procesos de manufactura.

3.2.1 Criterios de inclusión

Entraron al estudio todos los trabajadores que laboran en las empresas de tipo manufacturero, químico o metalmecánico y laboratorios analíticos afiliados a la ARP BBV Seguros Ganadero en Bogotá D.C. y que voluntariamente aceptaron participar en el estudio.

3.2.2 Criterios de exclusión

Se excluyeron aquellos trabajadores de las empresas participantes que voluntariamente no desearon participar en el estudio.

3.3 Estudio piloto

Con el objeto de hacer los ajustes necesarios tanto de instrumentos como de tiempos y movimientos, se llevó a cabo un estudio piloto en una selección de trabajadores del Instituto Nacional de Salud. Dichos trabajadores no formaron parte de la población muestra del estudio.

3.4 Variables definidas

3.4.1 Características del trabajador

- Biológicas: edad y sexo
- Ocupacionales: tipo de oficio, tiempo de exposición, utilización de elementos de protección personal, tipo de solventes utilizados, medidas de higiene y seguridad industrial, oficios desempeñados fuera del horario de trabajo en la empresa, hábitos en el trabajo (comer o fumar en el sitio de trabajo) y consumo de alcohol.

- Clínicas: signos y síntomas compatibles con intoxicación por solventes orgánicos.

3.4.2 Características del ambiente laboral

- Saneamiento básico industrial: ventilación y procesos donde se emplean solventes orgánicos.

3.4.3 Medición de metabolitos de solventes orgánicos en orina

Se establecieron dos categorías:

- Los trabajadores que excedían los niveles límites permisibles en la determinación de los metabolitos de los solventes en orina.
- Los trabajadores que no excedían los niveles límites permisibles (**tabla 1**).

3.4.4 Determinación de exámenes de bioquímica sanguínea

Se realizaron las siguientes pruebas:

- Cuadro hemático: hematocrito, hemoglobina, leucocitos, neutrófilos, linfocitos, monocitos, eosinófilos, basófilos y plaquetas.
- Química sanguínea: glicemia, nitrógeno ureico, creatinina, sodio, potasio, cloro, ácido úrico, perfil lipídico, fosfatasa, bilirrubinas, tiempo de protrombina.
- Orina: pH, densidad, glucosa, proteínas, cetonas.

3.4.5 Medición de solventes orgánicos en aire

Se establecieron dos categorías:

- Los ambientes de trabajo que excedían los niveles límites permisibles en la determinación de los solventes orgánicos en aire teniendo en cuenta los TLV_s y BEI_s de la Conferencia Americana Gubernamental de Higienistas Industriales

(ACGIH) de 1999 aceptada para Colombia como referencia.

- Los ambientes de trabajo que no excedían los niveles límites permisibles según la ACGIH (**tabla 1**).

3.5 Recolección de la información

En las horas de la mañana, antes de iniciar la jornada laboral, a los trabajadores seleccionados se les aplicó un cuestionario y se recolectaron muestras de orina y sangre de cada uno de ellos. En las muestras de orina, posteriormente, se determinaron metabolitos de BTX y en la sangre, se les realizó cuadro hemático y química sanguínea. La encuesta incluyó información demográfica del trabajador, aspectos ocupacionales, posibles fuentes de exposición extralaboral a BTX y la presencia de síntomas en la piel y faneras, sistema nervioso, aparato cardiorrespiratorio, trastornos hepáticos y hematopoyéticos, y aparato reproductivo, potencialmente asociados. En todos los casos, estas encuestas fueron realizadas, por un profesional del área de la salud y se garantizó que el día de la toma de las muestras fuera un día posterior a un fin de semana con 48 horas sin exposición (muestra pre-exposición). El día siguiente de haberse realizado la encuesta, se recolectó una segunda muestra de orina en las horas finales de la jornada laboral (muestra post-exposición).

Se realizó un muestreo ambiental y se recolectó información acerca de algunos aspectos de saneamiento básico de la empresa. El objetivo de esta fase fue caracterizar la exposición ocupacional a BTX en las empresas participantes. Para tal fin, se utilizaron equipos muestreadores personales (bombas Escort ELF, MSA, Sampling pump ref: BFE-1272-96 con cargador Omega 110 v y calibrador Gemini MSA Twin port sampler ref: US Pat 5370004) consistentes en bombas de diafragma de flujo graduable las cuales fueron calibradas

antes y después de cada toma de muestra. La recolección de las muestras fue por adsorción de los vapores utilizando tubos de vidrio de 7 cm de longitud, empacados al vacío con dos secciones de carbón activado de 50/100 mg. Las secciones se encuentran separadas por una película de poliuretano.

Para la desorción de los contaminantes en el carbón activado, se empleó disulfuro de carbono para su posterior análisis por cromatografía de gases utilizando un detector de ionización de llama, según método 1501 del Instituto Nacional para la Seguridad y la Salud Ocupacional de los Estados Unidos (NIOSH) recomendado para el muestreo y análisis de hidrocarburos aromáticos.

Se realizaron mediciones entre 10 a 150 minutos para un volumen entre 2 y 30 litros con un caudal de 0,2 litros por minuto. Dependiendo de la exposición, se tomaron tantas muestras como fueron necesarias para completar las 8 horas o muestras de corta duración para comparar con el TLV-STEL.

El número de muestras de BTX en aire se estimó previo análisis de la población expuesta y no expuesta teniendo en cuenta el concepto de grupos homogéneos sugerido por J. Rock (16) que indica que, al menos, corresponda a la raíz cuadrada de la población del grupo homogéneamente expuesto (GHE). En todos los casos se buscó que el muestreo garantizara la representatividad de la exposición durante una jornada laboral completa, para comparar los resultados encontrados con los niveles de concentración establecidos como umbrales permisibles ponderados en el tiempo (*Threshold limit values - time weight average*, TLV-TWA). De esta manera, se obtuvieron mediciones ambientales de todos los lugares de trabajo con exposición a BTX y de algunos sin exposición.

Toda la información recolectada fue consignada en una base de datos diseñada

para el estudio usando el programa Epilnfo versión 6.04. El procesamiento y análisis de datos finales, se realizaron usando el paquete estadístico Stata, versión 5.0. Para asegurar un buen control de calidad de la información, un profesional revisó mediante selección aleatoria el 10% de los datos capturados cada semana.

3.6 Métodos analíticos

Para la cuantificación de los metabolitos de los solventes BTX, se determinaron fenol, ácido hipúrico y ácido metilhipúrico mediante técnicas cromatográficas (para los ácidos hipúrico y metilhipúrico, cromatografía líquida HPLC-UV y para fenol, cromatografía de gases con detector de ionización por llama de hidrógeno GC-FID) siguiendo los métodos del Instituto Nacional para la Seguridad y la Salud Ocupacional de los Estados Unidos (NIOSH - prueba de oro) (**anexo 1**). Los resultados obtenidos fueron corregidos por densidad urinaria. Para la determinación de BTX en aire, también se siguieron los métodos del NIOSH (17-21). El control de calidad se llevó a cabo mediante la participación en el Programa Interlaboratorios de Control de Calidad de Vapores Orgánicos (PICC-VO) del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo - Centro Nacional de Verificación de Maquinaria en Baracaldo (Vizcaya, España). También se llevó a cabo la comparación de un 10% de las muestras recolectadas tanto de orina como de aire con los resultados obtenidos en el laboratorio LabCorp Analytics División con sede en la ciudad de Richmond, estado de Virginia en los Estados Unidos. Este es un laboratorio acreditado por la Asociación Americana de Higiene Industrial (AIHA). El promedio de error porcentual entre las muestras y las contramuestras fue inferior al 10% con valores de error porcentual entre 0% y 30%.

En la **tabla 1** se presentan los niveles límites permisibles de los metabolitos de BTX y las concentraciones permitidas de

Tabla 1. Valores límites permisibles para los solventes estudiados y sus metabolitos.

Analitos - Orina	Valor admisible (mg/l)	Solvente	Valor admisible (ppm)
Fenol	15	Benceno	0,5
Acido hipúrico	1.400	Tolueno	50
Acido metilhipúrico	4.000	Xileno	100

The American Conference of Governmental Industrial Hygienists. TLVs and BEIs, 1999.

Cone MV *et al.* Chemicals identified in human biological media. A data base. Virginia: U.S. Dept. of Commerce; 1980. p.563.

Baselt RC. Biological monitoring methods for industrial chemicals. Biomedical publication, 1980.

aire que se establecieron para este estudio (22-24).

3.7 Métodos estadísticos

Las características de la población estudiada se describieron mediante frecuencias simples y uso de medidas de tendencia central y de variabilidad en el caso de variables continuas como la edad. La exposición determinada por inspección (población expuesta y no expuesta) fue analizada mediante el uso de las pruebas de ji cuadrado, prueba exacta de Fisher, t de Student o Mann-Whitney, según el tipo de distribución de cada una de las variables.

Posteriormente, se realizaron los cálculos de las concentraciones tolerables medias (*threshold limit values-time weight average, TLV-TWA*) ajustadas para las condiciones de trabajo en Colombia aplicando la corrección de *Brief Scale* indicada en Patty's *Industrial Higiene and*

Toxicology. La totalidad de los datos de concentración encontrados para BTX fueron sometidos a un proceso de estadística descriptiva para determinar la mejor distribución de frecuencias y definir criterios de decisión frente a los umbrales permisibles corregidos (TLV-TWA). Para este propósito, se utilizó el paquete LogNorm elaborado por *Environmental Health and Safety Office (Industrial Software Solutions Corporation)* descrito por J. Rock (16) y al cual se incorporaron niveles de confianza del 95%, dirigido al 95% de la población expuesta y no expuesta.

Teniendo en cuenta que se obtuvieron valores de benceno en aire por encima de los límites permisibles, se correlacionaron algunas variables de interés con la exposición a benceno. Por este motivo, la exposición a benceno se agrupó en cinco categorías según el grado de riesgo (**cuadro 1**). Estas agrupaciones fueron reclasificadas en solo tres categorías: i) exposición baja (valor

Cuadro 1. Categorías de exposición al benceno utilizadas en el estudio.

Grado de exposición	Definición	Concentración (ppm)	
		Mínimo	Máximo
0	No expuestos	0,0000	0,0389
1	Baja	0,0390	0,1945
2	Moderada	0,1946	0,3890
3	Alta	0,3900	0,5835
4	Muy alta	0,5836	más

Rock JC. Occupational air sampling strategies. In: Cohen BS, Hering SV, editors. Air sampling instruments for evaluation of atmospheric contaminants. 8th ed. Cincinnati: ACGIH; 1995. p.20-44.

máximo equivalente al 10% del TWA ajustado para las condiciones de trabajo en el país); ii) exposición media (superior al 10% del TWA ajustado, pero menor al mismo TWA), y iii) exposición alta (superior al TWA ajustado), debido a las bajas frecuencias encontradas en los grados de exposición más altos.

Después de reclasificar los oficios según los resultados del estudio en relación con la exposición a benceno, se aplicaron las mismas pruebas estadísticas mencionadas anteriormente (pruebas de ji cuadrado, exacta de Fisher, t de Student o Mann-Whitney). Para evaluar si existían diferencias entre las concentraciones de fenol, ácido

hipúrico y ácido metilhipúrico en las muestras de orina previas a la exposición con los valores encontrados post-exposición, se utilizó la prueba de Wilcoxon; para realizar estas pruebas se consideraron los valores de laboratorio no detectables como iguales a cero.

Los resultados de este estudio únicamente son extrapolables a empresas con características similares a las involucradas dentro del mismo.

Este estudio no pretende establecer causalidad sino a partir de los resultados, formular hipótesis de asociación que se evaluarán posteriormente a través de estudios analíticos.

...the ...
...the ...
...the ...
...the ...
...the ...

...the ...
...the ...
...the ...
...the ...
...the ...

...the ...
...the ...
...the ...
...the ...
...the ...

...the ...
...the ...
...the ...
...the ...
...the ...

...the ...
...the ...
...the ...
...the ...
...the ...

4. Resultados

De un total de 353 trabajadores seleccionados en la muestra fue necesario descartar a 23 a quienes no se les pudieron realizar las determinaciones de los metabolitos de solventes orgánicos, ya que las muestras de orina no cumplían con las condiciones de densidad requeridas para su análisis. Se recolectó un total de 330 registros de trabajadores pertenecientes a 10 empresas ubicadas en Bogotá. De los trabajadores participantes, el 53,3% (176) eran hombres y el 46,7% (154) mujeres, con un promedio de edad de 37,5 años. El tiempo promedio de trabajo en la empresa actual fue de 128 meses (10,6 años). En el **cuadro 2** se relacionan algunas características generales de los trabajadores.

En el momento de realizarse la encuesta, el 52,7% (174) del total de los trabajadores fue considerado como expuesto directamente a solventes orgánicos de acuerdo con el oficio. Los oficios fueron agrupados en 4 categorías; personal administrativo en el cual se encontró el 17,9% (59) de los trabajadores; personal de planta, el 37,3% (123); de laboratorio, el 35,1% (116); de servicios generales, el 4,6% (15), y el 5,1% (17) correspondió a trabajadores que no

dieron información sobre dicha variable. El personal de planta y de laboratorio se encuentra directamente expuesto a solventes orgánicos, mientras que el personal administrativo y de planta se encuentra expuesto indirectamente. En relación con las medidas de higiene y seguridad industrial, el 47,6% (157) utiliza respirador, de los cuales el 12,7% (42) lo emplea habitualmente y el 25,5% (84) usa respirador apto para vapores orgánicos, y sólo el 2,1% (7) utiliza botas de caucho.

Respecto a los hábitos de comer y fumar, se encontró que el 56,7% (187) ingiere alimentos en el sitio de trabajo y el 47,9% (158) fuma y de éstos, el 23,4 % (37) fuma en el trabajo.

En cuanto al uso de hidrocarburos aromáticos, el 7,0% (23) de los trabajadores emplea benceno, el 10,6% (35) tolueno y el 17,0% (56) xileno directamente en los oficios que realiza.

Se encontró, además, que el 55,5% (183) emplea alcohol; el 47,0% (155), otros compuestos; el 36,1% (119), limpiadores; el 31,8% (105), thinner, y el 28,5% (94), varsol en sus actividades laborales diarias. Los tres

Cuadro 2. Características generales de los trabajadores que laboran con solventes orgánicos en Bogotá, 1999.

Característica	N	%
Hombres	176	53,3
Mujeres	154	46,7
Trabajó en otras empresas, expuestos a solventes	22	6,7
Cambio diario de ropa de trabajo	24	7,3
Lava la ropa de trabajo en la empresa	129	39,1
Uso de respirador apto para vapores orgánicos	84	25,5

Fuente: Determinación de la exposición en trabajadores que laboran con solventes orgánicos en Bogotá. INS-ARP BBV Seguros Ganadero. Encuesta laboral de los trabajadores, Laboratorio de Salud Ambiental, INS.

últimos compuestos pueden contener hidrocarburos tanto aromáticos como alifáticos y halogenados.

Igualmente, los trabajadores utilizaban solventes orgánicos en actividades fuera de sus horarios de trabajo, como en pintura, el 11,8% (39); mecánica, el 7,3% (24) y carpintería, el 2,4% (8), entre otros. En el

cuadro 3, se resumen otras características que se analizaron en el estudio.

En relación con la presencia de síntomas, en el **cuadro 4** se anotan los que se presentaron con mayor frecuencia y respecto a los exámenes paraclínicos, el 0,6% (2) presentó plaquetopenia; 11,8% (39) leucopenia; 36,0% (119), incremento de

Cuadro 3. Medidas de higiene y seguridad industrial en trabajadores que laboran con solventes orgánicos en Bogotá, 1999.

Variable	Característica	N	%
Tipo de ropa	Uniforme	121	36,7
	Ropa de calle	50	15,1
	Bata/blusa	159	48,2
Cambio por salpicadura	Sí	90	27,3
	No	190	57,6
	No específica	50	15,2
Lava la ropa de trabajo mezclada	Sí	144	43,6
	No	122	37,0
	No específica	64	19,4
Uso de guantes	Sí	219	66,4
	No	108	32,7
	No específica	3	0,9
Frecuencia del uso de guantes	Siempre	88	26,7
	Ocasionalmente	129	39,1
	No específica	113	34,2
Tipo de guantes	Cuero	27	8,2
	Tela	11	3,3
	Caucho	175	53,0
	Carnaza	6	1,8
	No específica	111	33,6
Se lava las manos antes de comer	Siempre	223	67,6
	Ocasionalmente	80	24,2
	Nunca	23	7,0
	No específica	4	1,2
Se ducha al terminar la jornada	Siempre	27	8,2
	Ocasionalmente	40	12,1
	Nunca	262	79,4
	No específica	1	0,3
Consumo de licor	Sí	199	60,3
	No	131	39,7
Consumo de enlatados	Sí	234	70,9
	No	94	28,5
	No específica	2	0,6

Fuente: Determinación de la exposición en trabajadores que laboran con solventes orgánicos en Bogotá. INS-ARP BBV Seguros Ganadero. Encuesta laboral de los trabajadores. Laboratorio de Salud Ambiental, INS.

Cuadro 4. Frecuencia de los principales síntomas presentados por los trabajadores que laboran con solventes orgánicos en Bogotá, 1999.

Síntomas	N	%
Resequedad de la piel	191	57,9
Irritación ocular	174	52,7
Cefalea	172	52,1
Mareo	108	32,7
Tos	100	30,3
Depresión	100	30,3

Fuente: Determinación de la exposición en trabajadores que laboran con solventes orgánicos en Bogotá. INS-RP BBV Seguros Ganadero. Encuesta laboral de los trabajadores, Laboratorio de Salud Ambiental, INS.

eritrocitos; 0,6% (2), disminución de hemoglobina, y 15,1% (50), incremento de hematocrito.

En las determinaciones de fenol, ácido hipúrico y metilhipúrico post-exposición en orina, se encontró que el 12,1% (40) de los trabajadores presentó niveles de fenol superiores al valor límite permisible; el 6,7% (22), el ácido hipúrico, y ningún trabajador tuvo valores anormales de ácido metilhipúrico.

Dentro de la población estudiada, se determinaron dos grupos de trabajadores, los expuestos directamente a solventes que son los que manipulan dichas sustancias y los expuestos indirectamente los cuales no manipulan estos productos, pero se encuentran en contacto con los vapores producidos durante los diversos procesos de manufactura. Dichos grupos fueron determinados mediante inspección a cada una de las empresas participantes y algunas de sus características se citan a continuación. Con respecto a la edad, no se encontraron diferencias ($p=0,9703$) en esta variable entre el grupo expuesto y el no expuesto, al igual que al comparar el tiempo de trabajo en la empresa ($p=0,7740$); la antigüedad en la empresa varía en ambos grupos, siendo la mediana de 93 meses entre los expuestos y de 87 meses entre los no expuestos.

Igualmente, se encontraron diferencias significativas en el uso de elementos de protección personal, siendo mayor en el

grupo expuesto, y el lavado de la ropa de trabajo mezclada con el resto de la ropa como se muestra en el **cuadro 5**.

Con respecto a la sintomatología referida, de los 40 síntomas estudiados sólo se encontraron diferencias entre los dos grupos para disestesias en miembros inferiores ($p=0,05$), irritación ocular ($p<0,001$), epífora ($p=0,015$) y alteraciones de la libido ($p=0,045$), siendo éstas más frecuentes en el grupo de expuestos.

Mediante la inspección a las empresas participantes, se determinó realizar la cuantificación de benceno, tolueno y xileno en aire de 48 lugares de trabajo y se llevó a cabo un total de 146 mediciones. En términos generales, los resultados muestran que la problemática ambiental de estos lugares está dada por la exposición a benceno, encontrándose en el 4,8% (10) de los lugares de trabajo, niveles de benceno con grado de exposición alta. Las concentraciones de tolueno y xileno se encuentran por debajo de los límites aceptados.

Ninguna de las empresas participantes en el estudio cuenta con sistemas de ventilación local exhaustiva y, en las que lo tenían, no estaban adecuadamente diseñados.

La gran mayoría de los trabajadores se ubica en un grado de baja exposición y solamente el 10,6% tiene valores que superan el TWA ajustado para las condiciones laborales en Colombia. Los

Cuadro 5. Uso de elementos de protección personal por grupos de exposición de los trabajadores que laboran con solventes orgánicos en Bogotá, 1999.

Característica	Expuestos directamente		Expuestos indirectamente		p
	N	%	N	%	
Ropa de trabajo					
Uniforme	77	44,25	44	28,21	<0.0001
De calle	6	3,45	44	28,21	
Bata o blusa	91	52,30	68	43,59	
Frecuencia de cambio de ropa de trabajo					
Diario	5	2,96	19	16,38	<0.0001
Semanal	95	56,21	46	39,66	
2 veces/semana	66	30,05	49	42,24	
Cada 2 semanas	3	1,78	2	1,72	
Lavado mezclado con resto de la ropa					
Sí					<0.0001
No	97	71,85	47	35,88	
Uso de guantes					
Sí					<0.0001
No	137	78,74	82	53,59	
Uso de máscara					
Sí	37	21,26	71	46,41	<0.0001
No	114	65,52	43	27,92	<0.0001
	60	34,48	111	72,08	

Fuente: Determinación de la exposición en trabajadores que laboran con solventes orgánicos en Bogotá. INS-ARP BBV Seguros Ganadero. Encuesta laboral de los trabajadores, Laboratorio de Salud Ambiental, INS.

puestos de trabajo con mayor exposición son los de imprenta, fotograbado, carpintería, pintura, litografía, laboratorios químicos con uso específico de este tipo de solventes y despacho de combustibles (**cuadro 6**).

Con base en los resultados de higiene industrial mencionados anteriormente y teniendo en cuenta la reclasificación de las categorías de exposición al benceno, se redistribuyó la población de acuerdo con tres grupos de exposición: baja, media y alta. Se encontraron diferencias estadísticamente significativas para las variables de edad, género, empresa y oficio.

Al examinar el uso de elementos de protección personal y hábitos higiénicos, se pone en evidencia que también existen diferencias significativas en el tipo de ropa de trabajo, zapatos utilizados, el ducharse

al terminar la jornada laboral y el consumo de licor.

Algunas de estas características se presentan en el **cuadro 7**.

Según los síntomas referidos por los trabajadores, se encontró que existen diferencias significativas en la frecuencia de pérdida de la memoria reciente ($p=0,048$) y cuadro febril ($p=0,051$). Ambos síntomas se deben a una importante frecuencia entre los trabajadores con exposición baja o media.

Al analizar el comportamiento de algunos parámetros hematológicos, se evidencia una relación directa entre la exposición y el incremento de eritrocitos, hemoglobina y hematocrito; de manera contraria, se encuentra el recuento de plaquetas y leucocitos.

Cuadro 6. Exposición ambiental a benceno en los lugares de trabajo de las empresas participantes que laboran con solventes orgánicos en Bogotá, 1999.

Lugar de trabajo	Concentración (ppm)	Grado de exposición
Despachador de combustible	1,0457	4
Carpintería - Pintor	2,1936	4
Imprenta - Máquina 1	1,1901	4
Imprenta - Máquina 2	1,4923	4
Fotograbado	2,2692	4
Impresión	3,5882	4
Litografía - Auxiliar	0,6555	4
Litografía - Litógrafo	1,5055	4
Combustibles	0,4268	3
Laboratorios	0,5497	3
Combustibles	0,3251	2
Servicios generales	0,2142	2
Serviteca - Latonería y pintura	0,2753	2
Imprenta	0,2591	2

Fuente: Determinación de la exposición en trabajadores que laboran con solventes orgánicos en Bogotá. INS-ARP BBV Seguros Ganadero. Mediciones ambientales realizadas en las empresas participantes, Laboratorio de Salud Ambiental, INS.

Cuadro 7. Características de la población según nivel de exposición a benceno en Bogotá, 1999.

Características		Exposición						P
		Baja		Media		Alta		
		N	%	N	%	N	%	
Edad (años)								
	Hasta 30	53	53,54	39	39,39	7	7,07	0,001
	31 a 44	93	64,58	34	23,61	17	11,81	
	45 o más	46	54,12	19	22,35	20	23,53	
Género								
	Hombres	86	48,86	50	28,41	40	22,73	<0,0001
	Mujeres	107	69,48	43	27,92	4	2,60	
Ropa de trabajo								
	Uniforme	50	41,32	40	33,06	31	25,62	<0,0001
	De calle	30	60,00	19	38,00	1	2,00	
	Bata o blusa	113	71,07	34	21,38	2	7,55	
Tipo de zapato								
	Caucho	2	28,57	3	42,86	2	28,57	<0,0001
	Cuero	38	38,38	31	31,31	30	30,30	
	Tenis	6	66,67	2	22,22	1	11,11	
	Calle	143	69,76	51	24,88	11	5,37	
	No especifica	4	40,00	6	60,00	0	-	
Ducha después de trabajo								
	Siempre	10	37,04	10	37,04	7	25,93	0.001
	Ocasionalmente	13	32,50	18	45,00	9	22,50	
	Nunca	169	64,50	65	24,81	28	10,69	
	No especifica	1	100,0	0	-	0	-	

Fuente: Determinación de la exposición en trabajadores que laboran con solventes orgánicos en Bogotá. INS-ARP BBV Seguros Ganadero. Encuesta laboral de los trabajadores, Laboratorio de Salud Ambiental, INS.

Las concentraciones de metabolitos de BTX encontradas en la población estudiada oscilaron en un amplio rango para las orinas recolectadas después de la exposición, los valores oscilaron entre no detectable y 179,59 mg/l de fenol, entre no detectable y 4120,10 mg/l de ácido hipúrico y entre no detectable y 702,96 mg/l de ácido metilhipúrico. Al comparar las concentraciones de metabolitos de BTX en orina antes y después de la exposición, se encontraron diferencias significativas únicamente para el ácido hipúrico ($p < 0,0001$), lo cual puede asociarse con la exposición durante la jornada laboral.

Al comparar los promedios y las medianas de las concentraciones de los tres metabolitos según el grado de exposición, se encuentra que para los ácidos hipúrico y metilhipúrico existe un incremento de los

resultados en la muestra post-exposición. Para el caso del fenol, esto sólo es evidente para los grupos con exposición media y alta. Una hipótesis que surge de estos hallazgos es que las medidas de control de la exposición a los solventes no son efectivas.

Teniendo en cuenta que los trabajadores con exposición superior al TLV ajustado tienen un riesgo elevado de verse afectados por los solventes orgánicos, se decidió explorar la posibilidad de que puedan estar ocurriendo efectos nocivos sobre algunos parámetros hematológicos; para tal efecto, se compararon los valores encontrados entre quienes tenían menos de 83 meses de antigüedad y quienes tenían igual o mayor antigüedad. Los análisis no encontraron diferencias entre ambos grupos para ninguno de los parámetros hematológicos estudiados.

5. Discusión

Este estudio explora la exposición ocupacional y ambiental en general a benceno, tolueno y xileno, en grupos de trabajadores de diversas actividades económicas; por tal razón, sus resultados pueden considerarse como el punto de partida para futuras intervenciones en este tipo de empresas y oficios.

El presente trabajo pone en evidencia la falta de especificidad al determinar la exposición a los solventes orgánicos mediante la sola inspección o levantamiento de mapas de factores de riesgo subjetivos o cualitativos; esto se puede apreciar al comparar los resultados de las dos formas de estimar la exposición utilizadas en este estudio. Cabe señalar que esta situación puede estar sucediendo con otras sustancias potencialmente tóxicas para la salud humana. Por esta razón, se recomienda que siempre que se conozca o se sospeche la presencia o uso de este tipo de sustancias, se realicen los estudios de higiene ocupacional correspondientes.

Este hallazgo expresa de manera precisa la correlación existente entre ambientes laborales con presencia de solventes y su absorción y metabolismo en las personas, lo cual evidencia el riesgo ocupacional y su impacto biológico con las variaciones naturales.

Esencialmente, no se puede afirmar el hallazgo de una patología (enfermedad profesional) específica, sino de condiciones bioquímicas con variaciones alejadas de las cifras aceptadas como normales. Sin embargo, es clara la presencia de elementos de alarma, los cuales deben hacer obligada la vigilancia estricta de los parámetros, para documentar su tendencia a la normalidad si hay intervención sobre el factor de riesgo o para tomar las decisiones desde el punto

de vista del médico del trabajo, para evitar la consolidación de un daño permanente y quizá irreversible.

En este estudio, se estableció la presencia de niveles elevados de fenol y ácido hipúrico en orina de los trabajadores que laboran en empresas cuyas actividades son de tipo manufacturero, químico o metalmeccánico y en laboratorios analíticos.

En relación con los síntomas, se presentaron con mayor frecuencia resequedad en la piel, irritación ocular y cefalea los cuales están más frecuentemente asociados con el uso de solventes. Respecto a los exámenes paraclínicos, tanto la plaquetopenia como la leucopenia, se pueden presentar por exposición al benceno.

Los parámetros hematológicos deben incluirse en todos los casos de posible exposición a solventes aromáticos y vigilarse atentamente, pues sus variaciones pueden sugerir un potencial efecto hematotóxico, el cual puede alcanzar proporciones catastróficas.

Prevalecen bajos porcentajes en el uso de elementos de protección personal en especial en cuanto al cambio de ropa de trabajo, el uso de respirador adecuado para vapores orgánicos y el empleo de botas de caucho que son consideradas como adecuadas para laborar con este tipo de sustancias. Cabe destacar que el elemento de protección más usado por la totalidad de los trabajadores es el guante de caucho; sin embargo, no es empleado permanentemente durante el tiempo que trabajan con solventes.

Igualmente, en relación con los hábitos de comer y fumar, se encontró que una alta proporción de los trabajadores ingiere alimentos y fuma en el sitio de trabajo. Se

pudo detectar que los trabajadores están expuestos a solventes orgánicos no sólo en su trabajo sino en diversas actividades que realizan como pintura, mecánica y carpintería en forma extralaboral.

Con respecto al consumo de enlatados, una alta proporción de los trabajadores los ingiere, lo que tiene importancia en cuanto a la eliminación del ácido hipúrico en orina el cual es producto del metabolismo de comidas ácidas y de las preservadas con benzoato de sodio y no sólo por exposición a tolueno.

Cuando se comparó el grupo expuesto con el no expuesto, en relación con el género, las diferencias se deben a que las mujeres tienden a presentarse más en el grupo no expuesto, mientras los hombres tienden a estar más en los grupos con mayor exposición. Las diferencias por edad se deben a que el grupo estudiado tuvo un elevado número de trabajadores de hasta 30 años. Respecto al oficio y la empresa, la diferencia se debe a que existen mucho más trabajadores con baja exposición que en el grupo con mayor exposición.

Se mostraron diferencias significativas en el uso de elementos de protección personal, esto no es de extrañar debido a que precisamente la condición de exposición a solventes es determinante en el uso de estos elementos. Sin embargo, no se encontraron diferencias respecto al lugar de lavado de la ropa de trabajo debido al elevado número de trabajadores expuestos que refieren hacer el lavado en su propia residencia. De manera similar ocurre con la frecuencia del uso de guantes durante el trabajo, lo cual puede reflejar que su uso no está determinado por la exposición a sustancias químicas sino a otro tipo de factores de riesgo entre los que sobresalen los agentes biológicos.

Aunque la exposición ambiental está dada únicamente por benceno, en el 4,8% de los lugares de trabajo muestreados se encontraron valores muy elevados de este solvente, lo cual muestra que los trabajadores están expuestos a benceno; unido esto al tiempo promedio de trabajo en la empresa lo cual indica una exposición crónica que puede desencadenar graves efectos sobre la salud.

6. Conclusiones y recomendaciones

En esta investigación se demostró que la población estudiada presenta niveles elevados de fenol y ácido hipúrico en orina y que en los lugares de trabajo muestreados se encontraron valores muy elevados de benceno sumado esto al uso inadecuado e infrecuente de los elementos de protección personal. Igualmente, se presentaron manifestaciones clínicas y resultados de exámenes paraclínicos compatibles con exposición al benceno.

La reducción de la exposición ocupacional a solventes orgánicos y, en consecuencia, la prevención de enfermedades y lesiones accidentales en los trabajadores, es posible cuando se aplican medidas técnicas y administrativas, siendo fundamentales el compromiso y la participación del empleador, los mandos medios y los trabajadores.

La magnitud y el control de la exposición de los trabajadores a solventes orgánicos debe establecerse a partir de estudios ambientales que involucren el máximo rigor científico y garanticen la representatividad de la totalidad de la jornada de trabajo (8 a 9,5 horas) y períodos cortos de exposición (15 minutos), procurando análisis químicos en laboratorios analíticos certificados internacionalmente de las muestras de solventes, determinando cuáles son las sustancias componentes para así orientar acciones de vigilancia ambiental y biológica.

Las medidas técnicas o de ingeniería para el control de la exposición deben tener preferencia frente a las acciones dirigidas al individuo expuesto. Aquellas incluyen aspectos como la automatización de los procesos productivos; encerramiento de las fuentes generadoras o aislamiento de los trabajadores y sustitución de sustancias tóxicas (como el benceno) en la composición

de los solventes industriales por sustancias menos tóxicas (hidrocarburos alifáticos). Otras recomendaciones técnicas se citan en el **anexo 2**.

Los trabajadores deben ser informados sobre los riesgos secundarios a la exposición a solventes orgánicos y cuáles deben ser las prácticas de manejo seguro. El acceso a las áreas y operaciones que implique el uso de solventes orgánicos debe restringirse indicando mediante avisos los riesgos para la salud y el autocuidado que debe observarse en el área, así como la prohibición de fumar, comer y beber.

Por esta razón, se recomienda que siempre que se sospeche la presencia o uso de este tipo de sustancias, se realicen los estudios de higiene ocupacional correspondientes, al igual que la monitorización biológica de los trabajadores expuestos.

Este trabajo constituye un aporte para continuar investigando sobre el tema y, a la vez, propone los medios a través de los cuales las empresas que manejan los solventes orgánicos, pueden vigilar la exposición de sus trabajadores.

Agradecimientos

A los trabajadores y directivos de las empresas participantes. Igualmente al ingeniero Alvaro Reyes y al técnico Alexander Saavedra, por su colaboración en el muestreo ambiental; a María Dolores Rozo y Soraya Ballesteros por el apoyo técnico y logístico en la recolección y análisis de muestras de sangre para la determinación de exámenes de bioquímica sanguínea; al técnico Ermel Olarte y al licenciado Carlos Cristancho por el apoyo técnico en el procesamiento y análisis de muestras biológicas y ambientales en la

determinación de solventes orgánicos y sus metabolitos; a Jaime E. Ortiz por el apoyo técnico en el análisis de muestras, y a Nelcy Rodríguez por la asesoría durante el análisis

estadístico de los datos. Igualmente, a Gabriel Carrasquilla por sus valiosos aportes durante todo el desarrollo del proyecto.

Referencias

1. **Seedorft L, Olsen E.** Exposure to organics solvents: a survey on the use solvents. *Ann Occup Hyg* 1990;34:371-8.
2. **Hebderson RF.** The effect of dose, dose rate, route of administration and species on tissues and blood levels of benzene metabolites. *Environ Health Persp* 1989;82:9-17.
3. **Vallejo MC.** Riesgos y medidas de seguridad en el manejo de solventes industriales. Bogotá: Consejo Colombiano de Seguridad; 1991.
4. **Rinsky R, et al.** Benzene and leukemia. *New Eng J Med* 1987;316:1044-50.
5. **Yardley JA, Anderson D, Parker DV.** The toxicity of benzene and its metabolisms and molecular pathology in human risk assessment. *Br J Ind Med* 1991;48:437-4.
6. **Perbellini L, Faccini GB, Pasini F, et al.** Environmental and occupational exposure to benzene by analysis of breath and blood. *Br J Ind Med* 1988;45:345-52.
7. **Indulski JA, Sinczuk W, Szymzak M, Wesolowski W.** Neurological and neurophysiological examinations of workers occupationally exposed to organic solvent mixtures used in the paint and varnish production. *Int J Occup Med Environ Health* 1996;9:235-44.
8. **Berrod J, Aubrun JC.** Intoxications, maladies par agents phisiques. *Hidrocarbures aromatiques*. Paris, France: Encyclopédie Médico Chirurgicale; 1985. p.1-12.
9. **Clayton G, Clayton F.** Benzene. *Patty's industrial hygiene and toxicology*. 1981;2:3260-83.
10. **Elofsson S, et al.** Exposure to organic solvents. *Scan J Work Environ Health* 1980;6:239-73.
11. **Medinsky MA, Kenyon EM, Seaton MJ, Schlosser PM.** Mechanistic considerations in benzene physiological model development. *Environ Health Perspect* 1996;104(Suppl.6): 1399-404.
12. **Romieu I, Ramirez M, Meneses F, et al.** Environmental exposure to volatile organic compounds among workers in Mexico City as assessed by personal monitors and blood concentrations. *Environ Health Perspect* 1999; 107(7):511-5.
13. **Greenberg MM.** The central nervous system and exposure to toluene: a risk characterization. *Environ Res* 1997;72:1-7.
14. **Peña GE, Várona ME, Acosta H, et al.** Evaluación epidemiológica de la exposición a solventes orgánicos en fábricas de pinturas y pegantes en Bogotá. Santa Fe de Bogotá: Instituto Nacional de Salud, Seguro Social; 1996.
15. **Mayor J, Saiz J, Eimil E, Beguería R, Palomino A, Charró L.** Estudio de los efectos sobre el sistema nervioso de la exposición potencial a solventes orgánicos. Bogotá: Instituto de Seguros Sociales; 1998.
16. **Rock JC.** Occupational air sampling strategies. In: Cohen BS, Hering SV, editors. *Air sampling instruments for evaluation of atmospheric contaminants*. 8th ed. Cincinnati: ACGIH; 1995. p.20-44.
17. **NIOSH.** Manual of analytical methods. Hippuric and methyl-hippuric acids in urine. Third edition. Vol. 1, method 8301, 1984.
18. **NIOSH.** Manual of analytical methods. Phenol in urine. Vol.6, methods 330, 1980.
19. **NIOSH.** Manual of analytical methods. Hydrocarbons, aromatic. Third edition. Vol. 1, methods 1500-1501; 1984.
20. **Acosta H.** Detección de fenol, ácido hipúrico y ácido metilhipúrico mediante técnicas cromatográficas (6C-FID y HPLC y UV). *Manual de procedimientos*. Santa Fe de Bogotá: Instituto Nacional de Salud; 1996.
21. **NIOSH.** Manual of analytical methods. Organic solvents in air. Second edition. 1977;1:27-1-127-7.
22. **The American Conference of Governmental Industrial Hygienists.** TLVs and BEIs. 1999.
23. **Cone MV et al.** Chemicals identified in human biological media. A data base. Virginia: U.S. Dept. of Commerce; 1980. p.563.
24. **Baselt RC.** Biological monitoring methods for industrial chemicals. Biomedical publication, 1980.
25. **NIOSH.** Pocket guide to chemical hazards. US Department of Health and Human Service. Public Health Service; 1997.

26. **NIOSH.** The industrial environment: its evaluation and control. US Government Printing Office; 1979.
27. **Consejo Colombiano de Seguridad.** Ventilación industrial. Manual de recomendaciones prácticas para la prevención de riesgos profesionales. Primera edición. Valencia, España; 1992.
28. **ACGIH.** Air sampling instruments for evaluation of atmospheric contaminants. Eighth edition. 1995.

Anexo 1

Atributos de los métodos analíticos para determinación de benceno, tolueno y xileno en aire y de fenol, ácido hipúrico y metilhipúrico en orina.

Atributos del método para BTX en aire

Parámetro	Benceno	Tolueno	Xileno
Coefficiente de desorción	78,0%	74,5%	73,5%
Límite de detección	2,43 mg	0,50 mg	0,92 mg
Límite de cuantificación	6,86 mg	1,39 mg	2,54 mg
Precisión	<0,05*GMC	<0,05*GMC	<0,05*GMC
D Nivel 1	1,04	0,95	1,00
D Nivel 2	0,98	1,05	1,04
Sensibilidad analítica	10,76 (mg/ml) ⁻¹	13,31 (mg/ml) ⁻¹	10,61 (mg/ml) ⁻¹
C.V. del método	2,67%	3,45%	3,05%

Condiciones cromatográficas BTX en aire

Parámetro	Condición
Temperatura del inyector	250 °C
Temperatura del detector	250 °C
Columna	Empacada 3 m x 2 mm D.I. 10% SP2100 100/120 supelcoport
Gas de arrastre	Nitrógeno
Flujo del gas de arrastre	25 ml/min
Temperatura del horno	50 °C por 2 min.; 30 °C/min hasta 200 °C; 200 °C 2 min
Detector	FID
Flujo de hidrógeno	30 ml/min
Flujo de aire	300 ml/min
Volumen de inyección	1,6 ul

Atributos del método para ácido hipúrico, ácido metilhipúrico y fenol en orina

Parámetro	A. hipúrico	A. metilhipúrico	Fenol
Límite de detección	10 mg/l	0,86 mg/l	0,08 mg/l
Límite de cuantificación	45 mg/l	0,86 mg/l	0,35 mg/l
Precisión	<0,05*GMC	<0,05*GMC	<0,05*GMC
D Nivel 1	95,3%	101,2%	105,0%
D Nivel 2	95,0%	97,5%	100,3%
Sensibilidad analítica	9,1 mg/l/mm	16,7 mg/l/mm	33 mg/l/mm
C.V. del método	3,11%	3,07%	3,21%

Condiciones cromatográficas para determinación de fenol en orina

Parámetro	Condición
Temperatura del inyector	200 °C
Temperatura del detector	200 °C
Columna	Empacada 2 m x 2 mm D.I. 2% DEGA 100/200 ANAKROM
Gas de arrastre	Nitrógeno
Flujo del gas de arrastre	50 ml/min
Temperatura del horno	120 °C por 1 min; 8 °C/min hasta 165 °C
Detector	FID
Flujo de hidrógeno	30 ml/min
Volumen de inyección	1,6 ul

Condiciones cromatográficas para la determinación de ácido hipúrico y metilhipúrico en orina (HPLC)

Parámetro	Condición
Temperatura del inyector	250 °C
Temperatura del detector	250 °C
Columna	30 cm x 4 mm MCH – 10
Eluyente	90% agua, 10 % acetonitrilo
Flujo del eluyente	2 ml/min
Temperatura del horno	50 °C por 2 min; 30 °C/min hasta 200 °C; 200 °C 2 min
Detector	Ultravioleta
Longitud de onda	
Volumen de inyección	30 ul

Anexo 2

Recomendaciones técnicas

La ventilación mecánica local exhaustiva (encerramiento de la fuente) o ventilación por dilución (ventilación general) constituyen, en su orden, formas de control altamente eficaces para reducir las concentraciones de las sustancias químicas en el aire hasta valores inferiores a los límites aceptados como permisibles. La ventilación local será necesaria cuando la sustancia sea altamente tóxica. La dispersión de los solventes al medio ambiente externo debe evitarse con la instalación de filtros o depuradores que aseguren la emisión de aire limpio a la atmósfera. La efectividad de los sistemas de ventilación debe verificarse periódicamente a partir de las variables de diseño como velocidad de captura, transporte y concentración de los contaminantes, así como caudales y pérdidas de presión.

Los laboratorios de control de calidad donde se utilicen y preparen reactivos químicos y solventes orgánicos, deben diseñarse con sistemas de ventilación local y descarga (tipo cabinas de uso general y especiales) para la captura adecuada y contención de vapores orgánicos. El conducto de salida de los gases del laboratorio debe tener una altura de no menos de 3 m en relación con la superficie transversal del techo para evitar el reingreso de aire contaminado a través de las aberturas de entrada de aire. La presión del laboratorio debe mantenerse en un valor ligeramente inferior a la presión atmosférica, con el fin de evitar el tránsito de aire contaminado a zonas de circulación y sitios de permanencia de personas no relacionadas con el laboratorio.

El contacto directo de la piel con solventes orgánicos debe prevenirse a

través del uso apropiado de guantes resistentes a los solventes, delantales, botas y trajes de trabajo enterizos. Las partes del cuerpo que entren en contacto con solventes orgánicos se deberán lavar completamente con agua y jabón. La ropa contaminada con solventes orgánicos debe quitarse inmediatamente y desecharse en caso necesario. Los sitios de trabajo donde se utilicen solventes industriales deben disponer de sistemas de lavajos y duchas de emergencia, así como de cuartos para cambios de ropa (25-28).

La selección y suministro de protectores respiratorios debe estar precedida de monitorizaciones del ambiente para establecer el factor de protección requerido en cada caso en particular. El factor de protección es la capacidad que tiene un protector respiratorio de asegurar que la concentración del ambiente será controlada un número de veces determinado por encima del valor límite permisible. Cuando la concentración de la sustancia en el ambiente sea hasta 10 veces el valor permisible, puede ser suficiente respiradores de purificación de aire.

Por encima de 10 veces del valor límite permisible, será necesario el uso de respiradores con suministro de aire. La protección respiratoria debe disponer de un programa escrito con objetivos, procedimientos y responsabilidades asignadas. Su funcionamiento debe ser permanente y contemplar, al menos, las siguientes acciones:

1. Procesos de selección de los protectores respiratorios aprobados por organismos especializados internacionales (MSHA/NIOSH).

2. Planes de educación y entrenamiento dirigido a los usuarios de los respiradores.
3. Protocolos para los ensayos de uso y pruebas de ajuste.
4. Supervisión de la utilización de los protectores.
5. Programas de reposición, inspección, almacenamiento y mantenimiento de los respiradores.

Para determinar el tipo de guantes que deben utilizar las personas que manipulan solventes, debe tomarse en consideración la gran cantidad de solventes orgánicos que pueden presentarse en la industria y la quimiorresistencia a éstos, que varía dependiendo del material con el cual son fabricados. Sin embargo, en su orden para la mayoría de los solventes se recomienda guantes fabricados de los siguientes materiales:

1. Guantes de nitrilo no reforzados
2. Guantes de PVA (alcohol polivinílico)
3. Látex natural

4. Neopreno

Los guantes deben cumplir con los ensayos sobre resistencia a cortaduras, pinchazos y abrasión.

La forma más adecuada para la selección de los guantes es:

1. Identificar el tipo de solvente utilizado.
2. Elegir el tipo de guante de acuerdo con las guías de degradación química suministrada por los fabricantes.
3. Seleccionar guantes delgados no reforzados para tener más flexibilidad y sensibilidad al tacto.
4. Seleccionar el diseño que proporcione el agarre necesario para el trabajo.
5. Elegir el largo del guante según la profundidad hasta donde sumerja el brazo y que le proteja contra salpicaduras de solventes.
6. Elegir los tamaños que aseguren óptima duración, facilidad de trabajo, comodidad y satisfacción del empleado (25-28).

©Derechos reservados por el Instituto Nacional de Salud.
Prohibida toda reproducción parcial o total sin previa autorización escrita de la institución.

Edición e impresión:
División de Biblioteca y Publicaciones del Instituto Nacional de Salud
200 ejemplares
Avenida calle 26 No. 51-60
Bogotá, D.C., Colombia. 2001
publicacion@hemagogus.ins.gov.co





