

|UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades



**Niveles de ácido hipúrico en trabajadores expuestos a tolueno en una
industria manufacturera de pinturas en la Ciudad de Guatemala**

**Trabajo de graduación presentado por Vera María de la Roca Lemus en
modalidad de tesis para optar al grado académico de Licenciada en
Química Farmacéutica**

**Guatemala
2008**

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ciencias y Humanidades



**Niveles de ácido hipúrico en trabajadores expuestos a tolueno en una
industria manufacturera de pinturas en la Ciudad de Guatemala**

**Trabajo de graduación presentado por Vera María de la Roca Lemus en
modalidad de tesis para optar al grado académico de Licenciada en
Química Farmacéutica**

Guatemala

2008

Vo. Bo. :

(f) 
Licenciada Miriam Carolina Guzmán Quilo
Asesor

Tribunal Examinador:

(f) 
Licenciada Miriam Carolina Guzmán Quilo
Asesora

(f) 
Licenciada Sigrid Arlova Aguilera Radford

(f) 
Dr. Élfego Rolando López García
Director
Departamento de Química Farmacéutica

Fecha de aprobación: Guatemala, 23 de mayo de 2008

PREFACIO

La salud ocupacional constituye un componente fundamental de la prevención y promoción de la salud, particularmente en aquellos entornos laborales en los que los trabajadores se encuentran expuestos de forma continua a sustancias químicas potencialmente tóxicas.

La presente investigación surge del interés por aportar información sobre la exposición ocupacional al tolueno en trabajadores de una industria manufacturera de pinturas en la Ciudad de Guatemala. Mediante la determinación de ácido hipúrico en orina, como indicador biológico de exposición, se buscó generar evidencia que permitiera identificar posibles riesgos y resaltar la importancia de implementar medidas de prevención, vigilancia y protección adecuadas en el ambiente de trabajo.

Se espera que los resultados de este estudio contribuyan a fortalecer la conciencia sobre la importancia del control de riesgos químicos en la industria y sirvan como referencia para futuras acciones e investigaciones orientadas a proteger la salud y el bienestar de los trabajadores.

CONTENIDO

	Página
PREFACIO	iii
LISTA DE CUADROS	vi
LISTA DE GRÁFICAS	viii
RESUMEN	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO CONCEPTUAL	4
A. Antecedentes.....	4
B. Justificación	8
C. Planteamiento del problema.....	10
D. Alcances y límites	11
III. MARCO TEÓRICO	12
A. Disolventes orgánicos.....	12
B. Hidrocarburos.....	15
1. Uso de los hidrocarburos.....	16
2. Farmacocinética de los hidrocarburos	16
C. El tolueno	17
1. Toxicocinética y mecanismo de acción	17
2. Metabolismo y excreción	17
3. Control biológico del tolueno.....	19
4. Riesgos agudos y crónicos para la salud.....	20
D. Elaboración de pinturas	22
1. Composición de las pinturas.....	22
2. Pinturas a base de disolventes	23
3. Productos de la industria de pinturas	25
IV. MARCO METODOLÓGICO	26
A. Objetivos.....	26
1. Generales.....	26
2. Específicos	26
B. Hipótesis	26
C. Variables	27
1. Independientes.....	27
2. Dependientes	27
D. Población	27
E. Muestra	27
F. Procedimiento.....	28

G. Diseño de investigación.....	29
H. Análisis estadístico.....	30
V. MARCO OPERATIVO	31
A. Recabación y tratamiento de datos.....	31
B. Recursos.....	31
1. Recursos humanos	31
2. Recursos materiales	31
VI. RESULTADOS.....	33
VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	41
VIII. CONCLUSIONES.....	48
IX. RECOMENDACIONES	49
X. REFERENCIAS.....	51
ANEXO A. Importaciones y exportaciones de los principales solventes y diluyentes	54
ANEXO B. Reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo (fragmento)	55
ANEXO C. Solicitud de datos de la población de trabajo	58
ANEXO D. Manual sobre el manejo y uso adecuado de solventes	59

LISTA DE CUADROS

	Página
Cuadro 1. Valores umbrales límite para el disolvente tolueno reportados por distintas instituciones internacionales	14
Cuadro 2. Límites de tolerancia biológicos reportados para el disolvente tolueno	15
Cuadro 3. Efectos de los disolventes sobre la salud de los trabajadores.....	21
Cuadro 4. Composición por volumen de las pinturas	22
Cuadro 5. Pinturas a base de solvente y sus características.....	25
Cuadro 6. Esquematización de universo de trabajo estudiado	33
Cuadro 7. Características de los grupos estudiados en relación a la edad, sexo, y tiempo medio de laborar en la empresa de pinturas	33
Cuadro 8. Características de los trabajadores directamente expuestos participantes con relación al uso de elementos de protección personal	34
Cuadro 9. Distribución de los trabajadores estudiados que reportaron haber padecido uno o más signos/síntomas de intoxicación crónica.	35
Cuadro 10. Signos y síntomas de intoxicación crónica que padecen los trabajadores en estudio	36
Cuadro 11. Distribución de los trabajadores que reportaron consumir bebidas alcohólicas de forma ocasional y fumar cigarrillos	38
Cuadro 12. Distribución de la población estudiada según sus concentraciones promedio de ácido hipúrico en orina	38
Cuadro 13. Características de la población estudiada que presentaron valores de ácido hipúrico en orina por encima del valor límite umbral (2 g/L).	40
Cuadro 14. Resumen de las importaciones y exportaciones de los principales solventes y diluyentes, según el Banguat.....	54

Cuadro 15. Distribución de algunos disolventes comunes según sus usos... 54

LISTA DE GRÁFICAS

	Página
Gráfica 1. Estructura del tolueno y benceno	15
Gráfica 2. Metabolismo del tolueno	18
Gráfica 3. Diagrama del proceso de fabricación de pinturas a base de solvente	24
Gráfica 4. Esquema del proceso de fabricación de pinturas, identificando las etapas de generación de residuos	24
Gráfica 5. Elementos de protección personal utilizados por trabajadores directamente expuestos a vapores del disolvente tolueno	35
Gráfica 6. Signos y síntomas reportados por los trabajadores estudiados según área de trabajo	37
Gráfica 7. Niveles de ácido hipúrico en orina de trabajadores expuestos a tolueno que laboran en una industria de pinturas en la Ciudad de Guatemala..	39

RESUMEN

El presente estudio fue realizado con la finalidad de determinar los niveles de ácido hipúrico en muestras de orina en trabajadores de una fábrica de pinturas en la Ciudad de Guatemala, evidenciando así los niveles actuales de contaminación y la existencia de signos y síntomas de intoxicación en personas expuestas ocupacionalmente al disolvente tolueno, sustancia que se utiliza como materia prima para la formulación de pinturas.

La población bajo estudio estuvo conformada por un total de 95 trabajadores activos, de ambos sexos, comprendidos entre los 18 y 54 años de edad, de los cuales 58 corresponden a individuos cuyo ambiente de trabajo se encuentra directamente expuesto a vapores de solvente (productores/mezcladores y vendedores de pinturas) y 37 trabajadores corresponden a individuos cuyo ambiente de trabajo se encuentra indirectamente expuesto a vapores de solvente ya que sus oficinas se encuentran cercanas al área de producción o ventas de pinturas (administradores, secretarias y auxiliares de oficina). Todos los trabajadores estudiados laboran jornadas normales de trabajo de 8 horas diarias y 40 horas semanales. Las muestras de orina fueron recolectadas al final de la jornada laboral y analizadas según el método de Pagnotto y Lieberman.

La media del valor de ácido hipúrico en orina de los trabajadores estudiados fue de 1.67 g/L, valor inferior al límite biológico permisible según normas internacionales (2 g/L). Las concentraciones de ácido hipúrico en el grupo de trabajadores directamente expuestos a vapores de solventes fueron superiores a las del grupo de trabajadores indirectamente expuesto. Los resultados obtenidos fueron 1.75 g/L y 1.55 g/L respectivamente, ambos valores inferiores al límite biológico permisible.

Se encontraron niveles de ácido hipúrico por encima del valor límite biológico permisible en el 29.47 % de los trabajadores estudiados, de los cuales, el mayor porcentaje, 23.4 %, son trabajadores directamente expuestos a solventes.

El 82.1 % de los trabajadores en estudio (los cuales corresponden al 100 % de trabajadores directamente expuestos y al 54 % de trabajadores indirectamente expuestos a vapores de solventes) presentaron uno o varios de los síntomas señalados evidentes de una intoxicación crónica con solventes a nivel del sistema nervioso central. Los signos y

síntomas reportados con mayor frecuencia fueron dolor de cabeza, irritación de la piel, irritación de garganta, fatiga y mareos.

Se observó un escaso uso de elementos adecuados de protección personal en los trabajadores directamente expuestos a vapores de solventes y la ausencia total de los mismos en los trabajadores indirectamente expuestos a vapores de solventes. Así también, se detectó una escasez de medidas de seguridad en el ambiente laboral de los trabajadores.

I. INTRODUCCIÓN

Recientemente se reporta un incremento notable en el número de productos químicos que son utilizados en el ámbito industrial, tanto en los procesos de trabajo considerados tradicionales, como en aquellos de nueva generación. Resaltan por su importancia las sustancias químicas que presentan algunas propiedades tóxicas para el organismo; ya sea porque se utilizan como materias primas, materiales auxiliares o porque son productos residuales o de desecho, según sea el tipo y características del centro laboral que se trate.

Los riesgos para la salud de las sustancias utilizadas en el medio laboral son conocidos desde tiempos remotos. En el medio industrial, la mayoría de las intoxicaciones ocurren a través de la vía inhalatoria, en particular de disolventes, que son extraordinariamente volátiles (Rodríguez et al., 2001).

La exposición a hidrocarburos aromáticos tipo disolventes orgánicos, utilizados en numerosos procesos industriales, se considera un riesgo ocupacional que confrontan millones de trabajadores en el mundo. La problemática a escala mundial en relación con la exposición a estos disolventes se centraliza con mayor atención en torno al benceno y sus derivados (ej. tolueno), los cuales se consideran peligrosos para la salud inclusive a bajas concentraciones (Rodríguez et al., 2001).

Las intoxicaciones por disolventes orgánicos conllevan serias complicaciones, pues son depresores del sistema nervioso central y producen la muerte en concentraciones elevadas, o bien, provocan serios daños aún en concentraciones bajas por exposiciones prolongadas y que al pasar desapercibidos se tornan de más alto riesgo (Baselt, 1982).

En Guatemala se desconoce la cantidad exacta de trabajadores expuestos ocupacionalmente a los disolventes orgánicos. Sin embargo, los solventes industriales son muy numerosos y en algunas áreas de trabajo son la principal fuente de riesgo para los trabajadores.

El tolueno pertenece a la familia de disolventes orgánicos, tiene la propiedad de ser un líquido muy volátil, y es ampliamente usado como disolvente industrial. Estimaciones realizadas sobre exposición a solventes en Estados Unidos por el National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH) sugieren que un gran número de trabajadores han tenido algún grado de exposición a tolueno. Se estima que existen 4.8 millones de

trabajadores con riesgo a exposición al tolueno, la cuarta cifra mayor para una sustancia química individual (LaDou, 1997).

Aunque en menor escala, en Guatemala son muchas y variadas las empresas donde está incluido este disolvente en sus procesos productivos, lo que significa un factor de riesgo en todo el proceso. Entre ellas, la industria de pinturas y tintes, pegamentos, plaguicidas, papel, cueros y calzado. Igualmente, las realizadas en los salones de belleza (cosméticos), laboratorios y tintorerías, representando todas fuentes de exposición a tolueno, xileno, dimetil-cetona, metilisobutilcetona, etanol, metanol, isobutanol, etc.

En la fabricación de pinturas se utilizan solventes que incluyen hidrocarburos (tolueno), alcoholes, cetonas, ésteres, glicoles, etc. (Martí y Desoille, 1993).

Los vapores de estos productos pasan al ambiente y llegan al trabajador por las distintas vías de ingreso. El organismo actúa sobre el agente tóxico, biotransformándolo en general, en compuestos más polares; esta biotransformación se realiza principalmente en el hígado. Posteriormente, son eliminados del organismo por diferentes vías, de las cuales, la renal es la más común. Una parte del tolueno absorbido es eliminado por la respiración (de 15 a 20 % del tolueno se elimina por el aire espirado sin modificar), el resto es oxidado, produciendo ácido benzoico, que, luego de conjugarse con glicina en el hígado, es excretado en la orina como ácido hipúrico, con una vida media de casi 1 a 2 horas. Muchos estudios reportan que la excreción de ácido hipúrico en orina es proporcional a la exposición de tolueno (LaDou, 1997).

La exposición a tolueno generalmente se manifiesta por inhalación ocasionando efectos sobre el sistema nervioso central y puede generar un aumento de la sintomatología desde estado de embriaguez, congestión facial, vómitos, confusión, depresión del sensorio hasta llegar al coma o a la muerte por fallo respiratorio o cardíaco. La probabilidad de que esto suceda dependerá de la cantidad de tolueno a la que se está expuesto, de la duración de la exposición, de la susceptibilidad genética y la edad. La exposición diaria en el trabajo a cantidades bajas o moderadas (200 a 300 ppm por 8 horas/día) puede producir cansancio, confusión, debilidad, sensación de embriaguez, pérdida de la memoria, náusea y pérdida del apetito. La exposición repetida al tolueno puede causar hábito, tolerancia y dependencia psicológica, sin excluir la posibilidad de lesiones al sistema hematopoyético, hígado y riñón, así como también puede provocar cierto grado de sordera y pérdida de la visión. La

concentración máxima permitida o valor límite umbral TLV (por sus siglas en inglés *Threshold Limit Values*) corresponde a una concentración del metabolito (ácido hipúrico) en orina de 2 gramos/litro, que corresponde a 100 ppm de tolueno en el aire (Nielsen, 1985; Repetto, 1985).

Si el tema central es la prevención de las intoxicaciones de origen laboral, resulta de suma importancia llevar a cabo esta clase de investigaciones en aquellos grupos de trabajadores que, debido a las características que asume el proceso de trabajo en que se encuentran inmersos, están expuestos a ciertas sustancias tóxicas que pueden causar daños a su salud.

La falta de registro y la escasa información existente con relación a este tipo de empresas en Guatemala, aunado a la ausencia de aplicación de programas de vigilancia epidemiológica, motivó la elaboración de la presente investigación.

En el presente estudio, se estableció el valor de ácido hipúrico en orina de los trabajadores del ramo de pinturas, producido por la exposición al disolvente tolueno.

II. MARCO CONCEPTUAL

A. Antecedentes

Desde hace varios años, diversas labores industriales utilizan, en forma progresiva, varios tipos de disolventes no aromáticos o acíclicos (tricloretileno, tetracloruro de carbono, percloretileno, cloroformo, acetonas, alcohol metílico, etc.) y aromáticos o cíclicos (benceno, tolueno, xileno). Se trata de sustancias que tienen la propiedad de disolver las grasas y evaporarse sin dejar residuos, de ser muy volátiles y en estado de gas poseen efectos anestésicos sobre el sistema nervioso central (De Toledo y De Fernícola, 1989).

La Organización Mundial de la Salud (OMS), señala que en 1993 existían más de 600.000 sustancias químicas de uso industrial, de las cuales, se les reconocieron efectos tóxicos a más de 12.000. Para el año de 1995 se consideraba que estaban en uso aproximadamente 76.000 productos químicos comerciales (Tennasse, 1995). En México, menos de 600 de estas sustancias están incluidas en la legislación laboral vigente y se catalogan como “potenciales contaminantes del ambiente laboral” (STPS, 1994b).

También se reporta que poco más de 750 productos químicos son potencialmente neurotóxicos; pero, además, de una lista de 588 químicos para los cuales la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) adopta los respectivos valores límite (TLVs), cerca de un tercio (167) afectan al sistema nervioso. Y tan sólo en los Estados Unidos, en la década de los ochenta, se estimaba que ocho millones de trabajadores podrían haber estado expuestos de tiempo completo a neurotóxicos (National Institute for Occupational Safety and Health [NIOSH], 1988).

La frecuencia y el uso extendido de estos disolventes en la industria incrementan su importancia en el campo de la salud en el trabajo. Los cinco solventes aromáticos más ampliamente utilizados de manera comercial son el benceno, tolueno, xileno, etilbenceno y estireno (Martí y Desoille, 1993).

Existen diversas investigaciones a nivel mundial sobre el análisis de trabajadores expuestos a tolueno.

1. En Nueva York, 1999, un grupo de investigadores llevó a cabo una secuencia para la validación de ácido hipúrico como un bioindicador de la exposición a tolueno (Dudy et al., 1999).

2. En la Universidad de Louvain, Vital Decosterstraat, Berlín, 1979, se llevó a cabo una investigación acerca de la influencia de un número de factores que posiblemente afecte la relación entre la excreción de ácido hipúrico en la orina y el nivel de exposición a tolueno en un grupo de trabajadores de imprentas. En dicho estudio se observó que el nivel de excreción de ácido hipúrico, después de 4 y 8 horas de la primera exposición a tolueno estaba relacionado con las concentraciones medias del tolueno en el aire del sitio de trabajo. Aparte de las diferencias en el nivel de exposición, una proporción substancial de la variabilidad interindividual en la excreción de ácido hipúrico se podía explicar por diferencias en la carga energética durante la exposición. No fue posible aclarar el grado el cual este factor influencia la excreción del metabolito (Veulemans et al., 1979).

3. En Perú, 2002, se realizó una investigación que consistió en la cuantificación de plomo en sangre, metabolitos del benceno (fenol) y del tolueno (ácido hipúrico) en 158 trabajadores dedicados a la venta de lubricantes y servicios de mecánica automotriz. Dichos trabajadores utilizan frecuentemente combustibles (gasolina, kerosene y diesel-2) y otros solventes (*thinner*, aguarrás, disolventes de pinturas, etc.), los cuales en sus composiciones químicas presentan sustancias tóxicas como el plomo, benceno y tolueno. Para la cuantificación de benceno y tolueno en orina se utilizó la espectrofotometría de luz visible. Los niveles de ácido hipúrico en orina superaron el valor normal de 1.4 g/L, con su valor promedio 2.09 g/L. Posterior a la evaluación de los resultados de los análisis se pudo determinar que los niveles más altos de plomo sanguíneo, fenol y ácido hipúrico en orina, se presentaron en trabajadores que desempeñaban labores como mecánicos y cambiadores de aceite de motor y pinturas a soplete (Ramírez et al., 2002).

4. En México, Guadalajara, un grupo de científicos pertenecientes a la unidad de investigación, docencia y apoyo clínico de salud en el trabajo llevaron a cabo un estudio sobre la prevalencia de manifestaciones clínicas relacionadas con la exposición a disolventes orgánicos en trabajadores expuestos en una empresa fabricante de pelotas de plástico. En la fábrica de pelotas la exposición a disolventes es mayor en las áreas de decorado manual, automático y preparado de tintas, donde se realiza la mezcla de disolventes y pigmentos y se pinta la pelota y se utiliza tolueno, alcohol isopropílico, acetona, isoporona, pigmentos y resinas. Se recolectó orina al tercer día de la semana laboral al finalizar la jornada y se realizó la determinación de ácido hipúrico (normal hasta

0.81 miligramos por decilitro). Se utilizó el método de Katsumaro Tomokuni por espectrofotometría. Se observó la prevalencia de manifestaciones clínicas de tipo irritativas dermatológicas, mucosas, así como vías respiratorias de los trabajadores con ácido hipúrico elevado, encontrando correlación entre la exposición.

5. En Argentina, 2004, Carlos Aldazábal, el Dr. Juan Manrique, Ma. Inés Ortelli, Horacio Martínez y el Dr. Ulises Calíbrese realizaron exámenes periódicos del personal con riesgo de exposición a tolueno en una fábrica transportadora de gas. El objetivo de este estudio fue revisar los datos disponibles relacionados con la seguridad y eficacia del rastreo de ácido hipúrico en orina como control y determinar el estado actual de la población en estudio, respecto de si se encuentra o no expuesta al tolueno, mediante rastreos que testifiquen datos más confiables. Para aumentar la especificidad, se agregó otra prueba de control de exposición al tolueno consistente en la determinación de ortocresol en orina. En todos los estudios de vigilancia médica no se detectaron alteraciones compatibles con lesión por intoxicación por tolueno (Aldazábal et al., 2004).

6. En un estudio realizado por Sollet y otros en una refinería de petróleo, se observó elevada frecuencia de trabajadores con alteraciones enzimáticas y lipídicas, así como cambios de la concentración de las proteínas no enzimáticas y en las pruebas psicológicas aplicadas que pudieran atribuirse a la acción del tolueno sobre el organismo (Sollet et al., 1989).

7. Algunos estudios demuestran que la determinación de la concentración de suero de diferentes formas de transferrina puede ser usados para detectar efectos hepáticos causados por el abuso de alcohol. La variante de isotransferrina con un punto isoeléctrico de 5.7 es comparada con la suma total de suero transferrina en orden de estudiar los efectos hepáticos causados por la exposición ocupacional de los disolventes orgánicos. Dieciocho trabajadores de una industria de pintura fueron examinados antes y después de sus feriados y comparados con dos diferentes grupos, un total de 60 sujetos. Los trabajadores tuvieron significativamente valores altos antes y después de sus feriados. Esto significa que los efectos en el hígado causados por los disolventes orgánicos son similares a aquellos causados por el abuso de alcohol (Petrén, 1987).

8. En Venezuela, Valencia, investigadores evaluaron los potenciales efectos a la salud de los solventes orgánicos en 36 trabajadores de una empresa de calzado mediante la

aplicación de encuestas personales y ocupacionales. Se les practicaron exámenes físicos, análisis de indicadores biológicos de exposición (tolueno en sangre; metiletilcetona, metil-isobutil cetona, acetona y ácido hipúrico en orina), y de efecto (creatinina en orina, análisis hematológicos, bilirrubina, transaminasas y fosfatasa alcalina). El promedio de tolueno en sangre fue 0.16 mg/L, significativamente superior ($p < 0,01$), al límite permisible adoptado por la *American Conference of Governmental Industrial Hygienists* de Estados Unidos, (0,05 mg/L). El resto de las pruebas resultaron con valores no significativos ($p < 0,05$) en relación con el límite permisible (Rodríguez et al., 2001).

9. La Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad San Carlos de Guatemala llevó a cabo un estudio en 56 trabajadores manufactureros de calzado, expuestos a vapores de tolueno. Se les determinó en forma semicuantitativa por cromatografía la presencia de ácido hipúrico en orina, realizando esto en las últimas 36 horas de jornada semanal. Se concluyó que el 80 % del personal estaba por arriba del nivel permisible (Facultad de Ciencias Médicas, 1987).

10. González Reyes, C., 1991, de la Universidad de San Carlos de Guatemala, desarrolló un estudio sobre el trastorno neurológico y psicomotriz en trabajadores expuestos a disolventes orgánicos de dos fábricas de calzado de la Ciudad de Guatemala. Un 45 % de las personas evaluadas presentaron alteración neurológica y el 100 % presentaron alteración psicomotriz, las edades de mayor afección fueron las comprendidas entre quince a veintinueve años. En el estudio, se llegó a determinar que existe una relación directa entre los años de exposición y el grado de afección neurológica (González, 1991).

De esta manera, se puede observar que el problema de las sustancias químicas y, en particular, el de los disolventes en el sitio de trabajo, se encuentra relacionado de manera directa con la salud de los trabajadores. Autores de diversos estudios reportan que los disolventes orgánicos perturban el metabolismo general de las personas expuestas.

De acuerdo con los hallazgos de investigaciones anteriores, existe el propósito de profundizar aún más en esta problemática a nivel nacional para establecer si el grado de contaminación ambiental se encuentra dentro de un margen de seguridad para los trabajadores expuestos habitualmente a solventes orgánicos, específicamente el tolueno.

B. Justificación

El desarrollo industrial a nivel mundial afecta no sólo a los ecosistemas, sino también la salud. Se estima que más del 85 % de las enfermedades que padece hoy la humanidad tienen su origen en la exposición a productos químicos, cuyos efectos sobre la salud se asocian con el desarrollo de enfermedades.

Casi el 90 % de las intoxicaciones de origen industrial son atribuidas a la absorción por la vía pulmonar. Un individuo inhala alrededor de 10 m^3 de aire durante 8 horas, por lo que se comprende fácilmente el peligro que significa la presencia de sustancias tóxicas en el aire. La superficie de absorción a nivel pulmonar es aproximadamente 100 m^2 , lo que explica la alta velocidad de dicha absorción. Esto hace que la acción del compuesto absorbido por esta vía sea casi tan rápida como cuando se administra por vía intravenosa (Casarett y Doull, 1986).

La presión de vapor relativamente alta y la volatilidad, que son dos de las características principales de los disolventes aromáticos, permiten una mayor concentración de estas sustancias en el aire. Así, la ruta primaria de exposición al tolueno es a través de la inhalación. La rápida absorción de los vapores de tolueno no sólo aumenta la relevancia de la exposición ocupacional, sino también, promueve el estatus del tolueno como potencial “droga de abuso” (Organización Internacional del Trabajo [OIT], 1989).

Dos de las características principales de los disolventes aromáticos son la presión de vapor relativamente alta y la volatilidad, por lo que permiten una mayor concentración de estas sustancias en el aire siendo la ruta primaria de exposición al tolueno a través de la inhalación. La rápida absorción de los vapores de tolueno no solo aumenta la relevancia de la exposición ocupacional, sino también, promueve el estatus del tolueno como potencial “droga de abuso” (OIT, 1989).

Los disolventes, o vehículos volátiles, son sustancias líquidas que se utilizan para la formulación de pinturas ya que poseen la característica de disolver otros materiales orgánicos que el agua no es capaz de disolver y además les dan a las pinturas el estado de fluidez necesario para su aplicación, evaporándose una vez aplicada la pintura. La variedad de disolventes que ocupa este tipo de industria es muy amplia, pero, a pesar de ello, en los últimos años se evidencia una disminución en el uso de estos, debido a restricciones de tipo costo, especialmente en el caso de los solventes clorados (Martí y Desoille, 1993).

Entre los disolventes que se utilizan en la fabricación de pinturas está el tolueno, según se muestra en el Cuadro 15 del Anexo A. Este disolvente, al igual que otros, representa un riesgo para la salud de los trabajadores pues son capaces de atravesar la barrera hematoencefálica y producir daño orgánico cerebral por su acción neurotóxica.

La producción y venta de pinturas comprende un sector importante de comercio en la Ciudad de Guatemala. Cada año incrementa el número de establecimientos que dispensan pinturas, representa, por lo tanto, una fuente de trabajo para un número considerable de personas cuya salud es motivo de preocupación.

Según información del Banco de Guatemala (Banguat), durante el año 2003 ingresó al país un total de 16,005,390 kilos de disolventes, tal como se presenta en el Cuadro 14 del Anexo A.

Según los datos reportados, uno de los rubros más importantes es el de la importación de disolventes dirigidos al sector de preparación de pinturas o barnices. Los principales solventes que se importan a Guatemala son tolueno, hexano, alcoholes (metanol, propanol), cetonas (dimetil cetona, metil isobutil cetona) y acetatos (acetato de etilo). Entre estos, el tolueno es el que tiene un mayor volumen de venta con un estimado de 1,200 toneladas al mes. Los principales usuarios son los fabricantes de pintura y las imprentas, tal como se presenta en el Cuadro 15 (Programa Ambiental Regional para Centroamérica [PROARCA], 2004).

En las fábricas de pintura y tiendas de distribución generalmente no se brinda ningún tipo de protección a los trabajadores para prevenir los efectos causados por las sustancias que manipulan. Los ambientes de trabajo no tienen sistemas de ventilación adecuado, que permitan extraer los vapores tóxicos que se liberan en ellos, además que muchos de estos locales tienen una infraestructura inadecuada: área de trabajo muy pequeña, gran concentración de maquinaria y personal, etc. Los trabajadores desconocen la variedad de problemas que se desencadenan por la exposición a los diversos disolventes orgánicos al no utilizar las medidas de seguridad adecuadas para disminuir los efectos tóxicos de estas sustancias.

En la evaluación de riesgos ocupacionales es importante evaluar los indicadores biológicos ya que proporcionan un medio complementario para examinar la eficacia de las

medidas de control que se estén aplicando y además se pueden usar para evaluar el cumplimiento de las recomendaciones dirigidas a minimizar las exposiciones, o para indicar la necesidad de acciones correctivas (De Toledo y De Fernicola, 1989).

Por lo tanto, se consideró de suma importancia realizar una determinación cuantitativa del metabolito del tolueno en las personas ocupacionalmente expuestas en una empresa manufacturera de pinturas para evaluar si las concentraciones de este se encuentran dentro de los límites permisibles. De esta manera se podrá demostrar la magnitud de exposición del trabajador y contribuir a la prevención del deterioro de la salud.

C. Planteamiento del problema

La toxicidad de los disolventes orgánicos en general y de los hidrocarburos aromáticos en particular (tolueno, entre ellos) es ampliamente reconocida en la literatura. Las razones de la toxicidad de estas sustancias y la diversidad de efectos adversos sobre el organismo tienen su explicación en su gran afinidad por los tejidos ricos en grasas como el sistema nervioso central y en sus propiedades fisicoquímicas que facilitan su absorción (Martí y Desoille, 1993).

Los disolventes están presentes en ciertos ambientes de trabajo. La exposición industrial afecta principalmente a los empleados que desempeñan su trabajo en la fabricación de pinturas, gomas, productos de limpieza, motores, pegamentos, tintas o cualquier otro servicio que involucre disolventes industriales.

Las intoxicaciones por disolventes y sus vapores se producen generalmente en el ámbito laboral donde se manipulan estas sustancias y donde son más frecuentes las exposiciones prolongadas a concentraciones tóxicas.

Las empresas guatemaltecas no poseen actualmente sistemas de control para este tipo de emisiones gaseosas aun cuando a nivel mundial se utilizan sistemas de captación de polvo y lavado de gases. Respecto a las emanaciones de disolventes, no se cuenta con datos de medición del nivel de concentración de estos compuestos en el proceso, aun cuando existe una normativa que rige las condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo y que especifica límites permisibles (Guatemala, Presidencia de la República, 1957).

Debido que el tolueno tiene la característica de ser un líquido volátil, puede lograr una concentración en el ambiente de extremo riesgo para los trabajadores que laboran en fábricas de pinturas si las condiciones de trabajo son inadecuadas (Casarett y Doull, 1986).

El asunto central es la prevención de las intoxicaciones de origen laboral por lo que resulta de suma importancia llevar a cabo investigaciones en aquellos grupos de trabajadores que, debido a las características que asume el proceso de trabajo que desempeñan, están expuestos a ciertas sustancias neurotóxicas que pueden causar daños a su salud.

D. Alcances y límites

1. **Alcances:** el Centro de Información y Asesoría Toxicológica de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia cuenta con el método de Pagnotto y Lieberman obtenido de Baselt, R. 1982. La Universidad del Valle de Guatemala cuenta con el equipo y material necesarios para analizar y determinar los valores de ácido hipúrico en muestras de orina.
2. **Límites:** los resultados que se obtengan del presente estudio serán válidos únicamente para el metabolito del disolvente tolueno (ácido hipúrico).

III. MARCO TEÓRICO

A. Disolventes orgánicos

Los disolventes orgánicos son líquidos empleados para disolver materiales que no se disuelven en agua; por sus propiedades físicas, pueden evaporarse y generar exposición por inhalación (Schmidt Camelo, 1989).

Son sustancias que a temperatura ambiente se encuentran en estado líquido y pueden desprender vapores, por lo que la vía de intoxicación más frecuente es la inhalatoria, aunque también se puede producir por vía digestiva y cutánea (Schmidt Camelo, 1989).

Todos los disolventes orgánicos son tóxicos, aunque su toxicidad varía de unos productos a otros. Los vapores que desprenden son más pesados que el aire, por lo que su mayor concentración estará cerca del suelo. Estos vapores son rápidamente absorbidos a través de los pulmones, cruzan con gran facilidad las membranas celulares, y, debido a su gran solubilidad en grasas, alcanzan concentraciones especialmente altas en el sistema nervioso central (SNC). La excreción tiene lugar a través del pulmón, y aquellos que se metabolizan por oxidación hepática para formar compuestos solubles en agua, pueden ser excretados por el riñón. Además de ser depresores del SNC, los disolventes producen efectos subjetivos que pueden ser similares a los de la marihuana, aunque las alucinaciones visuales son más intensas. También producen otros síntomas como euforia, excitación y sentimiento de omnipotencia, acompañados de visión borrosa, zumbidos de oídos, alteraciones del lenguaje, dolor de cabeza, dolor abdominal, dolor torácico o broncoespasmo (Casarett y Doull, 1986).

Pueden presentar disminución del nivel de conciencia con progresión a convulsiones, estatus epiléptico o coma. La muerte súbita es un riesgo conocido de la intoxicación por disolventes, y se piensa que se debe a arritmias cardíacas graves. Por otra parte, la mayor parte de los disolventes en contacto con la piel producen dermatitis por sensibilización o por eliminación de las grasas de la piel (Casarett y Doull, 1986).

Además de los síntomas debidos a la intoxicación aguda, los disolventes producen efectos a largo plazo por exposiciones repetidas a bajas concentraciones, debido a la lesión del hígado, riñones, SNC y médula ósea. Está bien reconocida la lesión hepatorenal debida

a tolueno, tricloroetileno, cloroformo y tetracloruro de carbono, así como la depresión de médula ósea y anemia aplásica asociada a la inhalación del benceno contenido en colas y pegamentos. Con el abuso del tolueno se encuentran también efectos a largo plazo sobre el SNC, con aparición de encefalopatía, atrofia óptica, degeneración cerebelosa y alteraciones del equilibrio, así como neuropatía periférica. El tolueno también tiene efectos adversos sobre el feto, la gasolina puede ser teratogénica y varios disolventes son carcinogénicos en animales, aunque esto aún no comprueba en humanos (Doull et al., 1986).

Por la cantidad elevada de trabajadores industriales expuestos a disolventes y vapores tóxicos, son considerables los esfuerzos para determinar los niveles inocuos de exposición. Existen valores umbrales límites (*Threshold Limit Value*, TLV por sus siglas en inglés) o Concentraciones Máximas Autorizadas (CMA) para los venenos aerotransportados. El valor umbral límite se refiere a las concentraciones de sustancias dispersas en el aire y representa condiciones bajo las cuales se cree que casi todos los trabajadores puedan estar repetidamente expuestos, día tras día, sin presentar efectos adversos. Sin embargo, debido a las amplias variaciones individuales de susceptibilidad, un pequeño porcentaje de trabajadores podrá presentar molestias en presencia de algunas sustancias químicas en las concentraciones consideradas como límite de tolerancia o incluso por debajo de estos niveles; y otros, en menor porcentaje, podrán ser afectados más seriamente por agravación de condiciones preexistentes o por el desarrollo de alguna molestia profesional. El TLV, representa la concentración a la que la mayoría de los trabajadores puede exponerse repetidamente, día tras día sin riesgos durante un período de 8 horas y 40 horas semanales (De Toledo y De Fernícola, 1989).

Cuadro 1. Valores umbrales límite para el disolvente tolueno reportados por distintas instituciones internacionales

Institución	Valores umbrales límites
OSHA*	El límite legal de exposición admisible en el aire, es de 200 ppm como promedio durante un turno laboral de 8 horas; 300 ppm, como límite para exposiciones de 15 minutos, espaciadas al menos una hora y 500 ppm como pico máximo para un solo período de tiempo de hasta 10 minutos para cualquier cambio de 8 horas.
NIOSH**	El límite de exposición recomendado en el aire es de 100 ppm como promedio durante un turno laboral de 10 horas y de 150 ppm, que no debe sobrepasarse en ningún periodo laboral de 5 minutos.
ACGIH***	El límite de exposición recomendado en el aire es de 50 ppm como promedio durante un turno laboral de 8 horas.

(De Toledo y De Fernícola, 1989).

* Occupational Safety and Health Administration: los límites reportados por la OSHA están basados en el riesgo de hepatotoxicidad y efectos en el sistema nervioso central asociados con la exposición al tolueno.

** National Institute for Occupational Safety and Health: los límites reportados por la NIOSH están basados en la depresión al sistema nervioso central con la exposición al tolueno.

*** American Conference of Governmental Industrial Hygienist.

Lauwerys (1994) preconiza que a través del control biológico es posible evaluar la exposición del organismo a los agentes químicos presentes en el aire del ambiente de trabajo, a la dosis interna, como consecuencia de la absorción.

El término límite de tolerancia biológico (LTB) se refiere a los valores límite establecidos para los índices utilizados en el control biológico y, por lo tanto, aplicados a los agentes tóxicos inalterados, a los productos de biotransformación, a las alteraciones de actividades enzimáticas, y a otros parámetros bioquímicos que podrán ser aceptados sin que existan riesgos a la salud del trabajador. Entre las ventajas que ofrece su utilización se puede mencionar: el trabajador es la mejor muestra individual de su ambiente de trabajo y por eso, indicador de su propia exposición, indica la absorbancia total del agente tóxico por todas las vías de introducción, suministra datos que permiten detectar la exposición previa del trabajador, orienta al médico en el tratamiento de intoxicaciones y para confirmar valores límite de tolerancia en el ambiente a ser adoptados, entre otras.

Según un cuadro sobre índices biológicos de exposición para el agente tóxico tolueno, se presentan los siguientes datos (Casarett y Doull, 1986):

Cuadro 2. Límites de tolerancia biológicos reportados para el disolvente tolueno

Agente tóxico	Momento de evaluación	Indicador biológico	Valor normal	LTB	Observaciones
Tolueno	Exposición de jornada precedente	Ácido hipúrico en orina	≤ 1.4 g/L ≤ 1.5 g/g creatinina	2 g/L 2.5 g/g creatinina	Final de la jornada laboral. Buena especificidad, pero baja sensibilidad.
	Exposición durante la jornada en curso	Tolueno en sangre venosa	0	3 mg/min	Durante la exposición; prueba confirmatoria.
		Tolueno en aire exhalado terminal	0	1.0 mg/L	Prueba confirmatoria durante la jornada laboral.

Fuente: adaptado de Casarett y Doull (1986).

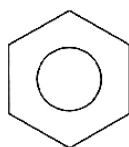
B. Hidrocarburos

Los hidrocarburos representan un amplio grupo de compuestos orgánicos que contienen solamente carbón e hidrógeno. El término "hidrocarburo" se utiliza, a veces, de forma errónea, como sinónimo de "derivado del petróleo", ya que la mayoría, pero no todos, derivan de la destilación del petróleo.

Los hidrocarburos se dividen en alifáticos o de cadena lineal, halogenados y aromáticos o cíclicos los cuales contienen un anillo bencénico (LaDou, 1997).

Los hidrocarburos aromáticos se caracterizan por contener un anillo bencénico. Los principales compuestos de esta familia son el benceno y el tolueno.

Gráfica 1. Estructura del tolueno y benceno



Benceno



Tolueno

Se producen de modo directo o indirecto del petróleo crudo y en menor grado del alquitrán de hulla. Los aromáticos utilizados como solventes incluyen benceno y alquilbencenos: tolueno (metilbenceno), xilenos (o-, m-, p-isómeros de dimetilbencenos), etilbenceno, cumeno (isopropilbenceno) y estireno (vinilbenceno). Tienen un olor dulzón “aromático” característico (LaDou, 1997).

1. Usos de los hidrocarburos

Aunque ahora el benceno sólo tiene un uso limitado como solvente industrial general, aún se utiliza mucho en manufacturas, para extracción de análisis químicos y como un disolvente especial. Casi la mitad del benceno producido se utiliza para sintetizar etilbenceno en la producción de estireno. En Estados Unidos de América la gasolina contiene casi 2 a 3 % de benceno y 30 a 50 % de otros aromáticos, que constituyen un porcentaje importante de diversos solventes destilados de petróleo. El tolueno y los xilenos son dos de los solventes industriales de mayor uso en pinturas, adhesivos y formulación de insecticidas, aunque casi un tercio del tolueno se utiliza para producir benceno y solo una sexta parte se utiliza como disolvente. Los usos del tolueno y los xilenos como disolventes disminuyeron por regulaciones ambientales ante su reactividad fotoquímica (LaDou, 1997).

2. Farmacocinética de los hidrocarburos

Los valores de absorción pulmonar de hidrocarburos aromáticos no varían de manera importante; como grupo van de 50 a 70 % en reposo, pero disminuyen a 40 a 60 % con trabajo ligero a moderado y 30 a 50 % con trabajo moderado a intenso. La absorción percutánea de los hidrocarburos aromáticos puede ser importante, pero sólo el estireno y el cumeno tienen hoy día designaciones VUL para piel.

Todos los hidrocarburos aromáticos se metabolizan en gran medida y varían sus perfiles metabólicos con los sustituyentes en el anillo benceno. Este se metaboliza en particular a fenol y se elimina por la orina como fenol e hidroxifenoles conjugados, con una vida media de fase de eliminación lenta de 20 horas. Casi 10 % del benceno se elimina sin modificar por el aire espirado. El tolueno se metaboliza sobre todo a ácido benzoico y se elimina en la orina como el conjugado de glicina con ácido hipúrico, con una vida media de casi 1 a 2

horas. De 15 a 20 % del tolueno se elimina por el aire espirado sin modificar (LaDou, 1997).

C. El tolueno

El tolueno ($C_6H_5CH_3$) es un líquido claro y volátil con olor aromático dulzón, poco soluble en agua y muy liposoluble.

Se usa como disolvente de aceites, resinas, caucho natural (mezclado con ciclohexano) y sintético, alquitrán de hulla, asfalto, brea y acetilcelulosas (en caliente, mezclado con etanol). También se utiliza como disolvente y diluyente de pinturas y barnices de celulosa y como diluyente de las tintas de fotograbado. Al mezclarse con el agua, forma mezclas azeotrópicas que tienen un efecto deslustrante. El tolueno se encuentra en mezclas que se utilizan como productos de limpieza en distintas industrias y en artesanía. También se utiliza en la fabricación de detergentes y cuero artificial y es una importante materia prima para síntesis orgánicas, como las de cloruro de benzoilo y bencilideno, sacarina, cloramina T, trinitrotolueno y un gran número de colorantes. El tolueno es un componente del combustible para aviones y de la gasolina para automóviles (Martí y Desoille, 1993).

1. Toxicocinética y mecanismo de acción del tolueno

Se absorbe bien por vía inhalatoria y digestiva, sin embargo, la absorción es escasa a través de la piel intacta. Casi un 80 % de la dosis absorbida se metaboliza en el hígado a través del sistema citocromo P_{450} y el 20 % restante se elimina sin cambios por el pulmón. Produce su efecto tóxico sobre el SNC y sistema nervioso periférico, sobre el riñón y el corazón, con lo que llegan a originar alteraciones electrolíticas y metabólicas.

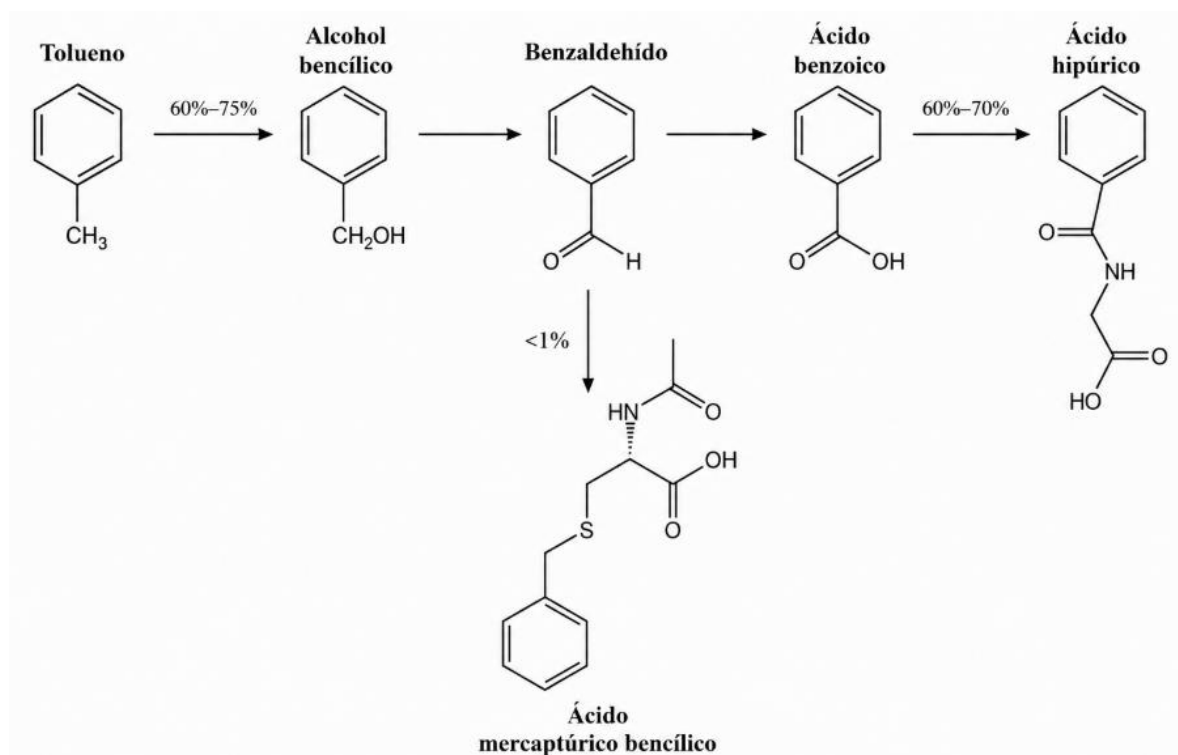
2. Metabolismo y excreción del tolueno

El tolueno se absorbe en el organismo principalmente a través del tracto respiratorio y, en menor proporción, a través de la piel. Traspasa la membrana alveolar. La mezcla sangre/aire se mantiene en una proporción de 11.2 a 15.6 a 37 °C y, entonces, se distribuye por los distintos tejidos en cantidades variables que dependen de sus características de perfusión y solubilidad, respectivamente. La proporción tejido/sangre es de 1:3, excepto en el caso de los tejidos ricos en grasas, que presentan un coeficiente de 80/100. A

continuación, el tolueno es oxidado en su cadena lateral por los microsomas hepáticos (mono-oxigenación microsomal).

El producto más importante de esta transformación, que representa aproximadamente un 68 % del tolueno absorbido, es el ácido hipúrico, también conocido como benzoilglicina que aparece en la orina debido a la excreción renal que suele producirse en los túbulos proximales. El ácido hipúrico es producido en dos pasos: primero, el ácido benzoico es transformado a benzoil-CoA y éste es convertido a ácido hipúrico (Baselt, 2000).

Gráfica 2. Metabolismo del tolueno



También pueden detectarse en la orina pequeñas cantidades de *o*-cresol (0,1 %) y *p*-cresol (1 %), como resultado de la oxidación del núcleo aromático.

La vida media biológica del ácido hipúrico es muy corta, del orden de 1 a 2 horas. Arriba del 20 % de la dosis de tolueno es eliminado sin cambios en el aire expirado y menos del 0.1 % en la orina.

Concentraciones de ácido hipúrico en orina fueron determinadas en un promedio de 0.8 g/L (rango de 0.4 a 1.4) en personas no expuestas. Trabajadores expuestos a un nivel promedio diario de 50 ppm presentaron concentraciones urinarias de 1.26 a 2.93 g/L (1.92 g/L en promedio) de ácido hipúrico. Y aquellos expuestos a 200 ppm presentaron concentraciones de 4.12 a 8.64 g/L (5.97 g/L en promedio) de ácido hipúrico. Estos valores en orina no fueron corregidos por la gravedad específica (Baselt, 1982).

El nivel de tolueno en el aire espirado, en reposo, es del orden de 18 ppm durante una exposición a 100 ppm, y disminuye rápidamente al cesar la exposición. La cantidad de tolueno retenida en el organismo está en función del porcentaje de grasa presente. Las personas obesas retienen más tolueno que las delgadas.

En el hígado, los mismos sistemas enzimáticos son los encargados de oxidar el tolueno, el estireno y el benceno. Por ello, estas tres sustancias tienden a inhibirse mutuamente de forma competitiva. Si se administra a ratas una cantidad importante de tolueno y benceno, se observa una disminución de la concentración de los metabolitos del benceno en los tejidos y en la orina y un aumento de benceno en el aire espirado. La absorción de tolueno es mucho mayor durante un esfuerzo que en reposo. Con un rendimiento de 50 vatios, los valores detectados en la sangre arterial y en el aire alveolar se duplican con respecto a los obtenidos en reposo (Baselt, 2000).

3. Control biológico del tolueno

Las concentraciones de tolueno en sangre y aire espirado medidas durante la exposición guardan una estrecha correlación con los niveles atmosféricos de tolueno en sujetos en reposo. Pero esta relación varía con respecto a los grados de actividad física. La determinación de estas concentraciones todavía no tiene una aplicación rutinaria en el monitoreo de las industrias químicas (Baselt, 1982).

La medición de ácido hipúrico en orina como índice de exposición a tolueno es extensamente utilizada, aunque su utilidad sea limitada a evaluar una exposición moderada a elevada, debido a los niveles relativamente altos y variables del ácido hipúrico en orina (arriba de 1.4 g/L). Utilizando el método espectrofotométrico de Pagnotto y Lieberman, una exposición a 100 ppm de tolueno producirá una concentración de ácido hipúrico en orina de alrededor de 4 g/L en muestras recolectadas al final de una jornada (Baselt, 1982).

4. Riesgos agudos y crónicos para la salud

La toxicidad aguda del tolueno es ligeramente más intensa que la del benceno. En concentraciones de aproximadamente 200 ó 240 ppm produce, en el plazo de 3-7 horas, vértigos, mareo, dificultad para mantener el equilibrio y cefalea. Las concentraciones más altas pueden provocar un coma narcótico.

La aspiración frecuente de vapores de tolueno como las que se presentan cuando se huele pegante o pintura puede causar daños permanentes en el cerebro. Como resultado los seres humanos pueden desarrollar problemas con el lenguaje, la escucha y la visión. También se puede presentar pérdida del control muscular, pérdida de la memoria y disminución en habilidad mental (Environmental Protection Agency [EPA], 2003).

De forma crónica se presentan cambios degenerativos en la materia gris, se presentan cambios en las funciones cognitivas, neuro-musculares, auditivas y fallas en la discriminación del color en la visión. Personas que huelen pegantes con tolueno como solvente de forma crónica se encuentran dentro del grupo de más alto riesgo de mortalidad y por lo regular las muertes de estas personas causadas por el tolueno se deben a arritmias cardíacas, depresión del sistema nervioso central, asfixia y fallos hepáticos o renales (ATSDR, 2000 y OMS, 1986).

Exposiciones laborales repetidas en periodos de años a niveles de 750 mg/m³ y 1500 mg/m³ causa efectos neurológicos crónicos irreversibles como encefalopatía, atrofia óptica, desordenes del equilibrio. Mujeres expuestas de forma crónica a sustancias aromáticas como tolueno o benceno presentan trastornos del ciclo menstrual; mujeres que inhalan grandes cantidades de tolueno durante el embarazo de forma repetida tienen riesgo de dar a luz bebés con defectos corporales o con retraso mental (ATSDR, 2000 y OMS, 1986).

El contacto directo y prolongado con tolueno en forma líquida o sus vapores genera irritación de la piel, la nariz y de los ojos; estos efectos no se presentan por lo regular en personas expuestas a niveles que se presentan de forma común en el medio ambiente (EPA, 2003).

Además de los efectos producto del contacto mismo con el tolueno, se sabe que por exposición prolongada o repetida a altas concentraciones provoca desordenes en el desarrollo de fetos en mujeres en embarazo (EPA, 2003).

En humanos, el contacto dérmico con tolueno de forma prolongada puede causar daños en la piel porque remueve los lípidos allí presentes causando resequedad, agrietamiento y dermatitis; a estos efectos puede seguir un rompimiento y caída de la piel expuesta. Los trabajadores y empleados que trabajan con las manos desnudas manipulando solventes en los que está presente el tolueno desarrollan problemas cutáneos en las manos. El contacto repetido de la piel con tolueno provoca disminución del grosor natural de la epidermis (ATSDR, 2000 y OMS, 1986).

A concentraciones menores de 100 ppm de forma crónica, empleados y trabajadores que manejan pinturas y pegantes en solución con tolueno presentan déficit en la percepción y distinción de colores.

Dosis repetidas de tolueno causan efectos adversos en el sistema nervioso central y además puede comprometer las funciones del hígado y de los riñones, causando por ejemplo crecimiento anormal del tamaño del hígado (hepatomegalia) (ATSDR, 2000 y OMS, 1986).

En el siguiente cuadro (Cuadro 3) se indican los signos y síntomas que causan los disolventes sobre la salud.

Cuadro 3. Efectos de los disolventes sobre la salud de los trabajadores (LaDou, 1997)

Efectos sobre la salud	Signos y síntomas
Trastornos cutáneos	El aspecto varía de una dermatitis aguda irritante manifestada por eritema y edema a un eccema crónico seco, agrietado. Las áreas de piel afectadas por dermatitis por solventes son más permeables a sustancias químicas que la piel no afectada y son susceptibles a infecciones bacterianas secundarias.
Efectos agudos en el SNC	Los síntomas de depresión del SNC en la intoxicación aguda con solventes orgánicos son los mismos que los de ingestión de bebidas alcohólicas. Varían de cefalea, náuseas y vómitos, mareos, atolondramiento, vértigos, desequilibrio, lenguaje farfullante, euforia, fatiga, somnolencia, debilidad, irritabilidad, nerviosismo, depresión, desorientación y confusión hasta pérdida de conocimiento y muerte por depresión respiratoria
Efectos crónicos en el SNC	Los síntomas usuales son cefaleas, trastornos del ánimo (depresión, ansiedad), fatiga, pérdida de la memoria (en particular la de corto plazo) y dificultad de concentración. El examen clínico revela signos de deterioro de la memoria reciente, del periodo de atención y de la función motora sensitiva.

Efectos en el sistema nervioso periférico y nervios craneales	Los síntomas típicos son entumecimiento, parestesias y debilidad ascendente lenta. En ocasiones hay dolor y calambres musculares. Los signos físicos incluyen disminución de la sensación y la fuerza sin un patrón simétrico y, en la mayoría de los pacientes, depresión de los reflejos distales.
Aparato respiratorio	La irritación de las vías respiratorias superiores se caracteriza por dolor de nariz y garganta, tos y posible dolor torácico. Si los ojos no se protegen con lentes para vapores, también de lagrimeo. Una tos productiva indica bronquitis química o la superposición de bronquitis infecciosa. Las manifestaciones de edema pulmonar incluyen tos productiva, disnea, cianosis y estertores.
Efectos en el corazón	Debe considerarse la sensibilización cardíaca en un trabajador expuesto a concentraciones altas del disolvente que refiere mareos, palpitaciones, desmayos o pérdida del conocimiento aunados o en ausencia de síntomas de depresión del SNC.
Efectos en el hígado	Al parecer, el tolueno es un hepatotóxico leve, y sólo existen unas cuantas observaciones de posible toxicidad hepática en trabajadores expuestos. La lesión hepática puede ser asintomática o acompañarse de dolor en el hipocondrio derecho con náuseas y vómitos. Es posible que haya hipersensibilidad hepática, ictericia, orina y heces claras.
Efecto en sangre	Los efectos hematológicos por solventes son poco comunes. Por lo general, los trabajadores con anemia por solventes se presentan con debilidad y fatiga. Puede presentarse anemia aplásica y hemorragia por trombocitopenia o infecciones por neutropenia

D. Elaboración de pinturas

1. Composición de pinturas

Cuatro importantes materiales están presentes comúnmente en pinturas orgánicas, a saber: resinas, pigmentos, solventes y aditivos.

Cuadro 4. Composición por volumen de las pinturas

Material	Porcentaje por contenido
Solventes	60 %
Resinas	30 %
Pigmentos	7-8 %
Aditivos	2-3 %

- **Resinas:** este material llamado plástico, polímero, vehículo, forma el film o capa de pintura. Sin una resina no hay recubrimiento.

- **Pigmentos:** provee, entre otras funciones, opacidad y color para el film aplicado. Los pigmentos pueden ser omitidos para recubrimientos tales como los barnices.
- **Solventes:** son usados en muchas, pero no en todas las pinturas líquidas. No son usados en pinturas en polvo o en algunas pinturas líquidas con curado UV.
- **Aditivos:** son sustancias que podrían ser agregados para proveer propiedades especiales a la pintura (ejemplo: propiedades de curado).

Las resinas, pigmentos y aditivos son la estructura sólida de una pintura. Los solventes que evaporan durante el curado son llamados “los volátiles” en la formulación.

Las pinturas son preparadas mezclando una resina particular o combinación de ellas, un solvente o mezcla de solventes y frecuentemente aditivos y pigmentos. Esta mezcla es hecha acorde a una específica formulación para cumplir con ciertas propiedades al ser aplicada y curada convenientemente tales como: dureza, color, brillo, resistencia superficial, etc.

2. Pinturas a base de disolventes

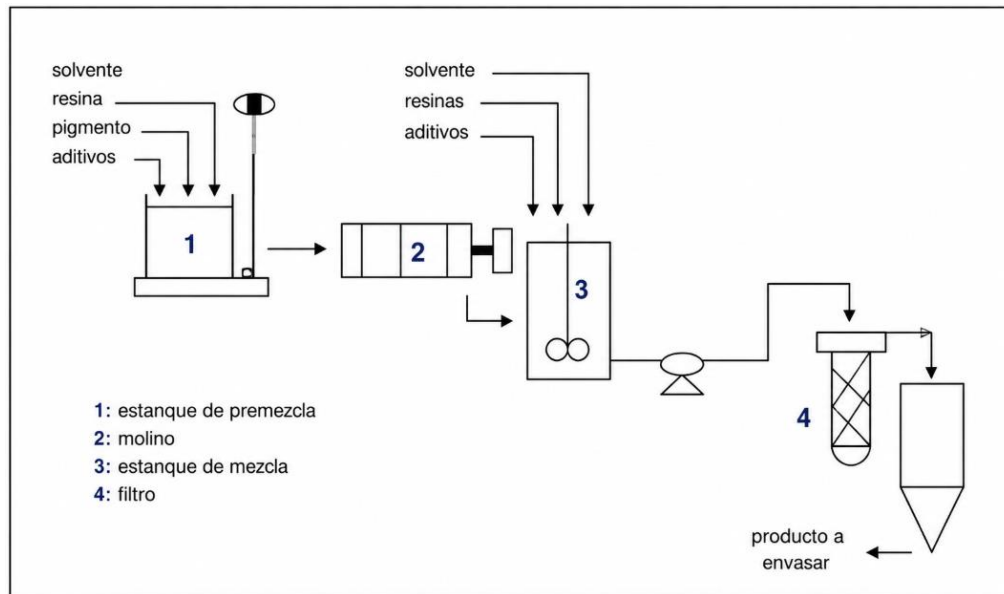
Las pinturas a base de solventes incluyen un disolvente, pigmentos, resinas, sustancias secantes y agentes plastificantes.

Las fases en la elaboración de pinturas cuyo vehículo es un disolvente son similares a las pinturas a base de agua. Inicialmente, se mezclan los pigmentos, resinas y agentes secantes en un mezclador de alta velocidad seguidos de los solventes y agentes plastificantes. Una vez que se completa la mezcla, el material se transfiere a un segundo estanque de mezclamiento en donde se adicionan tintes y solventes. Una vez obtenida la consistencia deseada, la pintura se filtra, envasa y almacena. Cabe hacer notar que en este proceso también es posible usar un estanque de premezcla y un molino en lugar del mezclador de alta velocidad.

Otros aditivos menores, usados con propósitos especiales, en ambos tipos de pinturas son las sustancias antibacterianas, estabilizantes, tensoactivos y agentes para ajuste de pH.

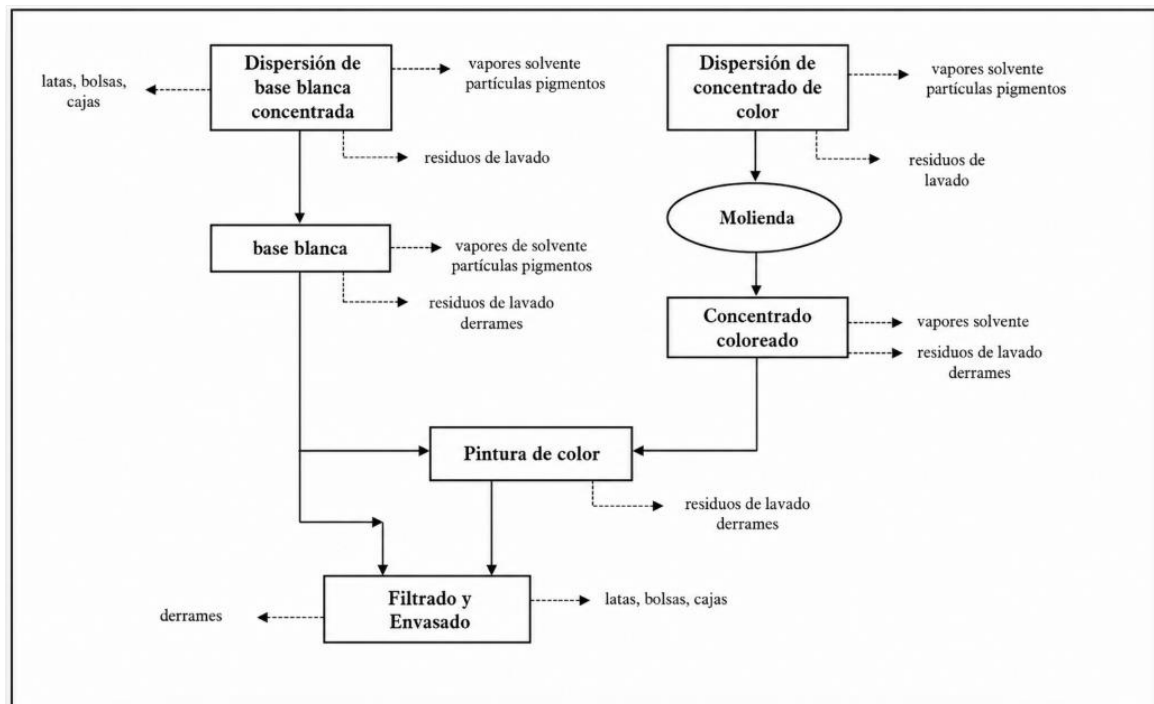
La Gráfica 3 muestra un diagrama general del proceso de fabricación de pinturas.

Gráfica 3. Diagrama del proceso de fabricación de pinturas a base de solvente



Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa en estudio

Gráfica 4. Esquema del proceso de fabricación de pinturas, identificando las etapas de generación de residuos



Fuente: elaboración propia con información proporcionada por la empresa en estudio

La Gráfica 4 presenta un esquema del proceso de fabricación de pinturas indicando los puntos de generación de residuos. Las emisiones a la atmósfera identificadas comprenden principalmente:

- material particulado en suspensión
- compuestos orgánicos volátiles

3. Productos de la industria de pinturas

En el Cuadro 5 se presenta una caracterización de los tipos de pinturas con sus respectivos vehículos sólidos y volátiles, pigmentos y usos, tanto para pinturas como solvente como para pinturas al agua.

Cuadro 5. Pinturas a base de solvente y sus características

Tipo de pintura	Vehículo sólido	Disolvente	Tipo de pigmentos	Usos
Alquídicas de secado al aire	Resina gliceroftálica con aceites secantes	Aguarrás	Amarillo cromo, rojo molibdeno, amarillo zinc	Decoración anticorrosiva
Alquídicas de secado al horno	Resina oleo-gliceroftálica + melamino-formol	Tolueno-xileno, butanol	Amarillo cromo, rojo molibdeno	Automotriz, electrodomésticos
Vinílicas	Polivinil-butiral	Tolueno	Amarillo zinc	Anticorrosivos
Celulósicas (lacas)	Nitrocelulosa modificada con resinas y plastificante	Acetato de etilo, ciclohexanona, etilcetona	Amarillo cromo, rojo molibdeno	Decoración de muebles, automotriz
Cloruro-caucho	Caucho clorado	Xileno, tolueno	Amarillo zinc	Pinturas ignífugas, rev. antiácidos, antiherrumbe
Poliuretano	Poliéster y poliisocianato	Cetonas, acetato de etilglicol, acetato de butilo	Amarillo cromo, rojo molibdeno, amarillo zinc	Pinturas marinas y para hormigón, protectoras de hierro y aluminio
Epóxicas	Poliamida o poliamina con resina	Ésteres, cetonas, alcoholes, glicoles	----	Pinturas marinas, revestimiento de estanques

Fuente: empresa de pinturas de la Ciudad de Guatemala

IV. MARCO METODOLÓGICO

A. Objetivos

1. Generales

- Elaborar un diagnóstico de los niveles de contaminación producido por tolueno, en la industria manufacturera de pinturas en la Ciudad de Guatemala.
- Generar información que permita evidenciar los niveles actuales de contaminación provocados por tolueno en trabajadores que laboran en la industria de pinturas.
- Proporcionar recomendaciones para optimizar las medidas de seguridad personal y ocupacional que contribuyan en la disminución de riesgos de intoxicación por el uso de disolventes orgánicos.

2. Específicos

- Determinar los niveles de ácido hipúrico en muestras de orina de trabajadores de una fábrica en la que se utiliza tolueno como materia prima para la formulación de pinturas.
- Comparar los niveles de ácido hipúrico evaluados con valores límites permisibles según normas internacionales.
- Comparar los niveles de ácido hipúrico entre grupos directamente expuestos y grupos indirectamente expuestos a vapores del solvente tolueno.
- Determinar la existencia de síntomas de intoxicación por tolueno en personas expuestas ocupacionalmente al mismo.
- Elaborar un manual dirigido a la población ocupacionalmente expuesta a pinturas donde se indique la forma adecuada del uso de disolventes (hidrocarburos aromáticos) y la prevención de intoxicaciones causadas por los mismos.

B. HIPÓTESIS

“Los niveles de ácido hipúrico (metabolito del tolueno) de trabajadores de una fábrica de pinturas en la Ciudad de Guatemala sobrepasan los valores del límite umbral, 2 g/L”.

C. Variables

1. Independientes

- Exposición a disolventes.
- Tiempo de laborar en la empresa.
- Tiempo de trabajo en el cargo o función.
- Antecedentes de exposiciones a disolventes.
- Exposiciones no ocupacionales

2. Dependientes

- Área de trabajo.
- Cantidad de ácido hipúrico en orina.

D. Población

El universo de trabajo se encuentra conformado por:

- Personas cuyo ambiente de trabajo esté relacionado con una exposición directa y periódica a vapores del disolvente tolueno en una empresa de pinturas de la Ciudad de Guatemala.
- Personas cuyo ambiente de trabajo se encuentre relacionado con una exposición indirecta a vapores del disolvente tolueno en una empresa de pinturas de la Ciudad de Guatemala.

E. Muestra

Cincuenta y ocho (58) trabajadores activos cuyo ambiente de trabajo está relacionado a una exposición directa de vapores de tolueno por laborar en procesos de producción y ventas de pinturas en la Ciudad de Guatemala dispuestos a colaborar con el estudio, quienes donaron una muestra de orina para llevar a cabo el análisis.

Treinta y siete (37) trabajadores activos cuyo ambiente de trabajo esté relacionado a una exposición indirecta de vapores de tolueno por laborar en oficinas cercanas al lugar donde se producen y/o venden pinturas de una empresa de pinturas de la Ciudad de Guatemala

dispuestos a colaborar con el estudio, quienes donaron una muestra de orina para llevar a cabo el análisis.

F. Procedimiento

- Se recolectaron las fuentes de información y una completa revisión bibliográfica.
- Se seleccionó el área y del universo de trabajo para la recolección de muestras.
- Se realizó una “encuesta personal” (Anexo C) y se obtuvieron las firmas de consentimiento informado por parte de los trabajadores seleccionados.

Previo al análisis de ácido hipúrico fue necesario lo siguiente:

- Obtención de información de cada trabajador a muestrear (Anexo C).
- Obtención de la muestra de orina (50-100 mL) en un bote de polietileno estéril de 125 mL conteniendo algunos cristales de timolol como preservante.
- Identificación de cada frasco y empaquetamiento de las muestras en un ambiente refrigerado (alrededor de 4 °C).
- Traslado de las muestras al laboratorio para su análisis, el cual es necesario realizarlo lo más pronto posible.

Procedimiento para la determinación de ácido hipúrico en orina por espectrofotometría ultravioleta (método de Pagnotto y Lieberman obtenido de Baselt, R. 1982)

- *Preparación de las soluciones estándar:*
 - Disolver 1 g de ácido hipúrico en agua destilada y diluir a 250 mL para obtener una concentración equivalente a 4 g/L.
 - Diluir por separado 75, 50 y 25 mL de la solución anterior a 100 mL a fin de obtener soluciones con concentraciones de 3, 2 y 1 g/L.
- *Evaluación de las muestras:*
 - Descongelar las muestras de orina si las mismas están congeladas.
 - Transferir 0.5 mL de orina en un balón volumétrico de 100 mL y llevar a volumen con agua. Transferir 20 mL de esta solución a un tubo de centrifuga de 50 mL.

- Agregar 1 mL de ácido sulfúrico 3 M y 20 mL del disolvente de extracción (dietiléter/isopropanol 80:20) y mezclar por 1 min. Centrifugar los tubos a velocidad media por 5 min. y transferir la capa orgánica superior a un tubo de vidrio graduado.
- Repetir la extracción con otros 20 mL del solvente de extracción, centrifugar y combinar las capas orgánicas en el tubo. Mezclar el contenido del tubo y anotar el volumen (32 mL aproximadamente).
- Depositar el extracto obtenido en celdas espectrofotométricas de 1cm.
- Efectuar la determinación por espectrofotometría Uv-Visible de las muestras y estándares contra el blanco (agua) a 230 nm de longitud de onda.
- Elaborar una gráfica de la absorbancia a 230 nm vs. la concentración de ácido hipúrico (g/L).

PRECAUCIONES ESPECIALES: Las muestras de orina recolectadas de humanos conducen a un verdadero riesgo para la salud a los trabajadores de laboratorio que colectan y manejan estas muestras. Estos riesgos son principalmente debido al contacto personal con muestras biológicas infecciosas y pueden tener consecuencias graves para la salud, tales como hepatitis contagiosa, y otras enfermedades. Hay también algún riesgo del contenido químico de estas muestras, pero esto es mucho menor. Aquellos que manejan muestras de orina deben llevar guantes protectores, y evitar la aerosolización de las muestras.

G. Diseño de investigación

Se realizó un muestreo aleatorio de los trabajadores expuestos directa e indirectamente a vapores del disolvente tolueno en una fábrica productora de pinturas de la Ciudad de Guatemala. Estos, una vez conocido el objetivo de la investigación, firmaron su consentimiento para participar en el mismo.

A todos los trabajadores participantes se les aplicó una “encuesta personal”. Con ésta se recolectaron datos personales, área laboral, utilización de equipos de protección personal, etc. Posteriormente, se les solicitó una muestra de orina la cual fue depositada en frascos de polietileno de 125 mL en donde fue almacenada con cristales de timolol (preservante). Las

muestras fueron procesadas y analizadas en el Laboratorio de Instrumental de la Universidad del Valle de Guatemala.

Se determinarán los niveles de ácido hipúrico por el método mencionado de Pagnotto y Lieberman.

H. Análisis estadístico

Se utilizó la teoría del muestreo para seleccionar una muestra aleatoria que fuera representativa de la población en estudio.

El análisis estadístico de los datos fue realizado por medio del paquete estadístico *Statistical Package for Social Sciences* (SPSS) versión No. 10.

La variable evaluada fue la concentración en orina del metabolito del tolueno (ácido hipúrico), y se utilizó la prueba estadística “Z” con sus correspondientes valores de “p” para evaluar si los grupos alta y parcialmente expuestos cumplían con el valor permitido. El nivel de significancia aceptado fue $p \leq 0.5$.

Se aplicó la prueba de Ji cuadrado entre la condición de exposición y las variables del estudio.

Así también se aplicó la estadística descriptiva y el cálculo de porcentajes al comparar los valores resultantes respecto al valor esperado.

V. MARCO OPERATIVO

A. Recabación y tratamiento de los datos

Los datos se obtuvieron a partir del análisis de ácido hipúrico en orina.

La concentración de ácido hipúrico (g/L) en la muestra diluida se determina en base a la absorbancia de la muestra a partir de la gráfica de calibración. Según la ecuación lineal correspondiente a los estándares:

$$y = a + bx, \text{ donde,}$$

y : absorbancia de muestra diluida

x : concentración de muestra diluida

a : intersección de la recta con el eje Y

b: pendiente de la recta

Por lo que la concentración de ácido hipúrico en la muestra diluida estaría dada por “x”:

$$x = \frac{y - a}{b}$$

B. Recursos

1. Recursos humanos

a. Autora: Vera María de la Roca Lemus.

b. Asesora: Licenciada Carolina Guzmán, Departamento de Toxicología de la Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

2. Recursos Materiales

a. Equipo

- Botes de polietileno de 125 mL con tapadera.
- Espectrofotómetro UV-Vis Nicolette Impact 8453E, para leer a 230 nm, ancho de banda ≤ 10 nm, con celdas de 1 cm.
- Centrífuga clínica.
- Balanza analítica.

- Campana de extracción.

b. Reactivos

- Ácido hipúrico.
- Ácido sulfúrico 3M.
- Solvente de extracción: dietiléter/isopropanol 80:20 por volumen.
- Timol, USP.

c. Cristalería

- Pipetas serológicas de 0.5, 1.0, 20.0, 25.0, 50.0 y 75.0 mL .
- Balones volumétricos de 100 mL y 250 mL.
- Tubos cónicos graduados para centrífuga de 50 mL .
- Cilindros graduados con tapa o probetas de 50 mL.
- Bulbos para pipetas.

d. Otros recursos

- Computadora.
- Impresora y tinta.
- Lápices, lapiceros y marcadores necesarios para realizar apuntes.
- Hojas en blanco para imprimir y/o anotar.
- Boleta de consentimiento informado.
- Medio de transporte.
- Refrigerador o hielera para almacenar las muestras.

VI. RESULTADOS

Se efectuó un único muestreo al final de la jornada laboral, donde se obtuvo un total de 95 muestras de orina de trabajadores con exposición directa a vapores de disolventes y trabajadores con exposición indirecta a vapores de disolventes cuyo ambiente de trabajo se encuentra ubicado dentro del área de producción o ventas de la empresa de pinturas. A continuación, se presenta la información obtenida.

Cuadro 6. Esquemización del universo de trabajo estudiado

Grupo estudiado*	Área de trabajo estudiado	N total	Porcentaje
Personal con exposición directa a vapores de disolventes	Productor/mezclador de pinturas Vendedor de pinturas	58	61
Personal con exposición indirecta a vapores de disolventes	Administradores Secretarías Auxiliares de oficina**	37	39

*=Todos los trabajadores estudiados laboran jornadas normales de trabajo de 8 horas diarias y semanas laborales de 40 horas.

**=Incluyen, entre otros, trabajadores que prestan servicio bancario dentro del área de ventas de pinturas.

Del total de trabajadores estudiados, 57 (60 %) eran del género masculino y 38 (40.0 %) del género femenino, con edades comprendidas entre 18 y 54 años (promedio de 30 años). El tiempo medio de laborar en la empresa fue de 36.6 meses (rango de 6-160 meses).

A continuación, se resume las características de cada uno de los grupos estudiados:

Cuadro 7. Características de los grupos estudiados con relación a la edad, sexo y tiempo medio de laborar en la empresa de pinturas

Área de trabajo	Edad (años)		Masculino		Femenino		Tiempo medio de laborar en la empresa (meses)								Total	
	Rango	Promedio	N	%	N	%	0 - 40		41 - 80		81 - 120		121 - 160		N	%
							N	%	N	%	N	%	N	%		
Productor/mezclador de pinturas	18-54	30	27	69.2	12	30.8	25	64.1	1	2.6	7	17.9	6	15.4	39	41.1
Vendedor de pinturas	24-37	29	14	73.7	5	26.3	17	89.5	1	5.3	1	5.3	0	0	19	20
Administradores	24-43	33	9	60	6	40	13	86.7	1	6.7	1	6.7	0	0	15	15.8
Secretarías	21-37	27	0	0	6	100	6	100	0	0	0	0	0	0	6	6.3
Auxiliares de oficina	24-37	30	6	37.5	10	62.5	11	68.8	2	12.5	3	18.8	0	0	16	16.8

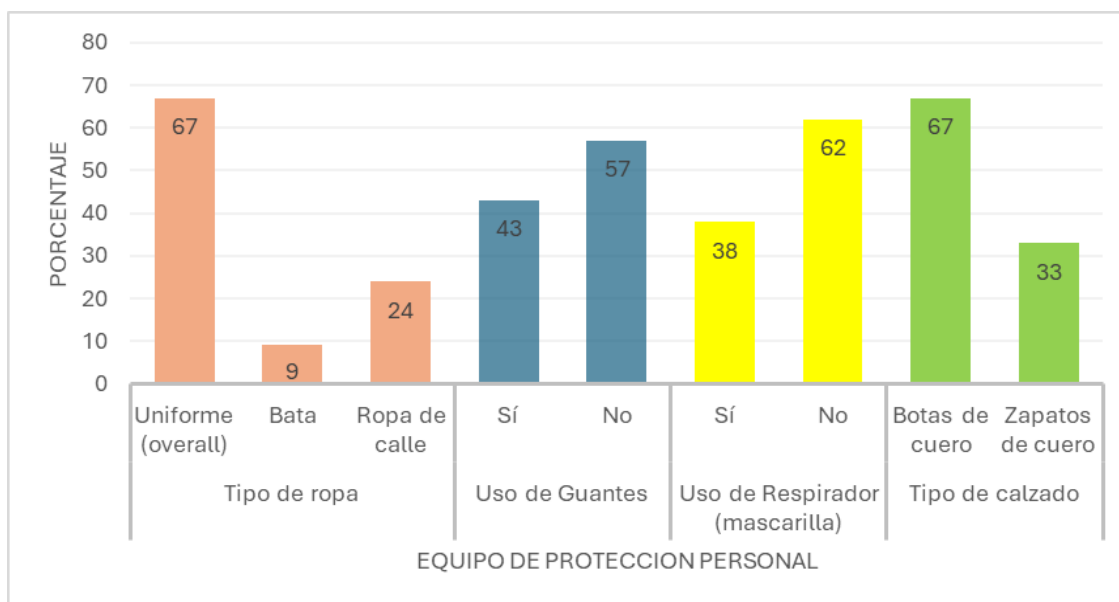
*= Sobre el número total de trabajadores por área de trabajo.

Cuadro 8. Características de los trabajadores directamente expuestos con relación al uso de elementos de protección personal

Variable	Características	N	%*
Tipo de ropa	Uniforme (overall)	39	67
	Bata	5	8.6
	Ropa de calle	14	24
Uso de Guantes	Sí	25	43
	No	33	57
Tipo de Guantes	Caucho	13	52
	Latex	7	28
	Cuero, carnaza	5	20
Uso de Respirador (mascarilla)	Sí	22	38
	No	36	62
Tipo de Respirador	Vapores	12	55
	Polvos	3	14
	Desechable	7	32
Tipo de calzado	Botas	39	67
	Otro (zapatos de cuero o tenis)	19	33

*= Con base al total de trabajadores estudiados con exposición directa a vapores de disolvente (N = 28). Ningún trabajador con exposición indirecta reportó haber utilizado protección personal.

Gráfica 5. Elementos de protección personal utilizados por trabajadores directamente expuestos a vapores del disolvente tolueno



Cuadro 9. Distribución de los trabajadores estudiados que reportaron haber padecido uno o más signos/síntomas de intoxicación crónica

Grupo estudiado	Área de trabajo	n	%
Personal con exposición directa a vapores de disolventes	Productor/mezclador de pinturas	39	100 *
	Vendedor de pinturas	19	100 *
Personal con exposición indirecta a vapores de disolventes	Administradores	7	47 *
	Secretarias	2	33 *
	Auxiliares de oficina	11	69 *
Total		78	82 **

*= Sobre el número total de trabajadores por área de trabajo.

** = Sobre el número total de trabajadores estudiados (N = 95).

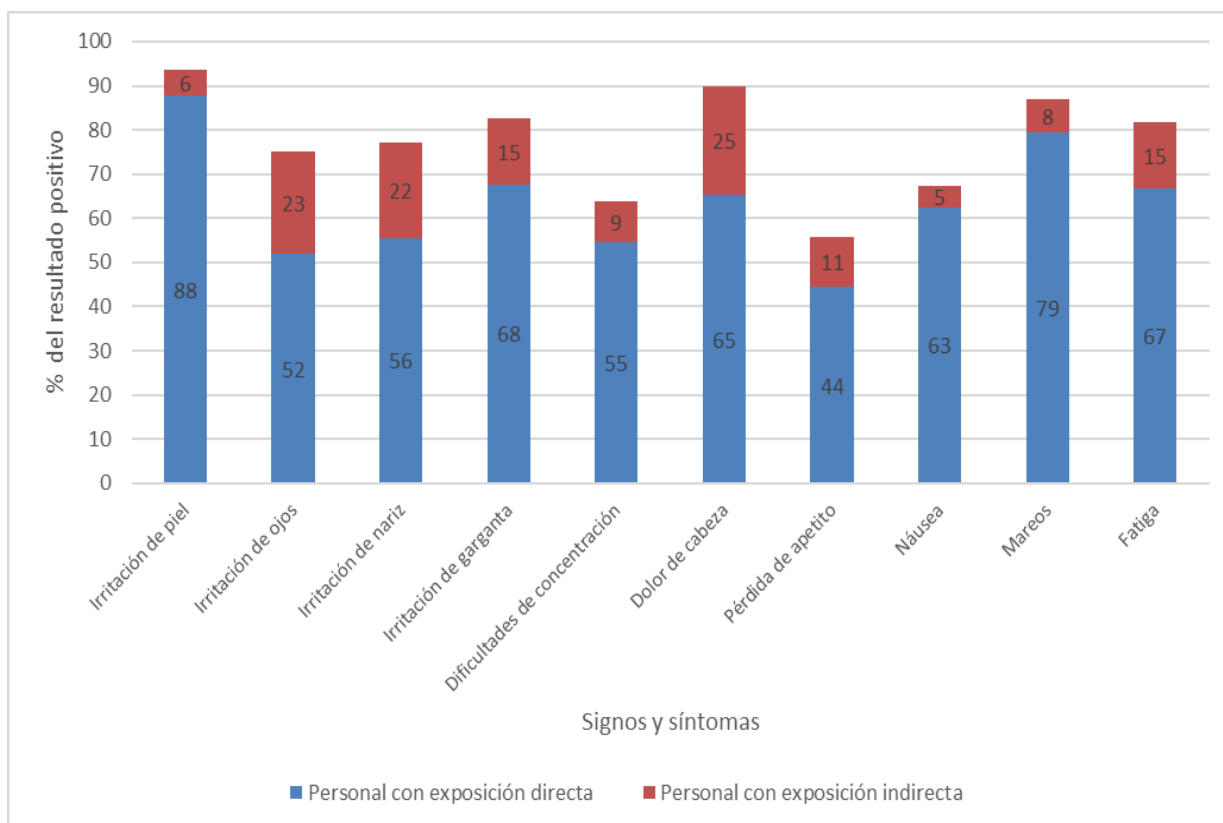
Cuadro 10. Signos y síntomas de intoxicación crónica que reportaron padecer los trabajadores en estudio

Signo/ síntoma	Variable	n	% del total*	Personal con exposición directa		Personal con exposición indirecta		Significancia estadística**
				n	% dentro del resultado	n	% dentro del resultado	
Irritación de piel	positivo	41	43	36	88	5	6	p < 0.05
	negativo	54	57	22	41	32	79	
Irritación de ojos	positivo	25	26	13	52	12	23	NS
	negativo	70	74	45	64	25	39	
Irritación de nariz	positivo	27	28	15	56	12	22	NS
	negativo	68	72	43	63	25	40	
Irritación de garganta	positivo	31	33	21	68	10	15	NS
	negativo	64	67	37	58	27	47	
Dificultades de concentración	positivo	11	12	6	55	5	9	NS
	negativo	84	88	52	62	32	52	
Dolor de cabeza	positivo	46	48	30	65	16	25	NS
	negativo	49	52	28	57	21	37	
Pérdida de apetito	positivo	9	9	4	44	5	11	NS
	negativo	86	91	54	63	32	51	
Náusea	positivo	8	8	5	63	3	5	NS
	negativo	87	92	53	61	34	56	
Mareos	positivo	29	31	23	79	6	8	p < 0.05
	negativo	66	69	35	53	31	58	
Fatiga	positivo	30	32	20	67	10	15	NS
	negativo	65	68	38	58	27	46	

*= Con base en el total de trabajadores estudiados (N = 95) tomando en consideración que un trabajador puede referir más de un signo o síntoma.

**= Significancia estadística entre trabajadores directamente expuestos e indirectamente expuestos a vapores de disolventes.

Gráfica 6. Signos y síntomas reportados por los trabajadores estudiados según área de trabajo



El estudio estadístico de los datos permitió establecer una correlación positiva significativa entre la antigüedad laboral de los trabajadores y el número de signos y síntomas referidos por los mismos ($p < 0.05$).

Con base a la encuesta efectuada, se determinaron algunos hábitos en los trabajadores estudiados. Un total de 62 (65.3 %) trabajadores reportaron consumir bebidas alcohólicas de forma ocasional y 27 (28.4 %), refirieron fumar cigarrillos. La distribución de estos se detalla a continuación:

Cuadro 11. Distribución de los trabajadores que reportaron consumir bebidas alcohólicas de forma ocasional y fumar cigarrillos

Grupo estudiado	Área de trabajo	Trabajadores que reportaron consumir bebidas alcohólicas		Trabajadores que reportaron fumar cigarrillos	
		n	%	n	%
Personal con exposición directa a vapores de disolventes (N = 58)	Productor/mezclador de pinturas	26	44.8*	11	19.0*
	Vendedor de pinturas	10	17.2*	5	8.6*
Personal con exposición indirecta a vapores de disolventes (N = 37)	Administradores	13	35.1*	5	13.5*
	Secretarias	2	5.4*	2	5.4*
	Auxiliares de oficina	11	29.7*	4	10.8*
Total de individuos		62	65.3**	27	28.4**

*= Sobre el número total de trabajadores por grupo estudiado.

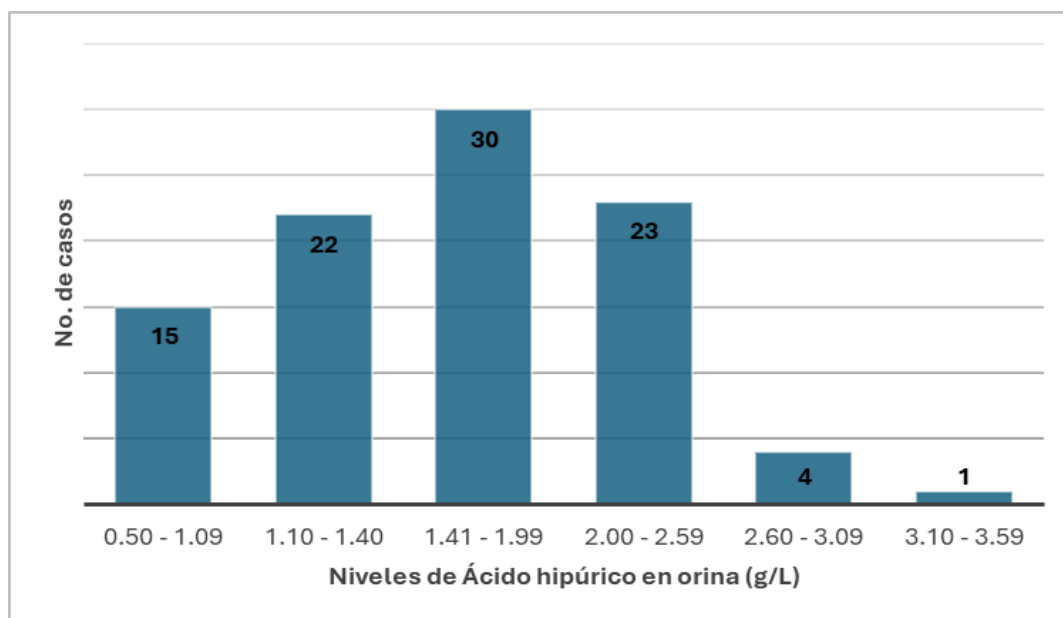
**= Sobre el número total de trabajadores estudiados (N = 95)

Cuadro 12. Distribución de la población estudiada según las concentraciones promedio de ácido hipúrico en orina

Análisis	Rango (g/L)	Promedio (g/L)	Límite permisible (g/L)
Ácido hipúrico en orina en personal con exposición directa a vapores de disolventes (61.0 %)	0.62 - 3.11	1.75	2
Ácido hipúrico en orina en personal con exposición indirecta a vapores de disolventes (39.0 %)	0.68 - 2.63	1.55	2
Ácido hipúrico en orina en la muestra total	0.62 - 3.11	1.67	2

La siguiente gráfica muestra los niveles de ácido hipúrico resultantes del análisis de orina efectuado del total de la muestra analizada: 95 trabajadores expuestos directa e indirectamente a vapores del disolvente tolueno.

Gráfica 7. Niveles de ácido hipúrico en orina de trabajadores expuestos a tolueno que laboran en una industria de pinturas en la Ciudad de Guatemala



Según los análisis realizados, un total de 28 (29.5 %) trabajadores presentaron ácido hipúrico en orina por encima del valor límite umbral (2 g/L). Las características de estos trabajadores se describen a continuación:

Cuadro 13. Características de la población estudiada que presentaron valores de ácido hipúrico en orina por encima del valor límite umbral (2 g/L)

Grupo estudiado	Área de trabajo	Sexo				Tiempo medio de laborar en la empresa (meses)								Total	
		Masculino		Femenino		0-40		41-80		81-120		121-160			
		n	%*	n	%*	n	%*	n	%*	N	%*	n	%*	n	%**
Personal con exposición directa a vapores de disolventes	Productor/mezclador de pinturas	10	37.0	4	33.3	7	28.0	1	100	2	28.6	4	66.7	14	14.7
	Vendedor de pinturas	6	42.9	2	40.0	7	41.2	0	0	1	100	0	NA	8	8.4
Personal con exposición indirecta a vapores de disolventes	Administradores	2	22.2	0	0	0	0	1	100	1	100	0	NA	2	2.1
	Secretarias	0	0	1	100	1	16.7	NA	NA	NA	NA	NA	NA	1	1.1
	Auxiliares de oficina	2	33.3	1	10.0	0	0	2	100	1	33.3	0	NA	3	3.2

*= Sobre el número de trabajadores por área que cumple con la característica.

**= Sobre el número total de trabajadores estudiados (N = 95).

Los síntomas reportados por estos trabajadores fueron irritación de la piel (44.0 %) y dolor de cabeza (36.0 %).

VII. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Desde hace muchos años la evaluación biológica a la exposición de disolventes se efectúa por medio de la medición de los metabolitos urinarios específicos, los cuales proveen suficiente sensibilidad y especificidad para la vigilancia en salud ocupacional. Así también, es una herramienta, que permite evaluar efectos en la salud e identificar riesgos y poblaciones expuestas, e indican acciones que pueden ser tomadas para reducir o eliminar intoxicaciones.

Teóricamente se sabe que el análisis de ácido hipúrico en orina se correlaciona directamente con la exposición al tolueno como una valoración del control biológico del mismo, por ello se utilizó como metodología de este estudio.

El universo de trabajo utilizado para obtener los resultados finales de concentración de ácido hipúrico en orina está conformado en su totalidad por 95 trabajadores comprendidos entre los 18 y 54 años de edad, de los cuales 58 corresponden a individuos que, debido al trabajo que desempeñan, se encuentran directamente expuestos a vapores de solvente y 37 trabajadores corresponden a individuos que se encuentran indirectamente expuestos a vapores de solvente ya que sus oficinas se encuentran dentro del área de producción y/o ventas de la empresa de pinturas. Corresponden al grupo de trabajadores directamente expuestos aquellos que laboran como productores/mezcladores y vendedores de pinturas; y al grupo de trabajadores indirectamente expuestos aquellos que laboran como administradores, secretarías y auxiliares de oficina. Dentro de los auxiliares de oficina se incluyen algunos trabajadores que prestan servicio bancario dentro del área de ventas de pinturas.

Todos los trabajadores que participaron en el estudio laboran jornadas normales de trabajo de 8 horas diarias y semanales laborales de 40 horas, por lo que el tiempo de exposición a los vapores de disolventes entre los trabajadores es el mismo. Sin embargo, se desconoce si practican actividades extralaborales tales como manualidades, trabajos de mecánica, carpintería, zapatería, etc. en las cuales podrían estar expuestos a disolventes orgánicos.

Los datos obtenidos, permitieron analizar las condiciones de exposición laboral en la que se desempeñan los trabajadores de la empresa de pinturas en estudio. Aunque se

observó que el uso de disolventes orgánicos en la empresa se realizaba en cantidades reducidas, los resultados indican la inexistencia de un programa adecuado de seguridad y salud ocupacional, lo cual se refleja en el escaso uso de elementos de protección personal que los trabajadores tienen al manipular este tipo de sustancias en el proceso de elaboración y ventas de pinturas. En el Cuadro 8 se puede observar que los únicos elementos de protección que utilizan todos los trabajadores en el área de producción son el uniforme (*overall*) y las botas. Ambos son obligatorios para laborar dentro de la planta. Se observó que únicamente 25 individuos de los 58 que se encuentran altamente expuestos utilizan guantes. La utilización de guantes no es obligatoria durante todo el proceso de producción y preparación de la pintura en los lugares donde se venden las mismas. Dicha protección (*overall*, botas y guantes), contribuye a evitar y disminuir el contacto directo del solvente con la piel en caso de derrames o salpicaduras. Esta protección es importante ya que muchos disolventes pasan directamente a través de la piel y entran en el torrente sanguíneo. Se pueden absorber ya sea, por la manipulación directa del mismo o, a través del contacto de los vapores con las partes desprotegidas de la piel.

Sin embargo, se olvida que la principal contaminación por disolventes es de tipo inhalatoria, lo cual se refleja en la escasa e inadecuada protección que utilizan los trabajadores para impedir la contaminación inhalada, esto aunado a una estructura deficiente de las áreas de trabajo: lugares cerrados, con poca ventilación, sin extractores de aire que contribuyan a la renovación de este. El área de producción es la única que cuenta con extractores de aire, cuando deberían de existir en todas las áreas que se encuentren indirectamente expuestas a vapores de disolventes, tales como oficinas, lugares de venta de pinturas, etc. Los disolventes poseen una elevada volatilidad y sus vapores son más densos que el aire, de manera que permanecen a una altura baja, favoreciendo así su inhalación. El vapor del disolvente en el aire es respirado y pasa fácilmente a través de los pulmones, hasta entrar en la sangre, lo cual llega a producir efectos tóxicos para la salud humana fundamentalmente de carácter neurotóxico.

Como se puede observar en el Cuadro 8, únicamente el 37.9 % de la muestra total de trabajadores con exposición directa utiliza respiradores, y de ellos, únicamente la mitad de los utilizados son para prevenir la contaminación por vapores. Todos los trabajadores que laboran para la fábrica de pinturas se encuentran expuestos directa o indirectamente a los

vapores de disolventes, por lo que sería prudente que todos utilizaran respiradores especiales para vapores debido al riesgo potencial de intoxicaciones por inhalación.

Este factor de inadecuada protección personal podría contribuir a una exposición crónica a bajas concentraciones, lo que representa una amenaza para la salud, productividad y eficiencia de los trabajadores, considerándose así un importante problema de salud. Una protección adecuada es un requisito indispensable para el mantenimiento de la calidad de vida de los trabajadores, al prevenir, tanto efectos potencialmente adversos a la salud, como ocurrencia de accidentes.

Según la recopilación de datos de cada uno de los noventa y cinco trabajadores que participaron en el estudio, el 82.1 % de los mismos (un total de 78 trabajadores) presentaron signos y síntomas evidentes de una intoxicación crónica con disolventes a nivel del sistema nervioso central. El personal con exposición directa a vapores de disolventes, en su totalidad presentó uno o varios signos y síntomas, mientras que, en el personal con exposición indirecta a vapores de disolventes, se observó que los que presentaron mayor frecuencia de signos y síntomas fueron los auxiliares de oficinas, seguido de los administradores y secretarías. Los signos y síntomas reportados con mayor frecuencia fueron dolor de cabeza (48.42 %), irritación de la piel (43.16 %), irritación de garganta (32.63 %), fatiga (31.58 %) y mareos (30.53 %), y con menor frecuencia se reportó irritación de nariz y ojos, dificultades de concentración, pérdida de apetito y náuseas. Aunque los signos y síntomas no son específicos, podrían estar asociados con la exposición a disolventes evidenciando una intoxicación crónica a los mismos, provocando efectos crónicos en el sistema nervioso central.

En el Cuadro 10 se puede observar que todos los signos y síntomas se presentan con mayor frecuencia en el personal con exposición directa a disolventes, que el personal con exposición indirecta, siendo significativa la diferencia presentada entre los signos irritación de la piel y mareos, lo cual es explicable por el contacto directo manual que tienen los productores/mezcladores y vendedores de pinturas.

Es innegable que factores como el alto porcentaje de individuos encontrados que no usan equipos de protección personal, el tiempo promedio de años trabajando y la ventilación deficiente existente en el área de trabajo, pudieran explicar la sintomatología inespecífica presentada por los mismos. Es difícil atribuirlos a un agente tóxico específico

sin la utilización de biomarcadores objetivos de exposición y de efecto, que permitan establecer una relación causa-efecto consistente entre estas patologías y la exposición laboral. Así también, podrían asociarse, tanto a la intensa carga de trabajo, como a tensión o estrés laboral. Se debe tomar en cuenta que en la mayoría de las áreas coexisten diversos tipos de riesgos y compuestos que pudieran producir una afectación específica, así como también, pueden existir antecedentes personales o familiares en los trabajadores y una exposición extralaboral, que también podrían contribuir a la aparición de dichos síntomas. Representan, además, síntomas tempranos de neurotoxicidad y pueden ocurrir a bajos niveles de exposición, pasando de esta forma inadvertidos, y para los cuales no se toman medidas de control necesarias para evitar efectos adversos mayores.

La correlación positiva significativa, determinada entre la antigüedad de los trabajadores de la empresa y los síntomas referidos por los mismos, podrían sugerir una relación que indica que en la medida en que los trabajadores tienen mayor tiempo de laborar en su área de trabajo, presentarán una serie de signos y síntomas relacionados con los riesgos de intoxicación a los cuales están expuestos.

Se analizaron los niveles de ácido hipúrico en orina de cada uno de los trabajadores que conformaron la muestra del estudio, un total de 95. Un promedio de 1.67 g/L fue el resultado obtenido, lo cual se encuentra debajo del valor límite biológico, 2.0 g/L, según los índices biológicos de exposición reportados internacionalmente para el agente tóxico tolueno. Así también, los valores promedio obtenidos, por separado, de cada uno de los grupos que conformaron el estudio se encuentran debajo del valor límite biológico, siendo los valores resultantes de 1.75 g/L para el grupo de trabajadores con exposición directa a vapores de disolventes y de 1.55 g/L para el grupo de trabajadores con exposición indirecta a vapores de disolventes.

Como se esperaba, los valores obtenidos para los individuos con exposición directa son mayores que los obtenidos para aquellos cuya exposición a disolventes es indirecta. Sin embargo, no hay diferencia significativa entre los valores obtenidos de ambos grupos. Aunque se esperaría que el valor del grupo con exposición directa presentara valores mucho mayores que los del grupo con exposición indirecta, se observa que ambos grupos cuentan con niveles similares de ácido hipúrico en orina. Es evidente que el área de producción de la empresa posee una mayor ventilación que las distintas áreas

administrativas. Así también, la ventilación observada en los sitios de ventas de pinturas es reducida, pero es aún más reducida la ventilación de los auxiliares de oficina que trabajan en ventanillas de bancos ubicados dentro de las tiendas de venta. Esto podría explicar, en cierta parte, la similitud de resultados entre ambos grupos ya que los trabajadores de áreas administrativas tienen menos elementos (ventilación, protección personal) que impidan la absorción directa de vapores de disolventes, mientras que los trabajadores en el área de producción, aunque se encuentran más expuestos a los vapores producidos por los disolventes, las medidas de seguridad y protección personal son mayores.

También hay que tener en cuenta que el tolueno se encuentra de manera habitual en la orina (proveniente del metabolismo del ácido benzoico) y que determinados alimentos ricos en ácido benzoico como las alcachofas, tomates, fresas, uvas, etc., o algunos conservantes pueden provocar modificaciones en los valores hallados en orina. Este mismo hecho, se repite con la utilización de algunos fármacos del tipo de los expectorantes y balsámicos, lo cual genera dificultad en la interpretación de los resultados sobre todo si se desconocen los niveles basales del individuo, previo a la exposición de este en el ámbito laboral. El disolvente tolueno también es utilizado en productos de limpieza, *thinner*, en el octanaje de la gasolina y se encuentran en el humo del tabaco, convirtiéndose en un contaminante del medio ambiente de trabajo, en el hogar y ambiente en general, lo cual implica exposición indirecta, esto aunado a factores individuales que pueden influir en la eliminación de los metabolitos. Sin embargo, es evidente la falta de protección personal y ventilación en los lugares de trabajo de este grupo.

Con base a los resultados de los niveles de ácido hipúrico, se observa que, aunque los valores obtenidos se encuentran debajo del límite biológico, sobrepasan el nivel normal, ≤ 1.4 g/L, según los índices biológicos de exposición reportados para el agente tóxico tolueno. Un total de 58 trabajadores (61.05 %) del total de la muestra obtuvieron como resultado, valores de ácido hipúrico en orina sobre los 1.4 g/L. Estos resultados son alarmantes ya que indica que los niveles del disolvente en el ambiente probablemente se encuentran sobre el nivel normal, lo cual podría ir en aumento, que significan un alto riesgo en la salud de los trabajadores expuestos ya que exposiciones continuas y prolongadas a altas concentraciones de tolueno, pueden afectar la médula ósea, contribuyendo al

desarrollo de neoplasias, leucemias y aplasias medulares; igualmente afecta el hígado y los riñones.

Se encontraron niveles de ácido hipúrico por encima del valor límite de referencia en 28, (29.47 %) de los trabajadores estudiados. El mayor porcentaje de estos, fueron trabajadores directamente expuestos a disolventes que laboran en el área de producción/mezcla de pinturas, 14 (14.7 % del total de la muestra), seguido de los vendedores de pinturas, 8 (8.4 % del total de la muestra) y en un menor porcentaje los trabajadores indirectamente expuestos a disolventes: Administradores (2.1 %), secretarias (1.1 %) y auxiliares de oficina (3.2 %). Según las características de estos trabajadores se observó que existe una correlación positiva determinada entre la antigüedad de los trabajadores de la empresa y el alto nivel de ácido hipúrico en orina. Era de esperar que a medida que los trabajadores tienen mayor tiempo de laborar en su área de trabajo, presentaran mayores niveles de contaminación, por su mayor tiempo de exposición a los disolventes. Sin embargo, los niveles arriba del valor límite biológico reflejan claramente la sobreexposición de los trabajadores relacionados con signos y síntomas de intoxicaciones, que en este caso fueron irritación de la piel 43.1 % y dolor de cabeza 36.0 %.

Por otro lado, es importante señalar que el consumo de alcohol observado en 65.3 % de los trabajadores, aunque no se considere alcoholismo crónico, es relevante ya que el etanol, aun en pequeñas dosis en el organismo, interactúa con medicamentos, agentes tóxicos ocupacionales, inductores enzimáticos, etcétera. Esta interacción en muchos casos potencia los efectos adversos de disolventes orgánicos (xileno, tolueno, tricloroetileno), presentes en las áreas evaluadas en este estudio.

Está demostrado que la ingesta de alcohol inhibe el metabolismo de degradación del tolueno y xileno, incrementando los niveles sanguíneos de estos últimos y por lo tanto, su efecto tóxico. Asimismo, se ha publicado que la combinación de hábitos cigarrillo y bebidas alcohólicas, disminuye los niveles del metabolito primario del tolueno, o sea el ácido hipúrico en orina, en trabajadores expuestos a disolventes¹. Esto podría significar una mayor proporción del tolueno en sangre, con una menor formación y disminución de sus metabolitos, incrementando el efecto tóxico.

Los resultados alcanzados no permiten explicar, en su totalidad, la asociación entre la exposición a disolventes y el estado de salud de los trabajadores investigados. No obstante,

se puede asumir que las condiciones deficientes de trabajo evidenciadas (ausencia de medidas de seguridad, falta de utilización de equipo de protección personal), así como las formas inapropiadas de manipulación y disposición de estos productos probablemente incrementarán los efectos a la salud de estos disolventes a través del tiempo.

La exposición a disolventes en este estudio y los efectos a la salud derivados de la exposición, indican que la implantación de medidas preventivas en las fábricas de pinturas en general, son necesarias. De estas medidas, dependerá la prevención de efectos deletéreos sobre el organismo, sobre todo, de tipo crónico, que se pueden alcanzar por la exposición continuada a cantidades de estos compuestos, aun a dosis permisibles.

VIII.CONCLUSIONES

1. La concentración de ácido hipúrico en orina promedio para los trabajadores de la empresa de pinturas de la Ciudad de Guatemala en estudio, es de 1.67 g/L, valor inferior al límite biológico permisible según normas internacionales 2 g/L.
2. La concentración de ácido hipúrico en orina promedio, obtenido para el grupo de trabajadores directamente expuesto a vapores de disolventes fue de 1.75 g/L, valor superior al obtenido para el grupo de trabajadores indirectamente expuesto a vapores de disolventes el cual fue de 1.55 g/L. Ambos valores son inferiores al límite biológico permisible según normas internacionales.
3. Se encontraron niveles de ácido hipúrico por encima del valor límite biológico permisible según normas internacionales en el 29.47 % de los trabajadores estudiados, de los cuales, su mayor porcentaje, 23.4 %, son trabajadores directamente expuestos a disolventes. Con base a los resultados obtenidos, se determinó una correlación positiva entre la antigüedad de los trabajadores de la empresa y los altos niveles de ácido hipúrico en orina.
4. El 82.1 % de los trabajadores en estudio presentaron signos y síntomas evidentes de una intoxicación crónica con disolventes a nivel del sistema nervioso central. Los signos y síntomas fueron reportados con mayor frecuencia en el grupo de trabajadores directamente expuestos a vapores de disolventes que en el grupo de trabajadores indirectamente expuestos.
5. No existe un programa adecuado de seguridad y salud ocupacional para los trabajadores de la empresa de pinturas de la Ciudad de Guatemala en estudio, lo cual se refleja en el escaso uso de elementos de protección personal en los trabajadores directamente expuestos a vapores de disolventes y la ausencia total de los mismos en los trabajadores indirectamente expuestos a vapores de disolventes.

IX. RECOMENDACIONES

1. Análisis de los niveles basales del metabolito (tolueno) en los trabajadores de la fábrica de pinturas, previo a la exposición a cualquier disolvente para conocer el nivel de referencia individual y determinar con precisión el efecto de la exposición.
2. Evaluación de la multi exposición a disolventes orgánicos a los cuales están sometidos los trabajadores, para determinar las distintas causas y fuentes de contaminación e intoxicación.
3. Desarrollo de estudios similares con un universo de trabajo más amplio conjunto a la evaluación ambiental del área en la que se desenvuelven los trabajadores.
4. Seguimiento clínico de los trabajadores expuestos a disolventes por medio de exámenes físicos para evaluar las condiciones de salud, haciendo énfasis en las manifestaciones relacionadas específicamente con alteraciones de los sistemas hepático y hematológico; así como también, evaluaciones neuroconductuales específicas para detectar cualquier riesgo de una exposición excesiva a disolventes.
5. Aislamiento del área de trabajo en donde se usan o manipulan los disolventes, del resto de los procesos y extracción de los vapores mediante la instauración de sistemas de ventilación adecuados generales o localizadas en los sitios de trabajo que permitan renovar el aire constantemente.
6. Limitación del tiempo de exposición (rotación) de puestos de trabajo en zonas de riesgo por exposición directa a disolventes, permitiendo el acceso a las mismas sólo al personal que deba operar en ellas.
7. Implementación de medidas estrictas de higiene y seguridad individual mediante el uso de equipo de protección personal apropiada tanto al nivel de la piel, como del

aparato respiratorio (mascarillas con filtro, gafas, guantes, botas, etc.) y supervisión periódica y controlada de estas condiciones de trabajo.

8. Capacitación continua al personal ocupacionalmente expuesto a vapores de disolventes, sobre el riesgo que conlleva la exposición al producto que está utilizando y de las medidas preventivas que existen, así como de los procedimientos y conductas a seguir para el manejo seguro de los mismos.
9. Explicación e implementación del manual elaborado en este trabajo de investigación, dirigido a la población ocupacionalmente expuesta a pinturas, donde se indican los riesgos, la forma adecuada de uso de disolventes y la prevención de intoxicaciones causadas por los mismos, a fin de contribuir a la disminución de riesgos de intoxicación por el uso de disolventes orgánicos.

X. REFERENCIAS

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2000, febrero). *ToxFAQs™ for toluene*. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxfaqs/tf.asp?id=160&tid=29>
- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2000, septiembre). *Toxicological profile for toluene*. <https://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp56.pdf>
- Baselt, R. C. (1982). *Biological monitoring methods for industrial chemicals*. Biomedical Publications.
- Baselt, R. C. (2000). *Disposition of toxic drugs and chemicals in man* (5.^a ed.). Chemical Toxicology Institute.
- Banco de Guatemala. (2003). *Estadísticas de comercio exterior: Importaciones y exportaciones de disolventes y diluyentes, año 2003* [Conjunto de datos].
- Casarett, L. J., & Doull, J. (1986). *Toxicology* (3.^a ed.). Macmillan Publishing Company.
- De Toledo, P., & De Fernicola, N. (1989). *Nociones generales de toxicología ocupacional*. Montepec.
- Dudy, Y., Suzen, S., Erdem, N., Uysal, H., & Vural, N. (1999). Validation of hippuric acid as biomarker of toluene exposure. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 63(1), 1–8.
- Environmental Protection Agency. (2003). *IRIS toxicological review and summary documents for toluene* (Second external review draft, NCEA-S-1264). Office of Research and Development, National Center for Environmental Assessment.
- Facultad de Ciencias Médicas, Fase II. (1987). *Medición de ácido hipúrico en 56 trabajadores de la fábrica Polisuelas, S. A.* Universidad de San Carlos de Guatemala.
- González, C. (1991). *Trastorno neurológico y psicomotriz en los trabajadores expuestos a disolventes orgánicos* [Tesis de licenciatura, Universidad de San Carlos de Guatemala].
- Guatemala, Presidencia de la República. (1957, 28 de diciembre). *Reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo* (Acuerdo Gubernativo de 28 de diciembre de 1957).

- LaDou, J. (1997). *Medicina laboral y ambiental* (2.^a ed.; M. Arango & L. Carvajal, Trads.). Manual Moderno.
- Lauwerys, R. R. (1994). *Toxicología industrial e intoxicaciones profesionales*. Masson.
- Martí, J. A., & Desoille, H. (1993). *Medicina del trabajo* (2.^a ed.). Masson.
- National Institute for Occupational Safety and Health. (1988). *Proposed national strategies for the prevention of leading work-related diseases and injuries: Neurotoxic disorders*. U.S. Department of Health and Human Services.
- National Institute for Occupational Safety and Health. (1994). *NIOSH manual of analytical methods: Hippuric acid in urine (Method 8300)* (4.^a ed.).
- Nielsen, H. K. (1985). Renal effects of acute exposure to toluene. *Acta Medica Scandinavica*, 218, 317–321.
- Organización Internacional del Trabajo. (1989). *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo* (Vol. 1). Centro de Publicaciones del Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.
- Organización Mundial de la Salud. (1986). *Environmental health criteria 52: Toluene*. <https://www.inchem.org/documents/ehc/ehc/ehc52.htm>
- Petrén, S., & Vesterberg, O. (1987). Studies of transferrin in serum of workers exposed to organic solvents. *British Journal of Industrial Medicine*, 44, 566–568.
- Programa Ambiental Regional para Centroamérica. (2004). *Reporte nacional de manejo de residuos en Guatemala: Informe general*. https://www.un.org/esa/dsd/dsd_aofw_ni/ni_pdfs/NationalReports/guatemala/waste.pdf
- Ramírez, E., Sánchez, C., & Anaya, R. (2002). Identificación de plomo, benceno y tolueno en trabajadores que manipulan lubricantes y brindan servicios automotrices en Lima, Perú. *Ciencia e Investigación*, 5(1). http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVRevistas/ciencia/v05_n1/identificacion_plomo.htm
- Repetto, M., (1985). *Toxicología de la drogadicción*. Díaz de Santos.
- Rodríguez, M., Squillante, G., & Rojas, M. (2001). Exposición ocupacional a disolventes orgánicos en una fábrica de calzado en Valencia, Venezuela. *Gaceta Médica de Caracas*, 111(4), 294–301.

http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S036747622003000400005&lng=es&nrm=iso

Schmidt Camelo, E. A. (1989). Alteración del funcionamiento intelectual en trabajadores expuestos a mezclas de disolventes orgánicos. *Archivos de Investigación Médica*, 20(1), 107–112.

<https://biblat.unam.mx/hevila/Archivosdeinvestigacionmedica/1989/vol20/no1/14.pdf>

Secretaría del Trabajo y Previsión Social. (1994, 8 de junio). *NOM-010-STPS-1993, relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral. Diario Oficial de la Federación.*

Sollet, S., Perdomo, M., Ramírez, R., & Macías, J. (1989). Alteraciones bioquímicas y clínicas en trabajadores expuestos a derivados del petróleo. *Revista Cubana de Investigación Biomédica*, 8(3), 249–259.

Tennasse, M. (1995). Situación actual y perspectivas de la salud ocupacional en América Latina. *Salud de los Trabajadores*, 3(1), 5–10.

Veulemans, H., Van Vlem, E., Janssens, H., & Masschelein, R. (1979). Exposure to toluene and urinary hippuric acid excretion in a group of heliorotagravure printing workers. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, 44(2), 99–107.

ANEXO A

Importaciones y exportaciones de los principales solventes y diluyentes

Cuadro 14. Resumen de las importaciones y exportaciones de los principales solventes y diluyentes, según el Banguat

Cuenta	Importaciones (CIF)		Exportaciones (FOB)	
	Monto (USD)	Peso (Kg)	Monto (USD)	Peso (Kg)
Disolventes y diluyentes orgánicos, compuesto, preparaciones para pinturas o barnices	5,524,619	8,002,695	813,365	402,720
Disolventes y Diluyentes	4,838,910	7,169,260	797,878	395,727
Otros	685,709	833,435	15,487	6,993
Total	11,049,238	16,005,390	1,424,730	805,440

Fuente: Banco de Guatemala (2003)

Cuadro 15. Distribución de algunos disolventes comunes según sus usos

		Solvente									
		Xileno	Metanol	Tolueno	Benceno	Cloruro de metileno	Metil etil cetona	Etanol	1,1,1-Tricloroetano	Acetona	Metil isobutil cetona
Sector Industrial	Pinturas y similares	X	X	X		X	X		X	X	X
	Limpieza de metales				X	X		X	X	X	
	Pesticidas					X			X		X
	Farmacéutica	X	X	X		X	X		X	X	X
	Lavasecos				X	X		X	X		
	Imprentas	X	X	X			X			X	

Fuente: adaptado de Programa Ambiental Regional para Centroamérica (2004)

ANEXO B
Reglamento general sobre higiene y seguridad en el trabajo
(fragmento)

I.G.S.S.

TITULO II

CAPITULO IV

Sustancias peligrosas.

Polvo, gases o vapores inflamables o insalubres.

ARTICULO 55. Los locales de trabajo en los que se desprendan polvo, gases o vapores fácilmente inflamables, incómodos o nocivos para la salud, deben reunir las condiciones máximas de cubicación, aeración, iluminación, temperatura y grado de humedad. El piso, paredes y techo, así como las instalaciones deben ser de materiales no atacables por los agentes indicados y susceptibles de ser sometidos a la limpieza y lavados convenientes.

Dentro de los centros de trabajo, estos locales deben aislarse con el objeto de evitar riesgos a la salud de los trabajadores entregados a otras labores.

ARTICULO 56. Aparte de las disposiciones de este Reglamento, se estará a las especiales reglamentadas para sustancias peligrosas, que se aplicarán a todos los locales, talleres, plantas, fabricas, etc., donde se manufacturen, manipulen o empleen sustancias dañinas en estado sólido, líquido o gaseoso o donde se produzcan o liberen polvos, fibras emanaciones, gases nieblas o vapores inflamables, infecciosos, irritantes o tóxicos, en cantidades capaces de afectar a la salud de las personas.

ARTICULO 57. Deben establecerse tasas límites de concentraciones permisibles de las sustancias nocivas.

ARTICULO 58. Siempre que sea posible, las sustancias nocivas serán sustituidas por sustancias inocuas o menos nocivas.

ARTICULO 59. Será obligación del patrono, de su representante o de quien haga sus veces, eliminar en la medida de lo posible el riesgo, adoptando las medidas efectivas que garanticen condiciones de seguridad adecuadas.

ARTICULO 60. Cuando fuere necesario los trabajadores contarán con el equipo de protección personal, de conformidad con las reglamentaciones especiales que se dicten sobre la materia.

ARTICULO 61. Si existiese posibilidades de desprendimiento de gases o vapores en cantidades tales que comprometieran gravemente la vida y salud del personal, deberá adoptarse dispositivos que anuncien la aparición del peligro, oída la cual, es obligación de los trabajadores el abandono inmediato de sus labores. Para este evento se entrenará debidamente al personal en tales prácticas.

Fuente: Guatemala, Presidencia de la República (1957).

ANEXO C

Solicitud de datos de la población de trabajo

Universidad del Valle de Guatemala
Facultad de Ciencias y Humanidades
Departamento de Química Farmacéutica



Estudio: NIVELES DE ACIDO HIPURICO EN TRABAJADORES EXPUESTOS A TOLUENO EN LA INDUSTRIA MANUFACTURERA DE PINTURAS EN LA CIUDAD DE GUATEMALA

SOLICITUD DE DATOS DE LA POBLACIÓN

Muestra No. _____

Fecha: _____

Edad: _____

Sexo: ____M ____F

Área en la que trabaja: _____

Tiempo de exposición durante la jornada laboral: _____

Antigüedad laboral: _____

Enfermedades que padece:

Fuma: si ☐ no ☐

Bebe alcohol: si ☐ no ☐

Signos o síntomas que suelo padecer:

Irritación de:

* Piel si _____ no _____

* Ojos si _____ no _____

* Nariz si _____ no _____

* Garganta: si _____ no _____

Dificultades de concentración: si _____ no _____

Dolor de cabeza: si _____ no _____

Pérdida de apetito: si _____ no _____

Nausea: si _____ no _____

Mareos: si _____ no _____

Sensación de desmayo: si _____ no _____

Equipo de protección:

Mascarilla: si _____ no _____

tipo: _____

Guantes: si _____ no _____

tipo: _____

Overall: si _____ no _____

Botas: si _____ no _____

Aceptación: estoy informado que las muestras de orina que donaré servirán para el desarrollo de trabajo de investigación en referencia.

Firma de aceptación

Muchas gracias por contribuir a este estudio.

ANEXO D

Manual sobre el manejo y uso adecuado de solventes



DISOLVENTES

RIESGOS, MANEJO Y USO ADECUADO



Los disolventes comprenden múltiples sustancias de uso común en la vida diaria.



Son utilizados para disolver otras sustancias.



Son componentes de varios productos: pinturas, barnices, pegamentos, tintas, lacas, insecticidas y productos de limpieza entre otros.



Se encuentran en forma líquida pero desprenden vapores y por ello, sin el uso de una protección adecuada, pueden llegar a provocar serios daños a la salud.

VIAS DE PENETRACIÓN EN EL ORGANISMO



Inhalación.

Los disolventes generalmente se evaporan rápidamente, pasando con facilidad a la atmósfera. Esto se debe a la volatilidad de muchos disolventes y de ahí a la sangre. La vía respiratoria es la más común en la exposición.



Contacto con la piel.

Debido a su liposolubilidad, al entrar en contacto con las manos, impregnan la piel y pueden penetrar en el organismo, atravesando su barrera protectora.



Ingestión.

Las sustancias disueltas o en vapor posiblemente al flujo sanguíneo. También pueden ser ingeridos por su contacto con las manos y de éstas con alimentos, bebidas, ropas, cigarrillos, etc.

EFFECTOS EN LA SALUD

1. A corto plazo. Una sola exposición a gran cantidad de disolvente.

- Irritación de los ojos, nariz y garganta.
- Dolor de cabeza, mareo.
- El efecto más agudo es el narcótico. Se produce sueño, falta de coordinación, confusión, inestabilidad emocional.
- Si la exposición se prolonga, se produce la pérdida del conocimiento.



CONOCER LOS RIESGOS QUE CONLLEVA ES FUNDAMENTAL PARA PREVENIRLOS.



ALGUNOS DISOLVENTES PUEDEN CAUSAR DAÑOS PERMANENTES PARA LA SALUD, INCLUSO MORTALES SI SE UTILIZAN SIN LAS PRECAUCIONES ADECUADAS.

Efectos cancerígenos:
Algunos disolventes pueden inducir cáncer.

Efectos sobre la reproducción:
Sobre los óvulos y espermatozoides. Los disolventes son capaces de atravesar la placenta y afectar al feto. Durante la lactancia se pueden transmitir al bebé a través de la leche materna.

2. A largo plazo.

Exposiciones frecuentes en períodos de tiempo largos y aumentados. Con el paso del tiempo, las concentraciones acumuladas de ciertos disolventes pueden afectar a casi todos los órganos del cuerpo humano.

ÓRGANOS QUE PUEDEN VERSE AFECTADOS	EFFECTOS TÓXICOS
 Sistema nervioso central y nervios periféricos	 Sangre
 Hígado	 Músculos
 Riñones	 Piel
 Pulmones	 Ojos
 Corazón	 Aparato reproductor



PRIMEROS AUXILIOS

- **Contacto con los ojos:** Lave inmediatamente los ojos con agua en abundancia, mínimo durante 15 minutos, manteniendo los párpados abiertos. Consulte al médico.
- **Inhalación:** Usando protección respiratoria adecuada, se saca inmediatamente a la víctima del ambiente de exposición. En caso de dificultad para respirar, se aplica respiración artificial. Solicite atención médica inmediata.
- **Contacto con la piel:** Lávese inmediatamente con gran cantidad de agua, use jabón si hay disponible. Quite la ropa contaminada, incluyendo zapatos, una vez que se ha comenzado el lavado.
- **Ingestión:** Si se ingiere, no inducir el vómito. Mantenga a la persona en decubito. Si la víctima está consciente proporcione leche en un volumen de 20-40 g de carbón activo al 10%. No beber leche si ha tomado alcohol.



HABRÍ QUE TENER ADEMÁS SIEMPRE PRESENTE:

- Si se utilizan grandes cantidades de disolventes en el lugar de trabajo, es necesaria información sobre los riesgos.
- La mayoría de los disolventes son combustibles y algunos son gases tóxicos cuando se calientan.
- Debe tenerse sistemas de ventilación adecuada.
- Los disolventes deben almacenarse en zonas seguras, frescas y secas.
- No debe FUMAR cerca de disolventes.

EFFECTOS EN LA SALUD

1. A corto plazo. Una sola exposición a gran cantidad de disolvente.

- Irritación de los ojos, nariz y garganta.
- Dolor de cabeza, mareo.
- El efecto más agudo es el narcótico. Se produce sueño, falta de coordinación, confusión, inestabilidad emocional.
- Si la exposición se prolonga, se produce la pérdida del conocimiento.






BUENAS PRÁCTICAS GENERALES

- ✓ Si no pueden sustituirse, elegir los disolventes orgánicos menos peligrosos.
- ✓ Tener siempre conocimiento de los productos químicos y disposición de todos los trabajadores.
- ✓ No hacer ni mezclas sin tener los conocimientos técnicos adecuados ni traspasar envases vacíos de disolventes para reponer otro producto.
- ✓ Disminuir la causa de suciedad, para reducir la necesidad de usar disolventes.
- ✓ Al acabar su uso tapar los envases para evitar pérdidas por evaporación.
- ✓ Evitar el uso de disolventes por personal sensible, menores y mujeres embarazadas.
- ✓ Utilizar medidas de protección individuales y colectivas para proteger la salud.
- ✓ Delimitar las zonas de riesgo y permitir el acceso a las mismas sólo al personal que deba operar en ellas.



¡RECUERDE!



USAR SIEMPRE
LOS EQUIPOS DE
PROTECCIÓN
INDIVIDUAL.



LOS DISOLVENTES
DEBEN ALMACENARSE
EN ZONAS HABITADAS
Y PROTEGIDAS DE
RIESGO DE INCENDIO.



NO SE DEBE
COMER, BEBER
O FUMAR EN
ÁREAS DONDE
HAYA DISOLVENTES.



LOS DISOLVENTES,
ASÍ COMO SUS
ENVASES VACÍOS,
TRAPOS U OTROS
MATERIALES
EN SU APLICACIÓN,
SE CONSIDERAN
PELIGROSOS Y DEBEN
SER GESTIONADOS
POR UN GESTOR
AUTORIZADO.



¡CUIDE SU SALUD!

