

**Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia
para Trabajadores Expuestos a Benceno y sus derivados
(GATISO-BTX-EB)**



Ministerio de la Protección Social
República de Colombia



SUBCENTRO DE SEGURIDAD SOCIAL Y RIESGOS PROFESIONALES
VICERECTORIA ACADÉMICA – EDUCACIÓN CONTINUA

**Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia
para Trabajadores Expuestos a Benceno y sus derivados
(GATISO-BTX-EB)**

ISBN 978-958-8361-41-3

Guía de atención integral de salud ocupacional para Trabajadores Expuestos a Benceno y sus derivados (GATISO-BTX-EB).

Autor institucional: Ministerio de la Protección Social.

Ministerio de la Protección Social

Año de la publicación: 2007

Bogotá, Diciembre de 2007

© Derechos reservados

La reproducción total o parcial de este documento, puede realizarse previa autorización del Ministerio de la Protección Social.

Interventoría: Francisco José Tafur Sacipa, Dirección General de Riesgos Profesionales, Ministerio de la Protección Social.

Impresión:



Libertad y Orden

Ministerio de la Protección Social

República de Colombia

DIEGO PALACIO BETANCOURT

Ministro de la Protección Social

CARLOS JORGE RODRÍGUEZ RESTREPO

Viceministro Técnico

BLANCA ELVIRA CAJIGAS

Viceministro de Salud y Bienestar

ANDRÉS FERNANDO PALACIOS

CHAVERRA

Viceministro de Relaciones Laborales

ROSA MARÍA LABORDE CALDERÓN

Secretaría General

ANA MARÍA CABRERA VIDELA

Directora General de Riesgos Profesionales



SUBCENTRO DE SEGURIDAD SOCIAL Y RIESGOS PROFESIONALES
VICERRECTORÍA ACADÉMICA – EDUCACIÓN CONTINUA

Coordinadora técnica

Bertha Eugenia Polo Alvarado, médica especialista en Salud Ocupacional y master universitario en Toxicología.

Coordinadora administrativa

Mabel Hernández Díaz, optómetra especialista en Salud Ocupacional, magíster en administración en salud.

Equipo base de investigación

Oscar Nieto Zapata, médico, MSc Occupational Medicine.

Jorge Humberto Mejía Alfaro, médico especialista en Epidemiología y en Salud Ocupacional.

Autores temáticos

Melba Vélez Osorio, química especialista en Higiene Industrial, MSc en Química Analítica.

Edgar Velandia Neira, médico, magíster en Toxicología.

Marco Aurelio Venegas Mariño, médico Neurólogo, especialista en Epidemiología.

Asesores en higiene industrial

José Manuel López Camargo, ingeniero químico, magister en Higiene y Seguridad industrial.

Álvaro de Jesús Araque García, ingeniero químico, especialista en Seguridad, Higiene y Gestión Ambiental.

Luis Rogelio Hernández Montenegro, químico farmacobiólogo, MSc en Bioquímica, magíster en Educación Superior.

Luis Guillermo Araque Muñoz, administrador de empresas, master en Prevención de Riesgos Laborales, especialista en Higiene Ocupacional.

Asesor metodológico

Martha Beatriz Delgado Ramírez, médico anesthesiólogo, MSc en Epidemiología Clínica.

Participantes en las validaciones

Carlos A Ospino Flórez, Coomeva EPS

Carlos Alberto Hurtado, Saludvida EPS

Cielo Linares, EPS Sanitas

Claudia Nieves, ARP Bolívar

Dalia Grace Urueña Romero, Consejo Colombiano de Seguridad

Edgar Velandia, Fasecolda

Fulver Amado Zárate, ARP ISS

Humberto Gómez Adaime, La Previsora Vida

Hugo Sánchez, Sintratelecom

Janette Jurado, Salud Total EPS

Jorge Nelson Ramírez, Incolbestos

José Acosta León, La Previsora Vida

José E. Delgadillo, Confederación de Pensionados

Julio Cesar Castellanos, Hospital Universitario San Ignacio

Julio R. Patarroyo, Arseg

Juan Carlos Aristizabal, ARP Seguros del Estado.

Líbia Molina Malaver, Universidad Manuela Beltrán

Luis Fernando Galindo, Grupo Saludcoop

María Lucia Ortiz, Horticultura Sabana

Martha Janette Corzo, Pontificia Universidad Javeriana, docente

Martha Lucía Valencia, Universidad Nacional de Colombia

Maryorie Pérez Santos, Equidad Seguros

Olga Beatriz Guzmán, Universidad Manuela Beltrán

Patricia Bravo, Hospital Militar

Pedro Calderón, USO

Rodrigo Olaya, Particular

Saul Tomas Salas, La Previsora Vida

Yaira Milen Ríos Mora, Humanavivir EPS

Fecha en la cual se terminó de elaborar: Diciembre de 2007.

Válida hasta: Diciembre de 2011.

La Guía tendrá validez por un período de cuatro años

TABLA DE CONTENIDO

| | |
|---|------------|
| RESUMEN ESTRUCTURADO DE LA GUÍA | 8 |
| CONFLICTO DE INTERÉS..... | 11 |
| INTRODUCCIÓN..... | 12 |
| 1. OBJETIVO..... | 14 |
| 2. METODOLOGÍA..... | 14 |
| 2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO | 14 |
| 2.2 DESCRIPCIÓN DE LA ESTRATEGIA EMPLEADA PARA FORMULAR LAS PREGUNTAS DE LA GUÍA | 14 |
| 2.3 DESCRIPCIÓN DE LAS ESTRATEGIAS UTILIZADAS PARA BUSCAR LA EVIDENCIA | 14 |
| 2.4 DESCRIPCIÓN DE PROCESO PARA SELECCIONAR, REVISAR Y LA RESUMIR LA EVIDENCIA | 15 |
| 2.5 CALIFICACIÓN DE LA EVIDENCIA. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO UTILIZADO POR EL GRUPO PARA EMITIR LAS RECOMENDACIONES..... | 16 |
| 2.6 FORMULACIÓN DE RECOMENDACIONES CON NIVELES DE EVIDENCIA Y GRADO DE RECOMENDACIÓN | 19 |
| 2.7 BENEFICIOS, RIESGOS Y COSTOS..... | 20 |
| 2.8 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO UTILIZADO PARA VALIDAR LAS RECOMENDACIONES | 21 |
| 2.9 SEGUIMIENTO Y ACTUALIZACIÓN DE LA GUÍA | 21 |
| 3. POBLACIÓN USUARIA | 22 |
| 4. POBLACIÓN OBJETO | 22 |
| 5. RESUMEN DE LAS RECOMENDACIONES..... | 23 |
| 5.1 ABORDAJE SISTEMÁTICO DE LA EVALUACIÓN AMBIENTAL A RIESGOS QUÍMICOS | 23 |
| 5.2 VIGILANCIA MÉDICA | 29 |
| 5.3 RESUMEN DE LAS RECOMENDACIONES | 29 |
| 6. MARCO CONCEPTUAL | 33 |
| 6.1 DEFINICIONES Y CARACTERÍSTICAS DE LOS SOLVENTES..... | 33 |
| 6.2 EFECTOS SOBRE LA SALUD | 36 |
| 7. RECOMENDACIONES..... | 40 |
| 7.1 IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS Y EVALUACIÓN DE RIESGOS | 40 |
| 7.2 INTERVENCIONES PARA EL CONTROL DE LOS FACTORES DE RIESGO | 88 |
| 7.3 VIGILANCIA DE LA SALUD DE LOS TRABAJADORES..... | 111 |
| 7.4 DIAGNÓSTICO | 126 |
| 7.5 TRATAMIENTO | 131 |
| 7.6 REHABILITACIÓN | 132 |
| BIBLIOGRAFÍA..... | 137 |
| SIGLAS Y ABREVIATURAS UTILIZADAS..... | 148 |
| GLOSARIO | 150 |
| APÉNDICES..... | 160 |

RESUMEN ESTRUCTURADO DE LA GUÍA

Objetivo. Emitir recomendaciones basadas en la evidencia para el manejo integral (promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación) de la neurotoxicidad central y/o periférica asociada con la exposición ocupacional a benceno, tolueno, xileno y etilbenceno (BTX-EB).

Definición de la patología

Alcance: La GATISO-BTX-EB contempla los principales desenlaces clínicos neurológicos originados por la exposición laboral a estos disolventes orgánicos. Aunque se tuvieron en cuenta los efectos carcinogénicos del Benceno para la emisión de las recomendaciones la guía no se centró en dicho desenlace, así como tampoco en los efectos genotóxicos, mutagénicos ni neurocomportamentales. Las recomendaciones emitidas por la guía están enfocadas a la prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación de los posibles desenlaces, aunque, también aporta elementos que contribuyen en los procesos de determinación de origen de enfermedad y evaluación de pérdida de capacidad laboral. Las recomendaciones pretenden orientar la buena práctica de los usuarios de la guía, no adoptarlas deberá tener una justificación suficientemente soportada, en tanto que evalúan la mejor evidencia disponible.

Opciones: Se consideraron las opciones de los factores de riesgo, las diferentes alternativas de promoción y prevención, los aspectos de vigilancia, algunas de las estrategias de diagnóstico, manejo y rehabilitación.

Desenlaces: Las consecuencias evaluadas tras la exposición ocupacional a BTX-EB fueron la neurotoxicidad central y/o periférica, teniendo en cuenta algunas de sus complicaciones y su repercusión sobre la salud y desempeño laboral de los trabajadores.

Valores: En el desarrollo de esta guía no se utilizaron técnicas de maximización de utilidades ni se incorporó la opinión de la población objeto. La valoración de la importancia de los desenlaces la hicieron los autores y no se utilizaron técnicas explícitas de análisis de decisiones en las que se comparan riesgos-costos y utilidades.

Metodología: La evidencia se obtuvo mediante la búsqueda exhaustiva en bases de datos especializadas, realizada por el epidemiólogo asesor metodológico, orientada por una serie de preguntas relacionadas con la promoción, la prevención, el diagnóstico, el tratamiento y la rehabilitación de la neurotoxicidad central y/o periférica asociada con la exposición ocupacional a BTX-EB, formuladas por el equipo de trabajo. Los artículos se clasificaron de acuerdo con: el tipo de estudio, la calidad del artículo, el

nivel de evidencia que aportaba, y finalmente se evaluaron con base en la lista de chequeo ajustada para este fin (véase diagrama de flujo 1 y Apéndice 1). Luego, en trabajo conjunto con todos los miembros del equipo, se realizó una valoración de dichas calificaciones.

Beneficios, riesgos y costos: Con la implementación de esta guía se obtendrán beneficios para los empleadores y los trabajadores, principalmente desde el punto de vista preventivo, logrando una disminución en la incidencia y en la prevalencia de los desenlaces asociados con la exposición a BTX-EB. Así mismo, permitirá unificar las estrategias de tratamiento y contribuirá a aclarar la magnitud del problema, por medio de la homogenización del registro de los casos de intoxicación con estas sustancias. Con todos esos aspectos, junto con la corrección de las condiciones generadoras del riesgo e incentivando el reintegro laboral temprano, se logrará contribuir directamente a reducir los costos por carga de enfermedad en el sistema de salud colombiano.

Los riesgos que pueden derivarse de la aplicación de la guía se relacionan con la toma de muestras biológicas para la medición de los metabolitos de los BTX-EB.

Aunque un estudio formal de las consecuencias de implementar la guía, en cuanto a los costos y el impacto, trasciende al presente ejercicio, se cree que los costos que se puedan derivar de ello, se relacionan directamente con la verificación de la adherencia a las recomendaciones por parte de la población usuaria, la evolución de las condiciones ambientales, implementación de los controles, principalmente los de ingeniería y de los programas de vigilancia médica que se recomiendan y que involucran la participación activa de profesionales de varias disciplinas y de los trabajadores (incluye la capacitación y actualización). Adicionalmente, se derivan de la búsqueda activa de casos para la intervención precoz y oportuna, así como de la aplicación de las opciones terapéuticas. También se impactarán los costos del sistema por la implementación de programas de rehabilitación integral.

Diagramas de flujo de la intervención ambiental y vigilancia médica: Véase diagramas de flujo 2, 3 y 4 más adelante.

Recomendaciones: La totalidad de las recomendaciones se presenta resumida en el numeral 5.3 y de manera detallada en el capítulo 7 de este documento.

Validación: El proceso de validación de la guía se realizó mediante la revisión por pares externos y de una reunión de discusión pública que se llevó a cabo el 28 de noviembre de 2007, en la ciudad de Bogotá. El documento de la guía preliminar GATISO BTX-EB junto con el instrumento para su evaluación, fue remitido a los diferentes actores del SSSI, al igual que a las asociaciones y sociedades científicas y profesionales relacionadas con la temática objeto de la guía, universidades, agremiaciones, centrales obreras y sindicatos, empresas y profesionales independientes, con un plazo de 10 días para realizar la retroalimentación.

Las observaciones de los evaluadores de los dos procesos, fueron analizadas y discutidas y su inclusión fue definida en la Guía por el grupo de trabajo y la

interventoría. Aquellas recomendaciones que fueron acogidas se sometieron al proceso metodológico descrito anteriormente.

Patrocinador: Este proyecto fue financiado en su totalidad por el Fondo de Riesgos Profesionales del Ministerio de la Protección Social. El interventor del contrato por parte del Ministerio fue Francisco José Tafur Sacipa.

CONFLICTO DE INTERÉS

Los conflictos de interés se presentan cuando un autor o las instituciones a las que esté afiliado tienen relaciones económicas o personales que influyen inadecuadamente (sesgan) sus juicios o acciones, y existen independientemente de que el individuo en cuestión crea que las mencionadas relaciones pueden afectar o no su juicio. Estos conflictos son inevitables en la práctica y rara vez descalifican a un autor para participar en el desarrollo de un trabajo como el de la presente Guía, por lo que no se aspira a eliminarlos, pero se considera que es importante advertir a los lectores sobre cualquier conflicto potencial.

En consecuencia, a todos los involucrados en el proceso de creación de la Guía se les pidió hacer explícitas todas las relaciones que puedan ser origen potencial de conflictos de interés mediante el diligenciamiento del formato correspondiente.

El resultado de la indagación a cada uno de los autores se presenta en el siguiente cuadro

| Autores y asesores | a | b | c | d | e | f | g |
|---------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Edgar Velandia Neira | X | | | | | | X |
| Marco Aurelio Venegas Mariño | X | | | | | | X |
| Melba Vélez Osorio | | | | | | X | X |
| Jose Manuel López Camargo | | X | | | | X | X |
| Alvaro de Jesús Araque García | X | | | | | X | X |
| Bertha Eugenia Polo Alvarado | | | | | | | |
| Oscar Nieto Zapata | | | | | | X | X |
| Jorge Humberto Mejía | X | | | | | | X |
| Martha Beatriz Delgado Ramírez | | | | | | | |

En la tabla anterior se marca con X las respuestas afirmativas que cada uno de los autores declaró como posible conflicto de intereses.

- a. En los últimos cinco años he tenido actividad clínica o profesional que incluye pacientes con la patología o sitios de trabajo en los que existe el factor de riesgo objeto de la Guía.
- b. Tengo publicaciones científicas, actividad investigadora o de consultoría en curso, en el campo del objeto de la presente Guía (con independencia del origen de su financiación).
- c. En los últimos cinco años he aceptado financiación o patrocinio de una organización que se pueda beneficiar de los resultados de esta Guía.
- d. En los últimos cinco años he sido empleado de una organización que se pueda beneficiar de los resultados de esta Guía.
- e. Poseo acciones de bolsa, bonos, etc., de una organización que se puede beneficiar de los resultados de esta Guía.
- f. Soy autor o coautor de alguno de los estudios mencionados en las referencias de la Guía.
- g. En consecuencia declaro que tengo un conflicto de interés potencial.

INTRODUCCIÓN

La toxicidad de los disolventes orgánicos y de los aromáticos en particular (tolueno, xileno, benceno, etc.) es ampliamente reconocida en la literatura desde hace varias décadas (Hogstedt C., Lundberg L. 1992, LaDou J, 2006).

Los hidrocarburos aromáticos tienen propiedades especiales asociadas con el anillo del benceno, el cual posee seis grupos de carbono-hidrógeno unidos a cada uno de los vértices de un hexágono. Los enlaces del anillo presentan características intermedias, entre los enlaces simples y los dobles. Los derivados del benceno se obtienen por sustitución de uno o varios átomos de hidrógeno por un elemento univalente o un grupo (Guía de Hidrocarburos Aromáticos. Enciclopedia de la OIT 2001).

Las moléculas de los hidrocarburos aromáticos están formadas por uno o más anillos de benceno y pueden considerarse derivados de este, si: 1. Poseen un solo anillo con sustitución de los átomos de hidrógeno por radicales de hidrocarburos alifáticos. Este grupo de compuestos se conoce con el nombre de homólogos del benceno que incluyen: tolueno, xileno, etilbenceno, que en adelante se denomina grupo BTX-EB. 2. Resultan de la unión de dos o más anillos de benceno mediante cadenas alifáticas u otros radicales intermedios. Ejemplo: difenilos, terfenilos, etc. 3. Resultan de la condensación de varios anillos de benceno, como los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP), polinucleares o poliaromáticos, los cuales tienen tres o más anillos de benceno en su estructura. Ejemplos naftaleno, antraceno, benzopireno, etc (Enciclopedia OIT 2001).

La toxicidad de los disolventes orgánicos afecta a los sistemas linfático, hematopoyético, hepático, renal y nervioso, además de causar efectos irritantes inmediatos sobre la piel y las mucosas (Chen R., *et al.*, 2001). De este conjunto de efectos, aquellos que se presentan sobre el sistema nervioso parecen ser los más conspicuos y probablemente, los que más rápidamente se pueden detectar en situaciones de exposición continuada o crónica.

La gran mayoría de los disolventes orgánicos tienen la característica de causar trastornos no específicos del sistema nervioso (SN), debido a su liposolubilidad (LaDou J, 2006). Sin embargo, a pesar de la evidencia de los efectos, la estimación de la dosis o el tiempo que se requiere para que aparezca una enfermedad no ha sido adecuado, ya que casi siempre aparecen elementos difusos de juicio clínico, de un modo paulatino y gradual (Cassarett and Doull's, 1996).

Las estrategias de prevención y control involucran acciones de ingeniería, administrativas e individuales y requieren del trabajo interdisciplinario así como la actualización permanente del conocimiento.

Esta guía constituye fundamentalmente una herramienta para la toma de decisiones frente a la neurotoxicidad central y/o periférica, asociadas con la exposición laboral a benceno, tolueno, xileno y etilbenceno (BTX-EB) en la cual se recomiendan cursos de acción óptimos y eficientes (pasos críticos), pero no se definen niveles mínimos de desempeño, ni se formulan programas o políticas. Esta guía contribuye a los procesos de determinación del

origen y calificación de pérdida de la capacidad laboral, pues no define metodologías o procedimientos pertinentes a tal fin. Dado que las recomendaciones fueron emitidas con base en la mejor evidencia disponible, no adoptarlas debería tener una justificación suficientemente sustentada.

Se espera que el seguimiento de las recomendaciones por parte de los profesionales a quienes va dirigida la guía, permita mejorar la consistencia y la calidad de la atención que se les brinda a los trabajadores, así como la eficiencia y efectividad de la utilización de los recursos y contribuya a reducir la brecha entre la producción del conocimiento y su utilización en la prevención.

1. OBJETIVO

Emitir recomendaciones basadas en la evidencia para el manejo integral (promoción, prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación) de la neurotoxicidad central y/o periférica asociada con la exposición ocupacional a benceno, tolueno, xileno y etilbenceno (BTX-EB).

2. METODOLOGÍA

2.1 Descripción del proceso

Se partió de la selección del equipo técnico para la construcción de la guía. Una vez integrado este equipo se procedió a su estandarización en la metodología de medicina basada en la evidencia por parte de los asesores metodológicos de la Unidad de Epidemiología Clínica de la Universidad Javeriana, con quienes posteriormente se inició la formulación de las preguntas y el abordaje de la guía. Al concluir la construcción de las preguntas, se procedió a la búsqueda de la evidencia científica de manera simultánea con la construcción del marco conceptual. Cada uno de los autores temáticos se encargó de calificar la evidencia con base en la metodología proporcionada por el grupo de asesores metodológicos. Posteriormente, en reuniones de trabajo se discutieron los criterios de calificación de la evidencia y se realizó la evaluación. Para los casos en los que la evidencia no fue suficiente, se estableció consenso entre el grupo de trabajo, basado en la experiencia de cada uno de sus miembros.

2.2 Descripción de la estrategia empleada para formular las preguntas de la Guía

Se elaboró un documento técnico-metodológico de estandarización, donde se definió el abordaje de la Guía como una guía de atención integral. Con base en esto y con el acompañamiento de los asesores metodológicos se procedió a elaborar un listado exhaustivo de preguntas relacionadas con el agente, el hospedero o anfitrión y el ambiente, con base en el modelo de la historia natural de la enfermedad de Leavell y Clark y teniendo en cuenta el quehacer de los usuarios de la Guía. Una vez definidas las preguntas, se procedió a buscar la evidencia disponible para cada una de ellas.

2.3 Descripción de las estrategias utilizadas para buscar la evidencia

Para la identificación de los estudios relevantes para esta guía de atención integral, fueron consultados MEDLINE a través de PUBMED y las siguientes bases de datos de la biblioteca Cochrane: CDSR (Cochrane Database of Systematic Reviews), CENTRAL (Cochrane Central Register of Controlled Trials), DARE (Database of Abstracts of Reviews of Effects), HTA (Health Technology Assessment Database), NHS EED (National Health Service Economic Evaluation Database) a través de The Cochrane Library Número cuatro,

2006, y la base de datos Tripdatabase (www.tripdatabase.com) (este motor de búsqueda muy eficiente en la ubicación de guías de práctica clínica y diferentes tipos de publicaciones en unos 45 sitios de alta calidad que recopilan información sobre medicina basada en evidencia). Particularmente se establecieron búsquedas avanzadas que combinaron términos MESH y palabras de texto para identificar la bibliografía relevante. El Apéndice 1 detalla las estrategias de búsqueda avanzadas para PUBMED, las cuales fueron adaptadas para las otras bases de datos.

Todas las búsquedas fueron procesadas a través del manejador de referencias Reference Manager versión 11.0, que permitió eliminar los duplicados.

La búsqueda de guías de práctica clínica en este tema en particular no fue exitosa. La restricción específica por ensayos clínicos (usando el filtro sensible) y revisiones sistemáticas tampoco permitió identificar información relevante para el tema.

Las búsquedas se adelantaron de manera general en la siguiente forma para cada una de las bases de datos mencionadas.

- Benceno, tolueno, xileno y etilbenceno y neurotoxicidad, manifestaciones clínicas, diagnóstico.
- Benceno, tolueno, xileno y etilbenceno y factores de riesgo y pronóstico
- Benceno, tolueno, xileno y etilbenceno y monitoreo ambiental y biológico
- Benceno, tolueno, xileno y etilbenceno y protección, medidas de seguridad, intervenciones de control.

Adicionalmente, los autores incluyeron referencias secundarias identificadas en los estudios encontrados por las búsquedas electrónicas y referencias identificadas a partir de otras fuentes especializadas. La estrategia de búsqueda fue diseñada por expertos en búsqueda de literatura e información biomédica, así como revisiones sistemáticas y guías de práctica clínica.

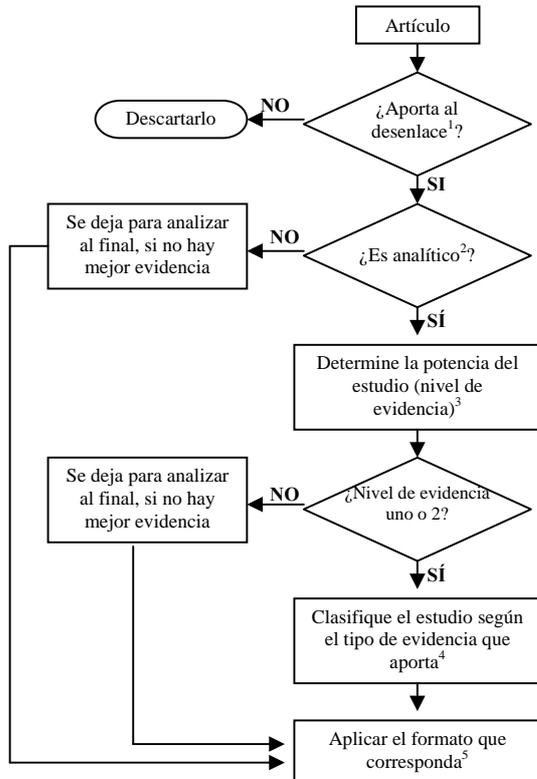
Se revisaron el título y los resúmenes/*abstracts* de cada uno de los documentos que se encontraron, de acuerdo con las preguntas identificadas por los autores, y se seleccionaron aquellos que mejor respondiesen a dichas preguntas. Se tuvo en cuenta el tipo de diseño y criterios usuales de calidad de la evidencia.

Se obtuvieron en total 300 publicaciones, que fueron revisadas para la selección de los artículos y estudios considerados pertinentes. Se revisaron los resúmenes de estos estudios y se obtuvo el artículo original de los artículos de interés. Para emitir las recomendaciones se utilizaron 146 publicaciones.

2.4 Descripción de proceso para seleccionar, revisar y la resumir la evidencia

Para llevar a cabo este proceso se siguió la estrategia presentada en el diagrama 1.

Diagrama de Flujo 1. Análisis de artículos



NOTAS

1 – El desenlace se refiere a la patología de interés.

2 – Se consideran estudios analíticos aquellos en los cuales se comparan dos o más grupos de población para investigar asociación entre variables. Ejemplos de estudios analíticos (se enuncian de menor a mayor potencia): casos y controles, cohortes, ensayos clínicos aleatorizados o experimentales. Si en un estudio de corte transversal (*cross sectional*) se comparan dos grupos de personas (uno con la característica de interés y otro sin ella), se puede incluir en este grupo.

3 – El nivel de evidencia que aporta el estudio lo determina básicamente el diseño del estudio. De menor a mayor: estudio de casos, prevalencia, corte (*cross sectional*), casos y controles, cohortes, ensayo clínico aleatorizado o experimental. El nivel de evidencia se determina de acuerdo con lo establecido en la guía (Véanse las tablas de “Niveles de la evidencia para estudios que evalúan intervenciones” y “Niveles de la evidencia para estudios que evalúan pruebas diagnósticas”).

4 - El tipo de evidencia: se refiere a si el artículo aporta evidencia en causalidad o riesgo, diagnóstico, intervención o pronóstico.

5 – Para los estudios de causalidad o riesgo e intervención, aplica el formato de estudios de prevención o intervención. Para los estudios de diagnóstico (pruebas diagnósticas), aplica el formato del mismo nombre. Para los estudios de pronóstico, aplica el formato de igual denominación.

Fuente: Grupo de Investigación del Subcentro de Seguridad Social y Riesgos Profesionales de la Pontificia Universidad Javeriana, Proyecto Elaboración y Validación de Cinco Guías de Atención Integral de Salud Ocupacional Basadas en la Evidencia, 2007.

2.5 Calificación de la evidencia. Descripción del proceso utilizado por el grupo para emitir las recomendaciones

- **Apreciación crítica:**
 - i. Se utilizó el instrumento estandarizado de evaluación de calidad metodológica desarrollado por el Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIG, disponible en <http://www.sign.ac.uk/methodology/checklists.html>), adaptado por el grupo de trabajo (véase Apéndice 2).
 1. Evaluación de validez interna.
 2. Evaluación de calidad del diseño y de la conducción del estudio.
 3. Determinación de consistencia de resultados, relevancia clínica y posibilidad de generalización.
 - ii. Se elaboraron las tablas de evidencia: resumen de toda la evidencia validada, relacionada con cada pregunta clave.

- iii. Con cada pregunta clave se presenta una síntesis de la evidencia encontrada; de conformidad con el tipo de diseño metodológico y calidad de los estudios que la soportan. Se asignó un nivel de evidencia correspondiente (tablas 1 y 2).

El **nivel de la evidencia** es una calificación de la calidad del conjunto de la evidencia con base en el cual se emite una recomendación. Es necesario hacer hincapié en que lo que se pretende es calificar el conjunto de la evidencia que se logró reunir para emitir una recomendación más que cada uno de los estudios individuales que forman parte de dicha evidencia.

Se han sugerido y utilizado múltiples criterios y escalas para establecer el nivel de la evidencia y el grado de las recomendaciones. Si bien hay marcadas diferencias entre estos sistemas todos ellos tienen el mismo propósito. A continuación se presenta un sistema para calificar el nivel de la evidencia y el grado de las recomendaciones modificado de lo disponible en las siguientes fuentes:

- National Institute for Health and Clinical Excellence. Guideline development methods. Chapter 7: Reviewing and grading the evidence. <http://www.nice.org.uk/page.aspx?o=guidelinstechmanual> (fecha de consulta: febrero 24 de 2006).
- New Zealand Guidelines Group. Handbook for the preparation of explicit evidence-based clinical practice guidelines. www.nzgg.org.nz (fecha de consulta: febrero 24 de 2006).
- Scottish Intercollegiate Guidelines Network. A guideline developer's handbook. <http://www.sign.ac.uk/> (Fecha de consulta: febrero 24 de 2006).

Tabla 1. Niveles de la evidencia para estudios que evalúan intervenciones

| Nivel | Tipo de evidencia |
|-----------------|---|
| 1 ⁺⁺ | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisiones sistemáticas o meta-análisis de ensayos controlados aleatorios (ECA) de alta calidad (muy baja probabilidad de sesgos). ▪ ECA de alta calidad (muy baja probabilidad de sesgos). |
| 1 ⁺ | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisiones sistemáticas o meta-análisis de ensayos controlados aleatorios (ECA) bien conducidos (baja probabilidad de sesgos). ▪ ECA bien conducidos (baja probabilidad de sesgos). |
| 1 ⁻ | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisiones sistemáticas o metaanálisis de ECA o ECA con alta probabilidad de sesgos*. |
| 2 ⁺⁺ | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisiones sistemáticas de alta calidad de estudios de cohorte o de estudios de casos y controles. ▪ Estudios de cohorte o de casos y controles de alta calidad, con muy baja probabilidad de confusión, sesgos o azar y una alta probabilidad de una relación causal. |
| 2 ⁺ | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Estudios de cohorte o de casos y controles bien conducidos, con baja probabilidad de confusión, sesgos o azar y una moderada probabilidad de una relación causal. |

| Nivel | Tipo de evidencia |
|----------------|--|
| 2 ¹ | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Estudios de cohorte o de casos y controles con alta probabilidad de confusión, sesgos o azar y riesgo significativo de que la relación no sea causal*. |
| 3 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Estudios no analíticos (por ejemplo, series o reportes de casos). |
| 4 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Consenso formal, opiniones de expertos. |

* Los estudios con un nivel de evidencia 1¹ y 2¹ no deberían usarse como base para emitir recomendaciones.

Fuente: Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN) <http://www.sign.ac.uk/methodology/checklists.html> adaptado por el Grupo de Epidemiología Clínica de la Facultad de Medicina de la Pontificia Universidad Javeriana, Proyecto Elaboración y Validación de Cinco Guías de Atención Integral de Salud Ocupacional Basadas en la Evidencia, 2006.

Tabla 2. Niveles de la evidencia para estudios que evalúan pruebas diagnósticas

| Nivel | Tipo de evidencia |
|----------------|--|
| 1 ^a | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisión sistemática (con homogeneidad¹) de estudios de nivel 1² |
| 1b | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Estudios de nivel 1² |
| 2 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisión sistemática (con homogeneidad¹) de estudios de nivel 2³ ▪ Estudios de nivel 2³ |
| 3 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Revisión sistemática (con homogeneidad¹) de estudios de nivel 3⁴ ▪ Estudios de nivel 3⁴ |
| 4 | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Consenso formal, opiniones de expertos, experiencia clínica sin evaluación crítica, opiniones con base en fisiología o investigación básica de laboratorio |

¹ Homogeneidad significa que no hay variaciones en la dirección ni en el grado de los resultados entre los estudios individuales incluidos en la revisión, o que estas variaciones son menores.

² Son estudios de nivel 1:

- Los que usaron una comparación ciega de la prueba con un estándar de referencia (patrón de oro),
- En una muestra de pacientes que refleja la población en la que se aplicaría la prueba.

³ Son estudios de nivel 2 los que solo tienen uno de los siguientes defectos:

- Usaron un estándar de referencia pobre (la prueba en evaluación formó parte del estándar de referencia o los resultados de la prueba en evaluación influyeron en la decisión usar el estándar de referencia).
- La comparación entre la prueba y el estándar de referencia no fue ciega.
- Estudios de casos y controles.

⁴ Son estudios de nivel 3 los que tienen más de uno de los defectos mencionados en ³.

Fuente: Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN) <http://www.sign.ac.uk/methodology/checklists.html> adaptado por el Grupo de Epidemiología Clínica de la Facultad de Medicina de la Pontificia Universidad Javeriana, Proyecto Elaboración y Validación de Cinco Guías de Atención Integral de Salud Ocupacional Basadas en la Evidencia, 2006.

2.6 Formulación de recomendaciones con niveles de evidencia y grado de recomendación

El equipo de trabajo técnico encargado de cada una de los tópicos de la guía desarrolló las recomendaciones, teniendo en cuenta la evaluación previa de la evidencia y su experiencia. Cada recomendación venía acompañada de un resumen de la evidencia, el grado de la recomendación y la evaluación crítica de la evidencia. Posteriormente, este texto era revisado por los otros miembros del equipo, quienes se encargaron de retroalimentar el proceso. Una vez se logró el consenso, se establecieron las recomendaciones definitivas con su respectivo soporte. Se integró el documento, fue sometido a la revisión individual de cada uno de los miembros del equipo y en reunión de trabajo se debatieron y se aclararon inquietudes y conceptos. Una vez concluido el proceso se pasó a evaluación final por el equipo asesor metodológico.

Las recomendaciones han sido emitidas por el grupo de trabajo que desarrolló la guía teniendo en cuenta la fortaleza o confianza que se tiene en que, al seguir la recomendación, se logrará más beneficio que daño en los sujetos manejados según las recomendaciones.

Este nivel se refleja en el **grado de la recomendación**, cuya escala se presenta en la tabla 3

Tabla 3. Criterios para la graduación de las recomendaciones

| Grado | Criterio |
|--------------|---|
| A | <p>La recomendación (curso de acción) se apoya en evidencia buena La evidencia consiste en resultados de estudios de diseño adecuado para responder la pregunta de interés. En consecuencia hay razones muy firmes para suponer que los beneficios del curso de acción superan sus riesgos o sus costos.</p> |
| B | <p>La recomendación (curso de acción) se apoya en evidencia regular La evidencia consiste en resultados de estudios de diseño adecuado para responder la pregunta de interés pero hay alguna incertidumbre respecto a la conclusión debido a inconsistencias entre los resultados o a defectos menores, o La evidencia consiste en resultados de estudios con diseño débil para responder la pregunta de interés pero los resultados han sido confirmados en estudios separados y son razonablemente consistentes. En consecuencia hay razones firmes para suponer que los beneficios del curso de acción superan sus riesgos o sus costos.</p> |

| Grado | Criterio |
|--------------|--|
| C | La recomendación (curso de acción) sólo se apoya en evidencia deficiente (consensos u opiniones de expertos) Para algunos desenlaces no se han adelantado estudios y la práctica sólo se basa en opiniones de expertos. |
| I | No se puede emitir una recomendación debido a que no existe ningún tipo de evidencia No hay evidencia, ésta es de mala calidad o muestra gran inconsistencia. En consecuencia no se puede establecer un balance entre los beneficios y los riesgos o los costos del curso de acción. |

Fuente: Scottish Intercollegiate Guidelines Network (SIGN)

<http://www.sign.ac.uk/methodology/checklists.html> adaptado por el Grupo de Epidemiología Clínica de la Facultad de Medicina de la Pontificia Universidad Javeriana, Proyecto Elaboración y Validación de Cinco Guías de Atención Integral de Salud Ocupacional Basadas en la Evidencia, 2006.

Como es obvio, existe una relación directa entre la calidad de la evidencia y la confianza que se tiene al emitir las recomendaciones: si la evidencia es de buena calidad el grupo que elabora la GATISO tiene mayor confianza en sus recomendaciones.

Adicionalmente se tuvieron en cuenta para la emisión de las recomendaciones los posibles beneficios que la aplicación de esta guía, le puedan aportar a los trabajadores y a la productividad del país, así como los siguientes criterios referentes a la pertinencia local y a la equidad:

Los de *pertinencia local*, incluyen la aplicabilidad local, la factibilidad en términos de recursos para su aplicación, la aceptabilidad por parte de los usuarios, la población objeto y los posibles conflictos de interés.

Los de *equidad* contemplaron, la aplicabilidad de la Guía independientemente de la afiliación al Sistema de Seguridad Social, del tamaño de la empresa, del desarrollo del programa de salud ocupacional y del tipo de vinculación laboral.

2.7 Beneficios, riesgos y costos

Con la implementación de esta guía se obtendrán beneficios para los empleadores y los trabajadores, principalmente desde el punto de vista preventivo, con la disminución en la incidencia y en la prevalencia de la neurotoxicidad central y/o periférica secundaria a la exposición ocupacional a disolventes BTX-EB. Igualmente al clarificar y unificar los sistemas de registro, se dispondrá de una estadística real acerca de la magnitud del problema, y al hacer el proceso más estandarizado, se logrará disminuir tiempo y recursos, tanto en la realización de los diagnósticos, como en la decisión terapéutica de cada caso. Con todos esos aspectos, junto con la corrección de las condiciones generadoras del riesgo, se logrará contribuir directamente en la reducción de los costos por carga de enfermedad en el sistema de salud colombiano.

Los riesgos que pueden derivarse de la aplicación de la guía se relacionan con la toma de las muestras para la determinación de los metabolitos de los BTX-EB, el tratamiento y los procedimientos médicos necesarios para la atención de los casos de intoxicación.

Aunque un estudio formal de las consecuencias de implementar la guía, en cuanto a los costos y el impacto, trasciende al presente ejercicio, se cree que los costos que se puedan derivar de ello, se relacionan directamente con la verificación de la adherencia a las recomendaciones por parte de la población usuaria, el monitoreo de las condiciones ambientales, la implementación de los controles, principalmente los de ingeniería y de los programas de vigilancia médica que se recomiendan y que involucran la participación activa de profesionales de varias disciplinas y de los trabajadores (incluye la capacitación y actualización). Adicionalmente, se derivan de la búsqueda activa de casos para la intervención precoz y oportuna, así como de la aplicación de las opciones terapéuticas. También se impactarán los costos del sistema por la implementación de programas de rehabilitación integral.

2.8 Descripción del proceso utilizado para validar las recomendaciones

El equipo de trabajo sometió el documento preliminar de la guía a un debate interno cuyo resultado permitió realizar los primeros ajustes. Simultáneamente se construyó el instrumento de evaluación de la guía, utilizando como modelo la herramienta estandarizada AGREE (Appraisal of Guidelines Research & Evaluation).

El proceso de validación de la guía se llevó a cabo a través de la revisión por pares externos y una reunión de discusión pública de la versión preliminar.

La versión preliminar de la GATISO-BTX-EB junto con el instrumento para su evaluación (apéndice 3), se remitió a los diferentes actores del Sistema de Seguridad Social Integral, al igual que a las asociaciones y sociedades científicas y profesionales relacionadas con la temática objeto de la guía, universidades, agremiaciones, centrales obreras y sindicatos, empresas y profesionales independientes, para su revisión. Se otorgó un plazo de 10 días para su retroalimentación.

En las reuniones de discusión pública, el documento se sometió a un proceso de evaluación de sus contenidos y de su validez aparente.

Las observaciones de los participantes fueron analizadas, discutidas y definida su inclusión en la guía por el grupo de trabajo y la interventoría. Aquellas recomendaciones que fueron acogidas se sometieron al proceso metodológico descrito anteriormente.

2.9 Seguimiento y actualización de la Guía

El mecanismo de la auditoría para verificar la adherencia de los usuarios a las recomendaciones, durante el tiempo de vigencia de la Guía (4 años), será establecido por el Ministerio de la Protección Social, al igual que el modo de actualización.

El mecanismo de actualización debe iniciarse con anticipación a la fecha de vencimiento, utilizando los resultados obtenidos de la aplicación del instrumento de seguimiento y la revisión por parte de expertos convocados por el Ministerio de la Protección Social. Posteriormente estas conclusiones se deberán someter a consenso de expertos para establecer la necesidad y los puntos o aspectos a modificar, o actualizar.

3. POBLACIÓN USUARIA

La Guía está destinada principalmente a profesionales especialistas de salud ocupacional y áreas afines, su uso también se extiende a los profesionales de la salud médicos del trabajo, médicos generales o especialistas y otros profesionales que tienen cabida dentro del sistema de seguridad social integral.

4. POBLACIÓN OBJETO

Aquella población trabajadora afiliada o no al Sistema de Seguridad Social Integral y quien, en virtud de la actividad desempeñada, puede encontrarse en riesgo de desarrollar neurotoxicidad central y/o periférica inducida por la exposición laboral presente, pasada y futura a disolventes BTX-EB.

5. RESUMEN DE LAS RECOMENDACIONES

5.1 Abordaje sistemático de la evaluación ambiental a riesgos químicos

5.1.1 Proceso sistemático para la identificación, evaluación y control de la exposición ocupacional a riesgos químicos en ambientes de trabajo

La evaluación de los riesgos originados por exposición a sustancias químicas, tiene por objeto obtener información suficiente y necesaria para tomar una decisión apropiada sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas.

La primera etapa del proceso de evaluación consiste en *identificar* las sustancias químicas presentes en el ambiente de trabajo en forma de materia prima, producto intermedio, producto final, residuo, impurezas, al igual que las actividades en las cuales los trabajadores se ven expuestos y su vía potencial de ingreso (inhalatoria, dérmica, parenteral, digestiva etc.), en tal sentido los siguientes subprocesos constituyen la base para el desarrollo de la recomendación 7.1.1 de esta guía:

- Inventario de sustancias químicas: Identificar la presencia de la totalidad de las sustancias químicas en el lugar de trabajo, en términos de características físicas y químicas, denominación, estado físico, naturaleza toxicológica, etc.
- Inventario de procesos. Analizar la forma de producción, disposición, uso de la sustancia con relación al proceso productivo, procesos intermedios, procesos de mantenimiento y apoyo etc.
- Circunstancias de exposición de la fuerza laboral: Establecer en qué circunstancias o de qué forma se pueden exponer los trabajadores a los riesgos químicos. Incluir información sobre los hallazgos en salud y patologías relacionadas con el efecto tóxico de los agentes, en especial los del grupo BTX-EB.
- Identificación de mecanismos de control en uso: Disponer de un listado de los controles implementados o establecidos por la empresa en la fuente, en el medio y en el receptor, que tienen por objeto mitigar el impacto de las sustancias químicas en el ambiente de trabajo.

De identificarse la presencia de uno o más agentes químicos, se deberá proceder a evaluar los riesgos originados por aquellos que no haya sido posible evitar, determinando la naturaleza, el grado y la duración de la exposición de los trabajadores. La *valoración subjetiva*, constituye un proceso de categorización preliminar del riesgo químico, basado en tres elementos constitutivos entre sí: información sobre la sustancia, vías de ingreso y magnitud de la exposición.

La valoración subjetiva por vía inhalatoria (recomendación 7.1.2.) considerará entonces:

- Valoración de la peligrosidad intrínseca de la sustancia, basados en la información de la toxicidad, y factores de riesgos adicionales suministrados por fuentes de información adecuadas, como hojas de datos de seguridad química (MSDS), las frases de riesgo (R) establecidas por la Comunidad Europea (CE) y literatura especializada.

- Valoración de vía de ingreso mediante el análisis de la probabilidad de ingreso de la sustancia analizada considerando las circunstancias de exposición (Por ejemplo, pulverulencia - capacidad para formar polvo- del material particulado, volatilidad de líquidos, presiones de vapor de sustancias químicas, etc.), factores de co-exposición y posible sinergia.
- Valoración de cantidades usadas o producidas.

La *valoración subjetiva*, por *vía dérmica* (recomendación 7.1.3) considerará:

- La severidad del efecto tóxico de la sustancia o peligrosidad intrínseca del agente basados en la información de la toxicidad e información suministrada por las MSDS de los agentes del grupo BTX-EB, las frases de Riesgo R establecidas por la Comunidad Europea (CE) .
- La extensión y parte del cuerpo afectada.
- El tiempo de exposición.

La *evaluación subjetiva* contempla los aspectos en forma conjunta y no considerando cada aspecto por separado y servirá para determinar el perfil de exposición. Esta evaluación deberá extenderse a cada uno de los puestos de trabajo, habituales y ocasionales de la empresa en que concurra un riesgo potencial por exposición a sustancias químicas. Para el caso de que el perfil de exposición sea concluyente, el profesional encargado deberá acreditar y justificar la no necesidad de iniciar un proceso de evaluación objetiva de la exposición al riesgo higiénico químico y emprender las medidas necesarias para mitigar el impacto de la sustancia en los trabajadores. En caso de no ser concluyente y de acuerdo con los niveles de riesgo cualitativos encontrados, se sugiere iniciar un proceso de *valoración objetiva* que permita establecer con niveles de confianza adecuados la exposición de trabajadores a sustancias químicas, considerando los siguientes aspectos, debidamente indicados en las recomendaciones 7.1.4, 7.1.5, 7.1.6, 7.1.7, 7.1.8, 7.1.9, 7.1.10 y 7.2.1 de esta guía:

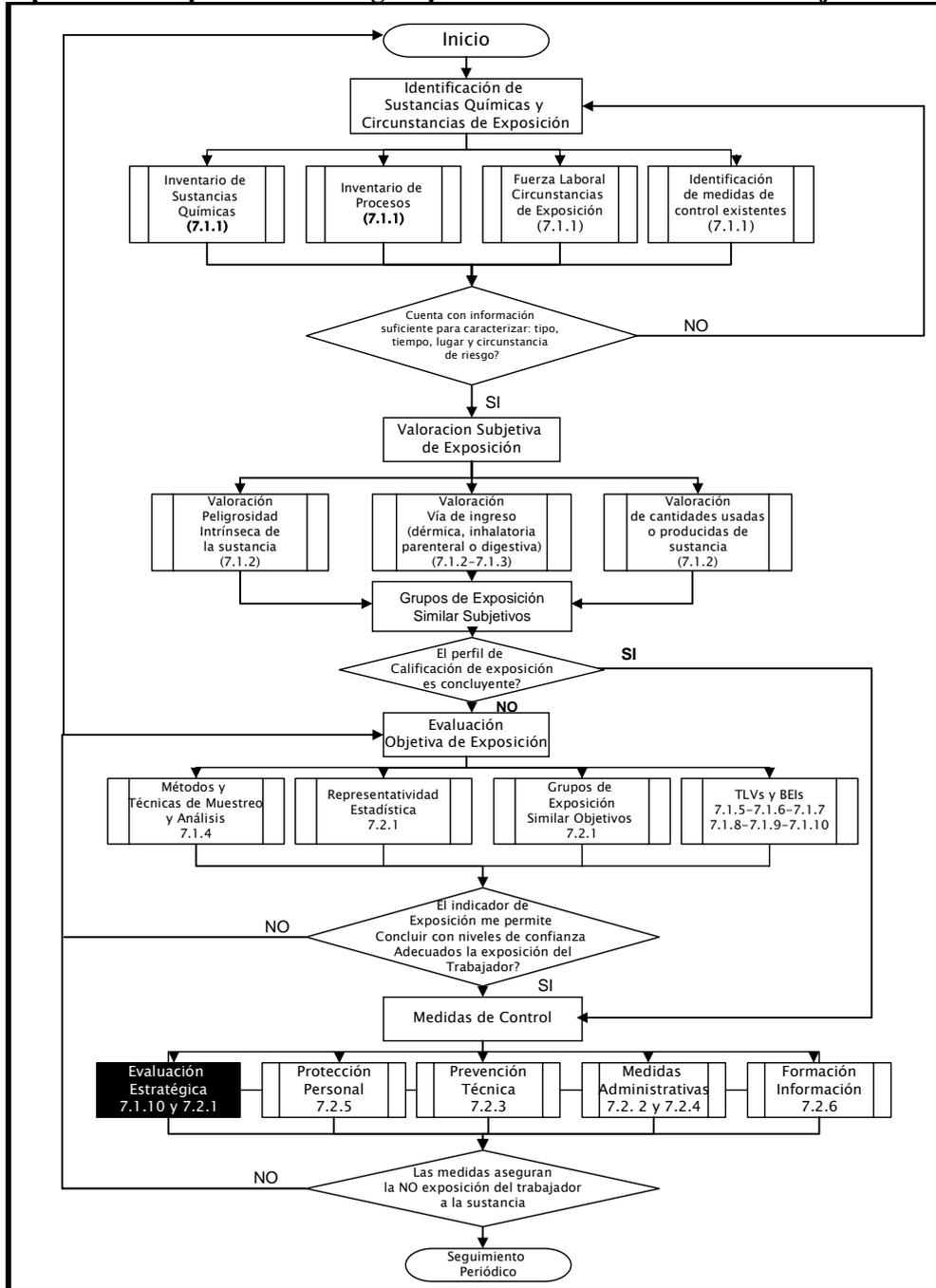
- Métodos de evaluación y técnicas de análisis; evaluación crítica de la sustancia en términos de exactitud y precisión tanto de método de muestreo como de técnica analítica (véase recomendación 7.1.4).
- Representatividad estadística: Análisis de los resultados encontrados en términos de confianza y representatividad (véase recomendación 7.2.1).
- Grupos de exposición similar: Estimación de la necesidad en términos de conveniencia de un abordaje del riesgo químico mediante la organización de las circunstancias de exposición y los niveles de riesgo subjetivos y objetivos (véase recomendación 7.2.1).
- Valores límite permisibles (TLV) e índices de exposición biológica (BEI): Estudio crítico de los valores límite umbral a nivel ambiental y biológico de las sustancias químicas que tienen fijado un referente; el análisis incluirá la necesidad de valorar la exposición en términos de dosis de exposición y considerara valoraciones actualizadas a nivel de nuevos hallazgos toxicológicos (Véase recomendaciones 7.1.5,/ 7.1.6/ 7.1.7 / 7.1.8 / 7.1.9 y 7.1.10)

Valorar riesgo químico de forma objetiva permitirá establecer jerarquías de *intervención* o plantear necesidades de gestión del riesgo a la luz de la administración integral de las exposiciones ocupacionales. Recomendaciones 7.1.10/ 7.2.2 / 7.2.3 / 7.2.4 / 7.2.5 de esta guía:

- Formación e información de los trabajadores que permita fomentar una cultura preventiva a partir del principio del Derecho a Saber (Véase recomendación 7.1.1), establecer y mantener un programa de educación integral en riesgo químico (Véase recomendación 7.2.5).
- Criterios de control: Como medidas de primer orden, la eliminación o la sustitución de agentes del grupo BTX-EB y sustancias cancerígenas (benceno), sensibilizantes y mutagénicas (Véase recomendación 7.2.2).
- Prevención técnica: Análisis de sistemas de control en fuente y medio mediante el uso de técnicas apropiadas (Véase recomendación 7.2.2).
- Medidas de control sobre el receptor (trabajador) por: Intervenciones Administrativas, o disminución de los ciclos de trabajo (Véase recomendación 7.2.3).
- Protección Personal: Medida de tercer nivel de intervención que solo deberán utilizarse cuando existan riesgos para la salud de los trabajadores que no hayan podido evitarse o limitarse suficientemente por medidas técnicas o mediante métodos o procedimientos de organización del trabajo (Véase recomendación 7.2.4).

Evaluación Estratégica: La estrategia para el control de la exposición ocupacional a riesgos químicos constituye una herramienta de gestión para garantizar que las exposiciones ocupacionales se administren de forma eficiente y efectiva (Véase pregunta 7.2.1 y el Diagrama de Flujo 3 de higiene ocupacional).

Diagrama de Flujo 2. Abordaje sistemático para la identificación, evaluación y control de la exposición ocupacional a riesgos químicos en ambientes de trabajo



Fuente: Grupo de Investigación del Subcentro de Seguridad Social y Riesgos Profesionales de la Pontificia Universidad Javeriana, Proyecto Elaboración y Validación de Guías de Atención Integral de Salud Ocupacional Basadas en la Evidencia, 2007.

5.1.2 Estrategia para el control de la exposición ocupacional a riesgos químicos

La presente sugerencia ofrece un marco metodológico que permite soportar y gestionar todos los elementos funcionales de la higiene ocupacional dirigidos a establecer acciones permanentes en la empresa con el fin de garantizar la efectividad de medidas preventivas. Constituye un complemento del proceso de identificación, evaluación y control del riesgo químico

La estrategia es de carácter cíclico y por lo tanto para utilizarla de forma eficaz se debe garantizar su desarrollo mediante procesos de mejora continua. Como objetivos prioritarios la estrategia busca permitir la construcción de historias higiénico ocupacionales, canalizar los recursos destinados a prevención hacia los riesgos que potencialmente afectan a más trabajadores o los afectan de forma más agresiva y promover la integración del enfoque sinérgico de los riesgos.

Los componentes básicos de la metodología se indican a continuación:

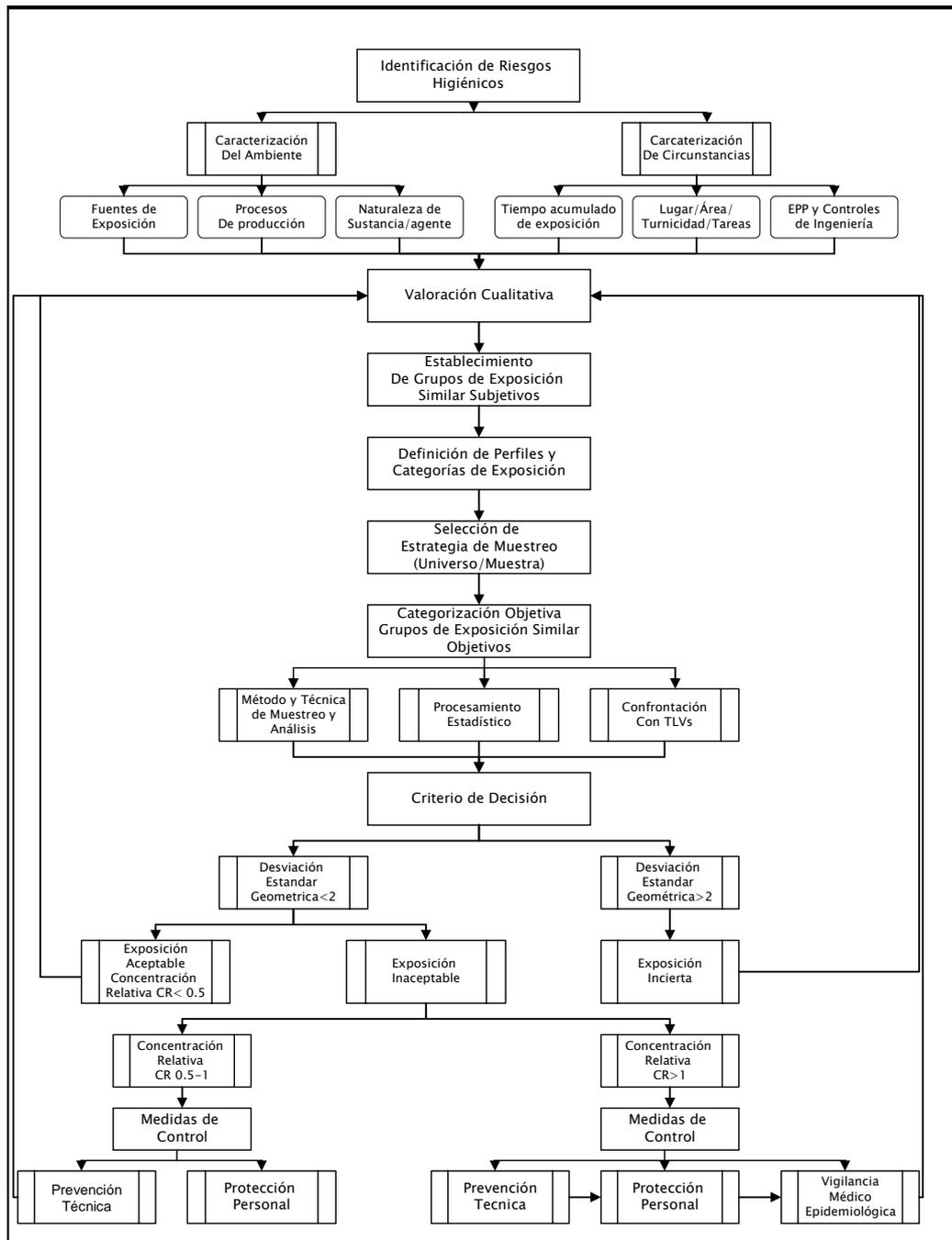
Inicio: Establecimiento de estrategia de evaluación de la exposición a riesgos químicos.

Caracterización básica: Consecución de información suficiente para caracterizar el ambiente de trabajo, la fuerza laboral y los agentes u sustancias de riesgo.

Evaluación de la exposición: Evaluación de las exposiciones en el lugar de trabajo a la luz de la información disponible del mismo, la fuerza laboral y los agentes y sustancias de riesgo. La evaluación incluye a) agrupación de trabajadores que comparten exposiciones similares, b) definición de perfiles de exposición a los grupos de trabajadores similarmente expuestos y c) criterios de decisión acerca de la aceptabilidad del perfil de exposición de cada Grupo de Exposición Similar.

Medidas de control y vigilancia: Implementación de controles efectivos bajo un esquema de priorización sobre la base de exposiciones inaceptables.

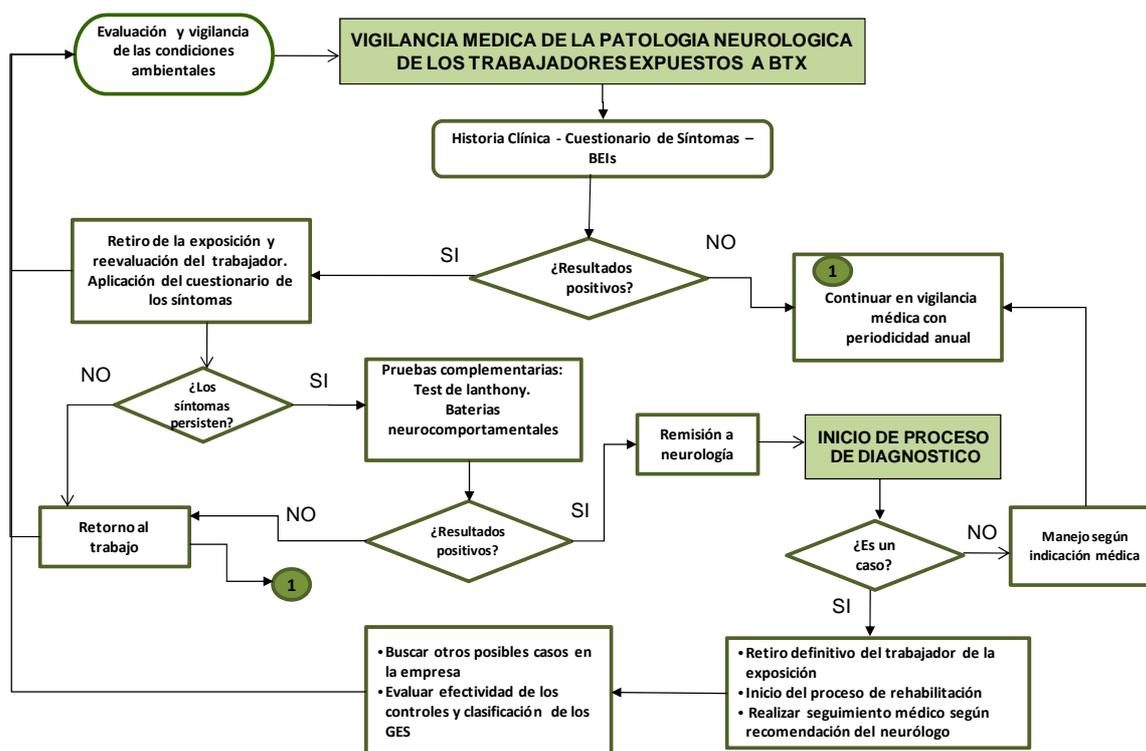
Diagrama de flujo 3. Estrategia para el control de la exposición ocupacional



Fuente: Grupo de Investigación del Subcentro de Seguridad Social y Riesgos Profesionales de la Pontificia Universidad Javeriana, Proyecto Elaboración y Validación de Guías de Atención Integral de Salud Ocupacional Basadas en la Evidencia, 2007.

5.2 Vigilancia Médica

Diagrama de flujo 4. Algoritmo para la vigilancia médica y el diagnóstico de patología neurológica por exposición a BTX-EB



Fuente: Grupo de Investigación del Subcentro de Seguridad Social y Riesgos Profesionales de la Pontificia Universidad Javeriana, Proyecto Elaboración y Validación de Cinco Guías de Atención Integral de Salud Ocupacional Basadas en la Evidencia, 2007.

5.3 Resumen de las recomendaciones

- Las actividades mínimas que deben realizarse para identificar anticipadamente la presencia de agentes químicos del grupo BTX-EB son: elaborar un inventario detallado de los disolventes aromáticos del grupo BTX-EB ya sea en materia prima, producto intermedio, mezclas. Obtener productos finales o residuos e incluir otras sustancias o agentes químicos; caracterizar dichas sustancias en cuanto a su presentación y uso, así como en lo relacionado con las propiedades fisicoquímicas, utilizando las diferentes fuentes de información, como las *hojas de datos de seguridad de materiales* (MSDS en inglés), los registros de la Agencia Internacional para Investigación de Cáncer (IARC en inglés), de la Agencia de protección Ambiental (EPA en inglés), del Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH en inglés) y de la Organización

Mundial de la Salud (OMS); conocer el proceso productivo, las operaciones y las etapas del proceso en las cuales se utilizan los BTX-EB, así como los oficios involucrados. Identificar las circunstancias de exposición, y las características de la fuerza laboral; disponer de la información técnica de dichos agentes, clarificar las circunstancias de exposición y conocer de los sistemas de control existentes.

- El método recomendado para evaluar cualitativamente la exposición aérea a los agentes del grupo BTX-EB; valorar subjetivamente el riesgo por su potencial exposición y establecer las medidas necesarias para el control de la operación específica, es el "International Chemical Control Toolkit" o "Caja de Herramientas de Control Químico" de la Organización Internacional del Trabajo (OIT).
- Para estimar la exposición de los trabajadores a los agentes del grupo BTX-EB, por vía dérmica, se recomienda, el modelo propuesto por el Instituto Nacional Francés para la Investigación de la Seguridad (INRS por sus siglas en francés).
- Para el muestreo y análisis de los agentes contaminantes del grupo BTX-EB presentes en el aire del ambiente de trabajo, se recomienda utilizar el método de análisis NIOSH para hidrocarburos aromáticos No 1501 que incluye el perfil de valoración para los compuestos del grupo BTX-EB (Benceno, tolueno, o-xileno, m-xileno, p-xileno y etilbenceno). Este método es aplicable a muestras en que estos compuestos están presentes solos o en mezclas.
- Se recomienda utilizar los valores límite permisibles (TLV) establecidos por la Conferencia Americana Gubernamental de Higienistas Industriales (ACGIH). Cuyo TLV –TWA para el 2007 para cada sustancia es: Benceno 0,5 ppm, xileno 100 ppm, tolueno 20 ppm. y etilbenceno, 100 ppm.
- Se recomienda utilizar los siguientes índices de exposición biológicos (BEI) vigentes de la ACGIH (2007) para los agentes químicos del grupo BTX-EB, así: benceno: ácido S-fenilmercaptúrico en orina; ácido t-t-mucónico en orina. Tolueno: o-cresol en orina; ácido hipúrico en orina, tolueno en sangre. Xilenos: ácidos metilhipúricos en orina. Etilbenceno: suma de ácido mandélico y ácido fenil glioxílico en orina; etilbenceno en la última fracción de aire exhalado.
- Cuando se presentan jornadas diarias de más de 8 horas de trabajo y mayores a 40 horas a la semana, se recomienda utilizar el modelo de la reducción del VLP, mediante la aplicación de un modelo matemático Brief y Scala.
- Cuando se presenta exposición simultánea a dos o más sustancias con efectos aditivos comprobados, para calcular la exposición se recomienda utilizar la fórmula que relaciona la concentración de cada contaminante con su respectivo VLP, mostrada en la recomendación 7.1.8.
- Para aplicar los valores límite permisibles o VLP para los agentes del grupo BTX-EB (tomando en cuenta que dado que el benceno es cancerígeno), se recomienda el uso de la escala combinada de rangos de exposición (AIHA, 2006, Rock J, 1995), para establecer los criterios de acción tendientes hacia el control de la exposición de dichos agentes.
- Se recomienda establecer un plan de evaluación paralelo a las categorías de exposición a partir de la propuesta de J. Rock. El establecimiento de los sistemas de control debe apoyarse en el orden de prioridades por grado de riesgo

- Para mantener vigilada la exposición de los trabajadores a los BTX-EB y validar los resultados de la evaluación de exposición se recomienda utilizar la estrategia de Grupos de exposición Similar (GES).
- La exposición de los trabajadores a agentes del grupo BTX-EB, por cualquier vía debe ser controlada cuidadosamente para mantener los niveles del agente tan bajos como sea posible por debajo del VLP, utilizando preferiblemente las medidas de control en la fuente, por eliminación o sustitución del agente peligroso. Si lo anterior no es posible, se deben implementar medidas de intervención en el orden siguiente: medio, y en el receptor
- Para el control de la exposición a los agentes del grupo BTX-EB en los lugares de trabajo, se recomienda tener en cuenta los siguientes criterios:
 - La política de la empresa debe orientarse a utilizar tecnologías limpias y definir estándares de calidad en la adquisición de materias primas no peligrosas para la salud y el medio ambiente.
 - Las medidas de prevención y control técnico y de higiene, deben priorizarse en el orden siguiente: Control en la fuente, en el medio de propagación y finalmente en el receptor o sea en el trabajador expuesto.
- Para controlar y reducir la exposición a los agentes del grupo BTX-EB, se recomienda prioritariamente eliminar o sustituir el agente por uno menos peligroso o menos tóxico o modificar el proceso para reducir los niveles de exposición.
- Intervención en el medio. Implementar sistemas de control de ingeniería (automatización, separación, aislamiento, encerramiento y sistemas de ventilación exhaustiva) acordes a los agentes de riesgo y procesos.
- Intervenciones en el receptor. Establecer medidas administrativas de control tendientes a disminuir la exposición de los trabajadores, prácticas de trabajo seguras, uso de sistemas de protección personal y programas de educación de los trabajadores.
- Para efectos de la selección, el desarrollo de programas de protección respiratoria y recambios de los respiradores para vapores del grupo BTX-EB se recomienda tener en cuenta los códigos de regulación establecidos por OSHA 29 CFR 1910.134 y el “Final Rule on Assigned Protection Factors for Respirator”, de agosto de 2006. Para el benceno se recomienda aplicar el estándar OSHA 29 CFR 1910.1028.
- Para protección respiratoria se recomienda únicamente el uso de respiradores para disolventes que posean el etiquetado de aprobación NIOSH/MSHA. Todos los filtros de los respiradores se deben sustituir siempre que se deterioren o cuando cumplan el tiempo de vida útil, aplicando los criterios de recambio establecidos en el programa de protección respiratoria.
- Para seleccionar apropiadamente la ropa de protección química (RPQ) para el trabajo con los agentes químicos del grupo BTX-EB, se recomienda aplicar la guía NIOSH 1990 y lo establecido en el documento *Recommendations for Chemical Protective Clothing* NIOSH 1999.
- Los elementos de protección personal recomendados deben incluir: dispositivos mecánicos para manipulación (pinzas y canastos); ropa de trabajo (RPQ) según las características de la tarea, como delantales, máscaras, gafas de seguridad, protección para la cabeza, botas y guantes protectores elaborados en el material que cumpla las especificaciones de resistencia a los agente de interés.

- Se recomienda aplicar las normas OSHA para guantes CFR.1910.138 y para protección de ojos y cara: 29CFR1910. 133.
- Todos los trabajadores expuestos de manera directa o en los que se sospeche la exposición ocupacional a benceno, tolueno, etilbenceno y xileno (BTX-EB) (incluyen todos los trabajadores que realizan actividades y tareas relacionadas con los usos del producto que se relacionan en la tabla 11 del resumen crítico de la evidencia de la recomendación 7.1.1) deben ser evaluados e incluidos en los programas de vigilancia médica. También se incluirán todos los trabajadores que de acuerdo con la evaluación de riesgo, pueden estar en contacto indirecto con estos productos, teniendo en cuenta las propiedades físico-químicas de los BTX-EB. Se recomienda que esta evaluación debe hacerse por un profesional experto en evaluación de riesgo. Se deben incluir además aquellas actividades en las que se sospeche la presencia de estos disolventes.
- La evaluación y vigilancia médica de trabajadores potencialmente expuestos a BTX-EB se debe realizar desde el preingreso, mantenerse durante todo el tiempo de la exposición y hasta su retiro. En el caso de la exposición a Benceno, la vigilancia debe prolongarse hasta después de finalizar la exposición, dado el efecto carcinogénico de éste elemento.
- Se recomienda tener en cuenta la exposición acumulada por trabajos previos, para evaluar el riesgo en el presente o para trabajos futuros que involucren el manejo de la misma clase de solventes.
- La vigilancia para los trabajadores a riesgo de desarrollar neurotoxicidad por los agentes BTX-EB, debe incluir evaluación médica con examen dérmico, respiratorio y neurológico general. Pruebas de laboratorio, que incluyen Indicadores Biológicos de Exposición. Aplicación de Test de síntomas neurotóxicos (Q16). Baterías neurocomportamentales, o evaluaciones de dominio funcional, (Neurobehavioral Core Test Battery – NCTB-, EUROQUEST, ATSDR). Pruebas de función auditiva. Pruebas de Discriminación de Color.
- Los factores de riesgo relacionados con el trabajador incluyen: Uso de sustancias psicoactivas (Consumo de licor, hábito de fumar, consumo de otras drogas), sexo, estado nutricional (sobrepeso y obesidad), antecedentes de exposición a mezcla de BTX-EB u otros agentes neurotóxicos, embarazo. procedencia Asiática- Japonesa y Alteración orgánica.
- Ante evaluaciones o reconocimientos positivos resultantes del examen neurológico o de los cuestionarios neuropsicológicos en un trabajador conviene evitar el contacto con elementos neurotóxicos, retirar de la exposición y realizar nueva evaluación.
- Si ante la nueva evaluación, los resultados de las valoraciones complementarias (Neurocomportamentales, Auditivo y Visual) resultan positivos se debe realizar remisión a neurología y solicitud de exámenes de diagnóstico.
- Son también indicaciones de remisión al especialista si se presenta: Cuadro rápidamente progresivo, necesidad de Hospitalización, compromiso de otros sistemas diferente al neurológico, duda con respecto al diagnóstico.
- El diagnóstico de neurotoxicidad por disolventes orgánicos es esencialmente de exclusión. El complejo sindromático de toxicidad del sistema nervioso central corresponde a las funciones de la memoria operativa y reciente, la capacidad general de atención (vigilia), la capacidad intelectual y la coordinación motora. Algunas de estas manifestaciones y el cuadro general concomitante de fatiga, disforia, depresión,

trastornos del sueño, cefaleas y mareos, sin embargo no ofrecen ningún tipo de especificidad.

- El complejo sindromático de toxicidad del sistema nervioso periférico corresponde a trastornos de alteración de la sensibilidad superficial, profunda (vibración y propiocepción), alteración de la marcha y atrofia muscular distal, esto más evidente en los pies y piernas. Los estudios de velocidad de conducción y el EMG con agujas son los que más reconocimiento y aceptación tienen para la evaluación del SNP.
- El tratamiento consiste en cuidados de mantenimiento y prevención de exposiciones futuras. En casos de síntomas neurológicos persistentes debidos a niveles bajos de disolventes en exposición crónica, se debe suspender la exposición o reducirla tanto como sea posible técnicamente. La rehabilitación cognoscitiva para mejorar la función intelectual puede ser útil cuando el compromiso interfiere significativamente con la habilidad funcional. En casos de neuropatía, además de la suspensión a la exposición, está indicada la rehabilitación por medio de terapia física y otros medios físicos, especialmente en los casos de compromiso motor, sin que se haya observado diferencias en la evolución de neuropatías de otras etiologías.
- La rehabilitación del trabajador con neurotoxicidad central o periférica debe apuntar a la rehabilitación integral, con acciones simultáneas en: promoción de la salud y la prevención de la discapacidad; Desarrollo, recuperación y mantenimiento funcional; Integración socio-ocupacional. Los casos se deben identificar y evaluar (diagnóstico, pronóstico funcional ocupacional y formulación del plan de rehabilitación) lo más precozmente posible como base para definir el proceso de rehabilitación integral.
- Los factores pronóstico en casos de toxicidad central están relacionados principalmente con: Severidad del compromiso clínico global inicial, Severidad del compromiso de conciencia y cognitivo inicial, tiempo requerido para recuperación de la fase aguda y Suspensión inmediata a la exposición. Y en los casos de toxicidad periférica son: Tiempo evolutivo, tiempo de exposición o de suspensión a la exposición y severidad de la neuropatía en las velocidades de conducción

6. MARCO CONCEPTUAL

6.1 Definiciones y características de los solventes

6.1.1 Origen

Las principales fuentes de hidrocarburos aromáticos son la destilación de la hulla y una serie de procesos petroquímicos, en particular la destilación catalítica, la destilación del coque, destilación de petróleo crudo y la alquilación de hidrocarburos aromáticos de las series más bajas. Los aceites esenciales, que contienen terpenos y *p*-cimeno (4-isopropiltolueno), también pueden obtenerse de los pinos, los eucaliptos y plantas aromáticas y son un subproducto de las industrias papeleras que utilizan pulpa de pino. Varios hidrocarburos policíclicos se encuentran en las atmósferas urbanas. El benceno se

conoce comúnmente como “Benzol” cuando se encuentra en forma comercial (mezcla de benceno y sus homólogos) y no debe confundirse con la bencina, un disolvente comercial que está compuesto por una mezcla de hidrocarburos alifáticos, (OIT, 2001).

6.1.2 Propiedades fisicoquímicas

Los hidrocarburos aromáticos BTX-EB, son en general líquidos (incolores o ligeramente amarillos) a temperatura ambiente (20°C), poseen olor característico (aromático). El benceno solidifica a temperatura igual o inferior a 5,5 °C como prismas romboédricos; el p-xileno se presenta en placas o prismas incolores a temperatura mayor o igual a 13°C. Son insolubles o ligeramente solubles en agua (benceno). Son líquidos inflamables, (categoría 3 según las Naciones Unidas (ONU), sus vapores son más densos que el aire, pueden desplazarse a ras del suelo y alcanzar sitios distantes de ignición con peligro de inflamación. Reaccionan con sustancias oxidantes y halógenos causando peligro de fuego y explosión. El benceno líquido puede emitir vapores a temperaturas tan bajas como -11°C. Por ello, si no se observan las precauciones durante el almacenamiento, la manipulación o el uso del benceno líquido, es seguro que, a las temperaturas normales de trabajo, se formarán concentraciones inflamables. Este riesgo aumentará cuando se produzcan salpicaduras o derrames accidentales.

En el apéndice 4, se resumen las propiedades fisicoquímicas y en el apéndice 5 se presentan los riesgos físicos, químicos y para la salud para los hidrocarburos BTX-EB, dichos anexos se pueden consultar en la sección correspondiente al final de este documento. Los datos se han tomado de la Guía de productos químicos de la enciclopedia OIT (2001) y de las fichas internacionales de seguridad ICSC (WHO/IPCS/ILO, 1996).

6.1.3 Usos

Los principales usos de los hidrocarburos aromáticos como productos puros son: la síntesis química de plásticos, caucho sintético, pinturas, pigmentos, explosivos, pesticidas, detergentes, perfumes y fármacos. También se utilizan, principalmente en forma de mezclas, como disolventes y como constituyentes, en proporción variable, de la gasolina (OIT, 2001).

El *benceno* debido a su efecto cancerígeno fue prohibido para uso como disolvente industrial en varios países, entre ellos Colombia, por recomendación de la Organización Internacional del Trabajo (OIT). También en otros países, se ha prohibido su uso como componente de productos destinados al uso doméstico y de los líquidos de limpieza en seco. El benceno se ha utilizado ampliamente en la fabricación de estireno, fenoles, anhídrido maléico, detergentes, explosivos, productos farmacéuticos y colorantes. Se ha empleado además como combustible, reactivo químico y agente de extracción para semillas y frutos secos. Aunque la utilización del benceno como disolvente ha disminuido considerablemente, en la actualidad aún se usa en pequeñas cantidades como disolvente y

reactivo en los laboratorios de control de calidad. El benceno se encuentra como impureza en combustibles como la gasolina, disolventes, pegantes y otros productos químicos. La gasolina para automóviles puede contener de 0-7% de benceno, comúnmente de 2 a 3 %. (IARC 1989, Vol 45). En derivados del petróleo el contenido de benceno generalmente es menor a 1% en solventes no hidrogenados con rangos de ebullición especiales; en otros solventes es menor al 0.1 % (IARC 1989, Vol 47).

Internacionalmente, desde la década de los años 80 existen regulaciones relativas al uso del benceno. Como parte de las regulaciones para el transporte de materiales peligrosos del Departamento de Transporte de Estados Unidos (1980), los embarques de benceno están sujetos a restricciones consistentes con la categoría de material peligroso (rotulado, empaque, cantidad). La EPA también ha identificado el benceno como desecho peligroso y exige que las personas que lo generan, transportan, tratan, almacenan o disponen cumplan con las regulaciones del programa federal de gestión de residuos peligrosos. La Comisión de la comunidad europea (1980) prohibió el uso del benceno en productos para uso como juguetes (balones de uso infantiles) (IARC, 1986).

El *tolueno* es un disolvente de aceites, resinas, caucho natural (mezclado con ciclohexano) y sintético, alquitrán de hulla, asfalto, brea y acetilcelulosas (en caliente, mezclado con etanol). Se utiliza como disolvente y diluyente de pinturas y barnices de celulosa y como diluyente de tintas de fotograbado. El tolueno está presente en mezclas utilizadas como productos de limpieza en distintas industrias y en artesanía. También se emplea 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 en mezcla con benceno y xileno (BTX) es un componente del combustible para aviones y de la gasolina para automóviles. El Reglamento 594/91/CE del Consejo de la Unión Europea ha prohibido el uso de esta sustancia en la Unión Europea (OIT, 2001).

Existen tres isómeros del *xileno*: orto- (o-), para- (p-) y meta- (m-). El producto comercial es una mezcla de estos isómeros, con el isómero meta- en mayor proporción (60 a 70 %) y el para- en menor proporción (hasta un 5 %). El xileno se utiliza como diluyente de pinturas y barnices, en productos farmacéuticos, como aditivo de alto octanaje en combustibles de aviones; en la síntesis de colorantes y en la producción de ácidos ftálicos. El xileno se utiliza en técnicas histológicas de laboratorio por ser un buen disolvente de la parafina, el bálsamo de Canadá y el poliestireno (OIT, 2001).

El *etilbenceno* es un producto intermedio en síntesis orgánicas, especialmente en la producción de estireno y caucho sintético. Se utiliza como disolvente o diluyente; como componente de los combustibles para automóviles y aviones y en la fabricación de acetato de celulosa (OIT, 2001).

Otros elementos de los que se puede realizar un breve comentario son:

El *estireno* o *vinilbenceno*, difiere estructuralmente del etilbenceno, por la presencia de un doble enlace en la cadena alifática. El estireno se utiliza en la fabricación de polímeros (como el poliestireno) y elastómeros copolímeros (como el caucho de butadieno-estireno). Además se emplea ampliamente en la producción de plásticos transparentes (OIT, 2001).

El *cumeno* o *isopropilbenceno*, se utiliza como componente de alto octanaje en los combustibles de los aviones, como disolvente de pinturas y lacas de celulosa, como materia prima para la síntesis de fenol y acetona y para la producción de estireno por pirólisis. También se encuentra en muchos disolventes comerciales derivados del petróleo, con puntos de ebullición que oscilan entre 150 y 160°C. Es un buen disolvente de grasas y resinas y, por este motivo, se ha utilizado como sustituto del benceno en muchos de sus usos industriales (OIT, 2001).

Los derivados mono, di y triarquilados del benceno, entre otros el 1, 3, 5-trimetilbenceno (mesitileno) se utilizan principalmente como disolventes y diluyentes de pinturas y en la fabricación de perfumes y productos intermedios en la producción de colorantes (OIT, 2001).

6.2 Efectos sobre la salud

6.2.1 Efectos de los disolventes orgánicos sobre el sistema nervioso

La gran mayoría de los disolventes orgánicos tienen la característica de causar trastornos no específicos del sistema nervioso (SN), debido a su liposolubilidad que los hace afin a todos los tejidos con alta cantidad de grasa como son cerebro o médula espinal, es posible deprimir al tejido nervioso en cualquier nivel (Chen, 2001). La inespecificidad del trastorno también es posible porque el sistema nervioso presenta una gran complejidad de reacciones de control que ha de llevar a cabo sobre la mayoría de las funciones del organismo correspondientes a los diferentes órganos sensoriales de los cuales recibe estímulos innumerables, que integra y devuelve una respuesta, y entre los que se cuenta la contracción muscular esquelética, la contracción de las fibras lisas de los órganos internos y la secreción de las glándulas endocrinas y exocrinas (Bello, 2001, Repetto, 1997). Debido a esta variedad de sistemas involucrados las respuestas pueden ser múltiples.

Los efectos sobre el SN de la exposición a concentraciones de disolventes orgánicos, viene siendo estudiado desde hace más de 30 años a través de la evaluación de diferentes niveles de su organización funcional, (neuroconductual, electrofisiológico, neurológico (NIOSH, 1997, Mayor, 1995, Mayor 1997, Uribe 2001).

En las intoxicaciones cabe distinguir, las agudas y las crónicas. En la intoxicación aguda aparece un cuadro clínico patológico, dramático, tras la absorción de la sustancia y que usualmente se presenta antes de las 24 horas. Con la exposición a los disolventes, la

aparición de los síntomas es precoz, debido a la rapidez con que la mayoría de estos elementos atraviesan las barreras orgánicas (Cassarett and Doull's, 1996, Uribe, 2001). Por otro lado la intoxicación crónica es aquella que es consecuente con la absorción repetida de un elemento tóxico (Repetto, 1997), puede ser más sutil en su presentación y crea problemas de relación causal (NIOSH, 1987, Rutchik, Jonathan S, 2002). Cabe mencionar que esta última, se presenta en forma predominante con las exposiciones de tipo ocupacional o aquellas consideradas por los consumidores adictos (LaDou J, 2006 Cassarett and Doull's, 1996). Según variados estudios incluidos los de la NIOSH y Spencer P (LaDou J, 2006, Spencer PS, 1985) se ha reportado que la exposición prolongada a mezcla de disolventes induce cambios demenciales moderados no progresivos, con o sin disfunción del sistema nervioso periférico.

Con relación a la exposición, en general no se dispone de estimados adecuados de la dosis o el tiempo que se requiere para que aparezca una enfermedad, ya que casi siempre aparecen elementos de juicio clínico difusos y de un modo paulatino y gradual (LaDou J, 2006).

El Nordic Council of Ministers y la Organización Mundial de la Salud patrocinaron una conferencia en 1985 en Dinamarca que produjo una definición de neurotoxicidad por disolventes orgánicos la cual fue posteriormente revisada en una reunión en Carolina del Norte un año después (Anon, 1986).

Tabla 4. Tipos de neurotoxicidad por disolventes orgánicos

| Tipo | | Síntomas |
|-------------|--------------------------------------|--|
| 1 | Solamente síntomas | Compromiso de la memoria, pobre concentración, fatiga, motivación reducida. Cuando la exposición cesa, los síntomas no específicos mejoran. |
| 2 A | Cambios de afecto o personalidad | Alteración de la personalidad con afecto deprimido, motivación reducida, pobre control de impulsos, ansiedad e irritabilidad |
| 2 B | Compromiso de la función intelectual | Las pruebas neuropsicológicas muestran déficits cognitivos en atención y concentración, habilidades visuoespaciales y memoria verbal. Puede haber signos neurológicos menores. Si la exposición cesa es probable alguna recuperación aunque la recuperación completa puede no ocurrir. |
| 3 | Demencia | El compromiso cognoscitivo está acompañado a menudo por déficit neurológico. Los estudios de conducción nerviosa, electro miografía o neurorradiología (tomografía computarizada o resonancia magnética) pueden identificar anomalías. Los déficits no empeoran si se le |

| Tipo | | Síntomas |
|------|--|----------------------------|
| | | descontinúa la exposición. |

Efectos agudos.

En cuanto a los efectos agudos los hidrocarburos aromáticos son generalmente grandes irritantes y anestésicos, pero la sustitución del benceno por tolueno, y xileno hacen esos efectos más ligeros, encontrando dentro de los más frecuentes euforia, mareo, vértigo, cefalea, somnolencia, debilidad, temblor, incoordinación, delirio, pérdida de la conciencia (LaDou J, 2006, Olson K *et al.*, 1995). Si la cantidad absorbida ha sido elevada, en un ambiente demasiado saturado se puede presentar confusión mental, alteración psicomotora, coma, edema pulmonar, paro respiratorio, muerte.

Además de los mencionados previamente, los efectos agudos pueden causar un síndrome de encefalopatía tóxica (Orbaeck, P, 1987). Clínicamente se distinguen dos fases de este síndrome que aparecen a las pocas horas de exposición. La primera fase se caracteriza por una reacción de sobreestimulación que provoca un cuadro neuropsiquiátrico de euforia, reducción del nivel de inhibición del comportamiento motor y emocional, impulsividad, inestabilidad motora y alteraciones del lenguaje (interrupción del discurso) en asocio con cefalea, y mareo (White RF, 1997). La segunda fase se distingue por un período donde se impone la somnolencia generalizada, la alteración de las funciones motoras e intelectuales, particularmente de la memoria. La descripción de este síndrome que se basa fundamentalmente en la evaluación clínica (neurológica y psiquiátrica) ha mostrado sustanciales correlaciones con medidas electrofisiológicas del SNC, en especial con el EEG.

Efectos crónicos

En los expuestos crónicamente se ha descrito también una constelación de signos clínicos conocidos como “síndrome orgánico cerebral” (Deschamps D, 1993) que afecta básicamente las funciones de la memoria operativa y reciente, la capacidad general de atención (vigilia), la capacidad intelectual y la coordinación motora. Algunas de estas manifestaciones y el cuadro general concomitante de fatiga, disforia, depresión, trastornos del sueño, cefaleas y mareos. Muestran correlaciones sensibles con los datos electrofisiológicos descritos para el EEG. En estos pacientes se observan, con frecuencia, neuropatías periféricas (desmielinización axonal y segmentaria) y neuritis de los nervios craneales, trastornos de la sensibilidad y de las funciones motoras (Montoya M.A, 1990). En adictos a la inhalación de disolventes orgánicos se han identificado con técnicas de imágenes (TAC y RMN) alteraciones estructurales en cerebro y cerebelo (Poungravin N, 1991).

Estudios recientes, bien diseñados, sugieren que en trabajadores altamente expuestos los disolventes pueden tener efectos más sutiles en la función cognoscitiva (Spurgeon A, 2001). Los dominios cognoscitivos afectados por exposición a disolventes incluyen

atención, memoria verbal y habilidades visoespaciales (Nilson LN *et al.*, 2002, Daniell WE *et al.*, 1999).

Trabajadores expuestos a *benceno* en combinación con otros químicos presentaron polineuritis, algunas veces asociada con progresión neuronal (ATSDR, 1999 -1)

En la Intoxicación crónica por *xileno* se han señalado como síntomas, la cefalea, irritabilidad, fatiga, laxitud, somnolencia diurna e insomnio nocturno, trastornos dispépticos. Los efectos por inhalación pueden causar depresión del SNC, caracterizado por parestesias, pérdida de memoria, debilidad, vértigo, jaqueca, anorexia, náusea (LaDou J, 2006, NIOSH, 1987, ATSDR, 1995).

Para el *tolueno*, los trastornos crónicos más importantes están ligados a su acción narcótica en los que figuran, cefalea, pérdida de apetito, falta de coordinación y de memoria, somnolencia y náuseas (LaDou J, 2006).

En abusadores de solventes, se ha observado alteraciones neuronales especialmente distrofia cerebelosa. Se ha observado disfunción de los test psicométricos y de función muscular (ATSDR, 2000). También se han reportado cambios en el electroencefalograma mostrando disrupciones y cambios de frecuencia en la actividad de la onda teta del hipocampo. Experimentalmente se ha demostrado la disminución de la corteza cerebral y atrofia cerebral y cerebelosa, hallazgo que se han identificado con técnicas de imágenes (TAC y RMN) como alteraciones estructurales en cerebro y cerebelo (Poungavin N, 1991).

También se ha demostrado que el tolueno puede producir cambios sutiles en el sistema auditivo (LaDou J, 2006, ATSDR, 2000)

Con relación a los efectos neurotóxicos del *etilbenceno*, se establece que la exposición a niveles entre 2000 a 5000 ppm se ha acompañado de vértigo, pero los datos no han sido consistentes dados los múltiples factores de confusión. No obstante en experimentación animal se ha encontrado ataxia asociada a efectos narcóticos. También se encontró experimentalmente que a 2.000, 4.000, y 8.000 ppm se produjeron cambios posturales, vigilia disminuida, disturbios al caminar y de la movilidad, y coordinación psicomotora deteriorada entre otros. Estos efectos agudos eran de breve duración y más pronunciados durante la exposición que después de la exposición, con recuperación dentro pocos minutos después del retiro del compartimiento de la exposición (ATSDR, 1999)

Continuando con los estudios experimentales, niveles por debajo de 2000 ppm no muestran efectos neurocomportamentales en los diferentes animales estudiados. Sin embargo, las ratas wistar muestran una prolongación del 30% en potenciales evocados (ATSDR, 1999)

7. RECOMENDACIONES

7.1 Identificación de peligros y evaluación de riesgos

7.1.1 ¿Cuáles son las tareas o actividades mínimas requeridas para identificar la exposición a benceno, tolueno, xileno y etilbenceno y las circunstancias de exposición de los trabajadores en los lugares de trabajo?

Recomendación

Para identificar anticipadamente en el lugar de trabajo la presencia de agentes químicos del grupo BTX-EB potencialmente causantes de neurotoxicidad periférica o central, se recomienda realizar las siguientes actividades:

Inventario de agentes químicos. Elaborar un inventario detallado de todos los agentes químicos potencialmente causantes de neurotoxicidad periférica y/o central, específicamente de los disolventes aromáticos del grupo BTX-EB existentes ya sean materias primas, productos intermedios, mezclas, productos finales y residuos generados. En el inventario es importante considerar otras sustancias químicas de uso en mantenimiento general, limpieza y desinfección. Se debe identificar el ingreso potencial de contaminantes ya sea por vecindad con otras industrias, o a través del sistema de ventilación o por los residuos de combustión (vapores, gases y humos) de equipos y vehículos de uso interno en los sitios de trabajo. El inventario de agentes químicos se debe dar a conocer a los trabajadores usuarios de dichos agentes.

Inventario de procesos. Describir detalladamente las operaciones del proceso productivo. Identificar los disolventes aromáticos del tipo BTX-EB y las sustancias químicas utilizadas en cada una de las etapas del proceso, las propiedades fisicoquímicas, las cantidades en uso, el estado físico y tipo de sustancias, las formas de uso y manipulación. Tener en cuenta las diferentes áreas de trabajo incluyendo los departamentos de adquisición y compras, almacenamiento, transporte interno y externo. Identificar las actividades de carga y descarga, uso y manipulación, envase y transferencia, etiquetado y rotulado, mantenimiento, reparación, renovación, limpieza general, limpieza de equipos, disposición de recipientes y de desechos resultantes del trabajo. Tener en cuenta las actividades no rutinarias como: operaciones de arranque y parada de procesos, situaciones de emergencia, atención de fugas o derrames y recolección de residuos. Para los trabajadores del sector de hidrocarburos se deben considerar, entre otros, los procesos de: perforación, extracción, transporte del petróleo crudo, refinación y distribución de sus derivados.

Fuentes de información. Recopilar la información técnica y peligrosidad de las sustancias químicas por: Revisión de documentos y archivos; inspección directa de los

productos utilizados en el lugar de trabajo; consulta con los trabajadores; revisión de etiquetas y rótulos de los recipientes contenedores; adquisición, estudio y aplicación y de las hojas de datos de seguridad de materiales (MSDS por sus siglas en inglés) o fichas internacionales de seguridad química (ICSC por sus siglas en inglés); *las hojas de seguridad deben ser traducidas al español y deben darse a conocer a los trabajadores*; consulta de los sistemas de clasificación de peligrosidad y etiquetado establecidos por organismos internacionalmente tales como el Sistema Globalmente Armonizado (SGA) de ONU, la Comunidad Europea CE, la Asociación Nacional de Protección contra incendios (NFPA en inglés) y la Agencia Internacional para Investigación de Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) entre otras. Identificar las frases de riesgos (R) y consejos de prudencia (S) según la Directiva Europea, aplicables a los agentes químicos en uso. Disponer de los datos actualizados de los valores límite de exposición ocupacional (VLP) y los indicadores biológicos de exposición actualizados definidos por las organizaciones internacionales como la ACGIH (TLV), NIOSH (REL), OSHA (PEL), DFG (MAK), AIHA (WEELs), entre otros. Tener en cuenta la anotación “piel” (*skin*), registrada en las publicaciones de los VLP, la cual indica que se trata de una sustancia (vapor, líquido o sólido) donde la exposición por vía dérmica contribuye significativamente a la exposición total (membranas mucosas y ojos). Se recomienda consultar la legislación nacional específica que pueda aplicarse en relación con el uso de sustancias peligrosas en el lugar de trabajo, en especial las relacionadas con sustancias cancerígenas como el benceno).

Circunstancias de exposición de la fuerza laboral. Identificar las circunstancias de exposición de los trabajadores, quienes y cuántos se exponen, por qué, cuándo ocurre la exposición y bajo qué condiciones, lugares de trabajo, tareas y turnos en los que ocurre. Incluir los reportes de las evaluaciones médicas, síntomas y patologías identificadas que estén asociadas con la exposición a los agentes del grupo BTX-EB.

En las refinerías de petróleo se deben tener en cuenta las tareas de monitoreo, mantenimiento, muestreo, descoquización y operaciones de control de calidad, como parte de las operaciones de destilación (al vacío y a presión atmosférica), polimerización, desintegración (cracking), isomerización, coquización y laboratorio de control de calidad, entre otras. En la producción del coque a partir de destilación de hulla. En operaciones de manufactura, almacenamiento, transporte, carga y descarga, suministro y despacho de gasolina y otros combustibles. Operaciones de mantenimiento y limpieza de tanques de almacenamiento de gasolina y de otros combustibles. En la fabricación de llantas de caucho, durante el almacenamiento de disolventes, en las operaciones de mezclado, extracción, elaboración de llantas, preparación de curado, inspección, reparación y mantenimiento. En la producción de recubrimientos a base de caucho. En el cuarto de mezclado y en la máquina de aplicación de recubrimientos a base de caucho. Riesgo posible en las áreas y durante las operaciones de armado, engomado y terminado de productos a base de cuero en marroquinerías. Posible riesgo en áreas donde se aplica el pegante en la fabricación de calzado. En la preparación de pinturas durante las operaciones de mezclado, envasado y uso de pinturas. Durante el uso de limpiadores y desengrasantes en general. En la producción y uso de pinturas, lacas, pegantes, plaguicidas y productos de uso industrial preparados con disolventes orgánicos.

Sistemas de control existentes. Identificar los sistemas de control aplicados para reducir la exposición y su eficacia. Controles en la fuente, el medio y el receptor. Medidas administrativas y técnicas implementadas. Sistemas de control para garantizar el transporte seguro de los agentes químicos y sus residuos. Programas y elementos de protección personal en uso. Verificar si los elementos de protección personal utilizados están o no certificados. Constatar si hay programas de educación en higiene ocupacional

En situaciones en las que se identifica la presencia de agentes *carcinogénicos* como el benceno (o *sensibilizantes, mutagénicos o tóxicos para la reproducción*), se deben implementar de forma inmediata las medidas preventivas y de control específico para eliminar o reducir la exposición al riesgo, sin esperar los resultados de la evaluación de la exposición.

Nivel de evidencia: 4

Grado de recomendación: C

Resumen crítico de la evidencia

Se debe tener en cuenta que además de los agentes químicos del grupo BTX-EB causantes de neurotoxicidad, en el ambiente de trabajo se pueden presentar otros agentes neurotóxicos. De acuerdo con Peter Arlien, las sustancias asociadas con efectos neurotóxicos incluyen: elementos químicos como el plomo, el mercurio y el manganeso; compuestos biológicos, como la tetrodotoxina (del pez globo, un manjar japonés) y el ácido domoico (de mejillones contaminados), varios compuestos químicos (gases, líquidos y sólidos), muchos pesticidas, disolventes industriales y monómeros (OIT 2001).

Según la Enciclopedia de la OIT (2001), el nivel de toxicidad está relacionado en parte con la estructura química del agente. En general, los derivados monoalquílicos del benceno son más tóxicos que los dialquílicos, y los derivados de cadena ramificada resultan más tóxicos que los de cadena simple. Se sabe que la toxicidad aguda del tolueno es ligeramente más intensa que la del benceno.

Para identificar la causa de neurotoxicidad ocupacional, es imprescindible clasificar el agente según sus características fisicoquímicas además de las actividades industriales en las que se utiliza. A continuación se presentan por grupos químicos, los diferentes agentes neurotóxicos, las fuentes de exposición y las industrias con riesgo relacionadas con compuestos neurotóxicos.

Tabla 5. Gases asociados con neurotoxicidad

| Producto químico | Ejemplo de fuentes de exposición | Ejemplo de industrias con riesgo |
|---|--|--|
| Anhídrido carbónico (CO ₂). | Soldadura; fermentación; fabricación, almacenamiento y uso de hielo seco. | Industria metalúrgica; minería; fábricas de cervezas |
| Monóxido de carbono (CO). | Reparación de coches; soldadura; fundición de metales; conductores; bomberos. | Industria metalúrgica; minería; transportes; centrales eléctricas. |
| Acido sulfhídrico (H ₂ S). | Fumigación de invernaderos; abonos; pesca; descarga de pescado; manipulación de alcantarillado. | Agricultura; pesquería. |
| Cianuro (HCN). | Electrosoldadura; galvanoplastia con níquel; cobre y plata; fumigación de barcos, casas, alimentos y suelos de invernaderos. | Industria metalúrgica; industrias químicas; viveros; minería; fábricas de gas. |
| Oxido nitroso (N ₂ O). | Anestesia general durante cirugía; narcosis ligera en asistencia dental y parto. | Hospitales, salas de cirugía. |

Fuente: Mergler OIT. 2001

Tabla 6. Metales asociados con neurotoxicidad

| Producto químico | Ejemplo de fuentes de exposición | Ejemplo de industrias con riesgo |
|-------------------------|--|---|
| Plomo | Fundición; soldadura; molienda; reparaciones; vidrio; plastificado. | Metalurgia; minería; fábricas de acumuladores; reparación de coches; astilleros; Industria del vidrio; cerámica; alfarería; plásticos. |
| Mercurio elemental | Electrólisis; instrumentos eléctricos; giroscopios; manómetros; termómetros; pilas; bombillas eléctricas; tubos; empastes de amalgama. | Plantas de cloroalcalinos; minería; electrónica; laboratorios dentales; producción de polímeros; industria papelera y de la celulosa. |
| Calomel Hg_2Cl_2 | Fabricación de electrodos de referencia para equipos de potenciometría, pHmetros. | Laboratorios y fábricas de instrumentos. |
| $HgCl_2$ sublimado | Desinfección | Hospitales; clínicas; laboratorios |
| Manganeso | Fundición (aleación de acero); corte; soldadura de acero; pilas | Minas de manganeso; producción de acero y aluminio; industria metalúrgica; producción de pilas; industrias químicas; fábricas de ladrillos. |
| Aluminio | Metalurgia; molienda; pulimentado. | Industria del metal. |

Fuente: Mergler OIT. 2001

Tabla 7. Monómeros asociados con neurotoxicidad

| Producto químico | Ejemplo de fuentes de exposición | Ejemplo de industrias con riesgo |
|-------------------------|---|---|
| Acrilamida | Producción de monómero. | Producción de polímeros; túneles y perforaciones. |
| Acrlonitrilo | Accidentes en laboratorios e industrias; fumigación de casas. | Producción de polímeros y caucho; síntesis de productos químicos. |
| Disulfuro de carbono | Producción de caucho y rayón viscoso. | Industrias de caucho y rayón viscosa. |
| Estireno | Producción de plásticos reforzados con vidrio; | Industrias químicas; producción de fibra de |

| | | |
|--------------|---|---|
| | fabricación y transporte de monómeros; uso de resinas y baños que contienen estireno. | vidrio; industria de los polímeros. |
| Viniltolueno | Producción de resinas; compuestos insecticidas. | Industrias de productos químicos y polímeros. |

Fuente: Mergler OIT. 2001

Tabla 8. Otros disolventes orgánicos asociados a neurotoxicidad

| Producto químico | Ejemplo de fuentes de exposición | Ejemplo de industrias con riesgo |
|--|--|---|
| Hidrocarburos clorados: tricloroetileno; 1,1,1-tricloroetano; tetracloroetileno. | Desengrasado; galvanización; pintura; impresión; limpieza; anestesia general y ligera. | Industria metalúrgica; industria gráfica; industria electrónica; limpiezas en seco; Hospitales; clínicas (anestesia). |
| Cloruro de metileno | Extracción, incluida la extracción de cafeína; decapante de pinturas. | Industria alimentaria; pintores; industria. |
| Cloruro de metilo | Producción y reparación de frigoríficos. | Producción de frigoríficos; industria del caucho; industria de los plásticos. |
| Estireno | Polimerización; moldeado. | Industria de los plásticos; producción de fibra de vidrio |
| Hexacarbonos: n-hexano; metil butil cetona (MBK); metil etil cetona (MEK). | Encolado; impresión; revestimientos plásticos; pinturas; extracción. | Industria del cuero y del calzado; industria gráfica; pintores; laboratorios. |
| Disolventes diversos: Freón 113. | Producción y reparación de frigoríficos; limpieza en seco; desengrasado. | Producción de frigoríficos; industria metalúrgica; industria electrónica; limpieza en seco. |
| Dietiléter; halotano. | Anestésicos generales (personal de enfermería; médicos) | Hospitales; clínicas |

| | | |
|--------------------------------|---|--|
| Mezclas: aguarrás y diluyentes | Pintura; desengrasante; limpieza; impresión; impregnación; tratamiento superficial. | Industria metalúrgica; industria gráfica; industria de la madera; Procesos de pintura. |
|--------------------------------|---|--|

Fuente: Mergler OIT. 2001

Tabla 9. Plaguicidas neurotóxicos comunes

| Producto químico | Ejemplo de fuentes de exposición | Ejemplo de industrias con riesgo |
|--|---|--|
| Compuestos organofosforados: beomil; demeton; diclorvos; etil paratión; mevinfos; fosfolán; terbufos; malatión. Carbamatos: aldicarb; carbaril; carbofurano; propoxur. Organoclorados: aldrin; dieldrin; DDT; hendrin; heptaclor; lindano; metoxidor; mirex; toxafeno. piretroides. | Manipulación; tratamiento de cultivos; trabajo con cultivos tratados; Limpieza y fumigación de muelles. | Agricultura; silvicultura; productos químicos; jardinería. |
| 2,4 D. | Herbicidas. | Agricultura. |
| Hidróxido de trietiltina | Tratamiento superficial; manipulación de madera tratada. | Madera y derivados. |
| Bromuro de metilo | Fumigación. | Invernaderos; insecticidas; fábricas de frigoríficos. |

Fuente: Mergler OIT. 2001

Tabla 10. Otros productos químicos asociados con neurotoxicidad

| Producto químico | Ejemplo de fuentes de exposición | Ejemplo de industrias con riesgo |
|-------------------------|---|---|
| Acido bórico | Soldaduras; conservación. | Metal; vidrio. |
| Disulfiram | Farmacéutica. | Caucho. |
| Hexaclorofeno | Jabones antibacterianos. | Químicas. |

| | | |
|--|---|---|
| Hidrazina | Agentes reductores. | Química; ejército. |
| Fenol/Cresol | Antisépticos. | Plásticos; resinas; productos químicos; hospitales; laboratorios. |
| Piridina | Desnaturalización del etanol. | Química; textil. |
| Tetraetilo de plomo | Aditivo de la gasolina. | Química; transporte. |
| Arsina | Pilas; insecticidas; fundición. | Fundición; fábricas de vidrio; cerámica; fábricas de papel. |
| Litio | Aditivo de aceites; farmacéutica. | Petroquímica. |
| Selenio Fundición; producción de rectificadores; | Fundición; producción de rectificadores; Vulcanización; lubricante para cuchillas; antioxidantes. | Electrónica; fábricas de vidrio; industria metalúrgica; industria del caucho. |
| Talio | Raticida. | Vidrio; productos de vidrio. |
| Telurio | Fundición; producción de caucho; catalizador. | Metal; química; caucho; electrónica. |
| Vanadio | Fundición. | Minería; siderurgia; industria química. |

Fuente: Mergler OIT. 2001

En la siguiente tabla, se citan algunas fuentes de exposición, las industrias y los efectos en salud de los compuestos del grupo BTX-EB (Mergler, OIT 2001, Espinosa M.T, 2006)

Tabla 11. Agentes del grupo BTX-EB - fuentes de exposición, industrias con riesgo y efectos en salud.

| Ejemplo de usos y fuentes de exposición | Ejemplo de industrias con riesgo | Efectos (*) |
|--|---|--|
| Benceno | | |
| Procesos de destilación directa del petróleo y carbón. Generación de hidrocarburos aromáticos incluyendo benceno durante la producción del coque a partir de destilación de hulla. Operaciones de manufactura, almacenamiento, transporte, | Refinería de petróleo y plantas petroquímicas. Plantas de coque y carbón. Fábricas de pintura y pegantes. Industria metalmecánica. Industria química. | A: Una exposición a una atmósfera muy concentrada (500 a 1000 ppm o 5 – 10 ml vía oral) da como resultado una fase de embriaguez con euforia marcada. Posteriormente mareo, alteración psicomotora e inestabilidad en la marcha, confusión mental y náuseas. Muerte por paro |

| Ejemplo de usos y fuentes de exposición | Ejemplo de industrias con riesgo | Efectos (*) |
|---|--|--|
| <p>carga y descarga, suministro y despacho de gasolina y otros combustibles. Operaciones de mantenimiento y limpieza de tanques de almacenamiento de gasolina y de otros combustibles. Fabricación de llantas de caucho, durante el almacenamiento de disolventes, en las operaciones de mezclado, extracción, elaboración de llantas, preparación de curado, inspección, reparación y mantenimiento. Se ha empleado como combustible, reactivo químico y agente de extracción de semillas y frutos secos. Se ha usado ampliamente como materia prima en la síntesis de otros compuestos orgánicos: Etilbenceno, estireno, cumeno, fenol, nitrobenceno, anilina, ciclohexano, detergentes alquilados, clorobenceno y anhídrido del ácido maléico. Se ha utilizado en la fabricación de detergentes, explosivos, productos farmacéuticos y colorantes.</p> | <p>Industria farmacéutica. Laboratorios de control de calidad. Industria marroquinera y del calzado. Manufactura de llantas. Empresas de transporte. Gasolineras y estaciones de servicio de combustibles.</p> | <p>respiratorio. Por la acción irritante se produce: escozor en la piel y mucosas de ojos y vías respiratorias. En las intoxicaciones por vía oral es irritante y emetizante, lo que promueve una bronco-aspiración.</p> <p>C: Benzolismo: De aparición variable en el tiempo con promedio de 5 años y se presenta inicialmente con trastornos del apetito, gusto y cefaleas. Puede pasar a trastornos hematológicos: Leucocitosis transitorias, que puede ser reversible de acuerdo a la cesación de la exposición, Lesión de la médula ósea, metaplasias mieloides y anemia aplásica. Alteraciones del sistema Nervioso Central, síndromes orgánicos, Neuropatías periféricas.</p> <p>Cáncer asociado en humanos: Leucemias (principalmente leucemia mieloide aguda, menos con leucemia linfocítica crónica) y poco con mieloma múltiple y linfoma no Hodgkin.</p> |
| Tolueno | | |
| <p>Impresión; limpieza; desengrasado; galvanización; pintura; pintura con pistola. Disolvente de aceites, resinas, caucho natural (mezclado con ciclohexano) y sintético alquitrán de hulla, asfalto, brea y acetilcelulosas (en caliente y mezclado con etanol). Disolvente y diluyente de</p> | <p>Industria gráfica; industria electrónica. Fabricas de pinturas, detergentes, productos de limpieza. Industria química.</p> | <p>A: A concentraciones transitorias de 200 ppm, se presenta una ligera irritación del tracto respiratorio; a 400 ppm, ligera irritación ocular y relajación; a 600 ppm, laxitud, relajación y ligera nausea; y una rápida irritación con secreción nasal, sabor metálico y adormecimiento a concentraciones de 800 ppm.</p> |

| Ejemplo de usos y fuentes de exposición | Ejemplo de industrias con riesgo | Efectos (*) |
|--|---|--|
| <p>pinturas y barnices de celulosa y como diluyente de las tintas de fotograbado.</p> <p>Se encuentra en mezclas y productos de limpieza de uso industrial y artesanal. Se emplea en fabricación de detergentes y cuero artificial.</p> <p>Se usa como materia prima en síntesis orgánica de cloruro de benzoilo, sacarina, cloramina T, trinitrotolueno y colorantes.</p> | | <p>En altas concentraciones pueden resultar en náusea, disturbios de la visión y colapso, los síntomas progresan hacia la visión borrosa, temblores, respiración rápida y si las concentraciones son tan altas, se ha visto las alteraciones del ritmo cardíaco como fibrilaciones, con parálisis e inconsciencia. Las muertes se han observado con arritmias cardíacas, depresión del sistema nervioso central y asfixia.</p> <p>C: Cefalea, de apetito, falta de coordinación y de memoria, somnolencia y náuseas. En abusadores: alteraciones renales y neuronales pero especialmente distrofia cerebelosa. leucopenia y neutropenia, con aumento del tiempo de coagulación y disminución del nivel de protrombina.</p> <p>Otras manifestaciones son: deterioro en las pruebas de memoria, especialmente las de corto plazo. Demencia como componente mayor, y leucoencefalopatía. Deterioro de la función neuropsicológica como la capacidad de coordinación, temblor y estabilidad de postura</p> |
| Xileno | | |
| <p>Se utiliza en impresión, como diluyente de pinturas y barnices, en productos farmacéuticos, como aditivo de alto octanaje en combustibles de aviones, en la</p> | <p>Industria gráfica; industria de los plásticos; laboratorios de histología. Producción de</p> | <p>A: Los vapores de xileno inspirados producen neumonitis química, edema pulmonar, y hemorragia. A una concentración de 460 ppm, es clasificado como irritante; produciendo quemadura</p> |

| Ejemplo de usos y fuentes de exposición | Ejemplo de industrias con riesgo | Efectos (*) |
|--|----------------------------------|---|
| <p>síntesis de colorantes y en la producción de ácidos ftálicos. Por ser buen diluyente de la parafina se utiliza en técnicas histológicas de laboratorio.</p> | <p>combustibles.</p> | <p>de la conjuntiva y de la cornea al contacto directo de los ojos y en piel, sequedad, resquebrajamiento y vesículas. A altas concentraciones, puede incluir ruborización y enrojecimiento facial, sensación de aumento de calor corporal debido a vasodilatación, además, vértigo, temer, salivación, estrés cardiaco, depresión del sistema nervioso central, confusión, y coma. Puede conducir a fibrilación ventricular fatal, o paro respiratorio, por precipitación de hormonas endógenas.</p> <p>C: Se han señalado como síntomas, cefalea, irritabilidad, fatiga, laxitud, somnolencia diurna e insomnio nocturno. La exposición crónica a sus vapores puede producir conjuntivitis, resecamiento de mucosa nasal, de garganta y de piel. Los efectos por inhalación pueden causar depresión del SNC, caracterizado por parestesias, pérdida de memoria, debilidad, vértigo, jaqueca, anorexia, náusea. Puede presentar hepatomegalia con alteración hepática y necrosis. Se puede presentar anemia. La linfocitosis y la anemia aplásica, se ha observan como resultado de la posible contaminación con benceno. Alteraciones neuropsicológicas y de reacción motora.</p> |
| <p>Etilbenceno</p> | | |

| Ejemplo de usos y fuentes de exposición | Ejemplo de industrias con riesgo | Efectos (*) |
|---|---|---|
| <p>Es un producto intermedio en síntesis orgánicas, especialmente en la producción de estireno y caucho sintético. Se utiliza como disolvente o diluyente; como componente de los combustibles para automóviles y aviones y en la fabricación de acetato de celulosa.</p> | <p>Industria química. Producción y uso de combustibles.</p> | <p>A: A nivel experimental (2.000 a 8.000 ppm): Ataxia asociada con efectos narcóticos; cambios posturales; vigilia disminuida; disturbios al caminar y de la movilidad; y coordinación psicomotora deteriorada. Síntomas de irritación de las mucosas y vías respiratorias altas, los ojos y la boca por exposición a vapores. Los efectos depresores se hacen presentes seguidos de convulsiones y muerte debida a la severa depresión del centro respiratorio.</p> <p>C: La exposición prolongada a los vapores de etilbenceno por arriba de los límites permisibles ha demostrado que puede causar alteraciones funcionales del sistema nervioso, irritación de las vías aéreas superiores, alteraciones hematológicas (en particular leucopenia y linfocitosis) y trastornos hepáticos y de las vías biliares.</p> <p>A nivel experimental (< 2.000 ppm): Prolongación del 30% en potenciales evocados en las ratas wistar.</p> |

(*) M: mecanismo; A: efectos agudos; C: efectos crónicos. Neuropatía: disfunción de fibras nerviosas periféricas motoras y sensitivas. Encefalopatía: disfunción cerebral debida a deterioro generalizado del cerebro.

Fuente: Mergler OIT, 2001; Espinosa y colaboradores INC 2006; ATSDR BTX-EB, (1999, 2000, 1995, 1999); LaDou J 2006, Cuesta F (1991), Goldfrank's L, 2002

Se debe prestar atención a fuentes de exposición no ocupacional asociadas con actividades artesanales, estéticas y de limpieza doméstica, entre otras. La exposición en estos casos se debe al uso de disolventes, lacas, esmaltes, ceras, desengrasantes, tintas, pinturas, gasolina,

ACPM, kerosene, *thinner*, etc., que pueden contener hidrocarburos aromáticos y agentes del grupo BTX-EB.

Las MSDS recopilan de forma clara la información esencial de higiene y seguridad de las sustancias químicas, están destinadas al uso directo por los trabajadores en planta, y por otros posibles interesados en el sector industrial, manufacturero, agrícola, en la construcción y otros lugares de trabajo. La finalidad principal de las hojas de seguridad es determinar anticipadamente si en el ambiente de trabajo hay algún producto químico peligroso, y evaluar todos los riesgos para la salud y la seguridad de los trabajadores y del ambiente, que se deriven de su uso. Las MSDS puede ser el punto de partida para identificar los peligros a los que se encuentran expuestos los trabajadores y las medidas de control que se requieren. Es necesario tener en cuenta que las medidas de protección recomendadas en las fichas de datos de seguridad tienen que adaptarse a las condiciones de cada lugar específico de trabajo.

Muchas de las fuentes que publican en forma periódica los valores límite permisibles traen la anotación “piel” (*skin*), indicando que se trata de una sustancia que puede contribuir significativamente a la exposición total por vía dérmica, incluyendo membranas mucosas y ojos, por contacto con sustancias en estado de vapor, líquido o sólido. Esta notación aplica para el benceno y el tolueno según la ACGIH y para todos los disolventes aromáticos del grupo BTX-EB según la DFG.

En los programas de comunicación del riesgo y respetando el derecho de los trabajadores de conocer los riesgos que existen en el lugar de trabajo, las hojas de seguridad de materiales o MSDS son la herramienta básica para la prevención del riesgo y educación en el tema (WHO 1994, OIT 2003). Las MSDS deben ser traducidas al español, se debe explicar a los trabajadores el significado y el uso de esta información como parte de los programas preventivos de educación en riesgos químicos. Las hojas de seguridad de los compuestos del grupo BTX-EB deben estar disponibles en los sitios de trabajo para consulta por los trabajadores y usuarios.

La clasificación de la peligrosidad de los productos químicos en Colombia tiene en cuenta la norma nacional vigente: Ley 55 de 1993, expedida por el Congreso de la república, por medio de la cual se aprueba el Convenio 170 y la recomendación 177 sobre “Seguridad en la Utilización de los Productos Químicos en el Trabajo”, adoptados por la 77 a. reunión de la Conferencia General de la OIT, Ginebra 1990. El decreto 1609 de 2002, firmado por 7 ministerios, por el cual se reglamenta el manejo y transporte terrestre automotor de mercancías peligrosas en carretera.

Se deben tener en cuenta además los convenios de la OIT ratificados por el gobierno nacional, entre los más importantes están, el convenio 136 relativo a la protección contra los riesgos de intoxicación por benceno, el convenio 139 sobre la prevención y el control de los riesgos profesionales causados por las sustancias o agentes cancerígenos. El decreto 2400 de 1979 en el cual el gobierno de la república adopta los TLVs de la ACGIH como valores de referencia ocupacionales en Colombia.

Otras fuentes de información útiles son los sistemas de información disponibles a través de la red de Internet como (INSHT 2003): sitio Internet interactivo del control de sustancias peligrosas para la salud de la autoridad británica: www.coshh-essentials.org.uk

La base de datos del sistema de información sobre sustancias peligrosas Gestis-substance database, de las instituciones alemanas para la prevención y el seguro obligatorio contra accidentes, facilita información acerca de 7000 sustancias: www.hvbg.de/bia/gestis-database. Este sistema está enlazado con varias bases de datos en las que se pueden consultar alrededor de 410.000 fichas de datos de seguridad, valores de referencia ocupacional, métodos de análisis de agentes químicos, etc.

Referencias bibliográficas

- Mergler D. Capítulo 7: Sistema nervioso. Agentes químicos neurotóxicos. Parte I. Volumen I, Guía (6) de productos químicos: Hidrocarburos aromáticos Volumen IV Parte XVIII. Capítulo 6 Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. © Copyright de la edición española, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 2001. Versión electrónica: <http://www.mtas.es/insht/EncOIT/Index.htm>
- IARC. International Agency for Research on Cancer. Monographs on the evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol. 29, Suppl. 7, 1987.
- Espinosa M.T., M.P. Rojas, M.L. Bernal, A. Araque, M. Vélez, J.M. López. Manual de agentes carcinógenos, de los grupos 1 y 2 A de la IARC, de interés ocupacional para Colombia. Ministerio de la Protección Social. Instituto Nacional de Cancerología. Colombia. 2006.
- WHO/IPCS/ILO. Fichas internacionales de seguridad química para benceno, tolueno. Etilbenceno y (o, m, p)-xileno. 1994 Versión electrónica: http://www.mtas.es/insht/ipcsnspn/nspn_0015/0078/0268/0084/0085/0086_ftm y <http://www.mtas.es/insht/ipcsnspn/Introducci.htm>
- OIT 2003. Organización Internacional del trabajo Módulo 6: Disolventes. Módulos de formación en seguridad química. Centro internacional de información sobre seguridad y salud en el trabajo (CIS). Actualización Mayo 2003. Versión electrónica: www.ilo.org/public/spanish/protection/safework/cis/products/safetytm/solvents.htm.
- Ley 55 de 1993. Convenio sobre la seguridad en la utilización de los productos químicos en el trabajo. Diario oficial año CXXIX. N.40936.6 Julio. Santafé de Bogotá D.C.1993
- OIT Convenio 139. Convenio sobre la prevención y control de los riesgos profesionales causados por las sustancias o agentes cancerígenos. Ginebra1976
- Decreto 1274 por el cual se promulga el Convenio 136 de la OIT relativo a la protección contra los riesgos de intoxicación por el Benceno. Diario Oficial 43069. Colombia 1997.
- INSHT. Agencia Europea para la seguridad y la salud en el trabajo. Fichas y notas prácticas. Facts 35: La comunicación de la información relativa a la sustancias peligrosas. ISSN 1681-2085. Bélgica. 2003 http://www.mtas.es/insht/information/fichasprac.htm#np_efp_hig.

- ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for Benzene U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. USA 1999
- ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for Toluene U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. USA 2000
- ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for Xilene U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. USA 1995.
- ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for Ethylbenzene U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. USA 1999.
- Rosenberg J, Katz EA. Solvents. In: LaDou J, editor. Current Occupational & Environmental Medicine. Fourth Ed. McGraw-Hill Companies; 2007. p. 481-514.

7.1.2 ¿Cuál método cualitativo se recomienda para la evaluación ocupacional por exposición a los agentes del grupo BTX-EB (causantes de neurotoxicidad periférica o central), vía inhalatoria?

Recomendación

El método recomendado para evaluar cualitativamente la exposición aérea a los agentes del grupo BTX-EB, valorar subjetivamente el riesgo por su potencial exposición y establecer las medidas preliminares para el control de la operación específica, es el "International Chemical Control Toolkit" o "Caja de Herramientas de Control Químico" de la Organización Internacional del Trabajo (OIT), cuya aplicación comprende las siguientes etapas:

1. Clasificar el peligro.
2. Determinar la escala de uso de las sustancias.
3. Determinar la capacidad de la sustancia de introducirse al aire (volatilización en el caso de disolventes o capacidad de formar polvo para material particulado).
4. Seleccionar el abordaje de control y
5. Encontrar la(s) hoja(s) de orientación de control específica(s) por tareas.

Este método proporciona una orientación simple y práctica. La versión en inglés se puede consultar por Internet en la dirección: www.coshh-essentials.org.uk. La versión y adaptación del método en español se da en el apéndice 6 de la presente guía.

Nivel de evidencia: 4

Grado de recomendación: C

Resumen crítico de la evidencia

Las mediciones ambientales y el monitoreo personal no siempre son la herramienta a utilizar en el proceso de evaluación del riesgo; en ocasiones se puede optar por una valoración de tipo cualitativa (subjetiva) como herramienta preventiva. Los resultados obtenidos al aplicar este tipo de valoración, permitirán jerarquizar los riesgos prioritarios y tomar de decisiones relativas a la implementación de medidas de control y realización de mediciones utilizando métodos cuantitativos.

La valoración de riesgos químicos debe referirse a todos los productos químicos peligrosos existentes en el lugar de trabajo. Su objetivo es obtener información acerca de las causas o peligros existentes para tomar una decisión sobre la necesidad de adoptar medidas preventivas o correctivas.

No existe una metodología única para abordar el tema de prevención y evaluación del riesgo químico. En el nivel preventivo se conocen estrategias como la de SOBANE propuesta por el profesor Malchaire de la Universidad Católica de Lovaina, Bélgica (Malchaire, 2005); el método descrito por James C. Rock del Instituto de Seguridad y Salud Ocupacional de la Universidad de Texas, basado en la aplicación de matrices de calificación cualitativa (ACGIH 1995); el método de la AIHA (American Industrial Hygiene Association) (AIHA 2006), que desarrolla la metodología de evaluación y manejo de la exposición ocupacional, bajo un enfoque de gestión con la identificación de grupos de exposición similar (GES), y el método “International Chemical Control Toolkit” o “Caja de herramientas de control químico” de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) también conocida como “Control Banding” (ILO 2004).

Las metodologías simplificadas pueden constituir una buena ayuda para realizar la evaluación inicial de riesgos y determinar si es necesario recurrir a medidas correctoras. El proceso de evaluación de riesgos continúa, la mayor parte de las veces, con la evaluación pormenorizada, a no ser que el riesgo detectado sea leve. Por lo tanto, a priori, estas metodologías no constituyen una alternativa para la evaluación detallada, sino que efectúan un primer diagnóstico de la situación a evaluar. Algunas de ellas ofrecen también orientaciones sobre el tipo de medida a implementar, en función del nivel de riesgo y del tipo de operación o proceso evaluado.

El método de la OIT ha sido diseñado para proporcionar una orientación simple y práctica con el fin de identificar soluciones de control que brinden protección para la mayoría de la población trabajadora. La propuesta ofrece numerosas ventajas por ser fácil de aplicar y disponer de guías específicas de intervención, cuyas versiones en español han sido preparadas por la Fundación Iberoamericana de Seguridad y Salud Ocupacional (FISO). La metodología ha adquirido gran relevancia a nivel internacional, ha sido tema de gran interés en recientes encuentros como el XVII Congreso Mundial de Seguridad y Salud en el Trabajo, realizado en Septiembre 2005 en Orlando (EE UU).

El proceso general de evaluación simplificada de riesgo químico se compone de las siguientes etapas:

1. **Clasificación de las actividades de trabajo:** Un paso preliminar a la evaluación de riesgos es preparar una lista de actividades de trabajo, agrupándolas en forma racional y manejable. Una posible forma de clasificar las actividades de trabajo es la siguiente:
 - Áreas externas a las instalaciones de la empresa.
 - Etapas en el proceso de producción o en el suministro de un servicio.
 - Trabajos planificados y de mantenimiento.
 - Tareas definidas, por ejemplo: conductores de montacargas.
 - Datos de evaluaciones de riesgos existentes, relativos a la actividad desarrollada.
 - Organización del trabajo.

2. **Valoración de la peligrosidad intrínseca de la sustancia:** La severidad del efecto tóxico de la sustancia se clasifica en cinco categorías (A, B, C, D y E) en función de las frases R que deben figurar en la etiqueta del producto y en su correspondiente hoja de datos de seguridad. Además, algunas sustancias pueden presentar riesgos por contacto con la piel o las mucosas externas. Cuando dichos riesgos se presentan de manera inmediata después del contacto (frase R34 “Provoca quemaduras”, por ejemplo), la evaluación del riesgo asociado a este efecto se efectuará según lo indicado en las metodologías de valoración de riesgo por accidente químico. Cuando en lugar (o además) de lo anterior, el agente químico presenta riesgos por contacto con la piel a largo plazo (por ejemplo frase R48 «Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada»), deberá recurrirse directamente a la adopción de medidas preventivas orientadas a impedir el contacto del agente químico con la piel o las mucosas, ya que en tal caso no se dispone, por el momento, de sistemas de evaluación simplificados.

3. **La tendencia a pasar al ambiente:** se clasifica en alta, media y baja y se mide, en el caso de líquidos, por su volatilidad (presión de vapor o punto de evaporación) y la temperatura de trabajo, que definen la capacidad de evaporación del agente. En el de sólidos, la tendencia a pasar al ambiente se clasifica por su facilidad para formar polvo.

4. **La cantidad de sustancia empleada** se clasifica en pequeña, mediana o grande según la siguiente distribución:
 - Pequeña: Gramos o mililitros.
 - Mediana: Kilogramos o litros.
 - Grande: Toneladas o metros cúbicos.

Una vez determinado el nivel subjetivo del riesgo, el método ofrece soluciones técnicas de distinto tipo según la operación que se esté evaluando.

En Internet existe una versión del método gratuita (en inglés) en la dirección www.coshh-essentials.org.uk. El usuario introduce la información solicitada y el sistema, que utiliza el mismo modelo de evaluación de los riesgos, selecciona la propuesta de control idónea y las hojas de orientación sobre los controles; esta información se puede imprimir. El usuario puede imprimir también el formulario de evaluación en el que aparece la información

introducida y un recordatorio de las necesidades de control. Adicionalmente se pueden imprimir los requisitos establecidos por el programa “Control of Substances Hazardous to Health Regulations” (COSHH por sus siglas en inglés), además de otras obligaciones reglamentarias.

Referencias Bibliográficas

- Malchaire J. Método SOBANE: Productos químicos peligrosos. Unidad de higiene y fisiología del trabajo. Facultad de medicina. Universidad Católica de Lovaina. Bélgica Mayo 2005. Versión electrónica: <http://www.sobane.be/langues/sp/Malchaire%20texte%20SOBANE%20quimicos%20005%20Sp.pdf>.
- Malchaire J. Evaluación, prevención y mejoras de los riesgos derivados del trabajo con productos químicos peligrosos. Informe del estudio de observación SOBANE nivel 2. Unidad de higiene y fisiología del trabajo. Facultad de medicina Universidad Católica de Lovaina. Bélgica. Mayo 2005. Versión electrónica. http://www.sobane.be/langues/sp/ejemplo_Sobane_quimicos_rapport_sp.pdf.
- International labor office (ILO). International Chemical Control Tool Kit. Ginebra. Suiza, 2004. Versión electrónica: http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/ctrl_banding/toolkit/main_guide.pdf.
- Hill R.H Jr., Jean A. Gauce and Pamela Whitehead. Chemical Safety Level (CSLs): A proposal for chemical safety practices in microbiological and biomedical laboratories. Office of health and safety, Centers for Disease Control and Prevention. <http://www.cdc.gov/od/ohs/CSL%20article.htm>.
- Bullock W., Ignacio J., A strategy for assessing and managing occupational exposures. AIHA Third Edition. USA. 2006.
- Spear J.E. Exposure Assessments and Industrial Hygiene Exposure Assessments. Worst-Case versus Random Sampling J.E. Spear Consulting, LLC. USA. 2004
- Beverly S. Cohen and Susanne V. Hering (Editors). Air Sampling Instruments. Chapter 2: Occupational Air Sampling Strategies by Rock James C., 8th Edition, ACGIH, USA. 1995
- Nieto O. Caja de herramientas de control químico de la OIT: traducción y adaptación. Buenos Aires: Fundación Iberoamericana de Seguridad y Salud Ocupacional, 2004.

7.1.3 ¿Cuál es el método cualitativo recomendado para estimar la exposición de los trabajadores a los agentes del grupo BTX-EB, por vía dérmica?

Recomendación

Para estimar la exposición de los trabajadores a los agentes del grupo BTX-EB, por vía dérmica, se recomienda, por su sencillez, el modelo propuesto por el Instituto Nacional Francés para la Investigación de la Seguridad (INRS por sus siglas en francés), el cual considera los siguientes aspectos:

- | |
|---|
| a) Grado de severidad del efecto tóxico de la sustancia. b) Parte del cuerpo en contacto con la sustancia y c) Tiempo de la exposición. |
|---|

Nivel de evidencia: 3

Grado de recomendación: C

Resumen crítico de la evidencia

Como se mencionó en el resumen crítico de la evidencia de la recomendación 7.1.2, la valoración de tipo cualitativo es una herramienta de tipo preventivo que se puede utilizar en el proceso de evaluación del riesgo. Estas metodologías son útiles para definir los riesgos prioritarios, ayudar a tomar decisiones relativas a la realización de mediciones ambientales o el monitoreo personal y establecer la necesidad de adoptar medidas preventivas o correctivas.

Históricamente, en la evaluación de la exposición a los agentes químicos se ha dado mayor atención a la vía aérea que a la vía dérmica. Específicamente en la valoración por exposición a vapores orgánicos, la inhalación se ha considerado como la principal ruta de ingreso de dichos contaminantes al organismo. Sin embargo, es reconocido que los riesgos por exposición a los agentes del grupo BTX-EB en el ambiente de trabajo pueden darse por inhalación del agente y por absorción a través de la piel.

La importancia de la vía dérmica es reconocida por OSHA, NIOSH y ACGIH y otras organizaciones responsables del establecimiento de los VLPs. Las publicaciones de dichos organismos incluyen lo que se conoce como notación “piel”, identificando la vía dérmica como ruta importante de exposición para los agentes a los cuales se les ha asignado esta notación. La notación “piel” permite identificar los compuestos específicos que después de ser absorbidos a través de la piel pueden causar toxicidad sistémica. Cuando no se dispone de esta notación, para valorar la posible absorción dérmica de la sustancia involucrada se deben evaluar sus características fisicoquímicas para saber si se trata de una sustancia corrosiva (pH alto o bajo), sensibilizante (reactividad) o que realmente puede absorberse a través de la piel (buena solubilidad en lípidos y en agua).

El benceno y el tolueno tienen asignada la notación “piel” por la ACGIH (ACGIH 2005 y 2007). La DFG (Agencia Federal Alemana) asigna la notación “piel” a todos los agentes del grupo: benceno, tolueno, etilbenceno y xileno. Aunque internacionalmente existen algunas inconsistencias en la asignación de la notación “piel”, esta información puede ser un buen indicador de la potencial penetración dérmica de los agentes.

Existen varias metodologías que permiten estimar la exposición vía dérmica, algunas de las cuales se mencionan a continuación:

Según el INSHT (2003), se deben considerar las siguientes circunstancias de exposición en el caso de exposición por contacto y riesgo de absorción a través de la piel:

- Localización y extensión del contacto.
- Duración y frecuencia del contacto.
- Cantidad o concentración del agente.
- Temperatura y humedad ambiental.
- Gestión incorrecta de los elementos de protección personal.
- Procedimiento de trabajo inadecuado.
- Trabajadores especialmente sensibles.
- Exposición simultánea a varios agentes.

La cantidad o concentración del agente químico a considerar en el riesgo por absorción vía dérmica depende de la masa que puede mantenerse en contacto con la piel y del mecanismo de acción del agente sobre el trabajador.

Otra circunstancia que se debe tener en cuenta, es el caso de trabajadores expuestos a BTX-EB, corresponde a las lesiones de la piel (laceraciones, irritación, dermatitis, etc.), ya que éstas pueden facilitar la absorción dérmica de los disolventes.

De acuerdo con la AIHA (2006) para la evaluación de la exposición dérmica se puede aplicar la estrategia utilizada en la evaluación de la exposición ambiental (vía aérea), haciendo uso de herramientas tales como: categorización cualitativa, monitoreo (cualitativo, semi-cuantitativo y cuantitativo) y empleo de modelos.

El método cualitativo propuesto por AIHA (2006) considera cinco factores de exposición dérmica: Área de contacto dérmico (ACD), concentración dérmica (CD), frecuencia de contacto dérmico (FCD), tiempo de retención dérmica (TRD) y potencial de penetración dérmica (PPD). Con el producto de estos factores se establece la variable 1: Rango de exposición dérmica. Mediante escalas cualitativas según el efecto en salud y tipo de toxicidad del agente se establece la variable 2: Rango de peligro dérmico. El cruce de estas dos variables utilizando una matriz de calificación cualitativa permite determinar finalmente el riesgo relativo para la salud, el cual puede ser clasificado como bajo, moderado, alto y muy alto.

Dada la complejidad de los métodos mencionados anteriormente, esta guía recomienda utilizar un método más sencillo y simplificado, el cual corresponde al método propuesto por el Instituto Nacional para la Investigación en Seguridad de Francia (INRS por sus siglas en francés), (INRS, 2005), que tiene en cuenta los aspectos siguientes:

- a) Grado de severidad del efecto tóxico de la sustancia (S).
- b) Parte del cuerpo en contacto con la sustancia (PCA).
- c) Tiempo de exposición (T)

A continuación se explica cómo se valora cada uno de ellos.

- La severidad S se clasifica en cinco (5) categorías, a cada una de las cuales se le asigna una puntuación en orden de menor a mayor efecto esperado, según las frases R asignadas específicamente para el agente de interés y de acuerdo con la clasificación de peligrosidad dada por la Unión Europea (tabla 12):

Tabla 12. Severidad (S) según el INRS

| Categoría | Clasificación del peligro | Frases de riesgo | Pictograma | Puntaje de Severidad |
|-----------|---------------------------|--|---|----------------------|
| 1 | Inocuo | Ninguna |  | 1 |
| 2 | Irritante. Xi | R36, R37, R38, R36/37, R36/38, R36/37/38, R37/38 R66. |  Xi | 10 |
| 3 | Nocivo. Xn | R20, R21, R22 R20/21, R20/22, R20/21/22, R21/22 R33, R34, R40, R42, R43, R42/43 R68/20, R68/21, R68/22, R68/20/21, R68/20/22, R68/21/22, R68/20/21/22 R48/20, R48/21, R48/22, R48/20/21, R48/20/22 R48/21/22, R48/20/21/22 R62, R63, R64, R65, R67, R68 |  Xn | 100 |
| 4 | Tóxico. T | R15/29, R23, R24, R25, R29, R31 R23/24, R23/25, R23/24/25, R24/25, R35, R39/23, R39/24, R39/25. R39/23/24, R39/23/25, R39/24/25, R39/23/24/25. R41, R45, R46, R48, R49 R48/23, R48/24, R48/25 R48/23/24, R48/23/25 R48/24/25, |  T | 1.000 |

| Categoría | Clasificación del peligro | Frases de riesgo | Pictograma | Puntaje de Severidad |
|-----------|---------------------------|--|---|----------------------|
| | | R48/23/24/25 R60, R61 | | |
| 5 | Muy Tóxico. T+ | R26, R27, R28, R32 R26/27, R26/28, R26/27/28, R27/28, R39, R39/26, R39/27, R39/28, R39/26/27, R39/26/28 |  T+ | 10.000 |

- Para la PCA se establecen 4 categorías con puntuaciones diferentes según la extensión y parte del cuerpo en contacto con el agente químico. La puntuación está asociada con las extremidades superiores, el torso y/o las piernas. Se asignan valores así:
 - 1, si la PCA es una mano;
 - 2, si la PCA comprende ambas manos o una mano y el antebrazo;
 - 3, cuando la PCA incluye ambas manos y el antebrazo o un brazo completo, y
 - 10, si la PCA incluye miembros superiores y el torso y/o las piernas.
- Puntaje por tiempo de exposición (T) establece 4 categorías:
 - Menor de 30 minutos por día: 1 punto.
 - De 30 minutos a 2 horas por día: 2 puntos.
 - De 2 a 6 horas por día: 5 puntos.
 - Más de 6 horas por día: 10 puntos.

Al final, se calcula el **nivel de exposición global (NEG)** obteniendo el producto de los puntajes indicados anteriormente, así:

$$\text{NEG} = S \times \text{PCA} \times T$$

La interpretación de los resultados obtenidos y la acción a seguir de acuerdo con éstos son las siguientes:

- Si el puntaje es **mayor a 1.000**, la exposición se considera de máximo riesgo y se requiere una intervención inmediata.
- Si el puntaje se encuentra **entre 100 y 1.000**, existe un riesgo moderado y deben tomarse acciones correctivas
- Si el puntaje es **inferior a 100**, se considera que la situación está controlada, no se requiere modificación.

GC Sinclair 2002, evaluó el coeficiente de reparto de benceno en piel humana y determinó que la penetración de benceno por la piel depende de dos factores: el tiempo de contacto y

el área expuesta. Este estudio sirve para determinar la contribución de la cantidad absorbida por la piel, en comparación con la cantidad inhalada, sobre la carga total de benceno. También sería aplicable para establecer modelos farmacocinéticos para el benceno.

Referencias bibliográficas

- Bullock W, Ignacio J, A strategy for assessing and managing occupational exposures. AIHA Third Edition. Virginia, EEUU. 2006.
- INSHT Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Ministerio de trabajo y asuntos sociales. Métodos de mediciones para agentes químicos. Apéndice 5. Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con agentes químicos. España. 2003. Versión electrónica: www.mtas.es/insht/practice/g_AQ.htm.
- ACGIH. TLVs and BEIs Threshold Limit Values, for chemical substances and Physical Agents. Biological Exposure Indices.2007.
- ACGIH (Compiler) Guide to Occupational Exposure Values 2005.
- Sinclair GC, Westerb RC, Maibachb HI. Partition Coefficients for Benzene in Human Skin AIHA Journal 63:685–688 (2002).
- Vincent R, Bonthoux F, Mallet G, Iparraguirre JF, Rio S. Methodologie d'évaluation simplifiée du risqué chimique. INRS Hygiène et sécurité du travail. Cahiers de notes documentaires;2005. 200:39-62.

7.1.4 ¿Cuáles son los métodos cuantitativos recomendados para determinar la concentración de los agentes BTX-EB, en el aire, en los sitios de trabajo?

Recomendación

Para el muestreo y análisis de los agentes contaminantes del grupo BTX-EB (benceno, tolueno, xileno y etilbenceno) presentes en el aire del ambiente de trabajo, por su gran sensibilidad, precisión y exactitud, se recomienda utilizar los métodos de la NIOSH específicos para cada agente o mezclas de agentes.

La selección del método específico para el análisis de los contaminantes presentes en el ambiente de trabajo, se hace según el agente en estudio y teniendo en cuenta las etapas secuenciales de identificación, recolección de la muestra, cadena de custodia y análisis de laboratorio. El protocolo de cada método indica las condiciones de trabajo para cada una de las etapas mencionadas, incluyendo el medio de recolección, el volumen a muestrear, el caudal de muestreo y el sistema instrumental a emplear.

El método de análisis NIOSH específicamente recomendado para hidrocarburos aromáticos es el No 1501 el cual incluye el perfil de valoración para los compuestos del grupo BTX-EB (Benceno, tolueno, o-xileno, m-xileno, p-xileno y etilbenceno). Este método es aplicable a muestras en que estos compuestos están presentes solos o en mezclas y se puede consultar en el Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth

Edition. Versión electrónica: http://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/1501_pdf

Cuando para la determinación de la concentración promedio de un contaminante en el aire existan dos procedimientos, uno de ellos colorimétrico y otro método instrumental en el que se requiera la captación del contaminante y posterior análisis en el laboratorio, se recomienda utilizar el procedimiento instrumental.

En la evaluación de la exposición de los trabajadores a contaminantes químicos del grupo BTX-EB, no se recomienda utilizar los tubos colorimétricos como método de lectura directa, específicamente en el caso del benceno por ser un agente cancerígeno reconocido en humanos.

Nivel de evidencia: 4 y 2 para el no uso de tubos colorimétricos y para métodos de benceno.

Grado de recomendación: C y B

Resumen crítico de la evidencia

Para la evaluación de la exposición a productos químicos, existen diferentes metodologías y criterios normalizados por autoridades internacionales del campo de la higiene ocupacional, especializados en la vigilancia y el control de los riesgos de enfermedades profesionales. Entre las publicaciones más prestigiosas están el Manual de Métodos de Análisis, el cual incluye específicamente el método 1501 que aplica para hidrocarburos aromáticos del grupo BTX-EB de NIOSH 2003, los Métodos de Análisis de la OSHA, la Serie de Guías Analíticas de la AIHA, los Métodos de Toma de Muestra y Análisis del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (INSHT 2003). Los métodos utilizados en España, Alemania y Francia son similares a los referidos por la NIOSH y se pueden consultar a través de la base de datos GESTIS 2007.

El NIOSH y la OSHA son líderes en el desarrollo de métodos de muestreo y análisis de contaminantes químicos en aire. Estos métodos han sido sometidos a rigurosos ensayos de calidad y son los que ofrecen la mejor respuesta a exigencias de especificidad, precisión y exactitud. En consecuencia se trata de métodos validados y confiables.

Existen dos tipos de métodos para la evaluación de contaminantes químicos: *los métodos de lectura directa* en donde el resultado de la concentración en el aire puede ser conocido de manera inmediata y *los métodos de lectura indirecta*, en cuyo caso la muestra se recolecta en el sitio de trabajo y debe ser enviada al laboratorio para su análisis posterior.

Existen equipos portátiles que permiten realizar el análisis durante el trabajo de campo conocidos como instrumentos de *lectura directa*. Estos equipos se utilizan para conocer el grado de contaminación de un área de trabajo en particular. El uso de cromatógrafos de lectura directa tiene algunas ventajas en comparación con los sistemas de etapas separadas de toma de muestra y análisis, ya que permite obtener resultados puntuales y realizar

estudios de su variación con el tiempo. Además son rápidos y económicos. Los métodos de lectura directa tienen la desventaja de ser menos precisos y con frecuencia presentan interferencias impredecibles, por lo cual no son confiables para la evaluación de la exposición ocupacional de los trabajadores.

Los métodos de *lectura indirecta*, por el contrario, permiten conocer la composición química de la muestra y son el mejor descriptor de la exposición ocupacional ya que el muestreo puede ser personal. Estos métodos aplican técnicas instrumentales de análisis de alta sensibilidad y especificidad.

Para determinar las concentraciones de hidrocarburos aromáticos tipo BTX-EB en muestras ambientales por monitoreo personal, es necesario en primer lugar realizar la toma de la muestra de aire en el ambiente de trabajo, asegurar su conservación durante el transporte y el almacenamiento y posteriormente efectuar el análisis en el laboratorio.

La muestra se recoge, utilizando una bomba de muestreo personal calibrada (**muestreo activo**), haciendo pasar una cantidad conocida de aire a través de un elemento captador, que es un tubo relleno con material adsorbente generalmente de carbón activado. Posteriormente los vapores se desorben utilizando disolventes, solos o en mezclas de sulfuro de carbono, metanol o diclorometano. La disolución resultante se analiza en un cromatógrafo de gases (GC por sus siglas en inglés) equipado con detector de ionización de llama (FID por sus siglas en inglés). Del cromatograma resultante se obtienen las áreas de los picos de los analitos de interés y del patrón interno, determinando la cantidad de hidrocarburo presente en la muestra y a partir de la masa de los analitos presentes en la muestra se obtienen las concentraciones ambientales.

La calidad y confiabilidad de los resultados finales depende de la adecuada ejecución de los procedimientos mencionados previamente.

El método de análisis NIOSH recomendado específicamente para hidrocarburos aromáticos es el No 1501 el cual incluye el perfil de valoración para el grupo BTX-EB: Benceno, tolueno, etilbenceno, o-xileno, m-xileno y p-xileno. Aplicando este método se puede determinar la concentración de cada compuesto aún si en la muestra están presentes uno o más agentes del grupo BTX-EB. Las características de este método son:

Tabla 13. Método NIOSH 1501 Características generales

| Idioma/ Año de publicación | Principio del método | Velocidad de flujo/Volumen de aire recomendado | Estatus del método/ Observaciones |
|-----------------------------------|--|--|--|
| Ingles/Versión 3/2003 | Tubo adsorbente con carbón activado 100/50mg. Desorción con 1 ml disulfuro de | 0.01-0.20 l/min. Vol. máximo: 30, 8, 24 y 23 respectivamente. | Parámetros de validación NIOSH. Manual o Analytical Methods. Nacional |

| Idioma/ Año de publicación | Principio del método | Velocidad de flujo/Volumen de aire recomendado | Estatus del método/ Observaciones |
|-----------------------------------|---|---|---|
| | carbono añadido a cada sección. Análisis por GC/FID. | | Institute for occupational safety and Health. |

Fuente: NIOSH 2003

Tabla 14. NIOSH 1501: Características analíticas del método.

| Sustancia | LOD (mcg /muestra) | Precisión Total | Exactitud Total (±%) |
|---|-------------------------------|------------------------|---------------------------------|
| Benceno | 0,5 | 0,059 | 11,4 |
| Etilbenceno | 0,5 | 0,089 | 17,1 |
| Tolueno | 0,7 | 0,052 | 10,9 |
| Xileno (o, m, p) | 0,7-0,8 | 0,060 | 12,2 |
| Interferencias: La presencia de alcoholes, cetonas, éteres e hidrocarburos halogenados puede ocasionar interferencias | | | |

LOD: Limit of detection.

Fuente: NIOSH 2003

La aplicación de estos métodos por parte de los usuarios y de los laboratorios de higiene analítica, exige la estandarización y validación para determinar las características analíticas del método de acuerdo con las circunstancias tecnológicas de cada institución o laboratorio. En el caso de no disponer de la tecnología y del personal profesional calificado para realizar las valoraciones, es posible recurrir a laboratorios de referencia internacionales (Estados Unidos de América, Canadá Inglaterra y Comunidad Europea) que dispongan de metodologías validadas y estén certificados por los organismos competentes. A nivel nacional se recurre generalmente a los laboratorios de la NIOSH que están certificados por la AIHA.

A continuación se presentan con fines ilustrativos los datos de algunos de los métodos analíticos disponibles (USA, España, Alemania, Francia) para determinación de vapores orgánicos, según los métodos validados por la OSHA, NIOSH, INHST, DFG, etc.

Tabla 15. Métodos analíticos para determinación de BTX-EB en aire

| Fuente y nombre del método | Idioma/ Año de publicación | Principio del método | Velocidad de flujo/volumen de aire recomendado | Estatus del método/observaciones |
|--|---|--|---|---|
| <p>OSHA 1005 para benceno.</p> <p>Nota: Los métodos OSHA para los otros disolventes del grupo BTX-EB, son:</p> <p>Tolueno: # 111. (-o,-m,-p.) Xileno y Etilbenceno: # 1002.</p> <p>Estos métodos son similares al método para benceno, con algunas diferencias y características específicas que se pueden consultar en los documentos originales.</p> | <p>Ingles/ Benceno: 2001/2002 Tolueno: 1998 Xileno y etilbenceno: 1999.</p> | <p>Tubo adsorbente con carbón activado o usando muestreadores pasivos como SKC 575-002 y 3520 OVM (monitoreo de vapores orgánicos, por sus siglas en inglés)</p> | <p>Usando tubos de carbón activado:</p> <p>240 min a 50 mL/min. 12 L TWA; 10 min a 50 mL/min, 0.5L Peak; 15 min a 50 mL/min, 0.75 L STEL.</p> <p>Con muestreadores pasivos SKC 575-002 y para el 3520 OVM.</p> <p>240 min TWA; 10 min Peak; 15 min STEL.</p> <p>Los muestreadores pasivos se deben exponer al menos por 10 min.</p> | <p>El método ha sido evaluado aplicando los procedimientos establecidos por el equipo del departamento de desarrollo de métodos de la división de Higiene Industrial Química. Centro técnico OSHA. Salt Lake USA.</p> |
| <p>INSHT. MTA/MA-030/A92. Determinación de hidrocarburos aromáticos: benceno, tolueno,</p> | <p>Español. Inglés/ 1992.</p> | <p>Tubo adsorbente con carbón activado 100/50mg. Desorción con 1 ml disulfuro de carbono</p> | <p>0.2 l/min. 5l.</p> | <p>Validado de acuerdo al protocolo de INSHT. Muestreo incluido en el método de validación.</p> |

| Fuente y nombre del método | Idioma/ Año de publicación | Principio del método | Velocidad de flujo/volumen de aire recomendado | Estatus del método/observaciones |
|--|-------------------------------|--|--|--|
| etilbenceno, p-xileno, y 1,2,4-trimetilbenceno, en aire. | | añadido a cada sección del tubo. Análisis por GC/FID. | | |
| MetroPol Fiche 012 Hidrocarburos aromáticos | Francés /2004 | Tubo adsorbente con carbón activado 900/300mg o 100/50mg. Desorción con disulfuro de carbono añadido a cada sección. Análisis por GC/FID. | 1 l/min. 45-90 l. 0.01-0.2 l/min. 3-30 l. | Descripción breve del método. Muestreo incluido en la validación del método. Métodos similares descritos en MTA/MA-030, DFG y BIA 6265. |
| MetroPol Fiche 055. Mezcla de vapores de hidrocarburos (C ₆ a C ₁₂). | Francés /2004. | Tubo adsorbente con carbón activado 900/300mg o 100/50mg. Desorción con disulfuro de carbono añadido a cada sección del tubo. Análisis por GC/FID. | 0.2-1 l/min. 100 l 0.05-0.2 l/min. 12 l. | Descripción breve del método. El método ha sido desarrollado para benceno presente en mezclas de hidrocarburos (C ₆ a C ₁₂). |
| MetroPol Fiche 012 and Archivo del método C. Hidrocarburos aromáticos y | Francés /2000 | Muestreo por difusión sobre carbón activado (muestreador GABIE). | Velocidad de captación: 43.9 ml/min. Tiempo de muestreo: | Descripción breve del método. Véase el archivo C del método para datos técnicos y de validación del |

| Fuente y nombre del método | Idioma/ Año de publicación | Principio del método | Velocidad de flujo/volumen de aire recomendado | Estatus del método/observaciones |
|---|----------------------------|---|--|--|
| muestreador pasivo (bolsa GABIE). | | Desorción con 2 a 5 ml de disulfuro de carbono. Análisis por GC/FID. | 120-480 min. | dispositivo de recolección de la muestra (bolsa GABIE). |
| MDHS 50. Benceno en aire-método de laboratorio usando muestreadores por difusión de polímeros porosos, desorción térmica y cromatografía de gases. | Inglés/1985. | Muestreador tubo tipo difusor conteniendo Tenax. Desorción térmica Análisis por GC/FID. | Velocidad de captación: 1.78 ng/ppm/min (7 horas de exposición). 1.23 ng/ppm/min (15 min de exposición). Tiempo de muestreo: 10 min- 8 h. | La velocidad de captación varía con el tiempo de exposición. |

Fuente; Gestis-Analytical 2002

El uso de los tubos colorimétricos está indicado para estimar la concentración puntual del contaminante en el aire, detectar fugas, estimar la concentración del contaminante en áreas cercanas a la fuente, espacios cerrados o para realizar un tamizaje de las condiciones ambientales. Los procedimientos de tamizaje no se deben utilizar para determinar conformidad con los valores límite. Los tubos de lectura directa presentan limitaciones por falta de especificidad y sensibilidad. La interpretación de los resultados puede ser afectada por el tiempo la temperatura y presión. Tales limitaciones fueron evaluadas en la revisión de D.K. Verme 1999.

Referencias Bibliográficas

NIOSH. Hydrocarbons, Aromatic. Method 1501 March 2003 Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition. Versión electrónica:
http://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/1501_pdf
 U.S. Occupational Safety & Health Administration (OSHA) Sampling and Analytical Methods
<http://www.osha.gov/dts/sltc/methods/index.html>

INSHT Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Ministerio de trabajo y asuntos sociales. Métodos de mediciones para agentes químicos. Apéndice 5. Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con agentes químicos. España. 2003. Versión electrónica: www.mtas.es/insht/practice/g_AQ.htm

Gestis-Analytical Methods for Chemical Agents at Workplaces. EU Project BC/CEN/ENTR/000/2002-16): http://www.hvbg.de/e/bia/gestis/analytical_methods/index.html

INSTH. Tubos colorimétricos. Métodos de toma de muestras y análisis de contaminantes químicos en el aire (MTCQA-e). España. 2000. Versión electrónica <http://www.mtas.es/insht/MCQA/index.htm>

Verma D. K; Karen des Tombe Measurement of benzene in the workplace and its evolution process, part 1 American Industrial Hygiene Association Journal; Jan/Feb 1999; 60, 1; ABI/INFORM Global pg. 38

7.1.5. ¿Cuáles son los valores límite permisibles (VLP) recomendados para evaluar, por vía aérea, el grado de exposición ocupacional a los agentes del grupo BTX-EB?

Recomendación

Se recomienda utilizar los valores límite permisibles (TLV) establecidos por la Conferencia Americana Gubernamental de Higienistas Industriales (ACGIH), los cuales han sido adoptados en el país por la Resolución 2400 de 1979 (Art. 154 Cáp. VIII) del Ministerio del Trabajo y Seguridad Social.

Tabla 16. Los valores de TLV de la ACGIH vigentes en el año 2007 para los agentes del grupo BTX-EB

| Compuesto | ACGIH TLVs ppm | | Efecto crítico (TLV) Notaciones |
|-----------------------------------|-------------------|------|---|
| | TWA | STEL | Según ACGIH |
| Benceno | 0.5 | 2.5 | Leucemia, A1: Carcinógeno humano confirmado. Piel |
| Tolueno | 20 | — | Alteraciones de la visión, efectos sobre la reproducción en la mujer Piel. A4.No clasifica como carcinógeno humano. |
| Xileno Isómeros: -o, -m, -p | 100 | 150 | Irritación de los ojos y tracto respiratorio superior. Alteraciones del Sistema nervioso central A4: No clasifica como carcinógeno humano. |

| | | | |
|-------------|-----|-----|--|
| Etilbenceno | 100 | 125 | Irritación tracto respiratorio superior; y alteraciones del SNC, irritación de los ojos A3: No clasifica como carcinógeno humano. |
|-------------|-----|-----|--|

Nivel de evidencia: 4

Grado de recomendación: C

Resumen crítico de la evidencia

Según la Resolución 2400 del año 1979, Colombia se acoge a los valores límite permisibles (VLP) o *threshold limit values* (TLV) establecidos por la American Conference of Governmental Industrial Hygienist (ACGIH).

De acuerdo con la ACGIH 2007, los TLV se refieren a las concentraciones de agentes químicos en el aire y representan las condiciones bajo las cuales se cree que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos diariamente sin efecto adverso y se determinan con base en la información obtenida de la experiencia en la industria, estudios experimentales con seres humanos y animales o de una combinación de estas tres fuentes de datos, cuando es posible.

Estos valores se han desarrollado como lineamientos para ayudar en el control de riesgos para la salud, no se deben tomar como estándares con fines legales sino como valores recomendados para los programas de higiene y seguridad ocupacional. Esta información debe ser utilizada, interpretada y aplicada únicamente por profesionales especialistas en higiene industrial.

El valor límite para los gases y vapores se establece generalmente en ppm, valor independiente de las variables de temperatura y presión atmosféricas. También se puede expresar en mg/ m³ a 25 °C y 760 torr.

Debido a que existe amplia variación en la susceptibilidad individual, un pequeño porcentaje de trabajadores puede experimentar molestias por algunas sustancias químicas aún a concentraciones menores al TLVs; un porcentaje más pequeño puede ser afectado más seriamente porque se agrava una condición pre-existente o porque desarrolla una enfermedad ocupacional. Pueden existir individuos hiper-susceptibles que presentan reacciones no usuales ante algunas sustancias químicas, debido a factores genéticos, edad, hábitos personales (tabaquismo, alcohol, o uso de drogas), medicación o exposiciones previas.

Hay tres categorías de TLV de acuerdo con la ponderación respecto al tiempo: TLV-TWA, TLV-STEL, TLV- CEILING, (las definiciones están dadas en el glosario del presente documento).

CONSIDERACIONES RELATIVAS A LA PIEL: Cuando en el listado aparece la anotación “piel” después del nombre de la sustancia, se refiere a una contribución potencialmente significativa a la exposición general por vía cutánea, incluyendo membranas mucosas y ojos, bien sea por manipulación del agente o por contacto directo con vapores con la piel desprotegida. Los vehículos presentes en las soluciones y mezclas también pueden contribuir a la absorción por la piel. Esta notación de advertencia indica que la concentración ambiental evaluada puede ser insuficiente para cuantificar la exposición global y alerta sobre la necesidad de establecer medidas para prevenir la absorción cutánea.

A continuación se relacionan los diferentes valores de referencia para los compuestos del tipo BTX-EB reportados por las organizaciones internacionales ACGIH; OSHA, NIOSH y DFG compilados por la ACGIH 2005 y 2007, se incluye el dato IDLH: Límite inmediatamente peligroso para la vida y la salud (NIOSH 2005).

Tabla 17. Valores límite internacionales para los disolventes tipo BTX-EB

| Compuesto | ACGIH TLVs ppm | | OSHA PELs ppm | | NIOSH - RELs ppm | | DFG - MAKs ppm. | | Efecto crítico (Ec)/TLV. Anotaciones (An). |
|-----------------------------|---|------|--------------------------------|-------------|------------------|------|----------------------|------|--|
| | TWA | STEL | TWA | STEL | TWA | STEL | TWA | STEL | Según ACGIH |
| Benceno | 0.5 | 2.5 | 1 | 5 | 0.1 | 1 | NE | NE | Leucemia. A1: Carcinógeno humano. confirmado. Notación piel. |
| | Notación piel; BEI | | 29CFR 1910 1028/1910.133 | | | | Notación piel | | |
| Tolueno | 20 | NE | 200 | C 300; 500* | 100 | 150 | 50 | NE | SNC. A4:No clasifica como carcinógeno humano. Notación piel. |
| | Notación piel; BEI | | 10-min pico por turno de 8 –hr | | | | Notación piel | | |
| Xileno Isómeros: -o, -m, -p | 100 | 150 | 100 | NE | 100 | 150 | 100 | NE | Irritación. A4: No clasifica como carcinógeno humano. |
| | BEI | | | | | | Notación piel | | |
| Etilbenceno | 100 | 125 | 100 | NE | 100 | 125 | NE | NE | Irritación y SNC. |
| | BEI | | | | | | Notación piel | | |
| NE: no encontrado | | | | | | | | | |
| IDLH/ NIOSH | Límite inmediatamente peligroso para la vida y la salud | | | | | | | | |
| Compuesto | Benceno | | Tolueno | | Xileno | | Etilbenceno | | |
| ppm | 500 | | 500 | | 800 | | 900 | | |

Fuentes: ACGIH. TLVs and BEIs Threshold Limit Values, for chemical substances and Physical Agents. Biological Exposure Indices.2007.

ACGIH (Compiler) Guide to Occupational Exposure Values. .2005.

NIOSH National Institute for Occupational Safety and Health. Pocket Guide to Chemical Hazards. 2005. Versión electrónica <http://www.cdc.gov/niosh/npg/default.html>. Benceno: <http://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0049.html>.

En la base de datos de GESTIS se pueden consultar los valores límite en uso a nivel internacional. Versión electrónica gratuita: http://www.hvbg.de/e/bia/gestis/limit_values/index.html

Referencias bibliográficas:

ACGIH. TLVs and BEIs Threshold Limit Values, for chemical substances and Physical Agents. Biological Exposure Indices.2007

ACGIH (Compiler) Guide to Occupational Exposure Values. .2005

GESTIS International Limit Values. BG-Institute for Occupational Safety and Health – BGIA. 2007 Versión electrónica: http://www.hvbg.de/e/bia/gestis/limit_values/index.html

NIOSH National Institute for Occupational Safety and Health. Pocket Guide to Chemical Hazards. 2005. Versión electrónica <http://www.cdc.gov/niosh/npg/default.html>. Benceno: <http://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0049.html>.

INSHT Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Límites de exposición profesional para agentes químicos. Ministerio de trabajo y asuntos sociales. España 2007. Versión electrónica. <http://www.mtas.es/insht/practice/vlas.htm>

7.1.6 ¿Cuales son los índices de exposición biológicos (biological exposure indices, BEI) recomendados que deben tenerse en cuenta para evaluar la exposición ocupacional a los agentes del tipo BTX-EB?

Recomendación

Se recomienda utilizar los Índices de Exposición Biológicos (BEI) vigentes de la ACGIH (2007) para los agentes químicos del grupo BTX-EB, siguientes:

- Benceno: Acido S-Fenilmercaptúrico en orina; ácido t-t-mucónico en orina.
- Tolueno: o-Cresol en orina; ácido hipúrico en orina, tolueno en sangre.
- Xilenos: Acidos metilhipúricos en orina.
- Etilbenceno: Suma de ácido mandélico y ácido fenil glioxílico en orina; etilbenceno en la última fracción de aire exhalado.

Tabla 18. Valores de los BEI para BTX-EB según ACGIH, 2007.

| Agente químico | Sustancia indicadora y matriz biológica | Tiempo de muestreo | Valor BEI | Notación |
|-------------------------------|--|---|-----------------------|-----------------|
| Benceno | Acido S-Fenilmercaptúrico en orina. | Al final del turno.* | 25 mcg/g creatinina. | B. |
| | ácido t, t- Mucónico en orina. | Al final del turno.* | 500 mcg/g creatinina. | B. |
| Tolueno | o-Cresol en orina. | Al final del turno.* | 0.5 mg/L. | B. |
| | Ácido hipúrico en orina. | Al final del turno* | 1.6 g/g creatinina. | B, Ns. |
| | Tolueno en sangre. | Antes del último turno de la semana de trabajo. | 0.05 mg/L. | — |
| Xileno (grado técnico) | Ácidos metilhipúricos en orina. | Al final del turno * | 1.5 g/g creatinina. | — |
| Etilbenceno | Suma de ácido mandélico y ácido fenil glioxílico en orina. | Al final del turno de la semana de trabajo ** | 0.7 g/g creatinina. | Ns, Sq. |
| | Etilbenceno en la última fracción de aire exhalado. | No crítico. *** | — | Sq. |

B: Background, Ns: Non specific, Sq: semiquantitative

(*) Al final del turno: Tan pronto como sea posible después de concluir la exposición.

(**) Al final del turno de la semana de trabajo: Después de cuatro o cinco días de trabajo consecutivos con exposición.

(***) No crítico (a discreción): A cualquier tiempo

Para determinar cuantitativamente el ácido hipúrico y metilhipúrico en orina como BEI de tolueno y xileno, se recomienda utilizar el método NIOSH: No 8301 el cual utiliza cromatografía de alta resolución (HPLC por sus siglas en inglés) y detección ultravioleta.

Nivel de evidencia: 2 para el uso de los indicadores biológicos para evaluar la exposición y 3 para los métodos analíticos.

Grado de recomendación: B y C

Resumen crítico de la evidencia

Según la ACGIH 2007, los índices de exposición biológicos (BEI), son valores de referencia de determinados productos químicos en el medio biológico, que se utilizan como lineamientos para la evaluación del riesgo potencial para la salud en la práctica de la higiene industrial.

Los BEI representan los niveles de la sustancia química o de uno o más de sus metabolitos, o un cambio químico reversible inducido por la sustancia, que se pueden encontrar en muestras biológicas tomadas de un trabajador sano, que haya estado expuesto a la sustancia química con un nivel de exposición igual al TLV. El BEI se aplica para ocho horas de exposición cinco días a la semana.

Los valores de referencia de un indicador biológico generalmente corresponden a una concentración en la matriz biológica, para la cual casi todos los trabajadores no deben presentar efectos adversos para la salud.

Generalmente existe una correlación directa entre el BEI y el TLV (ACGIH 2007) (D. Tolentino 2003), aunque en algunos casos se presentan inconsistencias entre la información obtenida por monitoreo del aire y la obtenida por monitoreo biológico, por ejemplo cuando hay exposición no ocupacional del trabajador al mismo agente químico al cual está expuesto ocupacionalmente. Otras fuentes de inconsistencia pueden ser la contaminación o deterioro de la muestra después de su recolección y variabilidad en la efectividad de los dispositivos de protección personal (overoles, guantes, máscaras) (ACGIH 2007). Influyen además las condiciones particulares del trabajador, estado de salud, consumo de medicamentos, edad, género, embarazo, entre otros.

Esta definición no se aplica a las sustancias con efectos no sistémicos como irritación o daño respiratorio, cuyo control biológico debe hacerse evaluando la absorción por una vía diferente, usualmente la piel. En estos casos la dosis interna puede exceder a la entrada por vía pulmonar resultante de la exposición al TLV.

Debido a la variabilidad biológica es posible que el BEI no distinga entre una exposición riesgosa o no riesgosa.

Hon-Wing Leung *et al.*, 1988, describieron la aplicación de la farmacocinética para obtener el BEI a partir del TLV. Este método matemático fue aplicado a benceno y tolueno entre otros compuestos y puede ser útil para relacionar los indicadores biológicos con los valores actualmente establecidos del TLV de estos agentes.

D. Tolentino 2003, correlacionó las concentraciones de benceno en orina con las de benceno en aire, encontrando que con el método estadístico de mínimos cuadrados ponderados se puede determinar la concentración en ppm de benceno en el aire que generaría un nivel de benceno en orina entre 9 - 16 mcg/L. Este estudio es importante

porque suministra una teoría estadística aplicable a otros agentes del grupo BTX-EB, para correlacionar los valores de VLP con los índices biológicos de exposición BEIs.

Estudios Realizados por Seong-Kyu Kang (2005), de una parte y Javelaud B (1998) por otra, demuestran que el t,t, ácido mucónico es un indicador fiable de la exposición a Benceno. Por ello, se ha utilizado también para observar exposición en población general, donde se corrobora que las personas que trabajan al lado de carreteras, se encuentran en contacto indirecto con benceno, lo que significa que microcontaminantes de este tipo se encuentran presentes en las gasolinas.

La medición de Benceno en sangre, es posible, siempre que se realice la técnica adecuada y los laboratorios tengan un método analítico validado. Brugnone F, realiza un método en el que incluye la toma de muestra y su conservación y la estandarización, para ser analizado por cromatografía de gases y espectrometría de masa.

Kraemer A (1999), identifica los trabajadores expuestos a Xileno y realiza mediciones de ácido metil hipúrico, encontrando correlación con los niveles en sangre de Xileno, basados para su momento como valores normales de 2gr/l y de xileno de 1,5 mg/l.

De la misma manera se indica entre otros, en el estudio de Mei-Lien Chen, que es posible realizar mediciones de Tolueno y Xileno, en aire expirado como indicador sensible.

De tal forma que se recomienda utilizar los siguientes Índices de Exposición Biológicos (BEIs) de la ACGIH (2007) para los agentes químicos del grupo BTX-EB, cuyos valores son presentados en la recomendación en la tabla 18:

- Benceno: Ácido S-Fenilmercaptúrico en orina; ácido t-t-mucónico en orina.
- Tolueno: o-Cresol en orina; ácido hipúrico en orina, Tolueno en sangre.
- Xilenos: Ácidos metilhipúricos en orina.
- Etilbenceno: Suma de ácido mandélico y ácido fenil glioxílico en orina; Etilbenceno en la última fracción de aire exhalado.

Se dispone de un número limitado de métodos analíticos para la determinación de los BEIs, desarrollados y validados por el INHST, OSHA, NIOSH, HSE.

Los métodos instrumentales incluyen la metodología para la toma de la muestra, los equipos y las condiciones instrumentales para la determinación analítica del contaminante químico (de sus metabolitos o de otro indicador biológico), que esté relacionado directa o indirectamente con la exposición del trabajador al contaminante en estudio.

Los sustratos biológicos utilizados son generalmente orina, sangre o aire exhalado Es especialmente importante el momento de toma de la muestra (antes o después del turno, jornada diaria o semanal, etc.) ya que el significado del resultado depende totalmente de esto. Para este tipo de determinaciones son válidos los criterios de preservación y transporte de la muestra, aplicados a la determinación de contaminantes en aire.

El tiempo de recolección de la muestra (tiempo de muestreo) está determinado por la duración de retención del analito o indicador biológico en estudio (ACGIH 2007). Debido a que la concentración del indicador biológico presente en la muestra puede cambiar rápidamente, es muy importante respetar cuidadosamente el tiempo de recolección establecido para cada BEI. Existen diferentes tiempos de recolección:

1. Previo al turno: 16 horas después de concluir la exposición.
2. Durante el turno: Cualquier tiempo después de 2 horas de exposición.
3. Al final del turno: Tan pronto como sea posible después de concluir la exposición.
4. Al final de la semana de trabajo: Después de cuatro o cinco días de trabajo consecutivos con exposición.
5. A discreción: A cualquier tiempo.

A continuación se presentan las características del método 8301 NIOSH (2003), para valorar el ácido hipúrico y ácidos metil hipúricos, reconocidos como indicadores biológicos de exposición a tolueno y xileno.

Tabla 19. Condiciones del método analítico NIOSH 8301

| BEI | No. de método | Muestra | Técnica |
|---|----------------------|--|--|
| Ácidos hipúrico y 2-,3-y4-metilhipúricos en orina | 8301 | 1. Orina antes del turno. 2. Orina al final del turno después de 2 días de exposición | HPLC/UV: Cromatografía líquida de alta resolución con detector ultravioleta |

Fuente: NIOSH 2003

En el Reino Unido se dispone de metodologías desarrolladas por HSE (Health Security Executive), entre los cuales se reporta el método para determinar la concentración de ácido s-fenilmercaptúrico en orina como indicador biológico de la exposición a benceno. El método utiliza metodología analítica instrumental de cromatografía de gases con detector de masas.

Para la evaluación de los riesgos neurotóxicos (y cancerígeno en el caso del benceno) asociado con la exposición a los agentes del grupo BTX-EB, se requiere hacer un análisis simultáneo de los datos obtenidos en la evaluación higiénica y en la médica, confrontando el VLP-TWA con el valor del BEI. El análisis es útil para la identificación de vías de ingreso no consideradas, mal funcionamiento de los sistemas de protección implementados, uso inadecuado de los elementos de protección, hábitos de higiene de los trabajadores, fugas o escapes, especialmente cuando la exposición ambiental está bajo control y el BEI reporta un dato inusualmente alto.

Según Colman R, Coleman A (2006), en casos en que la exposición a benceno vía aérea esté controlada pero los niveles del BEI ácido s-fenilmercaptúrico se encuentren inesperadamente aumentados, es posible que los overoles contaminados hayan sido la causa

del incremento significativo en la absorción de benceno por la piel y por consiguiente del aumento los niveles en orina del indicador biológico. En este estudio se demostró que si se cambian los overoles cada cuatro jornadas de trabajo se reduce el nivel de captación a menos del equivalente de 1ppm de la dosis inhalada.

Referencias bibliográficas

- ACGIH. TLVs and BEIs Threshold Limit Values, for chemical substances and Physical Agents. Biological Exposure Indices.2007.
- Leung, Hon-Wing and Paustenbach, Dennis J. Application of Pharmacokinetics to Derive Biological Exposure Indexes from Threshold Limit Values, American Industrial Hygiene Association Journal, 49:9, 445- 450 1988
- Tolentino, Zenari E, Dall'Olio M, Ruani G, Gelormini A, Mirone G. Application of statistical models to estimate the correlation between urinary benzene as biological indicator of exposure and air concentrations determined by personal monitoring. AIHA J (Fairfax , Va) 2003 Sep ;64(5):625-629
- Seong Kyu-kan, y otros Occupational exposure to benzene in South Korea. Chemico-Biological Interactions 153–154 (2005) 65–74
- Kramer A y otros, Occupational chronic exposure to organic solvents XVII. Ambient and biological monitoring of workers exposed to xylenes. Int Arch Occup Environ Health (1999) 72: 52-55
- NIOSH 2003. Method 8301. Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition. Versión electrónica: <http://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs>
- Colman R, Coleman A. Unexpected cause of raised benzene absorption in coke oven by-product workers. SO - Occup Med (Lond) 2006 Jun ;56(4):269-271
- Javelaud B, y otros. Benzene exposure in car mechanics and road tanker drivers. Int Arch Occup Environ Health (1998) 71: 277-283
- Panida M, y otros. Environmental and occupational exposure to benzene in Thailand. Chemico-Biological Interactions 153–154 (2005) 75–83
- Chiara S, y otros. Environmental and Biological Monitoring of occupational exposure to organic micropollutants in gasoline. Chemosphere 44 (2001) 67-82
- Romieu I y otros, Environmental Exposure to Volatile Organic Compounds among Workers in Mexico City as Assessed by Personal Monitors and Blood Concentrations. Environmental Health Perspectives Volume 107, Number 7, July 1999
- Brugnone F y otros. Benzene in environmental air and human blood. Int Arch Occup Environ Health (1998) 71: 554-559

7.1.7 ¿Qué ajustes se recomienda aplicar a los valores límite permisibles (VLP) de los agentes del grupo BTX-EB, cuando la jornada de trabajo supera las 8 horas/día y las 40 horas a la semana?

Recomendación

| |
|--|
| Cuando se presentan jornadas diarias de más de 8 horas de trabajo y mayores a 40 horas |
|--|

a la semana, se recomienda utilizar el modelo de la reducción del VLP, mediante la aplicación del modelo matemático Brief y Scala:

Factor de corrección, ajuste diario (FCAD):

$$FCAD = \frac{8}{hd} \times \frac{24 - hd}{16}$$

Donde hd = horas trabajadas por día.

Factor de corrección, ajuste semanal (FCAS)

$$FCAS = \frac{40}{hs} \times \frac{168 - hs}{128}$$

Donde hs = horas trabajadas por semana.

El factor resultante para cada caso se multiplica por el valor VLP ponderado (VLP – TWA) de 8 horas para obtener el valor corregido.

De tal forma que el TLV-TWA corregido es igual a:

$$TLV-TWA \text{ corregido} = (TLV-TWA \text{ 40 horas semanales}) \times (FCAS)$$

Nivel de evidencia: 4

Grado de recomendación: C

Resumen crítico de la evidencia

Usualmente los límites legales se definen como concentraciones medias ponderadas en periodos de 8 horas de la jornada diaria y de 40 horas de trabajo a la semana. Cuando la jornada de trabajo es diferente, (más de 8 horas diarias y más de 40 horas a la semana), es necesario considerar el ciclo de trabajo-descanso. En jornadas extendidas la dosis total absorbida crece, así como disminuye el tiempo para la recuperación. Para tales casos se han propuesto ajustes para los VLP.

La finalidad de ajustar los valores límite permisibles es, asegurar que los trabajadores con una jornada de trabajo inusual (de más de 8 horas diarias y más de 40 horas a la semana,) tengan un grado de protección equivalente a la protección de los trabajadores con jornadas de trabajo de 8 horas diarias y 40 horas a la semana (IRSST 2004).

Existen varios modelos para el ajuste de los VLP en exposiciones ocupacionales durante jornadas de trabajo no usuales (ACGIH 2007).

Tabla 20. Modelo para ajuste de los VLP

| Modelo | Comentario |
|--------------------------|--|
| Modelo Brief y Scala | Tiene en cuenta el incremento del tiempo de exposición y el tiempo reducido de recuperación. |
| Modelo OSHA | Categorización de la sustancia y la aplicación de una proporción simple en el turno de trabajo o en el ciclo de trabajo. |
| IRSST. | Establece cuatro (4) categorías de ajuste según el tipo de sustancia, el tiempo de vida media y los efectos en salud. |
| Modelo de Hickey y Reist | Es un modelo farmacocinético, se basa en la acumulación máxima del tóxico al final del último día de trabajo de la semana. |

El modelo Brief y Scala puede ser apropiado para algunas sustancias, particularmente aquellas que causan irritación respiratoria a corto plazo o narcosis. No se debe aplicar para justificar exposiciones muy altas en periodos de exposición cortos, por ejemplo una exposición a más de 8 veces el TLV-TWA durante una hora y exposición cero durante el resto de la jornada. Este modelo es más fácil de usar que el modelo farmacocinético y es recomendado por la ACGIH.

El modelo de OSHA clasifica los contaminantes químicos en seis categorías, así:

1A: Límite techo (Ceiling).

1B: Irritación.

1C: Reducción de la exposición tanto como tecnológicamente sea posible.

2: Toxicidad aguda.

3: Toxicidad acumulativa y

4: Toxicidad acumulativa y aguda.

El modelo de OSHA permite asegurar que para las sustancias con efectos agudos o crónicos, la dosis diaria o semanal no sea excedida por exposiciones adicionales en jornadas de trabajo más prolongadas. Este modelo no recomienda ningún tipo de ajuste para los contaminantes químicos clasificados como 1A, 1B y 1C.

Para la categoría 2 (sustancias con vida media biológica menor de 12 horas) OSHA sugiere aplicar un factor de corrección (Fc) al VLP, dividiendo el periodo de 8 horas entre el tiempo adicional a las 8 horas laboradas durante el día de trabajo. Esto es: $F = 8/\text{horas adicionales a las 8 horas por día}$.

Para la categoría 3 (sustancias con vida media biológica mayor de 12 horas) OSHA recomienda aplicar el mismo procedimiento de la categoría 2, pero tomando como base la semana: $F_c = 40/\text{horas adicionales a las 40 horas por semana}$.

El modelo de Hickey y Reist se basa en la acumulación máxima del tóxico al final del último día de trabajo de la semana. Requiere de información sobre la vida media biológica de la sustancia. Es un modelo farmacocinético menos conservador que los modelos de OSHA y Brief & Scala.

La guía para el ajuste de los valores límite permisibles para jornadas de trabajo inusual del Institut de Recherche Robert Sauvé en Santé et en Sécurité du Travail (2004) (IRSST por sus siglas en francés) de Canadá, se basa en el cálculo de límites de exposición ajustados utilizando el concepto de Brief & Scala. Una de las condiciones importantes de aplicación del modelo es aquella que establece que el ajuste no debe permitir exposiciones superiores al valor de exposición promedio ponderado en el tiempo. La guía del IRSST ha desarrollado tablas para el ajuste teniendo en cuenta el tipo de sustancia y las jornadas de trabajo. El método se puede consultar en la página web del IRSST: http://www.irsst.qc.ca/en/_outil_100011.html.

Referencias bibliográficas

ACGIH. TLVs and BEIs. Threshold Limit Values. For chemical substances and Physical Agents. 2007.

Guide for the adjustment of permissible exposure values (PEVs) for unusual work Schedules 2nd edition revised and updated Studies and research projects Technical Guide Institut de Recherche Robert-Sauvé en Santé et en Sécurité du Travail. IRSST Québec Canadá 2004. Páginas web: www.irsst.qc.ca y http://www.irsst.qc.ca/en/_outil_100011.html.

7.1.8 ¿Cómo debe estimarse la exposición ocupacional de los trabajadores cuando se encuentran expuestos a mezclas de agentes del tipo BTX-EB?

Recomendación

Cuando se presenta exposición simultánea a dos o más sustancias con efectos aditivos comprobados, para calcular la exposición, se recomienda utilizar la fórmula:

$$D = \frac{C_1}{VLP_1} + \frac{C_2}{VLP_2} + \dots + \frac{C_n}{VLP_n} \leq 1$$

Donde:

C = Concentración de la sustancia

VLP = Valor límite permisible para la sustancia

Cuando la suma es mayor a 1 (uno) existirá sobreexposición

Nivel de evidencia: 3

Grado de recomendación: C

Análisis crítico de la evidencia

Todos los organismos internacionales, y específicamente la ACGIH 2007 y el INSHT 2007 recomiendan tener especial cuidado al aplicar los TLV o VLP para la evaluación de riesgos asociados a la exposición a mezclas de dos o más sustancias.

Los TLV se establecen para agentes químicos específicos y no para las mezclas de estos. Cuando en el ambiente están presentes varios agentes que ejercen la misma acción sobre los mismos órganos o sistemas, es necesario considerar su efecto combinado como aditivo, salvo que se disponga de información que indique que los efectos son sinérgicos o bien independientes.

De acuerdo con lo anterior, la comparación con los valores límite ha de hacerse utilizando la fórmula siguiente:

$$D = \frac{C_1}{VLP_1} + \frac{C_2}{VLP_2} + \dots + \frac{C_n}{VLP_n} \leq 1$$

Donde:

C = Concentración de la sustancia.

VLP = Valor límite permisible para la sustancia.

Donde C_n representa las exposiciones a los distintos agentes presentes ($C_1, C_2 \dots C_n$) en la mezcla y VLP_n los valores límite respectivos ($VLP_1, VLP_2 \dots VLP_n$). Si el resultado obtenido es mayor que la unidad, ha de entenderse que se ha superado el VLP para la mezcla en cuestión y existirá sobre exposición.

En un estudio realizado por Hana R. Pohl y colaboradores en 2003, se describen seis (6) perfiles de interacción para mezclas simples, uno de ellos correspondiente a BTX-EB. El método descrito sirve para modificar el índice de riesgo cuando hay exposición simultánea a varios de estos solventes. Este tipo de mezclas se presentan en sitios de manejo de desechos peligrosos. El metabolismo de los cuatro componentes del grupo BTX-EB es dependiente de la dosis y sería aditivo en el caso de dosis que no saturan la función de la citocromo-oxidasa P450. Los cuatro disolventes de este grupo alteran al sistema nervioso por un mecanismo de acción similar sobre la membrana celular. El método descrito en este estudio es recomendable para evaluar el riesgo de exposición a mezclas conjuntas y se describe con el nombre ATSDR 2002 (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) basado en el cálculo del índice de riesgo (HI por sus siglas en inglés).

En otro estudio Ikeda M. 1995, revisó las implicaciones que tiene para el monitoreo biológico la exposición a mezclas complejas, específicamente determinando la relación entre benceno solo, tolueno solo, y los dos anteriores combinados sobre la cantidad de fenol y ácido hipúrico en orina. La exposición a mezclas en dosis bajas no parece ser preocupante, pero si aumenta el riesgo cuando las dosis combinadas son altas. El nivel de evidencia de este estudio es 2.

Referencias bibliográficas

- ACGIH. TLVs and BEIs Threshold Limit Values, for chemical substances and Physical Agents. Biological Exposure Indices.2007.
- ACGIH (Compiler) Guide to Occupational Exposure Values. 2005.
- GESTIS International Limit Values. BG-Institute for Occupational Safety and Health – BGIA. 2007. Versión electrónica: http://www.hvbg.de/e/bia/gestis/limit_values/index.html.
- INSHT Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Límites de exposición profesional para agentes químicos. Ministerio de trabajo y asuntos sociales. España 2007. Versión electrónica. <http://www.mtas.es/insht/practice/vlas.htm>.
- Pohl H.R., Roney N., Wilbur S., Hansen H., De Rosa C.T. Six interaction profiles for simple mixtures Chemosphere 2003; 53:183–197.
- Ikeda M. Exposure to complex mixture: Implications for biological monitoring Toxicology letters 1995; 77: 85-91.

7.1.9 ¿Qué criterios deben tenerse en cuenta para la aplicación de los valores límite permisibles (VLP) conocidos para los agentes del grupo BTX-EB?

Recomendación

La exposición de los trabajadores a los agentes BTX-EB y especialmente al benceno, por cualquier vía, debe ser controlada cuidadosamente para mantener los niveles del agente tan bajos como sea posible por debajo del VLP.

Para aplicar los valores límite permisibles o VLP para los agentes del grupo BTX-EB, se recomienda el uso de la siguiente escala de rangos de exposición, para establecer los criterios de acción tendientes hacia el control de la exposición de dichos agentes:

Tabla 21. Escala de rangos de exposición

| Categoría | Concentración observada |
|-------------------------------|---|
| 4: Exposición Muy Alta | > Límite de exposición ocupacional |
| 3: Exposición Moderada o Alta | 50% - 100% del Límite de exposición ocupacional |
| 2: Exposición baja | 10% - 50% del Límite de exposición ocupacional |
| 1: No exposición | < 10% del Límite de exposición ocupacional |

Nivel de evidencia: 4

Grado de recomendación: C

Resumen crítico de la evidencia

En la evaluación de los riesgos resultantes de la exposición a productos químicos peligrosos, se debe tener en cuenta la situación integral y no limitarse simplemente a aplicar los valores de referencia o valores límite permitidos VLP. Dadas las circunstancias de exposición, la toxicidad del agente y las características individuales de los trabajadores no se debe descartar la probabilidad de aparición de efectos negativos en salud, aún a concentraciones ambientales menores a los VLP.

La información disponible acerca de los efectos de los distintos contaminantes sobre la salud de los trabajadores, no permiten fijar unos criterios de referencia que presenten una frontera nítida entre una zona de total de seguridad y otra de riesgo definido.

El estado actual del conocimiento científico no permite identificar niveles de exposición por debajo de los cuales no exista riesgo de que los agentes **cancerígenos, sensibilizantes y mutagénicos** produzcan sus efectos específicos sobre la salud. Sin embargo, se admite que existe asociación entre exposición y probabilidad del efecto, de la cual se deduce que cuanto más baja sea la exposición a estos agentes menor será el riesgo (INSTH 2003) por ello la exposición a cancerígenos se debe mantener al mínimo.

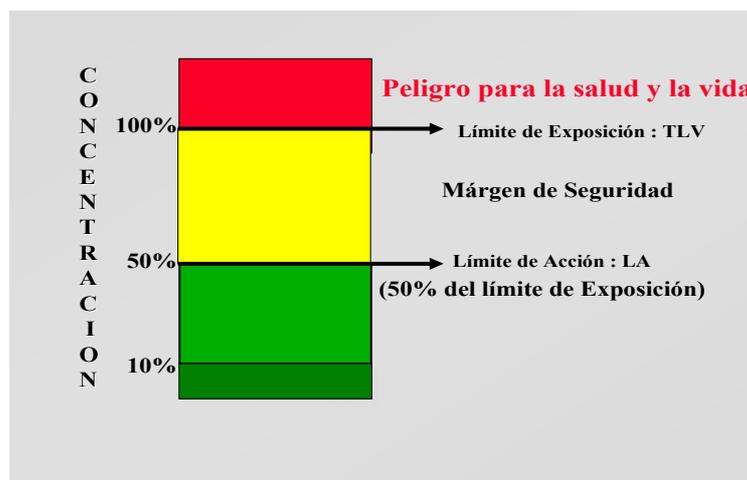
Para los agentes cancerígenos, sensibilizantes y mutagénicos no existen exposiciones “seguras” aunque exista un TLV orientador. El uso de los valores límite de exposición adoptados no garantiza la protección de la salud, pero si sirve como referencia máxima para la adopción de las medidas de protección necesarias y el control del ambiente en los puestos de trabajo. En estos casos mantener la exposición por debajo de un valor máximo determinado permitirá limitar el riesgo pero no se podrá evitar completamente. Esta consideración en el caso del grupo BTX-ET, aplica para el **benceno por ser cancerígeno** en humanos clasificado en el grupo 1 por la IARC y por la ACGIH en la categoría A1.

ACGIH (2007) recomienda: *“Los trabajadores expuestos a carcinógenos A1 que no tienen TLV deben estar equipados apropiadamente para eliminar lo más completamente posible toda exposición al carcinógeno. Para carcinógenos A1 con TLV y para A2 y A3, la exposición de los trabajadores por cualquier vía debe ser controlada cuidadosamente para mantener los niveles tan bajos como sea posible por debajo del TLV”* (ACGIH 2007).

Existen varias propuestas para la aplicación de los VLP en la categorización de la exposición a agentes químicos, entre otras:

- OSHA (Occupational Safety and Health Administration): Como una guía de orientación para categorizar el grado de exposición, establece el concepto de “Nivel de Acción”. El concepto del valor límite de acción (VLA), en higiene ocupacional corresponde al 50% del TLV para el producto evaluado (concentración en ppm o mg/m³). Se usa como referencia para la definición de planes de acción de control y vigilancia de la exposición, dirigidos al trabajador (valoraciones médicas) o al ambiente (monitoreo individual-dosimetría). Este criterio no es aplicable para vigilar la exposición a los agentes químicos considerados altamente peligrosos como el benceno. Sin embargo, puede ser útil para la evaluación de la exposición en los lugares de trabajo en el caso de tolueno, xileno y etilbenceno.
- El principio de higiene ocupacional enunciado como “As Low As Reasonably Achievable”, ALARA por sus siglas en inglés, se refiere a la recomendación de mantener las concentraciones de los agentes químicos, en el ambiente laboral tan bajas como sea posible o por debajo del nivel de cuantificación del método analítico para el agente. Otro criterio aplicado en higiene es el que hace referencia al 10 % del TLV como guía para establecer la *calidad de aire*.
- El modelo propuesto por Rock J (Beverly S. Cohen and Susanne V. Hering ACGIH 1995) establece cinco (5) rangos de exposición utilizando escalas semi-cuantitativas, teniendo en cuenta las mediciones ambientales y la frecuencia de exposición: No exposición, exposición baja, moderada, alta y muy alta.

Teniendo en cuenta los modelos antes señalados, se propone el uso de la escala combinada de rangos de exposición (AIHA 2006, Rock J 1995) presentada en la tabla 21 de la presente recomendación, para establecer los criterios de acción tendientes hacia el control de la exposición a los agentes del grupo BTX-EB, según se esquematiza a continuación:



1. Zona de exposición mínima: corresponde a los valores inferiores al 10 % del valor límite permisible (VLP), en los que se considera que los riesgos para la salud no existen y se toma como referencia para definir el concepto de calidad de aire. Es de anotar que esto no aplica para el caso anotado de cáncer.

2. Zona de exposición baja. Corresponde a los valores inferiores al nivel de acción, en los que se considera que los riesgos para la salud son mínimos y por consiguiente no es necesario adoptar medidas preventivas.
3. Zona de exposición moderada o alta. Comprendida entre el nivel de acción y el valor límite permisible (VLP), se determina que los puestos comprendidos dentro de esta zona, deben ser muestreados con cierta frecuencia a fin de vigilar el comportamiento de las concentraciones. Se requieren controles médicos y ambientales, con medidas técnicas correctoras de fácil ejecución. De acuerdo con la frecuencia de la exposición esta zona se puede subdividir en Moderada y Alta, con el fin de establecer la frecuencia de reevaluación (véase recomendación siguiente No 7.1.10).
4. Zona de exposición muy alta: Correspondiente a zona con valores superiores al valor límite permisible (VLP) lo cual implica la adopción de medidas correctivas ambientales y médicas, así como el seguimiento de la evolución de la concentración existente.

Otro enfoque útil es el expresado por Derk. H. Brouwer y colaboradores 2005, quienes desarrollaron un nuevo concepto denominado *Requerimiento de Aire Ocupacional* (OAR por sus siglas en inglés), que se define como: “la cantidad de aire requerido para diluir la concentración de vapor en el ambiente de trabajo, resultante de 1 litro del agente utilizado, hasta una concentración por debajo del valor del VLP”. Los autores han utilizado este concepto para discriminar pinturas que pueden o no utilizarse con seguridad. El OAR es un algoritmo simple que incluye parámetros como la concentración de compuestos orgánicos volátiles (incluido el xileno) en la pintura, el factor de evaporación y los efectos neurotoxicológicos basados en el VLP. Los experimentos indican que la clasificación de pinturas basada en el OAR predice y discrimina bien el nivel de riesgo por exposición a pinturas con disolventes neurotóxicos. Los autores sugieren que el OAR tiene muchas otras aplicaciones en situaciones similares con pinturas que contengan compuestos orgánicos volátiles con velocidades evaporación similar.

Referencias bibliográficas

- International labor office (ILO). International chemical control Toolkit Implementado en 2004. Ginebra. Suiza. Versión electrónica: http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/ctrl_banding/toolkit/main_guide.pdf
- Bullock W., Ignacio J., A strategy for assessing and managing occupational exposures. AIHA Third Edition. Virginia, EEUU. 2006.
- Beverly S. Cohen and Susanne V. Hering (Editors). Air Sampling Instruments. Chapter 2: Occupational Air Sampling Strategies by Rock James C., 8th Edition, ACGIH, Cincinnati, Ohio, E.E.U.U. 1995.
- ACGIH. TLVs and BEIs Threshold Limit Values, for chemical substances and Physical Agents. Biological Exposure Indices. 2007.
- Brouwer DH, de Pater NA, Zomer C, Lurvink MW, van Hemmen JJ. An experimental study to investigate the feasibility to classify paints according to neurotoxicological

risks: occupational air requirement (OAR) and indoor use of alkyd paints. Ann Occup Hyg. 2005 Jul; 49(5):443-51. Epub 2005 Mar 24

7.1.10 ¿Con qué frecuencia se deben realizar campañas de evaluación periódica de los agentes BTX-EB?

Recomendación

Se recomienda establecer un plan de evaluación paralelo a las categorías de exposición a partir de la propuesta de J. Rock. El establecimiento de los sistemas de control debe apoyarse en el orden de prioridades por grado de riesgo como se presenta en la tabla 22.

Tabla 22. Frecuencia de evaluación

| Grado | Descripción | Comentario | Frecuencia de reevaluación |
|--------------|--------------------------|--|--|
| 1 | Exposición mínima o nula | Concentración o dosis inferior al 10% del VLP | De 3 a 5 años |
| 2 | Exposición baja | Concentraciones o dosis inferiores al 50% (NA) del VLP. | De 1 a 3 años |
| 3 | Exposición moderada | Exposiciones frecuentes a concentraciones (o dosis) por debajo del 50% del VLP o exposiciones (o dosis) poco frecuentes entre el 50% a 100% del VLP. | De 3 meses a 1 año |
| 4 | Exposición alta | Exposición frecuente a concentraciones o dosis cercanas al VLP o poco frecuentes a concentraciones por encima del VLP. | De 1 a 3 meses |
| 5 | Exposiciones muy altas | Exposiciones frecuentes a concentraciones o dosis por encima del VLP. | Evaluaciones continuas: Se requiere atención permanente especialmente para trabajos en espacios confinados. Las evaluaciones continuas aplican en el caso de trabajo con sustancias altamente peligrosas o cancerígenas. |

Nivel de evidencia: 4

Grado de recomendación: C

Resumen crítico de la evidencia

A nivel preventivo se deben tener en cuenta tres aspectos: Los estudios de vigilancia ambiental, el control de la exposición y la aplicación de estrategias regulatorias. El propósito es mantener las concentraciones de los agentes del grupo BTX-EB al nivel más bajo posible para mantener un riesgo mínimo de neurotoxicidad secundaria a la exposición a dichos agentes, y desarrollar cáncer en el caso del benceno. Adicionalmente al monitoreo regular de los niveles de exposición es indispensable realizar evaluaciones médicas periódicas.

La propuesta de J. Rock, plantea que la periodicidad se establezca en función de los resultados de las mediciones con relación al valor límite permisible; es aplicable para cualquier riesgo higiénico con nivel de acción definido.

De acuerdo con NIOSH las frecuencias de tiempo para la reevaluación pueden variar según las circunstancias que se presenten en los sitios de trabajo, que puedan alterar las condiciones del riesgo, por cambios en la concentración de los agentes del grupo BTX-EB ocasionados por:

- a. Mayor cantidad de materia prima peligrosa.
- b. Cambio o instalación de nuevos procesos.
- c. Introducción de nuevas sustancias asociadas con el efecto neurotóxico.
- d. Desajuste en los sistemas de control.
- e. Instalación de nuevos equipos.
- f. Cambios en las funciones de los trabajadores.
- g. Modificaciones en las instalaciones de la planta.

Debe establecerse un programa de monitoreo periódico para verificar la efectividad de los sistemas de control de ingeniería implementados y cuando se introduzcan cambios en los procesos o en los equipos.

Para agentes químicos extremadamente peligrosos como cancerígenos, teratogénicos, mutagénicos y sensibilizantes la reevaluación requiere de atención permanente, especialmente para trabajos en espacios confinados.

Referencias bibliográficas

American Industrial Hygiene Association. A Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposures. Third Edition. Fairfax, VA 22031, USA
Rock, J. Occupational Air Sampling Strategies Occupational Health and Safety Institute, Texas and M University, College Station, Texas. 8 ed. 1995 ACGIH pp 19-39.
Talty JT (Ed) Industrial Hygiene Engineering Second Edition NIOSH USA1986.

7.2 Intervenciones para el control de los factores de riesgo

7.2.1 ¿Qué estrategia se recomienda para mantener vigilada la exposición de los trabajadores a agentes del grupo BTX-EB?

Recomendación:

La estrategia recomendada para validar los resultados de la exposición a contaminantes químicos en general, incluido los agentes del grupo BTX-EB, en grupos poblacionales tanto en empresas de gran tamaño como en PYMES es la siguiente:

1. Conformar grupos que tengan similar exposición (GES) o que desarrollen actividades laborales similares, por ejemplo: operarios de minerías, mecánicos, operarios de construcción, soldadores. Para los trabajadores del sector de hidrocarburos se deben considerar, entre otros, los procesos de: perforación, extracción, transporte del petróleo crudo, refinación y distribución de sus derivados; las operaciones de destilación (al vacío y a presión atmosférica), polimerización, desintegración (cracking), isomerización, coquización y laboratorio de control de calidad; las tareas asociadas con los procedimientos y procesos antes mencionados como: monitoreo, mantenimiento, muestreo, descoquización y operaciones de control de calidad.
2. Clasificar estos grupos en categorías cualitativas de riesgo de exposición (crítico, alto, moderado, bajo), basados en simples observaciones, circunstancias de exposición, panorama general de los factores de riesgo, etc. Se puede utilizar la GTC 45 del ICONTEC o Toolkit sugerido en la recomendación 7.1.2 de esta guía.
3. Confirmar, mediante evaluaciones ambientales, las categorías de exposición cualitativas anteriormente establecidas (línea base). Para cada GES, tomar entre 6 a 10 muestras aleatorias, incluyendo muestras blanco para control de calidad. Para GES mayores de 50 individuos, calcular el número de muestras tomando la raíz cuadrada del número de individuos en el GES. Debe tenerse en cuenta que la toma de menos de 6 muestras genera una alta incertidumbre sobre el perfil de la exposición. Preferir las evaluaciones personales.
4. Aplicando técnicas de estadística descriptiva a los resultados de las evaluaciones realizadas en cada GES, obtener los parámetros requeridos como: rango de las evaluaciones, valores mínimo y máximo, porcentaje de muestras superiores a los TLV –TWA o 100% de la Concentración Relativa (CR), promedios aritmético y geométrico, desviación estándar de la exposición, desviación estándar geométrica, etc.
5. Utilizar la desviación estándar geométrica para asegurar la adecuada selección de

los GES.

Nivel de evidencia: 4

Grado de recomendación: C

Resumen crítico de la evidencia

La tendencia actual de gestión del riesgo profesional es mantener controladas las exposiciones ocupacionales a que son sometidos los trabajadores. La valoración ambiental y médica realizada en forma simultánea permite tomar decisiones para la prevención de las patologías asociadas. El apoyo de la estadística para el procesamiento y análisis de datos con altos niveles de confianza contribuye enormemente en este propósito.

Organismos como la OMS, NIOSH, ACGIH y AIHA tratan con mucho detalle el tema encontrando las siguientes coincidencias en la forma de conducir procedimientos para una adecuada manera de validar los estudios de higiene de campo.

- 1) El valor límite permisible es una herramienta clave para mantener controlada la exposición de individuos a los riesgos higiénicos.
- 2) Deben preferirse los muestreos personales a los muestreos de área por cuanto los primeros ejercen un mejor control en la variabilidad de la exposición.
- 3) Una manera razonable de optimizar los recursos de muestreo y en consecuencia los costos de inversión es acudir al muestreo estadístico, para soportar las decisiones en el seguimiento y control de los riesgos en los individuos expuestos. El tratamiento estadístico de las muestras debe realizarse sobre la base de muestras tomadas bajo condiciones de tiempo similares. Por ejemplo, no mezclar muestras tomadas durante 8 horas con muestras tomadas durante 2 horas.
- 4) La conformación de grupos de exposición similar (GES) facilita el estudio de la exposición de poblaciones de trabajadores a partir de muestras estadísticas, con altos niveles de confianza. Un GES es un grupo de trabajadores que tienen exposición comparable.
- 5) El número de muestras que deben ser tomadas a un grupo de exposición similar (GES) para confrontar los resultados de la exposición a riesgos higiénicos con los valores límite permisibles esta determinado según el tipo de efecto esperado en la salud. Así, para efectos crónicos se requieren por lo menos seis (6) muestras para obtener una estimación con un 95% de confianza. Resulta razonable tomar el número de muestras proporcional a la raíz cuadrada del número de trabajadores del GES. Así por ejemplo 49 trabajadores necesitan 7 muestras, 81 trabajadores necesitan 9, 16 trabajadores requieren 4 (redondear a 6 como mínimo).

Con fines ilustrativos, se recuerda que la estrategia de NIOSH se basa en un intervalo de confianza alrededor de la media para un grupo de muestras y aplican los siguientes criterios de decisión:

- 1.- Si el límite de confianza superior (LCS) se encuentra por debajo del valor límite permisible la exposición encontrada esta en conformidad.
- 2.- Si el límite de confianza inferior (LCI) se encuentra por encima del valor límite permisible la exposición está fuera de conformidad.
- 3.- Si el valor límite permisible se encuentra entre los límites de confianza superior e inferior no es posible aplicar un criterio de decisión con un nivel de confianza del 95%.

Referencias bibliográficas

- Bullock W., Ignacio J., A strategy for assessing and managing occupational exposures. AIHA Third Edition. USA. 2006.
- Rock JC. Air Sampling Instruments. Chapter 2: In Cohen BS, Hering SV, Editors. Occupational Air Sampling Strategies. 8th Ed., Cincinnati, Ohio. E.E.U.U: ACGIH. 1995.
- Ministerio de la Protección Social. Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Neumoconiosis (Silicosis, Neumoconiosis del minero de carbón y Asbestosis). Bogotá. Colombia. 2006.

7.2.2 ¿Qué criterios se deben tener en cuenta para controlar la exposición a los agentes del grupo BTX-EB, y qué medidas de control se recomienda aplicar en la fuente y en el medio para reducir la exposición, a benceno, tolueno, xileno y etilbenceno, en los sitios de trabajo?

Recomendación

Para controlar la exposición a los agentes del grupo BTX-EB en los lugares de trabajo, se recomienda tener en cuenta los siguientes criterios:

- La política de la empresa debe orientarse a utilizar tecnologías limpias y definir estándares de calidad en la adquisición de materias primas no peligrosas para la salud y el medio ambiente.
- Las medidas de prevención, intervenciones técnicas y de higiene, deben priorizarse en el orden siguiente: Control en la *fuentes*, en el *medio* de propagación y finalmente en el *receptor* o sea en el trabajador expuesto.
- Intervención en la *fuentes*. Si no es posible eliminar ni sustituir el agente peligroso, entonces se debe rediseñar, modificar o cambiar el proceso, o el

método por uno menos peligroso para la salud o por uno que permita un mejor control. También se pueden limitar las cantidades empleadas del agente o modificar las prácticas de trabajo.

- Intervención en el *medio*. Implementar medidas de ingeniería (automatización, separación, aislamiento, encerramiento y sistemas de ventilación exhaustiva) acordes con los agentes de riesgo y los procesos.
- Intervenciones en el *receptor*. Establecer medidas administrativas de control tendientes a disminuir la exposición de los trabajadores, uso de sistemas de protección personal y programas de educación de los trabajadores.

Para controlar y reducir la exposición a benceno, tolueno, xileno y etilbenceno, en los sitios de trabajo, se recomienda establecer controles en la *fuentes* y en el *medio* implementando intervenciones en el siguiente orden de prioridad:

- Sustitución del agente por uno menos peligroso o menos tóxico.
- Modificación del proceso para reducir los niveles de exposición.
- Aislamiento o encerramiento del proceso donde se genera el contaminante.
- Ventilación local exhaustiva en los sitios donde se genere o se utilice el contaminante.
- Automatización de los procesos.
- Sistemas de ventilación general si no se trata de carcinógenos.
- Control de emisiones o vertimientos.

En el caso de los disolventes del grupo BTX-EB, deben tomarse siempre todas las medidas preventivas específicas razonablemente factibles para reducir el riesgo al mínimo posible. Es importante recordar que para los agentes cancerígenos como el benceno no existen exposiciones “seguras”.

Debe efectuarse también una vigilancia específica de la salud de los trabajadores, orientada por el mecanismo de acción de las sustancias y por los efectos debidos la exposición a los agentes del grupo BTX-EB.

Nivel de evidencia: 4

Grado de recomendación: C

Resumen crítico de la evidencia

En la práctica de la higiene ocupacional para la intervención de los riesgos asociados con el uso de agentes químicos en el lugar de trabajo, se incluyen medidas que deben implementarse individual o en forma combinada, manteniendo el siguiente orden:

- El control en la *fuentes* de generación.

- El control en el *medio* de propagación.
- El control en el *receptor* o la persona expuesta.

La política de la empresa en cuanto al control de la exposición a los agentes de riesgo químico del grupo BTX-EB debe estar claramente definida para mantener un riesgo mínimo de desarrollar los efectos secundarios asociados con la exposición a dichos agentes (neurotoxicidad para el grupo BTX-EB y cáncer en el caso del benceno). El propósito de esta política es establecer criterios de anticipación y prevención de los riesgos, utilizando tecnologías limpias y definiendo estándares de calidad en la adquisición de materias primas no peligrosas para la salud y el medio ambiente. En la medida en que sea técnicamente posible se debe evitar la utilización de agentes químicos peligrosos como los disolventes del grupo BTX-EB en especial el benceno.

Cuando no sea posible la eliminación de los agentes del grupo BTX-EB, se debe recurrir entonces a la sustitución de dichos agentes (*control en la fuente*) por otra sustancia o por otro proceso, que no represente riesgo o si lo presenta sea menor.

Para la selección de los nuevos productos o procedimientos se debe disponer de la información técnica y de seguridad del producto o proceso sustituto para que la medida recién adoptada no genere nuevos peligros inadvertidos. Con tal fin se debe incluir información de las propiedades fisicoquímicas, la clasificación de peligrosidad y los efectos en salud de la sustancia, entre otras. Esta información se puede obtener a partir de las hojas de datos de seguridad y estudios de carácter toxicológico que evidencien la inocuidad del agente químico seleccionado como posible sustituto. Ejemplo: Usar pinturas y adhesivos solubles en agua para sustituir los productos que contienen disolventes orgánicos altamente volátiles y que generan fácilmente vapores al ambiente. La viabilidad de la sustitución depende además del factor económico por lo cual debe realizarse previamente el estudio de costos y beneficios correspondiente.

En la actualidad se reconoce que el uso del benceno a nivel industrial y comercial debe eliminarse si se dispone de una sustancia menos dañina y que cumpla con las especificaciones técnicas requeridas en el procedimiento en cuestión. En algunos casos ésta posibilidad es menor especialmente en los procesos en los que el benceno se utiliza como reactivo de síntesis químicas. Por otra parte, se han encontrado algunos compuestos menos volátiles para numerosas operaciones en las que anteriormente se utilizaba el benceno como disolvente.

El sustituto puede no ser tan bueno como el benceno pero se prefiere porque las medidas de control son más económicas. Estos sustitutos pueden ser compuestos homólogos del benceno (tolueno, xileno, isopropilbenceno y 1, 3, 5- trimetilbenceno o mesitileno), ciclohexano, hidrocarburos alifáticos, y naftas como disolventes. El tolueno se utiliza como sustituto aunque presenta los efectos adversos generales de los disolventes, porque la evidencia indica que no provoca cáncer ni deteriora la médula ósea. Otra alternativa de sustitución para los disolventes más peligrosos es el aguarrás mineral (White spirit). No se deberá utilizar la gasolina ya que puede contener benceno, tetraetilo de plomo u otros

compuestos peligrosos. También se pueden utilizar otros disolventes como son alcoholes, cetonas, éteres y derivados clorados del etileno.

Cuando no es posible la eliminación o sustitución del agente, se recurre al *control en el medio*, al aislar el proceso, cambiar el método, utilizar sistemas de encerramientos o implementar sistemas de ventilación por extracción exhaustiva. El encerramiento y/o los sistemas de ventilación por extracción son los métodos de ingeniería más eficaces para reducir la exposición a BTX-EB en las áreas de trabajo en donde se libera el agente (OIT 2003).

Los controles de ingeniería, ofrecen las siguientes ventajas: a) el trabajador puede realizar sus tareas en un ambiente más saludable, lo cual contrasta con la situación en la que se elige como control un sistema de protección personal que debe llevar la persona mientras realiza su trabajo en un lugar no controlado. b) son los más eficaces para reducir el riesgo de exposición no solo de los trabajadores sino del medio ambiente. Entre sus desventajas se señala el alto costo inicial de su implementación, lo cual a largo plazo se compensa con la reducción de costos por enfermedad.

Cuando no ha sido posible la sustitución de los agentes BTX-EB se deben implementar controles de ingeniería destinados a reducir al máximo el riesgo de exposición, por ejemplo:

- Automatización de los procesos para evitar el contacto directo con el contaminante.
- Aislamiento de maquinaria y equipo que pueda contaminar durante su funcionamiento el ambiente de trabajo, o de las cercanías.
- Control de emisiones o vertimientos de residuos contaminantes, vapores y líquidos.
- Instalación de sistemas de ventilación local exhaustiva con el fin de recolectar el contaminante en la fuente de generación, diluirlo y proteger el ambiente laboral.
- Los sistemas de ventilación general deben ser diseñados para lograr la renovación del aire interior de acuerdo con las normas técnicas y legales.
- La medición permanente de la concentración de benceno en el aire permitirá identificar sitios de trabajo contaminados y orientar así, los controles técnicos.

El diseño de ventilación tanto general como exhaustiva debe respetar los criterios de ventilación industrial y tener en cuenta las características específicas de los agentes químicos, las circunstancias de exposición, las condiciones de la tarea, los procesos y equipos involucrados. El aire extraído por los sistemas de ventilación localizada se debe descargar en forma segura, alejado de puertas, ventanas y entradas de aire, para reducir el impacto ambiental (ILO 2004; ACGIH 1992).

En la mayoría de las exposiciones a agentes del grupo BTX-EB se identifican cuatro elementos cuya interrelación condiciona el riesgo: El agente, el proceso, el sitio de trabajo y el procedimiento de trabajo. Sobre estos elementos se debe aplicar las medidas preventivas tendientes a eliminar o reducir el riesgo. En la tabla siguiente se presentan el orden de prioridad para la aplicación:

Tabla 23. Prioridades en la elección de medidas preventivas.

| Nivel de prioridad | Objetivo de la medida preventiva | La medida preventiva se aplica al | | | |
|--------------------|----------------------------------|---|--|--|---|
| | | Agente químico | Instalación | Sitio de trabajo | Método de trabajo |
| 1 | Eliminación del riesgo. | Sustitución total del agente químico por otro menos peligroso. | Sustitución del proceso. Utilización de equipos intrínsecamente seguros (1) | | Automatización. Robotización. Control remoto. |
| 2 | Reducción y control del riesgo. | Sustitución parcial del agente (2) Cambio de forma o estado físico (3) | Proceso cerrado. Cabinas de guantes. Aumento de la distancia. Mantenimiento predictivo y preventivo (4) Extracción localizada. Equipos con extracción local incorporada. Cubetas de retención. | Orden y limpieza. Segregación de departamentos sucios. Ventilación por dilución. Duchas de aire. Cortinas de aire. Cabinas para los trabajadores. Drenajes. Control de focos de ignición. | Buenas prácticas de trabajo. Supervisión. Horarios reducidos. |
| 3 | Protección del trabajador | | | | Medidas administrativas de control orientadas hacia la reducción de los tiempos de exposición. Programa de protección personal respiratoria, dérmica y ocular. |

(1) Aplicable para eliminar el riesgo de incendio o explosión.
(2) Por ejemplo, utilizar pinturas preparadas en medio acuoso en lugar de pinturas preparadas con disolventes orgánicos puede disminuir el riesgo de inhalación de vapores orgánicos.

| Nivel de prioridad | Objetivo de la medida preventiva | La medida preventiva se aplica al | | | |
|--------------------|--|-----------------------------------|-------------|------------------|-------------------|
| | | Agente químico | Instalación | Sitio de trabajo | Método de trabajo |
| | (3) Por ejemplo, la manipulación de un material sólido por vía húmeda, en forma de pasta o gel, o su encapsulamiento puede reducir el riesgo por inhalación. | | | | |
| | (4) El mantenimiento predictivo y preventivo permite evitar fugas, derrames o escapes de agentes químicos que son una de las causas de riesgo más frecuentes. Las acciones para contención y limpieza del producto derramado son medidas de control complementarias. | | | | |

Fuente: INSHT 2003

Para asegurar la eficacia de los controles implementados en esta etapa, es necesario además:

- Establecer un programa integral de orden, limpieza y seguridad y verificar permanentemente su cumplimiento.
- Vigilar en forma periódica el funcionamiento de los sistemas de control de ingeniería.
- Mantener actualizados los protocolos de procedimientos de trabajo y registros de reportes de accidentalidad (control en la fuente por ingeniería).
- Establecer un programa de adquisición, instalación, funcionamiento y mantenimiento de maquinarias, equipos y materias primas que cumplan con los estándares de calidad y seguridad relacionados con la anticipación, prevención, reducción y control del riesgo asociado a BTX-EB.
- Establecer programas de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo de maquinaria y equipo. Los programas de mantenimiento son importantes para reducir la contaminación evitando el desgaste prematuro de partes y piezas que puedan originar escapes de sustancias o vapores.

Como parte de la estrategia de prevención de la exposición a los agentes del grupo BTX-EB, en el sector de hidrocarburos y específicamente en las plantas de producción y refinerías del crudo, es necesario implementar sistemas de monitoreo ambiental, en lo posible integrados tecnológicamente a los equipos de producción, para monitorear continuamente los niveles ambientales de estos contaminantes. De esta forma es posible verificar permanentemente el funcionamiento de los sistemas de seguridad, evidenciar fallas potenciales en los procesos y en los equipos además de identificar fugas o derrames accidentales.

Referencias bibliográficas

Organización internacional del trabajo OIT. Módulo 6: Disolventes. Módulos de formación en seguridad química. Centro internacional de información sobre seguridad y salud en

el trabajo (CIS). Actualización Mayo 2003. Versión electrónica: www.ilo.org/public/spanish/protection/safework/cis/products/safetytm/solvent_s.htm.

Organización internacional del trabajo OIT Convenio 139. Convenio sobre la prevención y control de los riesgos profesionales causados por las sustancias o agentes cancerígenos. Ginebra 1976

Decreto 1274 por el cual se promulga el Convenio 136 de la OIT relativo a la Protección contra los riesgos de intoxicación por el Benceno. Diario Oficial 43069. Colombia 1997

International chemical control toolkit. ILO. Draft guidelines. International Labour Office Switzerland 2004.

ACGIH Ventilación Industrial 1ª Edición en español Generalitat Valenciana. España 1992

INSHT Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con agentes químicos. Ministerio de trabajo y asuntos sociales España. 2003. Versión electrónica: www.mtas.es/insht/practice/g_AQ.htm.

7.2.3 ¿Qué estrategias de control de tipo administrativo se recomienda aplicar en el receptor, para el control del riesgo por exposición a benceno, tolueno, xileno y etilbenceno?

Recomendación

Las estrategias de control administrativo que se recomiendan para el control del riesgo asociado con los agentes BTX-EB, son:

- En lo posible, programar la rotación (excepto en el caso del benceno, por el efecto carcinogénico), o la reducción de la jornada de trabajo del personal en las áreas de riesgo.
- Establecer programas de selección, adquisición de sistemas de protección personal respiratoria, dérmica y ocular.
- Dotar a los trabajadores de los elementos de protección personal respiratoria, dérmica y ocular.
- Establecer programas de educación para los trabajadores, orientado a la ejecución segura de su trabajo, conocimiento del riesgo, normas de higiene y seguridad, manejo de emergencias y uso de elementos de protección personal.

Nivel de evidencia: 4

Grado de recomendación: C

Resumen crítico de la evidencia

Los controles administrativos son cambios en la organización del trabajo y en la manera en que un trabajador realiza las tareas correspondientes a su puesto de trabajo. Los controles administrativos tienen un papel preponderante en la prevención y reducción de la exposición a los riesgos asociados con el uso de los agentes del grupo BTX-EB, por cuanto son herramientas muy importantes para incrementar la eficacia de una intervención.

Se entiende por medidas de control en el *receptor* o el trabajador expuesto, a las intervenciones a nivel administrativo sobre:

1. Control de los periodos de trabajo de los empleados con relación al riesgo tales como: reducción de los tiempos de exposición y rotación de los trabajadores.
2. Programas de protección personal: Selección y uso de los elementos de protección personal y,
3. Programas de educación de los trabajadores orientados a la prevención del riesgo asociado con el uso de los agentes del grupo BTX-EB.

Los controles administrativos pueden aumentar la eficacia de una intervención, pero algunos pueden presentar desventajas como:

- a. La rotación de trabajadores puede reducir la exposición media total durante la jornada de trabajo, pero aumenta el número de trabajadores que se verán sometidos a altas exposiciones durante periodos cortos de tiempo.
- b. A medida que se conoce más sobre los agentes peligrosos y sus mecanismos de acción, las exposiciones pico de corta duración pueden representar un riesgo mayor del que se estimaría por la concentración a exposición media.
- c. La modificación de prácticas de trabajo puede representar un importante reto de aplicación y seguimiento, así como reducir la eficacia.

Las actividades administrativas que se deben considerar para fortalecer las intervenciones para el control del riesgo por exposición a los agentes BTX-EB, entre otras, son:

- Diseño y organización de sistemas de trabajo.
- Solicitud a los proveedores de maquinaria y equipo, del suministro de los programas de mantenimiento preventivo y correctivo, cuidados especiales durante paradas de producción programadas o no, y hojas de datos de seguridad (MSDS) en español.
- Contratación y empleo de proveedores que ofrezcan garantía de calidad y seguridad en el abastecimiento de los elementos de protección personal en relación con los riesgos evaluados y la contaminación ocupacional reconocida.
- Suministro de equipo apropiado para el trabajo y las operaciones de mantenimiento.
- Reducción de la cantidad de productos químicos utilizados presentes en el ambiente de trabajo por ejemplo, minimizando las cantidades almacenadas. Mientras no estén en uso, mantener cerrados todos los recipientes que contengan agentes del grupo BTX-EB.
- Disponibilidad en los sitios de trabajo del inventario de todos los productos químicos que se utilizan en la empresa y sus hojas de datos de seguridad.
- Garantía de etiquetado de todos los productos químicos.

- Realización de inspecciones periódicas utilizando listas de comprobación, elaboradas para los productos y procesos químicos que se emplean en el lugar de trabajo, de acuerdo con el programa de inspecciones de seguridad de la empresa.
- Establecimiento de programas permanentes de educación en riesgo químico para los trabajadores, con el fin de promover las buenas prácticas de trabajo que permitan realizar el trabajo en forma segura.
- Planificación, desarrollo y selección de los procedimientos de trabajo seguros. Incluir en el protocolo de cada procedimiento las normas de higiene y seguridad, los elementos de protección obligatorios para el manejo de agentes del grupo BTX-EB, además de la disposición de los desechos químicos generados en dichos procedimientos.
- Establecimiento de programas de orden, limpieza y seguridad y verificación permanentemente su cumplimiento.
- Publicación de la información para los trabajadores, sobre prevención y comunicación de los riesgos. Los trabajadores deben ser informados sobre los riesgos que para su salud supone la exposición a benceno, tolueno, xileno y etilbenceno. De esta forma se logrará su colaboración en la aplicación de las políticas y normas de prevención, así como en el uso de la protección personal y en general en el autocuidado de su salud.
- Instrucción a los trabajadores en el manejo cauteloso de procesos y productos químicos peligrosos, en la lectura y la comprensión de las hojas de datos de seguridad en español (MSD), incluidos los riesgos para la salud y las vías de exposición.
- Establecimiento de normas estándares de seguridad y normas de higiene personal orientadas a estimular la responsabilidad del auto-cuidado, conjuntamente con la responsabilidad del empleador para facilitar su cumplimiento.
- Prohibición de prácticas inseguras tales como: lavado de manos con productos químicos, especialmente con disolventes, trasvase manual o por succión de disolventes y consumo de alimentos en las áreas de trabajo, entre otras.
- Prohibición del lavado de ropas de trabajo en las viviendas de los trabajadores, para evitar la contaminación del grupo familiar esta actividad debe ser responsabilidad del empleador.
- Vigilancia y exigencia sobre el uso de los elementos de protección personal en los ambientes laborales con posible contaminación, al personal de mantenimiento y al personal no vinculado como: contratistas y visitantes.
- Programas de selección, adquisición, instrucción, uso, limpieza, mantenimiento y reposición de los elementos de protección personal, implementados.
- Reducción el número de trabajadores expuestos: disminuir el número de personas que entren en contacto con los productos químicos peligrosos.
- Reducción en la duración e intensidad de la exposición de los trabajadores a los productos químicos peligrosos y/o la frecuencia con que ésta tiene lugar. En lo posible reducir la jornada laboral a menos de 40 horas semanales.
- Custodia de los registros bien diligenciados de capacitación en identificación y evaluación de riesgos asociados con el uso de agentes del grupo BTX-EB.

- Programa de reporte e investigación de incidentes y accidentes de trabajo y enfermedad profesional para promocionar y explicar las medidas preventivas y correctivas entre los trabajadores.
- Disposición de protocolos para los procedimientos de emergencias químicas en los sitios donde se trabaje con agentes del grupo BTX-EB e instruir a los trabajadores en el conocimiento y la comprensión de dichos procedimientos.
- Delimitación y señalización de seguridad en áreas restringidas por presencia de contaminantes.

Referencias bibliográficas

- International labor office (ILO). International chemical control Toolkit Implementado en 2004. Ginebra. Suiza. Versión electrónica: http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/ctrl_banding/toolkit/main_guide.pdf
- Bullock W., Ignacio J., A strategy for assessing and managing occupational exposures. AIHA Third Edition. Virginia, EEUU. 2006.
- Cohen B S; Hering S V (Eds) Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants. 8th Ed. Part I The Measurement Process Part II Instrumentation ACGIH USA 1995.
- INSHT Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Ministerio de trabajo y asuntos sociales. Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con agentes químicos. España. 2003. Versión electrónica: www.mtas.es/insht/practice/g_AQ.htm
- Talty J T. Industrial Hygiene Engineering. Second Edition. USA 1986
- Popendorf W. Industrial Hygiene Control of Airborne Chemical Hazards. Taylor & Francis. Boca Raton, FL 33487-2742 USA. 2006.

7.2.4 ¿Cuáles son los componentes a desarrollar en un programa de protección personal para disminuir la exposición por vía aérea y dérmica, en ambientes de trabajo con agentes del grupo BTX-EB?

Recomendación

Se recomienda establecer un programa de protección personal basado en las valoraciones de los riesgos asociados con la exposición a los disolventes del grupo BTX-EB. El programa debe garantizar la no exposición del trabajador por inhalación y/o contacto con los disolventes implementando el uso de dispositivos mecánicos y elementos de protección personal que sean resistentes a los agentes BTX-EB.

- Para el desarrollo de programas de protección respiratoria se recomienda aplicar los estándares de OSHA 29 CFR 1910.134. Final Rule on Assigned Protection Factors For Respirator 2006, el Estandar 1910.1028 para benceno y la guía NIOSH Respirator selection logic 2004 (publicación 2005-100).

- Para vapores orgánicos del tipo BTX-EB se recomienda únicamente el uso de elementos de protección respiratoria que posean el etiquetado de aprobación NIOSH/MSHA (National Institute Occupational Safety and Health/Mine Safety and Health Administration), o que se verifique en el elemento o sea demostrado por certificación escrita de estos organismos.
- Los filtros para vapores orgánicos del tipo BTX-EB, se deben sustituir siempre que se deterioren o cuando se ha cumplido el tiempo de servicio, lo que ocurra primero, respetando los criterios y frecuencia de recambio establecidos en el programa de protección respiratoria.
- Para el benceno, se recomienda seguir la reglamentación de la OSHA 29CFR1910.1028 la cual establece los criterios para selección y frecuencia de reemplazo de los respiradores.
- En la selección apropiada de la ropa de protección química (RPQ) para el trabajo con los agentes químicos del grupo BTX-EB, se recomienda aplicar la guía que en este tema ha publicado NIOSH 1990, la cual considera las siguientes etapas: 1. Estimar la exposición ocupacional y conocer la situaciones de riesgo en el lugar de trabajo (identificando los agentes químicos, estado físico, propiedades fisicoquímicas, la secuencia del contacto químico y las circunstancias de exposición entre otros aspectos). 2. Preseleccionar las posibles RPQ probables de utilizar. 3. Realizar en la RPQ preseleccionada, pruebas técnicas de resistencia a la permeación, resistencia y protección mecánica. 4. Seleccionar la RPQ que cumpla con las especificaciones de protección requeridas y hacer el seguimiento de su eficacia durante su uso inicial y rutinario”.
- Los elementos de protección personal recomendados deben incluir: Ropa de trabajo (RPQ) según las características de la tarea como, delantales, máscaras de protección facial, gafas de seguridad, protección para la cabeza, botas y guantes protectores elaborados en el material que cumpla las especificaciones de resistencia los agente de interés.
- Se recomienda aplicar las normas OSHA para guantes: 29CFR1910.138 y para protección de los ojos y cara: 29CFR1910.133.
- Adicionalmente se recomienda seguir las indicaciones de los equipos de protección personal y los procedimientos generales de higiene personal descritos por Pocket Guide to Chemical Hazards. NIOSH 2005 y tener en cuenta el documento “Recommendations for Chemical Protective Clothing 1999. A Companion to the NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards.
- Para descontaminar ropas de protección química (RPQ) a base de neopreno contaminada con tolueno se recomienda el método de descontaminación

térmica en lugar del secado con aire y lavado con detergente (Vahdat N. 1989).

- La RPQ se debe seleccionar teniendo en cuenta la temperatura del ambiente de trabajo.

Nivel de evidencia: 4

Nivel 3: Para descontaminación de RPQ y para efectos de la temperatura del ambiente de trabajo sobre la permeabilidad de la RPQ.

Grado de recomendación: C

Resumen crítico de la evidencia

Se entiende por sistema o equipo de protección personal (EPP) todos aquellos elementos que el trabajador debe llevar puestos para evitar cualquier contacto o inhalación con los agentes químicos del grupo BTX-EB presentes en el trabajo (OIT 2003/ INSHT 2003/NIOSH 2004/NIOSH 2005).

Los elementos de protección personal deben ser específicos para los riesgos químicos presentes en el lugar de trabajo de acuerdo con los procedimientos y operaciones. La naturaleza y características de dichos elementos deben ser acordes con las propiedades fisicoquímicas y toxicológicas de las sustancias químicas involucradas.

Se recurre al uso de los EPP solamente cuando se han agotado otras alternativas para eliminar los peligros.

La *protección personal* debe utilizarse como medida provisional mientras:

- Se establecen medidas de control en la *fuentes* y en el *medio* y prácticas de trabajo seguras que permitan reducir completamente la contaminación.
- En situaciones de trabajo donde los métodos de control de ingeniería o administrativos resultan insuficientes para reducir la exposición de los trabajadores a valores menores al VLP.
- En circunstancias especiales donde las medidas técnicas por razones tecnológicas y económicas, no resulten viables.
- En situaciones en las que los controles de ingeniería y prácticas de trabajo no son posibles, por ejemplo durante las actividades de reparaciones y mantenimiento; o ante exposiciones intermitentes y de duración limitada.
- En emergencias donde se presenten escapes fuera de lo común.

El programa de protección personal para disminuir la exposición en el trabajador a los agentes del grupo BTX-EB, debe incluir elementos para protección respiratoria y protección dérmica.

Para establecer adecuadamente el programa de *protección respiratoria* se deben considerar los siguientes aspectos:

- Identificar los agentes de riesgo presentes y las áreas de trabajo afectadas.
- Estimar la exposición ocupacional en los trabajadores orientará la toma de decisiones sobre el uso de elementos de protección personal.
- Considerar las propiedades fisicoquímicas y toxicológicas de las sustancias químicas involucradas así como las vías de acceso al organismo.
- Establecer los criterios para la selección y sustitución (recambio) de los elementos de protección personal específicos para cada grupo de agentes por áreas de trabajo o por tareas.
- Identificar y seleccionar los equipos de protección personal que garanticen la reducción efectiva de los niveles de exposición.
- Incluir las valoraciones y exámenes médicos para identificar posibles restricciones en el uso de los respiradores.
- Ofrecer instrucción a los trabajadores sobre el uso y mantenimiento adecuado y la importancia de los respiradores, incluyendo secciones prácticas para que los trabajadores tengan la oportunidad de manejar el respirador siguiendo las instrucciones de cómo colocarlo, verificar su ajuste y operación.
- Realizar pruebas de ajuste para verificar la adecuación del tamaño y el confort del trabajador usuario.
- Definir responsabilidades en relación con el uso y mantenimiento de los respiradores.
- Incluir en forma periódica entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación para verificar la eficacia de los respiradores.

PROTECCIÓN RESPIRATORIA

Según NIOSH Respirator Selection Logic 2004, los criterios de selección de los respiradores para compuestos del grupo BTX-EB son:

1. La concentración estimada del contaminante en el aire.
2. El factor de protección del respirador.
3. El límite de exposición ocupacional del contaminante: TLV.
4. Las propiedades fisicoquímicas y toxicológicas del contaminante.
5. Las condiciones de uso generales.
6. La concentración inmediatamente peligrosa para la vida o la salud (IDLH).
7. La concentración de oxígeno existente o esperado.
8. La concentración irritante para los ojos, y
9. Las condiciones del medio ambiente como la presencia de aerosoles de aceite.

Para efectos del desarrollo de programas de protección respiratoria y selección de respiradores para vapores orgánicos del grupo BTX-EB, se recomienda aplicar los códigos de regulación siguientes: OSHA 29 CFR:1910.134; el estándar en salud y seguridad ocupacional 29 CFR: 1910.1028 para el benceno y OSHAs final rule: “Final Rule on

Assigned Protection Factors For Respirator”, de agosto de 2006.

En “Final Rule on Assigned Protection Factors For Respirator la OSHA revisó el estándar 29 CFR 1910.134, al cual agregó definiciones, criterios y requerimientos para los factores de protección asignados (FPA) y concentraciones máximas de uso de respiradores. En este documento se pueden consultar y comparar los FPA establecidos por OSHA 29 CFR 1910.134 (2006), NIOSH Decision logic (2004) y ANSI Z 88.2 (1992). Dirección electrónica: http://usachppm.apgea.army.mil/Documents/FACT/55-011-1106-Assigned_Protection_Respirators_Factors.pdf.

Se recomienda únicamente el uso de elementos de protección respiratoria específica para vapores orgánicos que posean el etiquetado de aprobación NIOSH/MSHA (National Institute Occupational Safety and Health/Mine Safety and Health Administration), o que se verifique en el elemento o sea demostrado por certificación escrita de estos organismos. Al seleccionar el respirado, se deben verificar los factores de protección establecidos y ajustados por el fabricante, teniendo en cuenta la concentración del agente en el sitio de trabajo y las condiciones de uso.

La OSHA por su parte, a través del código federal 29CFR1910.134 establece la obligatoriedad que las empresas mantengan programas de protección respiratoria con compromisos y responsabilidades, que incluya aspectos como los siguientes:

- Procedimientos para la selección de respiradores.
- Evaluación médica.
- Prueba de ajuste.
- Mantenimiento y cuidado de los respiradores.
- Entrenamiento.

Como norma general la degradación de los filtros está limitada por las condiciones de higiene, deterioro (ruptura) y la resistencia respiratoria. Por lo tanto, todos los filtros para vapores orgánicos del tipo BTX-EB se deben sustituir siempre que se deterioren o cuando se ha cumplido el tiempo de servicio, respetando los criterios y frecuencia de recambio establecidos en el programa de protección respiratoria.

Para el benceno como agente cancerígeno, la reglamentación de la OSHA 29CFR1910.1028 recomienda reemplazar el elemento purificador al final de su vida útil o al inicio del turno en el cual el elemento se está utilizando. En el caso de que un empleado no pueda usar un respirador de presión negativa (con filtros), debe permitírsele usar un respirador con menor resistencia a la respiración como un motorizado (PAPR por sus siglas en inglés) o respirador de línea de aire. Lo ideal para benceno sería utilizar respiradores con indicadores de finalización de tiempo de uso. Este tipo de respirador aún no está disponible en el mercado.

La mayoría de los elementos de protección respiratoria que son comercializados en Colombia son fabricados en Estados Unidos. Colombia no dispone de protocolos oficiales para la fabricación u homologación de elementos de protección respiratoria.

ROPAS DE PROTECCIÓN QUÍMICA (RPQ)

Otro peligro importante debido a los disolventes es el contacto por la piel, que puede presentarse por inmersión directa, salpicaduras, derrame, contacto con la ropa de trabajo contaminada o con objetos mojados con disolvente y uso de guantes inadecuados. El benceno puede ser absorbido en cantidad suficiente que puede producir daño fisiológico.

La forma más efectiva para prevenir el daño es evitar el contacto del disolvente con la piel, lo cual se puede lograr empleando dispositivos mecánicos para su manipulación, como pinzas y canastos.

Los elementos de protección personal necesarios son: Ropa de trabajo protectora e impermeable como, botas, delantales, máscaras, gafas de seguridad, protección para la cabeza y guantes protectores.

Para la selección apropiada de la vestimenta de protección para el trabajo con los agentes químicos del grupo BTX-EB se recomienda utilizar la guía de NIOSH “ Guide for evaluating the performance of chemical protective clothing” (CDC). USA 1990, cuya dirección electrónica es <http://www.cdc.gov/niosh/npptl/topics/protclothing/>. En este documento se consideran las siguientes etapas:

- Evaluar el lugar de trabajo, identificando los agentes químicos, estado físico y propiedades fisicoquímicas y la secuencia del contacto químico que puede ser por salpicaduras ocasionales (con posibilidad de cambio de RPQ) o por contacto continuo de la RPQ con el agente, durante periodos largos. Posibilidades de uso y reutilización después de descontaminación. Condiciones ambientales como la temperatura por cuanto aproximadamente por cada 10 °C de aumento en la temperatura se duplica la velocidad de permeación disminuyendo significativamente el tiempo de penetración. Identificar posibles puntos de ignición o condiciones de altas temperaturas, en las que se pueda presentar inflamación de la RPQ. Identificar situaciones de trabajo que puedan ocasionar desgarres, pinchazos o cortes de la RPQ. Determinar si puede presentarse interferencias de la RPQ con la tarea, por ejemplo riesgo que quede atrapada la ropa con un equipo de trabajo. Determinar si el tipo de trabajo causa estrés por calor que dificulte el uso de la RPQ.
- Obtener muestras preseleccionadas de cada tipo de componentes de la RPQ obtenidas de diferentes proveedores. Tener en cuenta las características y los niveles de protección de las muestras de acuerdo con las características de trabajo determinadas en el paso anterior.
- Realizar pruebas de las muestras de la RPQ preseleccionados. Las pruebas de la RPQ antes de implementar su uso rutinario, deben realizarse en el lugar de trabajo bajo las condiciones de trabajo específicas. Es necesario realizar este tipo de pruebas debido a las grandes diferencias genéricas de los materiales y teniendo en cuenta que no es posible predecir la permeación de las mezclas a partir de la permeación de los compuestos químicos puros. Las pruebas deben incluir: Resistencia química; resistencia

física; factores ergonómicos (comodidad de la RPQ, adecuación a la talla del trabajador y a las tareas que realiza) y pruebas para evaluar la eficacia de la descontaminación y el efecto que esta tenga sobre el material así como la efectividad de la remoción del agente; repetición de las pruebas de resistencia física y química después de varios ciclos de uso y descontaminación.

- Seleccionar la mejor combinación de RPQ. Con los resultados obtenidos en las pruebas anteriores y las características identificadas en la etapa 1.
- Monitoreo del uso de la RPQ en el lugar de trabajo. Esto implica: entrenar al trabajador en el uso y cuidado de la RPQ y explicarle las razones por las cuales se utiliza; determinar la efectividad de la RPQ sobre condiciones de salud preexistentes en algunos trabajadores y revisar durante el uso rutinario si hay cambios en las condiciones de trabajo y del material de la RPQ que se tuvieron en cuenta en la preselección. Se debe continuar el monitoreo periódico en la salud del trabajador para confirmar la efectividad protectora de la RPQ.

Además para la selección de la RPQ, se debe consultar la publicación NIOSH 1999 “Recommendations for Chemical Protective Clothing”. Este documento es de gran utilidad ya que suministra recomendaciones generales para protección de la piel e información sobre la ropa de protección química, para las sustancias listadas en el NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. La cual se puede consultar en el Internet. Version electrónica: <http://www.cdc.gov/niosh/prot-cloth/ncpc1.html>.

Se recomienda aplicar los siguientes capítulos de la norma OSHA 29 CFR1910, para guantes CFR.1910.138, para protección de ojos y cara: 29CFR1910.133, los cuales se pueden consultar vía Internet en la dirección electrónica: http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owastand.display_standard_group?p_toc_level=1&p_part_number=1910.

Según Colman R y Coleman A 2006, en condiciones de exposición por vía aérea controlada, es posible que los overoles contaminados con benceno, hayan sido la causa del incremento significativo de ácido s-fenilmercaptúrico. En este estudio se demostró que si se cambian los overoles cada cuatro jornadas de trabajo se reduce el nivel de captación de benceno a menos del equivalente de 1ppm de la dosis inhalada. Recomiendan cambiar los overoles contaminados para reducir la absorción de benceno por la piel.

N. Vahdat (1989), estudia en condiciones de laboratorio los procedimientos para descontaminar la RPQ contaminada con disolventes orgánicos incluido el tolueno pero no los otros disolventes del grupo BTX-EB. El estudio, compara el procedimiento de descontaminación térmica (16 horas a temperaturas entre 70 y 150 °C) con el método de secado con aire a temperatura ambiente y lavado con detergente. El primer método resultó más eficiente que el de secado con aire y lavado con detergente en la mayoría de los casos incluido el tolueno con RPQ a base de neopreno.

JL. Perkins (1992), demuestra que la temperatura si influye sobre la permeabilidad de RPQ elaborada a base de polímeros en un rango de 25 a 50 °C, y justifica la necesidad de tener en cuenta la temperatura del ambiente de trabajo cuando se selecciona la RPQ.

GUANTES PROTECTORES

No todos los guantes pueden resistir la capacidad con que los disolventes BTX-EB disuelven muchos materiales. Se pueden utilizar diferentes materiales entre los cuales figuran: PVA o alcohol de polivinilo; Viton (polímero a base de elastómeros fluorocarbonados); Poliuretano; butil/neopreno, goma de butilo y goma de nitrilo.

Los materiales recomendados por la OIT 2003 para la selección de los guantes de protección en trabajos con agentes del grupo BTX-EB, se presentan en la siguiente:

Tabla 24. Lista de guantes de material recomendado para trabajo con agentes del grupo BTX-EB (OIT 2003)

| Solvente. | Material recomendado para guantes. |
|------------------|--|
| Benceno. | PVA*; Viton; (Poliuretano; Butil/Neopreno)** |
| Tolueno. | PVA*; Viton; (Goma de butilo)** |
| Xileno. | PVA*; Goma de nitrilo. |
| Etilbenceno. | Viton. |

*Materiales: PVA: Alcohol de polivinilo. Viton: elastómero fluorocarbonado.

**Los materiales especificados como opciones entre paréntesis ofrecen una protección limitada

La capacidad de los disolventes para penetrar los poros del material de fabricación de los guantes de protección, se expresa como grado de penetración, el cual indica la capacidad del agente químico para pasar a través de agujeros, costuras o imperfecciones del material. Un valor de 0 indica que el guante es penetrable y 1 indica que el guante no es penetrable. Los tiempos de resistencia a la permeación varían entre 4 a 8 horas según el material y el fabricante.

El parámetro que críticamente define las características de protección del guante es la permeación o capacidad del agente químico para atravesar el guante a nivel molecular, el cual se expresa en función del tiempo que tarda el contaminante para atravesar el guante, según la tabla siguiente:

Tabla 25. Índice de permeación de guantes según tiempo de contacto a diversas sustancias químicas

| Tiempo | Índice de permeación |
|---------------|-----------------------------|
|---------------|-----------------------------|

| Tiempo | Índice de permeación |
|---------------|-----------------------------|
| > 10 minutos | 1 |
| > 30 minutos | 2 |
| > 60 minutos | 3 |
| > 120 minutos | 4 |
| > 240 minutos | 5 |
| > 480 minutos | 6 |

Fuente: INSHT 2003, 17

El factor de protección es mayor para un material con índice o tiempo de permeación alto. De acuerdo con INSHT NTP 748, para que un guante se considere de protección química, debe pasar las pruebas de resistencia a la permeación con clase mínima de 2 ($t > 30$ minutos) para al menos 3 compuestos de una lista de 12 sustancias de referencia, entre las cuales están varios disolventes alifáticos (metanol, n-heptano) y aromáticos (tolueno), algunas sustancias corrosivas y cáusticas (hidróxido de sodio al 40 % NaOH y el ácido sulfúrico al 96 %) entre otras. Adicionalmente es importante conocer la protección mecánica que ofrece el guante.

Referencias Bibliográficas

- Organización Internacional del trabajo OIT. Módulo 6: Disolventes. Módulos de formación en seguridad química. Centro internacional de información sobre seguridad y salud en el trabajo (CIS). Actualización Mayo 2003. Versión electrónica: www.ilo.org/public/spanish/protection/safework/cis/products/safetytm/solvents.htm. Selección de guantes: <http://www.ilo.org/public/spanish/protection/safework/cis/products/safetytm/solann.htm>
- INSHT. Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con agentes químicos. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo Ministerio de trabajo y asuntos sociales. España. 2003. Versión electrónica: www.mtas.es/insht/practice/g_AQ.htm.
- NIOSH National Institute for Occupational Safety and Health. Pocket Guide to Chemical Hazards. 2005. Versión electrónica <http://www.cdc.gov/niosh/npg/default.html>. Benceno: <http://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0049.html>. Apéndice E: <http://www.cdc.gov/niosh/npg/nengapdx.html#e>.
- NIOSH Respirator selection logic 2004. Versión electrónica: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2005-100/chapter2.html#chapt2a>.
- OSHA Final rule on assigned protection respirators factors USA 2006. Dirección electrónica: http://usachppm.apgea.army.mil/Documents/FACT/55-011-1106-Assigned_Protection_Respirators_Factors.pdf.
- Colton CE. The occupational environment Its evaluation and control respiratory protection. AIHA USA 1998.
- OSHA. Regulations Standars-29CFR1910-134 Respiratory requirements for selected chemicals U.S. Department labor. USA.

- OSHA. Occupational safety and health standards regulations 29 CFR 1910.1028 for Benzene - U.S. Department labor. USA. Dirección electrónica: www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_i
- NIOSH Guide for evaluating the performance of chemical protective clothing (CDC). USA 1990. <http://cdc.gov/niosh/90-109.html>.
- NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. Recommendations for Chemical Protective Clothing A Companion to the 1998. versión electrónica: <http://www.cdc.gov/niosh/prot-cloth/ncpc1.html>.
- Colman R, Coleman A. Unexpected cause of raised benzene absorption in coke oven by-product workers. SO - Occup Med (Lond) 2006 Jun;56(4):269-271.
- Vahdat N.; Delaney R. Decontamination of Chemical Protective Clothing', American Industrial Hygiene Association Journal 50:3, 152 - 156(1989).
- Perkins JL, Ming-Jia You. Predicting temperature effects on Chemical Protective Clothing Permeation AIHA Journal 53(2):77-83 (1992).
- INSHT NTP 748: Guantes de protección contra productos químicos. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Ministerio de trabajo y asuntos sociales. España. 2003. Versión electrónica: www.mtas.es/insht/ntp/ntp_748.htm.

7.2.5 ¿Cuáles son los componentes fundamentales de un programa educativo y motivacional que sea efectivo para la promoción de la salud y prevención de neurotoxicidad periférica y/o central, en las empresas en las cuales hay trabajadores expuestos a benceno, tolueno, xileno y etilbenceno?

Recomendación

Establecer un programa de educación dirigido a los directivos y trabajadores expuestos a disolventes del grupo BTX-EB y que promueva la protección de la salud y prevención de neurotoxicidad periférica y/o central.

Los contenidos fundamentales que se recomienda incluir en este programa son:

- Aspectos generales sobre higiene y salud ocupacional con énfasis en los beneficios de la participación en la protección de su salud.
- Identificación el riesgo químico en las áreas de trabajo, procesos y operaciones de producción en las que se presente exposición a los agentes BTX-EB.
- Procedimientos y normas de trabajo seguro para reducción de niveles de los disolventes considerados.
- Contenido, significado y uso de las hojas de seguridad de los materiales (MSDS por sus siglas en inglés).
- Sistemas de control (administrativos, en la fuente, en el medio y en el individuo) existentes en el sitio de trabajo. Medidas específicas de control en donde se presenten estos disolventes.
- Importancia y necesidad de las evaluaciones ambientales.
- Protección personal incluyendo selección, ventajas y limitaciones, instrucciones

para el uso y mantenimiento adecuados de los elementos de protección personal, con énfasis en la protección respiratoria y en la ropa de trabajo.

- Comunicación del riesgo respetando el derecho a saber. Informar sobre el riesgo de neurotoxicidad asociado al uso de estos disolventes y el efecto cancerígeno del benceno
- Efectos adversos en la salud por exposición a estos disolventes, las medidas de prevención y la razón de los programas de vigilancia médica. Incluir los efectos por co-exposición a otros agentes y por el consumo de tabaco.
- Propósito de las pruebas de tamizaje y del sistema de vigilancia epidemiológica. Importancia y significado de la vigilancia médica. Incluir temas de salud identificados por los trabajadores.
- Seguimiento de las normas higiénicas y de seguridad.
- Manejo de emergencias químicas y primeros auxilios.

Nivel de evidencia: 4

Grado de recomendación: C

Revisión crítica de la evidencia

El éxito o eficacia de un programa de salud ocupacional requiere de la participación activa y consciente del trabajador en el auto cuidado de su salud y la de la comunidad trabajadora.

Se deben implementar programas educativos para promover cambios de comportamiento y desarrollo de actitudes frente al factor de riesgo, su identificación y control y hacia la práctica de conductas preventivas en todas las situaciones.

El proceso educativo debe hacerse en todos los niveles iniciando por el empleador, teniendo en cuenta la normatividad existente a este respecto. Se recomienda estratificar la población trabajadora estableciendo grupos laborales, que agrupen a los trabajadores o por áreas de trabajo, o que participen en procesos similares o realicen tareas semejantes o compartan los mismos riesgos, por ejemplo: personal del área de adquisición y compras; personal de la planta de producción y mantenimiento; servicios generales, conserjes, bodega, almacén; jefes de planta, técnicos, auxiliares de laboratorio; profesionales: jefes de procesos, coordinadores, investigadores, docentes; conductores o responsables del almacenamiento o transporte de sustancias químicas, entre otros.

Es muy importante involucrar en el programa de educación (riesgo químico) al personal responsable de la adquisición de materiales e informarles las políticas y los estándares de calidad establecidos por la empresa para la materia prima. Por ejemplo: Selección de pinturas solubles de menor toxicidad en comparación con las pinturas preparadas con disolventes orgánicos. Selección de disolventes o desengrasantes con contenidos nulos o mínimos de benceno. Capacitación en el significado y uso de las hojas de datos de seguridad de materiales o MSDS, etc.

Los temas sobre protección respiratoria sugeridos por NIOSH/OSHA 29 CFR 1910.134, son:

- Controles de ingeniería y administrativos que se están aplicando y explicación del por qué se requiere de la utilización de respiradores.
- La naturaleza de los peligros respiratorios y qué pasa cuando no se usan apropiadamente los respiradores.
- Por qué se selecciona un tipo particular de respirador y las funciones, capacidad y limitaciones de los respiradores seleccionados.
- Instrucciones sobre cuándo y dónde se deben usar los elementos de protección respiratoria así como sobre la forma de colocárselos correctamente y de cómo realizar el mantenimiento.
- Cómo reconocer y manejar los peligros en las situaciones de emergencia.
- La reglamentación existente sobre el uso de respiradores.

El programa debe incluir secciones prácticas de higiene personal y de manejo de derrames y accidentes químicos. Algunos aspectos generales de estos temas se detallan a continuación:

Prácticas de higiene personal

Las recomendaciones dadas por NIOSH en el Pocket guide to Chemical Hazards para la protección e higiene personal en ambientes de trabajo con agentes del grupo BTX-EB, son:

- Utilizar vestimenta de protección adecuada (resistente o insoluble) a compuestos BTX-EB para prevenir el contacto con la piel. Donde exista el riesgo deberá utilizarse casco o si se considera más adecuado, gorro o capucha impermeables a BTX-EB.
- Utilizar protección ocular para prevenir el contacto con los ojos. Se utilizan gafas de protección homologadas que se ajusten perfectamente a la cara. No se recomienda el uso de lentes de contacto por parte de los trabajadores, para el trabajo en áreas con riesgo de exposición (cara, ojos), ya que los lentes de contacto si no se retiran inmediatamente pueden potenciar el efecto nocivo de estas sustancias y disminuyen la efectividad de los lavados oculares en caso de contacto con los disolventes BTX-EB.
- El trabajador debe lavarse inmediatamente la piel cuando esta se haya contaminado.
- Remover inmediatamente la ropa de trabajo cuando se ha impregnado con el disolvente debido al peligro de inflamabilidad y evitar la absorción del producto vía cutánea.
- No hay una recomendación específica sobre la necesidad de cambio de la ropa de trabajo después del turno de trabajo.
- Debe disponerse de fuentes lavaojos en áreas con posibilidad de exposición a la sustancia para los trabajadores. Instalaciones para lavarse rápidamente el cuerpo dentro del área de trabajo para usar en caso de emergencia cuando hay posibilidad de exposición. Disponer de suficiente flujo de agua para remover la sustancia de cualquier parte del cuerpo, como duchas o depósitos de agua de acuerdo con las circunstancias.
- Protección de los pies: Se utilizaran botas de seguridad recubiertas con el impermeabilizante adecuado.
- En las áreas de uso de los disolventes BTX-EB se prohibirá tomar alimentos o bebidas, así como fumar.

- Se debe disponer de cuartos para cambios de ropa con gabinetes separados para cada trabajador con el fin de prevenir la contaminación de la ropa de calle con la de trabajo. El trabajador se debe bañar al terminar su jornada de trabajo.

Procedimientos para el caso de derrame accidental de benceno (OIT 2003):

- Restringir el acceso de personas a la zona del derrame, salvo que lleven equipo protector y sean asignados como responsables para atender el accidente.
- Retirar cualquier fuente de ignición.
- Ventilar la zona de derrame o fuga.
- Recoger el líquido con un material adsorbente e inerte (por ejemplo, vermiculita, arena seca, tierra) y depositar estos materiales en contenedores sellados.
- No verter el benceno en la red de alcantarillado, por cuanto se trata de un residuo peligroso que puede provocar explosiones o difundir la contaminación.
- En el caso de vertidos de gran magnitud, la limpieza debe estar a cargo de expertos en atención de este tipo de emergencias.

NOTA: Estos procedimientos son igualmente aplicables a tolueno, xileno y etil-benceno.

Referencias bibliográficas.

Organización Internacional del trabajo OIT. Módulo 6: Disolventes. Módulos de formación en seguridad química. Centro internacional de información sobre seguridad y salud en el trabajo (CIS). Actualización Mayo 2003. Versión electrónica: www.ilo.org/public/spanish/protection/safework/cis/products/safetytm/solvents.htm.

Ley 55 de 1993. Convenio sobre la seguridad en la utilización de los productos químicos en el trabajo. Diario oficial año CXXXIX. N.40936.6 Julio. Santafé de Bogotá D.C.1993.

National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. 2005. Versión electrónica <http://www.cdc.gov/niosh/npg/default.html>. Benceno: <http://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0049.html>. Apéndice E: <http://www.cdc.gov/niosh/npg/nengapdx.html#e>.

NIOSH Respirator Selection Logic 2004. Versión electrónica: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2005-100/chapter2.html#chapt2a>.

7.3 Vigilancia de la salud de los trabajadores

7.3.1 ¿Cuales trabajadores de los expuestos a los agentes benceno, tolueno, xileno y etilbenceno (BTX-EB), o de los trabajadores en riesgo de desarrollar neurotoxicidad, deben ser incluidos en el programa de vigilancia médica y durante cuánto tiempo deben permanecer en el programa?

Recomendación.

Todos los trabajadores expuestos de manera directa a benceno, tolueno, xileno y etilbenceno (BTX-EB) deben ser evaluados e incluidos en los programas de vigilancia

médica. La Tabla 11 del resumen crítico de la evidencia de la recomendación 7.1.1, proporciona un listado de actividades y tareas relacionadas con los usos de las sustancias objeto de la guía que orienta sobre los trabajadores que deben incluirse en la vigilancia.

También se incluirán todos los trabajadores que de acuerdo con la evaluación de riesgo, puedan estar con exposición indirecta con estos productos. Debido a propiedades físico-químicas de los BTX-EB, como la volatilidad individuos o grupos poblacionales que no los manipulen pueden entrar en contacto.

Se recomienda evaluar además de las actividades económicas, procesos y usos relacionados en la tabla 11, todas aquellas en las que se sospeche su presencia.

La evaluación y vigilancia médica dirigida especialmente para observar efectos neurotóxicos se debe realizar desde el pre-ingreso, con el fin de determinar factores de riesgo del individuo y la exposición por trabajos previos. Debe mantenerse durante el tiempo de la exposición a disolventes benceno, tolueno, xileno y etilbenceno (BTX-EB), hasta su retiro.

La vigilancia del benceno se debe prolongar hasta después de finalizar la exposición, dado el efecto carcinogénico de éste elemento.

Nivel de evidencia: 4 y 2+ exposición ambiental.

Grado de recomendación: B y C

Resumen crítico de la evidencia.

Se considera buena práctica de salud ocupacional y un requisito legal en Colombia (Código Sustantivo del Trabajo, Ley 9 de 1979, Decreto 614 de 1984, Resoluciones 1016 de 1989 y 2346 de 2007 del Ministerio de la Protección Social) la realización de la vigilancia médica de los trabajadores.

Dada la necesidad de identificar de manera temprana los efectos asociados con la exposición a BTX EB, se propone incluir a todos los trabajadores que entren en contacto directo con ellos. Estos hallazgos son corroborados en los estudios realizados por Chiara, (2001) en donde se menciona una gran variedad de ocupaciones con riesgo. Adicionalmente, esta guía propone incluir a los trabajadores expuestos de manera indirecta, basados en la evidencia obtenida de estudios realizados en población general (Panida, et al 2005, Alexopolus 2006).

Con estos resultados se puede establecer la presencia de estos disolventes en diversidad de escenarios, desde su origen en las plantas de refinerías, transporte, uso industrial, uso doméstico, aplicaciones y desechos.

El estudio elaborado por Panida, et al (2005) en población general, utilizando el t,t, Acido mucónico como indicador de exposición, corrobora que las personas que trabajan al lado de carreteras se encuentran en contacto indirecto con benceno. En el estudio llevado a cabo en Atenas (Grecia) por Alexopolus (2006), en que la población general evaluada en calles o dentro de sus hogares, también presentó marcadores biológicos positivos para disolventes.

Los criterios anteriores y de ubicuidad de los disolventes, induce a pensar que todos los trabajadores con exposición directa e indirecta, deben ser evaluados y tenidos en cuenta para los programas de vigilancia médica.

Referencias bibliográficas

- Alexopoulos ec, Chatzis C, Linos A. An analysis of factors that influence personal exposure to toluene and xylene in residents of Athens, Greece. BMC public health 2006;6:50
- Panida M, Sirirat Ch, Pompat I, Nanaswee A, Narumon L, Varaporn P. Environmental and occupational exposure to benzene in Thailand. Chemico-biological interactions. 2005; 153: 75–83
- Chiara S, Silvano F, Bruno P. Environmental and biological monitoring of occupational exposure to organic micropollutans in gasoline. Chemosfere 2001; 44: 67-82
- ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for Benzene U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. USA 1999
- ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for Xilene U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. USA 1995.
- ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for Toluene U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. USA 2000
- ATSDR. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological profile for Ethylbenzene U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. USA 1999.
- Organización internacional del trabajo, enciclopedia de la salud y seguridad social en el trabajo, 2004. Cap. 7-30-33-104

7.3.2 ¿Cómo debería ser la vigilancia de salud para los trabajadores a riesgo de desarrollar neurotoxicidad central o periférica y expuestos a los agentes benceno, tolueno, xileno y etilbenceno? ¿Cuál debería ser su periodicidad?

Recomendación

La vigilancia para los trabajadores en riesgo de desarrollar neurotoxicidad por los agentes benceno, tolueno, xileno y etilbenceno (BTX-EB), debe incluir:

- Evaluación médica con examen neurológico general que contemple y explore:

- Historia de trabajos previos al ingreso y descripción de las tareas.
- Listado de sustancias usadas en los ambientes laborales.
- Actividades extralaborales, que realice simultáneamente, como pintura, cerámica, conducción de vehículos por largas jornadas, y todas aquellas donde se haya demostrado el contacto con los disolventes tratados en esta guía.
- Uso de elementos de protección individual.
- Síntomas que haya presentado el trabajador con respecto a exposiciones, y sus características.
- Verificación al examen físico de la integridad de la piel y del sistema respiratorio.
- Pruebas de laboratorio: Indicadores Biológicos de Exposición (BEIs).
- Aplicación de Test de síntomas neurotóxicos (Se puede considerar el cuestionario Q16).
- Baterías neurocomportamentales, o evaluaciones de dominio funcional.
- Pruebas de función auditiva. (Audiometría tonal)
- Pruebas de Discriminación de Color (test Lanthony D-15 desaturado)

Nivel de evidencia: 3 y 4 para los cuestionarios. 2++ para la exploración de la integridad de la piel.

Grado de recomendación: B y C

Resumen crítico de la evidencia

Mayor J., describe un método para realizar las evaluaciones en trabajadores expuestos con potenciales efectos neurotóxicos subclínicos. Se ha expresado que la evaluación médica general y neurológica es una herramienta básica para el diagnóstico de alteración neurotóxica. En ellos se incluyen síntomas principales, enfermedad actual, examen de los sistemas e historia médica, los antecedentes de exposición profesional y comunitaria y los antecedentes familiares, así como un examen físico exhaustivo del trabajador.

Dentro de las evaluaciones médicas se ha de verificar las posibles vías de ingreso del agente benceno, tolueno, xileno y etilbenceno (BTX-EB). Es reconocido en el ámbito laboral, además de la vía inhalatoria, la capacidad de absorción por vía dérmica de estos solventes. La integridad de la piel es una barrera para el ingreso de los solventes BTX-EB. La presencia de pérdidas de continuidad de la misma: fisuras, agrietamientos, heridas, permiten el ingreso fácil al organismo.

El uso de elementos de protección personal juega un papel importante en la protección para evitar el contacto con disolventes, dado el carácter de estos elementos (BTX-EB), que disuelven las grasas, pueden pasar con mayor facilidad a la vía sanguínea. Entre otros estudios, pero el más reciente de Fu-Kuei Chang, demuestra que la exposición por vía dérmica es representativa, teniendo en cuenta trabajadores que manipulan productos tipo neblinas o rocíos (pintores) y que no utilizan la protección adecuada en sus manos, donde se ve incrementado los niveles de ácido metilhipúrico, secundario a exposición de xilenos.

Los **Indicadores Biológicos de exposición**, presentan características que deben tenerse en cuenta a la hora de realizar la vigilancia en salud. En general un metabolito en orina suele aparecer bastante rápido y durante un corto y determinado período de tiempo después de la exposición. Debido a esta característica se debe acatar la disposición de tomar durante la jornada o al final de la misma. Asimismo se ha de tener en cuenta la especificidad del biomarcador. La vida media de los elementos benceno, tolueno, xileno y etilbenceno (BTX-EB), es corta, razón por lo que se dificulta la toma de muestras directas y que a su vez, no se puede evidenciar como un elemento acumulativo. (Véase recomendación 7.1.5)

Las **pruebas específicas** utilizadas en las baterías diagnósticas deben incluir una amplia muestra de pruebas de función cognitiva que proporcionarán predicciones sobre la funcionalidad y la vida diaria del paciente, así como pruebas que previamente hayan demostrado sensibilidad a los efectos de neurotoxinas conocidas. Estas baterías normalizadas deben incluir pruebas que hayan sido validadas en pacientes con tipos concretos de lesión cerebral y déficit estructurales, para separar claramente estos procesos de los efectos neurotóxicos. Además, las pruebas deben incluir medidas de control interno para detectar la influencia de la motivación, la hipocondría, la depresión y las dificultades del aprendizaje, y deben utilizar un lenguaje que tenga en cuenta los efectos culturales y los antecedentes educativos.

El **cuestionario de síntomas neurotóxicos Q16**, originalmente sueco, se recomienda para ser usado en el monitoreo de grupos expuestos por largo tiempo a agentes neurotóxicos entre los que se encuentran los disolventes BTX-EB. Dicho cuestionario fue traducido y validado por Amador R y otros, en población latina, dando como resultado 16 preguntas para ser respondidas afirmativa o negativamente. LaDou (2006) referencia este cuestionario en su versión de libro en inglés la cual en su traducción literal al español presenta algunas diferencias con respecto a la validada por Amador. A continuación se transcribe el cuestionario validado para población hispana, de donde la respuesta afirmativa de 6 o más preguntas estarán indicando la necesidad de estudios de evaluación más profundos.

| SÍNTOMAS | SÍ | NO |
|---|----|----|
| 1. ¿Es olvidadizo(a)? | | |
| 2. ¿Le han dicho sus familiares y/o amigos que es olvidadizo(a)? | | |
| 3. ¿A menudo se le olvida realizar actividades que considera importantes? | | |
| 4. ¿Le es difícil entender las noticias, programas o novelas que ve en TV o escucha en la radio?" | | |
| 5. ¿Tiene a menudo dificultad para concentrarse? | | |
| 6. ¿Se siente a menudo enojado(a) sin motivo? | | |
| 7. ¿Se siente a menudo abatido(a) o triste sin motivo? | | |
| 8. ¿Le cuesta decidirse realizar actividades que Ud. sabe debe realizar? | | |
| 9. ¿Se siente anormalmente cansado? | | |
| 10. ¿Siente a veces como una presión sobre el pecho? | | |
| 11. ¿Ha sentido de pronto como que se va a caer al estar de pie o caminando? | | |
| 12. ¿Siente a menudo punzadas dolorosas, adormecimiento u hormigueo en alguna parte del cuerpo? | | |
| 13. ¿Le resulta difícil abrocharse los botones? | | |

| SÍNTOMAS | SÍ | NO |
|---|----|----|
| 14. ¿Siente que ha perdido fuerza en sus brazos o en sus piernas? | | |
| 15. ¿Ahora siente menos que antes en sus manos o pies? | | |
| 16. ¿A menudo se despierta, costándole luego conciliar el sueño? | | |
| TOTAL | | |

En general la exposición a agentes químicos neurotóxicos entre ellos benceno, tolueno, xileno y etilbenceno (BTX-EB), produce una respuesta estereotipada del sistema nervioso, y se pueden encontrar diferentes niveles de acción representados en:

- Efectos generales:
 - Pérdida de apetito, cefalea, somnolencia, sed.
- Efectos sensitivos:
 - Deterioro de la visión de colores, elevación del umbral auditivo – olfativo, tinnitus, alteraciones del equilibrio, vértigo, trastornos del dolor y tacto, disestesias, aumento de sensibilidad al frío.
- Efectos Motores:
 - Debilidad, parestias, temblores, falta de coordinación, alteración en reflejos, convulsiones.
- Efectos cognitivos:
 - Dificultad para concentración, fatiga, alteraciones en la memoria, confusión, lentitud mental, trastornos del aprendizaje y del lenguaje, delirio, alucinaciones.
- Efectos del estado de ánimo y la personalidad:
 - Irritabilidad, ansiedad, depresión, trastornos del sueño, pérdida de la actividad sexual.

Para la evaluación con **baterías neurocomportamentales**, o evaluaciones de dominio funcional, han sido aplicadas varias de ellas entre las que se mencionan la batería nuclear de pruebas neurológicas del comportamiento (Neurobehavioral Core Test Battery, NCTB), así como las propuestas por la ATSDR y los cuestionarios del EUROQUEST, en las que se tienen en cuenta la combinación de varios niveles de acción mencionados para el sistema neurológico, dando como resultado la posible alteración neurotóxica.

Así se pueden establecer:

- La NCTB explora continuidad motora, atención y velocidad de respuesta, velocidad motora, destreza manual, percepción visual/memoria, afectividad.
- Las pruebas del EUROQUEST están basadas en explorar síntomas neurológicos, síntomas agudos, estado de ánimo, trastornos del sueño, concentración, fatiga, ansiedad, percepción del estado de salud y de vida.
- Las pruebas de la ATSDR evalúan visión, aspectos somatosensoriales, fuerza, coordinación motora, funciones intelectuales superiores, aprendizaje, estado de ánimo y atención mantenida.

Las pruebas que se presentan deben ser validadas en idioma español y aplicadas por personal entrenado y capacitado para su desarrollo e interpretación.

La prueba de audiometría tonal se utiliza para evaluar la función auditiva. Varios estudios entre los que se cuentan los realizados por Schäper M, Shu-Ju Chang, Sliwinska Mariola son congruentes en afirmar que todos los expuestos a ruido y solventes, incrementan significativamente la pérdida auditiva. Así ante exposiciones crónicas a solventes orgánicos, especialmente tolueno y benceno (en menor proporción xilenos o mezclas de solventes), se encuentra pérdida auditiva especialmente en frecuencias bajas de 2.000 o 4.000 Hertz.

Las alteraciones de la visión cromática pueden ser hereditarias (es decir, consecuencia de un desarrollo incompleto del sentido de la visión) o adquiridas (consecuencia de la exposición a ciertas sustancias químicas, secundarias a enfermedades oculares o sistémicas o resultado de un traumatismo craneal).

Los tests más apropiados para el estudio de las discromatopsias adquiridas son los basados en el sistema desarrollado por A.H. Munsell: "Farnsworth-Munsell 100 Hue" y el "Panel D-15" en sus versiones saturada y desaturada.

Para detectar de forma precoz los efectos producidos por sustancias neurotóxicas o controlar poblaciones expuestas a las mismas, los tests D-15, dada su simplicidad y rapidez, tanto de realización como de interpretación, son los más adecuados. En la esfera de las discromatopsias adquiridas, el Lanthony D-15 en su versión desaturada es el más recomendable, ya que ha demostrado tener una mayor sensibilidad que la versión saturada (Farnsworth D-15) en la detección de las alteraciones no hereditarias.

El test Lanthony D-15 desaturado deriva del saturado (Farnsworth D-15). Están compuestos por 16 pastillas de colores escogidas en el atlas de Munsell de forma que los intervalos entre tonos sean aproximadamente iguales, así como la luminosidad y la saturación.

Se ha encontrado que los estudios relacionados con el hallazgo de las **alteraciones en la discriminación del color** han sido consistentes con la presencia de solventes orgánicos, y se han relacionado con la presencia de mezclas (Lomax RB y Cols, 2004; Gobba F, y cols 2000) o con estudios donde se relacionan exposiciones preferentes o únicas por Benceno (Lee EH, y cols 2007), o por tolueno. Las exposiciones han sido crónicas, donde se han establecido periodos superiores a los 5 años, con niveles que han sido superiores o inferiores a los permitidos por la ACGIH. Los solventes xileno y etilbenceno, también se encuentran incluidos dentro de aquellos estudios en donde se ha encontrado mezclas. El licor en consumo de 200 gr/semana se ha encontrado que es un factor asociado para la pérdida de visión de color.

Otros métodos que se han empleado en la valoración diagnóstica de los trabajadores expuestos a disolventes orgánicos, se mencionan a continuación pero no se revisan debido a que son parte de la batería diagnóstica:

Métodos de Electrofisiología:

- EEG convencional y cuantitativo,
- Potenciales evocados multimodales y endógenos,

- Estudios de conducción nerviosa
- EMG.

Métodos imagenológicos:
(TAC, RMN)

Referencias bibliográficas

- Mayor Rios, J. Efectos de los solventes orgánicos sobre el sistema nervioso. Los métodos neurológicos. Salud de los trabajadores. 1995; 3(2) 107-115
- Chang F, Chen M, Cheng S, Shih T, Mao I. Protective suits and gloves evaluated by biomonitoring. Occup. Environ. Med. 2007;64;759-762
- Organización internacional del trabajo, enciclopedia de la salud y seguridad social en el trabajo, 2004. Cap. 7-30-33-104
- Amador R, Lundberg I, Escalona E. Desarrollo de un cuestionario en castellano sobre síntomas neurotóxicos. Salud de los trabajadores. 1994;volumen 2 n° 2
- Chouaniere D, Wild P, Fontana JM, Hery M, Fournier M, Subra I. Neurobehavioral disturbances arising from occupational toluene exposure. Am j ind med 2002 feb; 41(2):77-88
- Schaper M, Demes P, Zupanic M, Blaszkewicz M, Seeber A. Occupational toluene exposure and auditory function: Results from a follow-up study. Ann occup hyg 2003 aug ;47(6):493-502
- Valic E, Waldhor T, Konnaris C, Michitsch A, Wolf C. Acquired dyschromatopsia in combined exposure to solvents and alcohol. Am j ind med 1998 mar ;33(3):297-304
- Zavalic M, Mandic Z, Turk R, Bogadi-Sare A, Plavec D, Skender LJ. Qualitative color vision impairment in toluene-exposed workers. Int arch occup environ health 1998 may ;71(3):194-200
- Eun-hee L. Acquired dyschromatopsia among petrochemical industry workers exposed to benzene. Neurotoxicology 28 (2007) 356–363
- Sliwinska-Kowalska M, Zamyslowska-Szmytko E, Szymczak W, Kotylo P, Fiszer M, Dudarewicz A, Wesolowski W. Hearing loss among workers exposed to moderate concentrations of solvents. Scand j work environ health 2001 oct ;27(5):335-342
- Fuente A, Mcpherson B. Organic solvents and hearing loss: the challenge for audiology. Int j audiol 2006 jul ;45(7):367-381
- Lomax RB, Ridgway P, Meldrum M. Does occupational exposure to organic solvents affect colour discrimination?. Toxicol rev 2004 ;23(2):91-121
- Gobba F. Color vision: a sensitive indicator of exposure to neurotoxins. Neurotoxicology 2000 oct ;21(5):857-862
- LaDou J. Medicina laboral, edit. Manual moderno, cuarta reimpresión de primera edición, México 1998. Edición en inglés 2006
- Mergler D, Blain L, Lagacé JP. Solvent related colour vision loss: an indicator of neural damage? Int arch occup environ health. 1987; 59: 313-321
- Atchinson DA, Boziman KJ, Vingrys A. Quantitative scoring methods for d15 panel tests in the diagnosis of congenital color vision deficiencies. Optometry and vision science. 1991; 68(1): 41-48
- Mergler, D, Blain L. Assessing color vision loss among solvent-exposed workers. Am j ind medicine. 1987; 12: 195-203

Mergler D, Bélanger S, De grosbois S, Vachon N. Chromal focus of acquired chromatic discrimination loss and solvent exposure among printshop workers. Toxicology. 1988; 49: 341-348

7.3.3 ¿Cuáles factores de riesgo relacionados con el trabajador expuesto a los agentes benceno, tolueno, xileno y etilbenceno podrían favorecer el desarrollo de neurotoxicidad central o periférica?

Recomendación

Los factores de riesgo relacionados con el trabajador incluyen:

- Uso de sustancias psicoactivas (Consumo de licor, hábito de fumar, consumo de otras drogas)
- Sexo (Femenino, Masculino).
- Estado nutricional, sobrepeso y obesidad.
- Antecedentes de exposición a mezclas de solventes BTX-EB.
- Procedencia asiática (japonesa).
- Alteración orgánica.

Nivel de evidencia: 2+ para el consumo de alcohol, cigarrillo y benceno. 3 para los otros factores

Grado de recomendación: B y C

Resumen crítico de la evidencia

El consumo de licor ha sido un factor asociado para el incremento del riesgo en trabajadores con exposición a disolventes orgánicos, dado que comparte propiedades fisicoquímicas que hacen un efecto aditivo, o interfiriendo con órganos blanco comunes. De la misma manera el metabolismo del alcohol tiene pasos compartidos con algunos de los disolventes orgánicos. Javelaud B, encuentra que el consumo de alcohol, incrementa la excreción de t. t. ácido mucónico, en los individuos expuestos a benceno.

Con el consumo de cigarrillo, estudios como los llevados a cabo por Chiara S, Silvano F y Bruno P de una parte y Brugnone F, de otra, determinan que en poblaciones de fumadores expuestos a benceno se encuentra sistemáticamente niveles de benceno en sangre más elevados, asimismo se ha encontrado incremento en el nivel de benceno en orina y de ácido fenilmercapturico de los expuestos. Es conveniente establecer las consecuencias con los disolventes tolueno, xileno y etilbenceno respecto al tabaco.

Son conocidos los efectos que tienen el consumo de drogas de abuso o sustancias psicoactivas sobre el sistema nervioso central o periférico. Así los opiáceos pueden

presentar un cuadro encefalopático posterior a la sobredosis, apareciendo alteraciones de la agudeza visual y de la sensibilidad, pérdida de fuerza, y lentificación en el trazado encefalográfico. Las convulsiones pueden aparecer en usuarios habituales de heroína. Se puede dar también un cuadro de mielitis transversa, y afección del sistema nervioso periférico como poli neuropatías. La cocaína por su mecanismo de acción bloqueador a nivel de nervio periférico, razón por la que ha sido usado como anestésico, induce alteraciones sobre el SNP; con frecuencia una de sus complicaciones son las convulsiones. Los efectos de la abstinencia a cocaína pueden confundir con algunos efectos producidos por los disolventes orgánicos como depresión o ansiedad, anorexia, fatiga. Efectos similares se presentan con las anfetaminas, tanto en su fase aguda como en los síntomas presentados por abstinencia.

Con respecto al sexo, Brown E y cols., en estudios de modelos farmacocinéticos basados en fisiología, encuentran que existen diferencias de género en los cuales las mujeres tienen un mayor riesgo para presentar alteraciones por exposiciones a solventes orgánicos, en este caso de estudio a Benceno; el resultado se explica teniendo en cuenta la característica de lipoafinidad de este disolvente y el conocimiento que el porcentaje de grasa corporal es mayor en la mujer. Los solventes como tolueno xileno y etilbenceno (BTX-EB) comparten características fisicoquímicas, entre ellas, de ser lipofílicos, que podrían sugerir un mecanismo similar que para el benceno: En consecuencia el sobrepeso y obesidad compartirían el riesgo, sin indiferencia de sexo.

Conviene tener en cuenta los antecedentes de exposición a disolventes, así el benceno, tolueno, xileno y etilbenceno (BTX-EB), con frecuencia aparecen juntos en los sitios de trabajo o de desechos; de tal forma que se pueden presentar riesgos para la salud tanto de los trabajadores como de la población general (riesgos para la salud pública). Estudios en seres humanos y animales indican que estos productos químicos se absorben bien y se distribuyen en tejidos ricos en lípidos y altamente vascularizados tales como el cerebro, la médula ósea, y la grasa corporal debido a su actividad lipofílica. Los disolventes en mención pueden producir deterioro neurológico. La exposición al benceno además puede causar efectos hematológicos. Este estudio de Hana R (2003), observa que los efectos aditivos entre estos productos se producen por debajo de 20 ppm, siendo posiblemente más neurotóxicos, mientras que niveles por arriba de 200 ppm pueden producir inhibición del metabolismo para los otros compuestos. En estudio previo (1995) Masayuki Ikeda, había demostrado que la exposición a tolueno y benceno conjunta, disminuía los niveles de ácido hipúrico y fenol; de otra parte la exposición ambiental entre 80 y 100 ppm de tolueno y xileno y analizada por medio de sus metabolitos ácido hipúrico y metil hipúrico respectivamente, fueron indicativos de producir una interacción. La evidencia no es clara y se debe esperar a observar o realizar más estudios que aclaren el aspecto de exposiciones concomitantes.

Con relación a la raza o procedencia de los trabajadores es conveniente tener en cuenta que en los estudios realizados por Greenberg M, (1997) encuentra que los asiáticos especialmente japoneses presenta una alteración en el metabolismo que hace incrementar los niveles de tolueno en sangre, y por ende incrementa los efectos.

Las enfermedades concomitantes elevan el riesgo de la exposición y están relacionadas con la integridad sistemas orgánicos que intervienen en algún paso de la vía de exposición o de la cinética del disolvente. Se menciona las enfermedades de la piel que faciliten el paso del disolvente, las alteraciones hepáticas que influyan el metabolismo y los órganos de excreción como alteraciones pulmonares o renales.

Referencias bibliográficas

- Javelaud B, Vian L, Molle R, Allain P, Allemand B, Andre B, Barbier F. Benzene exposure in car mechanics and road tanker drivers. *Int Arch Occup Environ Health*. 1998; 71: 277-283
- Chiara S, Silvano F, Bruno P. Environmental and biological monitoring of occupational exposure to organic micropollutans in gasoline. *Chemosphere* 2001; 44: 67-82
- Brugnone F, Perbellini L, Romeo L, Bianchin M, Tonello A, Pianalto G, Zambon D. Benzene in environmental air and human blood. *Int Arch Occup Environ Health*.1998; 71: 554-559
- Manini P, Andreoli R, Poli D, Mozzoni P, Folesani G, Mutti A, Apostoli P. Environmental and biological monitoring of benzene exposure in a cohort of Italian taxi drivers. *Toxicology Letters*. 2006; 167: 142–151
- Brown EA, Shelley ML, Fisher JW. A pharmacokinetic study of occupational and environmental benzene exposure with regard to gender *Risk Anal*. 1998 Apr ;18(2):205-213
- National institute on drug abuse. Assessing neurotoxicity of drugs of abuse. U.s. department of health and human services. Public health service. Rockville,1993
- Lorenzo P, Ladero JM, Leza JC. Drogodependencias. Editorial Médica panamericana. Madrid – España 1998
- Hanna R. Six interaction profiles for simple mixtures. *Chemosphere*. 2003; 53: 183–197
- Masayuki Ikeda. Exposure to complex mixtures: implications for biological monitoring. *Toxicology Letters*.1995; 77: 85-91
- Mirkova E, Antov G, Zaikov K, Ganchovska V. Evaluation of inhalation toxicity of organic solvent xylene in pregnant rats. *Probl Khig*. 1982; 7:60-67
- Chang F, Chen M, Sheng S, Shii T, Mao I. Dermal Absorption of Solvents as a Major Source of Exposure Among Shipyard Spray Painters. *J Occup Environ Med*. 2007;49:430 – 436
- Greenberg M.M. The central nervous system and exposure to toluene: a risk characterization *Environ Res* 1997 Jan; 72(1):1-7

7.3.4 ¿Cuáles son las conductas médicas ocupacionales recomendadas en caso de hallazgos positivos en las evaluaciones? y ¿Cuáles son los criterios de remisión al especialista en un trabajador con neurotoxicidad, central o periférica, relacionada con la exposición laboral a benceno, tolueno, xileno y etilbenceno (BTX-EB)?

Recomendación

Ante evaluaciones o reconocimientos positivos resultantes del examen neurológico o de Cuestionarios neuropsicológicos en un trabajador conviene:

- Retirar de la exposición.
- Realizar nueva evaluación posterior al retiro.

Si ante la nueva evaluación, los resultados de los síntomas subjetivos persisten, se debe hacer:

- Remisión a neurología.
- Solicitud de exámenes de diagnóstico a criterio del neurólogo.

Son también indicaciones de remisión al especialista si se presenta:

- Cuadro rápidamente progresivo.
- Necesidad de hospitalización.
- Duda con respecto al diagnóstico.

La evaluación de la exposición siempre ha de ser consecuente con los análisis de las mediciones ambientales y de indicadores biológicos. El diagnóstico final se basa en una constelación de déficit interpretado en relación con el tipo de exposición.

*Véase diagrama de flujo 4

Nivel de evidencia: 3

Grado de recomendación: C

Resumen crítico de la evidencia

El hecho de presentar una evaluación positiva que pueda revelar *neurotoxicidad* significa que puede inducir efectos adversos en el sistema nervioso central, los nervios periféricos o los órganos de los sentidos. Los resultados de la evaluación pueden ser tan variados como generar un patrón de disfunción neurológica, cambios en la química o la estructura del sistema nervioso, dependiendo de la naturaleza del producto químico, la dosis, la duración de la exposición y las características del individuo expuesto.

Visto de esta forma, el tipo de daño está estrechamente relacionado con la estructura del solvente, mientras que el grado de disfunción y de la extensión o reversibilidad, están relacionados con la potencia, la intensidad, dosis y duración de la exposición.

La siguiente tabla obtenida en Bleeker M (1995) y por Simonsen y cols (1994), donde se puede observar los niveles de disfunción, que pueden reflejar neurotoxicidad.

Tabla 26. Niveles de disfunción que reflejan neurotoxicidad

| Nivel | Efecto Tóxico | Métodos Comúnmente utilizados | Característica |
|--------------|---------------------------------------|--|--|
| 6 | Cambios morfológicos | Neuropatológicos. Métodos de imágenes. Técnicas histológicas. Biopsia. | Comprenden muerte celular y axonopatía, así como alteraciones morfológicas subcelulares. |
| 5 | Cambios neurológicos | Historia médica y examen físico. Estudio neuropsicológicos. Pruebas de función sensorial. | Abarcan hallazgos anómalos en las exploraciones neurológicas en individuos concretos (Grupos de exposición establecida) |
| 4 | Cambios de comportamiento fisiológico | Electrofisiológicos: - Electromiografía. - Velocidades de conducción nerviosa. - Potenciales evocados. - Electroencefalograma. Test comportamentales. Pruebas psicométricas. | Muestra las variaciones de los potenciales evocados y los EEG o alteraciones en las pruebas del comportamiento o psicológicas. |
| 3 | Cambios bioquímicos | Medidas de actividad enzimática. Análisis de neurotransmisores. | Incluye cambios bioquímicos inducidos por la exposición del agente neurotóxico. |
| 2 | Síntomas subjetivos irreversibles | Vigilancia clínica. | Ausencia de indicios de anomalías en las exploraciones neurológica, psicológica. |
| 1 | Síntomas subjetivos reversibles | Vigilancia clínica. | Ausencia de indicios de anomalías en las exploraciones neurológica, psicológica. |

Fuente: Bleecker margit I. Neurotoxicology: an overview. Center occupational and environmental neurology. 1995

La tabla anterior, sirve para explicar que las exposiciones a sustancias químicas neurotóxicas de corta duración o a dosis bajas pueden causar síntomas subjetivos, pero el efecto suele ser reversible. A medida que aumenta la dosis o duración de la exposición, pueden aparecer alteraciones neurológicas, y eventualmente producirse alteraciones morfológicas irreversibles. La gravedad de los efectos observados así como de los indicios de neurotoxicidad aumentan del nivel 1 al 6.

El nivel de vigilancia médica debe realizarse dentro del margen de los síntomas subjetivos que pueden presentarse como cefaleas, mareos, dificultad para concentrarse, sensación de embriaguez, alteraciones del estado de ánimo, euforia, irritabilidad, vértigo disminución de los reflejos, cansancio exagerado, sentimientos de hostilidad, inquietud, depresión y tensión.

Otros síntomas son problemas de memoria, visión borrosa, lentitud, sensación de hormigueo en las manos y los pies, pérdida de la libido entre otros.

Ante la presencia de síntomas subjetivos, se retirará el trabajador de la exposición para ser evaluado con posterioridad. No existe un consenso claro del tiempo que debe retirarse de la exposición, pero se ha detallado que las alteraciones reversibles persisten mientras existan niveles circulantes sanguíneos del solvente o sus metabolitos, es decir que se puede sugerir hasta 48 horas de retiro para realizar una nueva evaluación.

El retiro de la exposición y la nueva evaluación se basa en datos del estudio conducido por Deschamps D (2001), en donde los trabajadores estuvieron expuestos por 5 años aproximadamente a niveles de tolueno entre 9 a 467 ppm, al ser retirados por 48 horas y comprobándose además la no existencia de disolvente en el organismo (tolueno) determinado por la medición en aire expirado, se pudo establecer que estos trabajadores no presentaron alteraciones cognitivas.

Existen síntomas que son predominantemente agudos como cefaleas, cansancio, mareos, dificultad para concentrarse, sensación de embriaguez, euforia, irritabilidad, vértigo y disminución de los reflejos, que ante el retiro de la exposición se puede establecer su reversibilidad o no. No obstante el mayor problema lo generan las exposiciones a largo plazo. No se conoce de un consenso para determinar el “largo plazo” y así mismo definir el tiempo de monitoreo de algunas de las pruebas. Por ejemplo Eller N y cols, han encontrado que la exposición baja de tolueno (menor de 20 ppm) durante un periodo inferior a 12 años, no presenta diferencias significativas con relación a los no expuestos; mientras que exposiciones mayores a 12 años y niveles promedio de 100 ppm., se ha visto deterioro con respecto a la capacidad de concentración memoria y fatiga, así como una pobre respuesta con funciones viso-espaciales, aprendizaje de números y reconocimiento de palabras.

Otras indicaciones de remisión al especialista en neurología se considera casos de efectos rápidamente progresivos, como puede ser el caso de los susceptibles, de donde se ha descrito el “síndrome de intolerancia adquirida a los solventes orgánicos” que se presenta inicialmente con náusea, mareo y debilidad, que puede progresar de acuerdo con la exposición. Los casos de intoxicaciones agudas como puede suceder en escapes, explosiones, derrames y que se presentan con cefaleas intensas, confusión, mental, náuseas, mareos, incoordinación, visión borrosa, pérdida de conciencia, en casos severos convulsiones y coma. Ante la duda diagnóstica con enfermedades neurológicas generales conviene ser referidas para obtener el criterio clínico.

La remisión al especialista se realiza con el objetivo de determinar una enfermedad neurotóxica y se sugiere dejar al médico neurólogo el diagnóstico de neurotoxicidad. El diagnóstico diferencial entre un síndrome neurotóxico y una enfermedad neurológica

primaria plantea un enorme reto a los médicos que trabajan en el marco laboral. La obtención de una buena historia, el mantenimiento de un elevado grado de sospecha y el seguimiento adecuado de un individuo, así como de grupos de individuos, es necesario. El reconocimiento precoz de enfermedades relacionadas con agentes tóxicos en su medio ambiente o con una exposición profesional determinada es fundamental, ya que un diagnóstico adecuado puede conducir a la separación inmediata de un individuo de los peligros de la exposición continua a una sustancia tóxica, evitando posibles lesiones neurológicas irreversibles. Además, el reconocimiento de los primeros casos afectados en un entorno determinado puede conseguir que se produzcan cambios que protegerán a otros todavía no afectados.

De otro lado, se sugieren establecer programas de vigilancia médica que involucren exploraciones neurológicas en individuos concretos (grupos de exposición establecida) para ser evaluados con los elementos sugeridos en la recomendación 7.3.2., y que pueden ser razonablemente aplicadas y administradas para la contribución de la constelación de hallazgos que pueden indicar la sobre-exposición, y así tomar las medidas necesarias, evitando así el desenlace de enfermedad neurotóxica

Es un gran reto para los profesionales de la salud determinar las alteraciones neurotóxicas tempranas, utilizando las herramientas de que dispone, así como su conocimiento integral y poder definir la conducta más pertinente. La decisión tomada a su criterio tendrá la validez suficiente para respaldar sus acciones.

Referencias bibliográficas

- Bleecker margit I. Neurotoxicology: an overview. Center occupational and environmental neurology. 1995
- Deschamps D, Geraud C, Dally S. Cognitive functions in workers exposed to toluene- Int. Arch. Occup Environ Health. 2001; 74:285-288.
- Eller N, Netterstrom B, Laursen P. Risk of chronic effects on the central nervous system at low toluene exposure. Occup. Med. 1999; 49 (6): 389-395.
- Fuentes A, McPherson B. Organic solvents and hearing loss: The challenge for audiology. Int J Audiol 2006 Jul ;45(7):367-381
- Lomax RB, Ridgway P, Meldrum M. Does occupational exposure to organic solvents affect colour discrimination?. Toxicol rev 2004 ;23(2):91-121
- Gobba F. Color vision: a sensitive indicator of exposure to neurotoxins. Neurotoxicology 2000 Oct ;21(5):857-862
- Organización internacional del trabajo, enciclopedia de la salud y seguridad social en el trabajo, 2004. Cap. 7-30-33-104
- LaDou J. Medicina laboral, edit. Manual moderno, cuarta reimpresión de primera edición, México 1998. Edición en inglés 2006; 373-383, 486-491.

7.4 Diagnóstico

7.4.1 ¿Cual complejo sindromático aporta mayor especificidad ante la sospecha de toxicidad crónica del sistema nervioso central (SNC)?

Recomendación

El diagnóstico de neurotoxicidad por solventes orgánicos es esencialmente de exclusión. El complejo sindromático de toxicidad del sistema nervioso central corresponde a las funciones de la memoria operativa y reciente, la capacidad general de atención (vigilia), la capacidad intelectual y la coordinación motora. Algunas de estas manifestaciones y el cuadro general concomitante de fatiga, disforia, depresión, trastornos del sueño, cefaleas y mareos, sin embargo no ofrece ningún tipo de especificidad. Algunos diagnósticos diferenciales son patologías más frecuentes como los estados depresivos, enfermedades neurodegenerativas como enfermedad de Alzheimer o enfermedades dolorosas de origen reumatológico como la fibromialgia. Es indispensable para el diagnóstico que exista el antecedente de exposición al agente tóxico.

Nivel de evidencia: 4

Grado de recomendación: C

Resumen crítico de la evidencia

Existen múltiples reportes en la literatura y series de casos de descripción de un cuadro sindromático, con deterioro de las capacidades cognoscitivas e intelectuales, sin embargo ninguna de estas descripciones es capaz de dar un cuadro específico para la intoxicación crónica con solventes orgánicos. Por el contrario, dicho complejo sindromático es común para muchos tipos de encefalopatías tóxicas o degenerativas. El diagnóstico entonces, se ve limitado a la pericia médica mediante la sospecha de un cuadro larvado de deterioro de las facultades mentales superiores, en asocio con un antecedente claro de exposición a disolventes orgánicos y ante la ausencia de otro tipo de patologías, como lesiones estructurales intracraneales, enfermedades vasculares o síndromes demenciales. Kukull y colaboradores reportaron un estudio de casos y controles en personas mayores con diagnóstico de enfermedad demencial (Enfermedad de Alzheimer en donde encontraron un riesgo elevado (OR = 2,3 CI 1,1 – 47) para padecer dicha enfermedad por la exposición a solvente, que se incrementaba severamente si era hombre. Sin embargo, el cuadro sindromático es indistinguible en cualquiera de los casos.

Referencias bibliográficas

Kukull WA, Larson EB, Bowen JD, McCormick WC, Teri L, Pfanschmidt ML, Thompson JD, O'Meara ES, Brenner DE, van Belle G. Solvent exposure as a risk factor for

- Alzheimer's disease: a case-control study. *Am J Epidemiol.* 1995 Jun 1;141(11):1059-71
- Freed DM, Kandel E: Long-term occupational exposure and the diagnosis of dementia. *Neurotoxicology* 1988 Fall; 9(3): 391-400
- Broadwell DK, Darcey DJ, Hudnell HK, et al: Work-site clinical and neurobehavioral assessment of solvent-exposed microelectronics workers. *Am J Ind Med* 1995 May; 27(5): 677-98.
- Feldman RG, Ratner MH, Ptak T: Chronic toxic encephalopathy in a painter exposed to mixed solvents. *Environ Health Perspect* 1999 May; 107(5): 417-22
- Dick F, Semple S, Osborne A, et al. Organic solvent exposure, genes, and risk of neuropsychological impairment. *QJM* 2002;95:379-87.
- Bolla K, Roca R: Neuropsychiatric sequelae of occupational exposure to neurotoxins. In: Bleeker ML, Hansen JA, eds. *Occupational Neurology and Clinical Neurotoxicology*. Baltimore, MD: Lippincott Williams and Wilkins; 1994.
- Feldman RG: Recognizing the chemically exposed person and approach to diagnosis. In: Feldman RG, ed. *Neurotoxicology*. Philadelphia, PA: Lippincott Raven; 1999.
- Fontenot AP, Pelak VS: Development of neurologic symptoms in a 26-year-old woman following recovery from methanol intoxication. *Chest* 2002 Oct; 122(4): 1436-9

7.4.2 ¿Cual complejo sindromático aporta mayor especificidad ante la sospecha de toxicidad crónica del sistema nervioso periférico (SNP)?

Recomendación

El complejo sindromático de toxicidad del sistema nervioso periférico corresponde a trastornos de alteración de la sensibilidad superficial, profunda (vibración y propiocepción), alteración de la marcha y atrofia muscular distal, esto más evidente en los pies y piernas. Es indispensable establecer claramente el antecedente de exposición al agente tóxico. Los diagnósticos diferenciales son neuropatías periféricas de otros orígenes como metabólicos (diabetes), inmunológicos (oligoclonales), autoinmunes, o tóxicos por otros agentes.

Nivel de evidencia: 4

Grado de recomendación: C

Resumen crítico de la evidencia

Al igual que en el caso anterior, la evidencia disponible se reduce a reportes de casos, en los cuales se hace descripción de los síntomas, sin embargo no hay estudios de los que se pueda medir el rendimiento del complejo sindromático como una prueba diagnóstica, es decir no existen datos disponibles de la sensibilidad o especificidad que el complejo sindromático

pueda ofrecer. No existen estudios metodológicamente mejor conducidos, que sustenten un nivel de evidencia superior.

Referencias bibliográficas.

Herskowitz A, Ishii N, Schaumburg H. N-hexane neuropathy. A syndrome occurring as a result of industrial exposure. N Engl J Med 1971;285:82-5.

Jovanic JM, Jovanovich MM, Spasic MJ: Peripheral nerve conduction study in workers exposed to a mixture of organic solvents in the paint and lacquer industry. Croat Med J 2004; 45: 769-74.

Allen N, Mendell JR, Billmaier DJ, et al. Toxic polyneuropathy due to methylbutyl ketone. An industrial outbreak. Arch Neurol 1975;32:209-18.

Passero S, Battistini N, Cioni R, et al. Toxic polyneuropathy of shoe workers in Italy. A clinical, neurophysiological and follow-up study. Ital J Neurol Sci 1983;4:463-72.

7.4.3 ¿Qué método paraclínico se considera el estándar de oro para la confirmación de la neurotoxicidad central y/o periférica y cómo se interpreta?

Recomendación

Debido a la baja especificidad y sensibilidad en el caso de toxicidad central, no existe un paraclínico que pueda ser descrito como el patrón de oro. Lo recomendado es una serie de paraclínicos como pruebas neuropsicológicas o electroencefalogramas cuantitativos. Sin embargo este último examen no es de fácil acceso, por lo que resulta caro y no cubierto por los planes de seguridad social, siendo de esta forma un recurso poco práctico. Las imágenes diagnósticas descartan lesiones estructurales y vasculares pero no confirman intoxicaciones.

En el caso de neurotoxicidad periférica, el patrón de oro es el examen de neuroconducciones. Se trata de un examen altamente sensible para detección temprana de alteraciones axonales y mielínicas así como para determinar el compromiso y de esta forma dar un pronóstico. Sin embargo, este examen tampoco es específico, siendo sus hallazgos similares en neuropatías y poli neuropatías de otras etiologías, tóxicas o no.

Nivel de evidencia: 4

Grado de recomendación: C

Resumen crítico de la evidencia

El electroencefalograma tiene un nivel de sensibilidad relativamente bajo, oscilando entre el 26% y el 80% de acuerdo con la patología en que se use. La especificidad no es mejor, siendo inferior al 50% en casos de encefalopatía tóxica.

El examen de neuroconducciones (velocidades de conducción y electromiografía) tiene una sensibilidad buena, del 91%, sin embargo por sí misma es incapaz de diferenciar la etiología, con una especificidad cercana al 50%

Referencias bibliográficas

- Longstreth WT: Central nervous system disorders, neurological and psychological disorders. In: Rosenstock L, Cullen MR, eds. Textbook of Clinical, Occupational and Environmental Medicine. Philadelphia, PA: WB Saunders; 1994.
- Ruijten MW, Hooisma J, Brons JT, et al: Neurobehavioral effects of long-term exposure to xylene and mixed organic solvents in shipyard spray painters. Neurotoxicology 1994 Fall; 15(3): 613-20
- Seppalainen AM, Raitta C, Huuskonen MS: n-Hexane-induced changes in visual evoked potentials and electroretinograms of industrial workers. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1979 Oct; 47(4): 492-8
- Rosenberg NL: Neurotoxicity of organic solvents. In: Rosenberg NL, ed. Occupational and Environmental Neurology. Boston, MA: Butterworth-Heinman; 1995.
- Seppalainen AM, Husman K, Martenson C: Neurophysiological effects of long-term exposure to a mixture of organic solvents. Scand J Work Environ Health 1978 Dec; 4(4): 304
- Silva, Federico. Uso racional de métodos diagnósticos en neurología. Guía neurológica Asociación colombiana de neurología. 15.01.2005

7.4.4 ¿Qué hallazgos en un estudio de neuroconducciones da la mayor especificidad en el diagnóstico de neuropatía periférica por toxicidad crónica por solventes orgánicos?

Recomendación

Los estudios de velocidad de conducción y el EMG con agujas son los que más reconocimiento y aceptación tienen para la evaluación del SNP. En el terreno de la neurotoxicología se considera que la sensibilidad de las medidas eléctricas es equivalente o mayor que el umbral neurológico clínico.

En estudios donde se busca la confirmación diagnóstica de exposición crónica se incluye casi invariablemente el estudio de la conducción periférica.

Nivel de evidencia: 4

Grado de recomendación: C

Resumen crítico de la evidencia

Los estudios neurofisiológicos reportados en la literatura corresponden a grupos de pacientes en los cuales se ha observado este tipo de anormalidad. Son un buen método de detección temprana cuando se sospecha una intoxicación y un probable compromiso neurológico periférico, alcanzando una sensibilidad de hasta 91%, sin embargo el nivel de evidencia es insuficiente para afirmar si tiene algún tipo de especificidad para el diagnóstico de neurotoxicidad por solventes orgánicos.

Referencias bibliográficas

- Krurup, C. and Buchouf, F. Conduction studies in peripheral nerve. *Neurobehav. Toxicol and Teratol* vol 7(4), 1985.
- Jewett, D., Head, G, and Chimento, T. Peripheral neurotoxicity testing by pairs of stimuli. *Neurobehav. Toxicol and Teratol* vol 7(4), 1985.
- Seppalainen AM, Antti-Poika M: Time course of electrophysiological findings for patients with solvent poisoning. A descriptive study. *Scand J Work Environ Health* 1983 Feb; 9(1): 15-24.
- Seppalainen AM, Laine A, Salmi T, et al: Electroencephalographic findings during experimental human exposure to m-xylene. *Arch Environ Health* 1991 Jan-Feb; 46(1): 16-24
- Jovanic JM, Jovanovich MM, Spasic MJ: Peripheral nerve conduction study in workers exposed to a mixture of organic solvents in the paint and lacquer industry. *Croat Med J* 2004; 45: 769-74.
- Silva F. Uso racional de métodos diagnósticos en neurología. *Guía neurológica Asociación colombiana de neurología*. 15.01.2005.

7.4.5 ¿Cuál es el valor de las pruebas psicométricas en el diagnóstico de toxicidad crónica del SNC secundaria a solventes orgánicos?

Recomendación

Las pruebas psicométricas pueden detectar de una forma más sensible y menos subjetiva pequeñas alteraciones motrices o cognitivas, antes que el examen neurológico clínico. Para mejorar el rendimiento de estas pruebas es indispensable aplicar una batería de pruebas completas por medio de un profesional entrenado específicamente en su aplicación e interpretación (neuropsicólogo acreditado).

Nivel de evidencia: 4

Grado de recomendación: C

Resumen crítico de la evidencia

Los estudios identificados en la literatura se refieren a los estudios psicométricos como instrumentos con los cuales es posible detectar tempranamente y caracterizar los síndromes mental - orgánicos y de manera gruesa, medir el grado de compromiso. Sin embargo, una prueba psicométrica es de ayuda etiológica únicamente en casos de origen depresivo o ansioso al igual que en algunos casos de enfermedades degenerativas focalizadas, como síndromes frontales. En casos larvados o generalizados como en la mayoría de las encefalopatías de origen toxico crónico, es de poca ayuda en la corroboración de la etiología. De hecho, en todas las series de casos identificadas, estas pruebas confirman el compromiso cognoscitivo, pero el diagnóstico etiológico se hace por medio de los antecedentes de exposición y al descartar otro tipo de demencias. Incluso, en muchos de estos reportes el diagnóstico definitivo es de enfermedad de Alzheimer, posiblemente facilitada por la exposición al solvente orgánico.

Referencias bibliográficas

- White RF, Proctor SP: Clinic-neuropsychological assessment methods in behavioral neurotoxicology. In: Chang L, ed. Neurotoxicology: Approaches and Methods. San Diego, CA: Academic Press; 1995.
- Fiedler N: Neuropsychological approaches for the detection and evaluation of toxic symptoms. Environ Health Perspect 1996 Apr; 104 Suppl 2: 239-45
- Altmann L, Neuhann HF, Kramer U, et al: Neurobehavioral and neurophysiological outcome of chronic low-level tetrachloroethene exposure measured in neighborhoods of dry cleaning shops. Environ Res 1995 May; 69(2): 83-9
- Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of: Neuropsychological testing of adults. Considerations for neurologists. Report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology. Neurology 1996 Aug; 47(2): 592-9
- Neurobehavioral assessment of occupationally relevant solvents and chemicals in humans. In: Chang LW, ed. Handbook of Neurotoxicology. New York, NY: Marcel Dekker; 1995.

7.5 Tratamiento

7.5.1 ¿Cómo se realiza el tratamiento de un trabajador con neurotoxicidad central o periférica secundaria a la exposición a BTX-EB?

Recomendación

No hay antídotos para la toxicidad por solventes. En la intoxicación aguda, el tratamiento consiste en cuidados de mantenimiento y en los casos que así lo requieran, hospitalización incluso en la unidad de cuidados intensivos, de ser requerido y prevención de exposiciones futuras.

En casos de síntomas neurológicos persistentes debidos a niveles bajos de solventes en exposición crónica, se debe suspender la exposición de forma inmediata. No hay tratamientos específicos para revertir los efectos sobre el tejido nervioso. Se busca con el retiro de la exposición que el daño neurológico no continúe progresando. En todos los casos se debe incluir un plan de rehabilitación, orientado por un fisiatra, que incluya terapias cognoscitiva, física, ocupacional y del lenguaje en los casos que sea necesario.

Nivel de evidencia: 4

Grado de recomendación: C

Resumen crítico de la evidencia

Debido a la dificultad de conducción de experimentos clínicos, la evidencia disponible es baja y se limita a los reportes y series de casos. El tipo de tratamiento no difiere del prestado en otro tipo de neuropatías periféricas o que deterioran las facultades cognoscitivas. En todos los casos se recomienda la suspensión inmediata y definitiva de la exposición al solvente orgánico, para evitar progresión del cuadro clínico. En pocos casos, salvo en los de intoxicación aguda, se ha observado remisión espontánea. En todos los casos se deben incluir en programas de rehabilitación cognoscitiva o motriz.

Referencias bibliográficas

- Xiao, Q., Levin, S. M. The Diagnosis and Management of Solvent-Related Disorders American Journal of Industrial Medicine 37:44±61 (2000).
- Gregersen P. Neurotoxic effects of organic solvents in exposed workers: two controlled follow-up studies after 5.5 and 10.6 years. Am J Ind Med 1988; 14:681–701.
- Edling C, Ekberg K, Ahlborg G Jr, et al. Long-term follow up of workers exposed to solvents. Br J Ind Med 1990; 47:75–82.
- Triebig G, Hallermann J. Survey of solvent related chronic encephalopathy as an occupational disease in European countries. Occup Environ Med 2001; 58:575–81.

7.6 Rehabilitación

7.6.1 ¿En qué consiste y cuáles deben ser los componentes de un programa de rehabilitación para los casos de neuropatía central o periférica en los trabajadores expuestos a BTX-EB?

Recomendación:

La rehabilitación del trabajador afectado por neuropatía central o periférica debe apuntar a la rehabilitación integral, con acciones simultáneas en:

- Promoción de la salud y la prevención de la discapacidad;
- Desarrollo, recuperación y mantenimiento funcional;
- Integración socio-ocupacional.

Los casos se deben identificar y evaluar (diagnóstico, pronóstico funcional ocupacional y formulación del plan de rehabilitación) lo más precozmente posible como base para definir el proceso de rehabilitación integral.

La rehabilitación incluye entre otras, las siguientes actividades:

- Prórroga de incapacidades temporales;
- Rehabilitación funcional;
- Rehabilitación profesional, con los componentes de readaptación del individuo al trabajo, modificaciones al ambiente del trabajo, adaptación al ambiente extralaboral y reincorporación laboral.

En casos de síntomas neurológicos persistentes debidos a niveles bajos de disolventes en exposición crónica, la rehabilitación cognoscitiva para mejorar la función intelectual puede ser útil cuando el compromiso interfiere significativamente con la habilidad funcional. En casos de neuropatía, además de la suspensión de la exposición, está indicada la rehabilitación por medio de terapia física y otros medios físicos, especialmente en los casos de compromiso motor, sin que se haya observado diferencias en la evolución de neuropatías de otras etiologías.

La rehabilitación cognoscitiva se enfoca en mejorar los déficits de memoria, atención, percepción, aprendizaje, planeamiento y juicio. El tratamiento debe ser completamente individualizado para cada persona. Un plan de rehabilitación cognoscitivo debe incluir un esfuerzo colaborativo. Debe contener:

- Tareas atencionales auditivas y / o visuales.
- Entrenamiento compensatorio de memoria.
- Neuro bioretroalimentación.
- Psicoterapia y manejo de la rabia o ansiedad.

La rehabilitación de la neuropatía toxica debe comprender los puntos básicos, teniendo en cuenta la discapacidad motriz o sensitiva:

- Conservación de arcos de movimiento articular.
- Estiramiento muscular.
- Fortalecimiento muscular.
- Reeduación sensitiva.
- Entrenamiento patrón de marcha.
- Dispositivos u órtesis.

En todos los casos es conveniente incluir terapia ocupacional y en los casos que así lo requieran terapia del lenguaje.

Nivel de evidencia: 4

Grado de recomendación: C

Resumen crítico de la evidencia

La presente recomendación está basada en los lineamientos generales que ha adoptado el país en materia de rehabilitación y que se han desarrollado en el Manual Guía sobre Procedimientos para la Rehabilitación y Reincorporación Ocupacional de los Trabajadores en Sistema General de Riesgos Profesionales (Ministerio de la Protección Social, 2004).

El Manual propende por la rehabilitación integral, en la cual comprende acciones simultáneas en tres frentes:

- Promoción de la salud y prevención de la discapacidad. La primera, como estrategia para mantener y mejorar la salud mediante intervenciones de comunicación-información, educación-formación y desarrollo de habilidades facilitadoras de cambios de conducta en el individuo y en la colectividad. La prevención primaria (para evitar la discapacidad) y secundaria (orientada a reducir el impacto de la discapacidad sobre funcionamiento individual y colectivo).
- Desarrollo, recuperación y mantenimiento funcional, con la promoción de la aplicación de terapias y de tecnología para el desarrollo o mejoramiento de las funciones físicas, mentales o sensoriales y el apoyo a la integración del afectado en los ámbitos social, familiar y ocupacional.
- Integración socio-ocupacional: ubicación/reubicación laboral, orientación ocupacional, desarrollo de competencias para cumplir los roles sociales y familiares por parte del trabajador.

El programa de rehabilitación integral contempla las siguientes etapas y actividades:

1. Identificación de los casos: Captura de todos aquellos casos que presenten alteraciones en su capacidad laboral temporal o permanentemente a consecuencia de un accidente de trabajo o una enfermedad profesional.
2. Evaluación de los casos:
 - El diagnóstico clínico, funcional y de requerimientos de desempeño laboral y social;
 - El pronóstico funcional ocupacional, y
 - El establecimiento del plan de rehabilitación, en el que se considera el reintegro laboral, el reintegro laboral con modificaciones, la reubicación laboral temporal, la reubicación laboral definitiva, la reconversión de la mano de obra, la orientación al desarrollo de una actividad laboral diferente al empleo, orientación al desarrollo de una actividad no laboral.

3. El manejo de la rehabilitación, con actividades como las siguientes:
- Prórroga de las incapacidades temporales cuando sea necesario para permitir la realización de tratamientos o la recuperación de la estructura o función alteradas por la patología del trabajador;
 - Rehabilitación funcional, con el fin de recuperar al máximo la función o la compensación de las habilidades perdidas, y
 - Rehabilitación profesional, bien sea mediante una o la combinación de varias opciones como la readaptación del trabajador al trabajo, las modificaciones al ambiente de trabajo, la adaptación al ambiente extralaboral y la reincorporación laboral (reinducción, prueba de trabajo, reintegro laboral).

Los especialistas de rehabilitación, en conjunto con los especialistas clínicos (neurólogos), definirán los contenidos específicos del programa de rehabilitación integral en cada caso específico, con la participación, en lo que corresponda, de la empresa, la familia y la sociedad.

Los escasos reportes de rehabilitación de neuropatía tóxica en la literatura no utilizan recursos distintos a los que se emplean en neuropatías tóxicas de otra etiología. No se disponen de ensayos clínicos que soporten un mayor nivel de evidencia en la rehabilitación neurológica debida a esta etiología. En todas las series de casos el programa de rehabilitación utilizado no difiere del previamente establecido para neuropatías periféricas o síndromes demenciales de otras etiologías.

Referencias bibliográficas

- Ministerio de la Protección Social. Manual Guía sobre Procedimientos para la Rehabilitación y Reincorporación Ocupacional de los Trabajadores en Sistema General de Riesgos Profesionales. Bogotá: La Entidad, 2004. Colombia
- Rosenberg NL: Neurotoxicity of organic solvents. In: Rosenberg NL, ed. Occupational and Environmental Neurology. Boston, MA: Butterworth-Heinman; 1995.
- Seppalainen AM, Husman K, Martenson C: Neurophysiological effects of long-term exposure to a mixture of organic solvents. Scand J Work Environ Health 1978 Dec; 4(4): 304-14.

7.6.2 ¿Qué factores deben tenerse en cuenta para establecer el pronóstico de un paciente con neurotoxicidad, central o periférica, relacionada con la exposición laboral a benceno, tolueno, xileno y etilbenceno (BTX-EB)?

Recomendación

| |
|--|
| Tanto en toxicidad aguda como crónica, los factores pronósticos en casos de toxicidad central están relacionados principalmente con: |
|--|

- Severidad del compromiso clínico global inicial.
- Severidad del compromiso de conciencia y cognitivo inicial.
- Tiempo requerido para recuperación de la fase aguda.
- Suspensión inmediata a la exposición.

En los casos de toxicidad periférica, aguda o crónica, los factores pronósticos son:

- Tiempo evolutivo.
- Tiempo de exposición o de suspensión a la exposición.
- Severidad de la neuropatía en las velocidades de conducción.

Nivel de evidencia: 4

Grado de recomendación: C

Resumen crítico de la evidencia

Los autores han observado en las series de casos descritas por ellos, como el pronóstico de estas patologías se define por los mismos criterios ya establecidos previamente para otro tipo de neuropatías. Los factores pronósticos no difieren de los generales para neuropatías de otras etiologías o de otros agentes tóxicos. En todos los casos la duración del tiempo de exposición y la dosis de la misma es un factor crítico. El grado de compromiso o deterioro clínico se correlaciona muy bien con el grado de deterioro histopatológico, lo cual se constituye en un marcador indirecto fiable de buen o mal pronóstico.

Referencias bibliográficas

- Rosenberg NL: Neurotoxicity of organic solvents. In: Rosenberg NL, ed. Occupational and Environmental Neurology. Boston, MA: Butterworth-Heinman; 1995.
- Seppalainen AM, Husman K, Martenson C: Neurophysiological effects of long-term exposure to a mixture of organic solvents. Scand J Work Environ Health 1978 Dec; 4(4): 304-14.
- Corsi G, Maestrelli P, Picotti G, et al: Chronic peripheral neuropathy in workers with previous exposure to carbon disulphide. Br J Ind Med 1983 May; 40(2): 209-11.

BIBLIOGRAFÍA

1. ACGIH. TLVs and BEIs Threshold Limit Values, for chemical substances and Physical Agents. Biological Exposure Indices.2007.
2. ACGIH (Compiler) Guide to Occupational Exposure Values 2005.
3. ACGIH Ventilación Industrial 1ª Edición en español Generalitat Valenciana. España1992.
4. Agency for Toxic Substances and Disease Registry ATSDR. Toxicological profile for Benzene U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. USA 1999.
5. Agency for Toxic Substances and Disease Registry ATSDR. Toxicological profile for Toluene U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. USA 2000.
6. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. ATSDR. Toxicological profile for Xilene U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. USA 1995.
7. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. ATSDR. Toxicological profile for Ethylbenzene U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service. USA 1999.
8. Alexopoulos ec, Chatzis C, Linos A. An analysis of factors that influence personal exposure to toluene and xylene in residents of Athens, Greece. BMC public health 2006;6:50.
9. Allen N, Mendell JR, Billmaier DJ, et al. Toxic polyneuropathy due to methylnbutyl ketone. An industrial outbreak. Arch Neurol 1975;32:209-18.
10. Altmann L, Neuhann HF, Kramer U, et al: Neurobehavioral and neurophysiological outcome of chronic low-level tetrachloroethene exposure measured in neighborhoods of dry cleaning shops. Environ Res 1995 May; 69(2): 83-9
11. Amador R, Lundberg I, Escalona E. Desarrollo de un cuestionario en castellano sobre síntomas neurotóxicos. Salud de los trabajadores. 1994;volumen 2 nº American Industrial Hygiene Association. A Strategy for Assessing and Managing Occupational Exposures. Third Edition. Fairfax. VA 22031. USA
12. Anon. Human aspects of solvent neurobehavioral effects. Neurotoxicology 1986;7:43-56.
13. Atchinson DA, Boziman KJ, Vingrys A. Quantitative scoring methods for d15 panel tests in the diagnosis of congenital color vision deficiencies. Optometry and vision science. 1991: 68(1): 41-48.
14. Bello J, López A, Fundamentos de Ciencia Toxicológica, Editorial Díaz de Santos, Madrid España 2001 Pp.255-270.

15. Beverly S. Cohen and Susanne V. Hering (Editors). Air Sampling Instruments. Chapter 2: Occupational Air Sampling Strategies by Rock James C., 8th Edition, ACGIH, Cincinnati, Ohio, EE.UU. 1995.
16. Bleeker margit I. Neurotoxicology: an overview. Center occupational and environmental neurology. 1995.
17. Bolla K, Roca R: Neuropsychiatric sequelae of occupational exposure to neurotoxins. In: Bleeker ML, Hansen JA, eds. Occupational Neurology and Clinical Neurotoxicology. Baltimore, MD: Lippincott Williams and Wilkins; 1994.
18. Broadwell DK, Darcey DJ, Hudnell HK, et al: Work-site clinical and neurobehavioral assessment of solvent-exposed microelectronics workers. Am J Ind Med 1995 May; 27(5): 677-98.
19. Brouwer DH, de Pater NA, Zomer C, Lurvink MW, van Hemmen JJ. An experimental study to investigate the feasibility to classify paints according to neurotoxicological risks: occupational air requirement (OAR) and indoor use of alkyd paints. Ann Occup Hyg. 2005 Jul; 49(5):443-51. Epub 2005 Mar 24.
20. Brown EA, Shelley ML, Fisher JW. A pharmacokinetic study of occupational and environmental benzene exposure with regard to gender Risk Anal. 1998 Apr;18(2):205-213.
21. Brugnone F, Perbellini L, Romeo L, Bianchin M, Tonello A, Pianalto G, Zambon D. Benzene in environmental air and human blood. Int Arch Occup Environ Health.1998; 71: 554-559.
22. Bullock W, Ignacio J, A strategy for assessing and managing occupational exposures. AIHA Third Edition. Virginia, EEUU. 2006.
23. Cassarett and Doull's Toxicology, Quinta edición. Edit Mc.Graw Hill, U.S.A. 1996. Pp.643-690, 737-773.
24. Chang F, Chen M, Cheng S, Shih T, Mao I. Protective suits and gloves evaluated by biomonitoring. Occup. Environ. Med. 2007;64:759-762.
25. Chang F, Chen M, Sheng S, Shii T, Mao I. Dermal Absorption of Solvents as a Major Source of Exposure Among Shipyard Spray Painters. J Occup Environ Med. 2007;49:430 - 436.
26. Chen R, Semple S, Dick F, et al. Nasal, eye, and skin irritation in dockyard painters. Occup Environ Med 2001; 58:542-3.
27. Chiara S, Silvano F, Bruno P. Environmental and biological monitoring of occupational exposure to organic micropollutans in gasoline. Chemosfere 2001; 44: 67-82.
28. Chouaniere D, Wild P, Fontana JM, Hery M, Fournier M, Subra I. Neurobehavioral disturbances arising from occupational toluene exposure. Am j ind med 2002 feb; 41(2):77-88.

29. Cohen B S; Hering S V (Eds) Air Sampling Instruments for Evaluation of Atmospheric Contaminants. 8th Ed. Part I The Measurement Process Part II Instrumentation ACGIH USA 1995.
30. Colman R, Coleman A. Unexpected cause of raised benzene absorption in coke oven by-product workers. *SO - Occup Med (Lond)* 2006 Jun;56(4):269-271
31. Colton CE. The occupational environment Its evaluation and control respiratory protection. AIHA USA 1998.
32. Corsi G, Maestrelli P, Picotti G, et al: Chronic peripheral neuropathy in workers with previous exposure to carbon disulphide. *Br J Ind Med* 1983 May; 40(2): 209-11.
33. Decreto 1274 por el cual se promulga el Convenio 136 de la OIT relativo a la protección contra los riesgos de intoxicación por el Benceno. *Diario Oficial* 43069. Colombia 1997.
34. Deschamps D., Garnier R., Lille F., et al. Evoked Pot. and cerebral blood flow insolvent induced psycho-organic syndrome *Br- J. Ind. Med.* 50 (4), 1993.
35. Deschamps D, Geraud C, Dally S. Cognitive funtions in workers exposed to toluene- *Int. Arch. Occup Environ Health.* 2001; 74:285-288.
36. Dick F, Semple S, Osborne A, et al. Organic solvent exposure, genes, and risk of neuropsychological impairment. *QJM* 2002;95:379-87.
37. Edling C, Ekberg K, Ahlborg G Jr, et al. Long-term follow up of workers exposed to solvents. *Br J Ind Med* 1990; 47:75-82.
38. Eller N, Netterstrom B, Laursen P. Risk of chronic effects on the central nervous system at low toluene exposure. *Occup. Med.* 1999; 49 (6): 389-395.
39. Espinosa M.T., M.P. Rojas, M.L. Bernal, A. Araque, M. Vélez, J.M. López. Manual de agentes carcinógenos, de los grupos 1 y 2 A de la IARC, de interés ocupacional para Colombia. Ministerio de la Protección Social. Instituto Nacional de Cancerología. Colombia. 2006.
40. Eun-hee L. Acquired dyschromatopsia among petrochemical industry workers exposed to benzene. *Neurotoxicology* 28 (2007) 356-363.
41. Feldman RG, Ratner MH, Ptak T: Chronic toxic encephalopathy in a painter exposed to mixed solvents. *Environ Health Perspect* 1999 May; 107(5): 417-22.
42. Freed DM, Kandel E: Long-term occupational exposure and the diagnosis of dementia. *Neurotoxicology* 1988 Fall; 9(3): 391-400.
43. Fuente A, Mcpherson B. Organic solvents and hearing loss: the challenge for audiology. *Int j audiol* 2006 jul;45(7):367-381.
44. Fontenot AP, Pelak VS: Development of neurologic symptoms in a 26-year-old woman following recovery from methanol intoxication. *Chest* 2002 Oct; 122(4): 1436-9.

45. Gestis-Analytical Methods for Chemical Agents at Workplaces. EU Project BC/CEN/ENTR/000/2002-16):
http://www.hvbg.de/e/bia/gestis/analytical_methods/index.html.
46. GESTIS International Limit Values. BG-Institute for Occupational Safety and Health - BGIA. 2007 Versión electrónica:
http://www.hvbg.de/e/bia/gestis/limit_values/index.html.
47. Gobba F. Color vision: a sensitive indicator of exposure to neurotoxins. *Neurotoxicology* 2000 oct;21(5):857-862.
48. Greenberg M.M. The central nervous system and exposure to toluene: a risk characterization *Environ Res* 1997 Jan; 72(1):1-7.
49. Gregersen P. Neurotoxic effects of organic solvents in exposed workers: two controlled follow-up studies after 5.5 and 10.6 years. *Am J Ind Med* 1988; 14:681-701.
50. Guide for the adjustment of permissible exposure values (PEVs) for unusual work Schedules 2nd edition revised and updated Studies and research projects Technical Guide Institut de Recherché Robert-Sauvé en Santé et en Sécurité du Travail. IRSST Québec Canadá 2004. Páginas web: www.irsst.qc.ca y http://www.irsst.qc.ca/en/_outil_100011.html.
51. Hanna R. Six interaction profiles for simple mixtures. *Chemosphere*. 2003; 53: 183-197.
52. Herskowitz A, Ishii N, Schaumburg H. N-hexane neuropathy. A syndrome occurring as a result of industrial exposure. *N Engl J Med* 1971;285:82-5.
53. Hogstedt C., Lundberg L. Epidemiology of occupat neurobehav. Liozards. Methodological experiences from organic solvent research. *Rev. Epidemiol. Sante Publique* 40, Sppl. 1, 1992.
54. IARC (1987). Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Overall evaluations of carcinogenicity: An updating of IARC Monographs Volumes 1 to 42. Supplement 7. IARC
55. IARC. International Agency for Research on Cancer. Monographs on the evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Vol. 29, Suppl. 7, 1987.
56. IARC International Agency for Research on Cancer. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans Occupational Exposures in Petroleum Refining; Crude Oil and Major Petroleum Fuels. Lyon: IARC; 1989; Vol. 45, pág 159.
57. IARC International Agency for Research on Cancer. Monographs on the evaluation of carcinogenic risks to humans. Some Organic Solvents, Resin Monomers and Related Compounds, Pigments and Occupational Exposures in Paint Manufacture and Painting. Lyon: IARC; 1989; Vol. 47, pág 43.
58. Ikeda M. Exposure to complex mixture: Implications for biological monitoring *Toxicology letters* 1995; 77: 85-91.

59. INSHT. Agencia Europea para la seguridad y la salud en el trabajo. Fichas y notas prácticas. Facts 35: La comunicación de la información relativa a la sustancias peligrosas. ISSN 1681-2085. Bélgica. 2003
http://www.mtas.es/insht/information/fichasprac.htm#np_efp_hig.
60. INSHT Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con agentes químicos. Ministerio de trabajo y asuntos sociales España. 2003. Versión electrónica: www.mtas.es/insht/practice/g_AQ.htm.
61. INSHT Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Ministerio de trabajo y asuntos sociales. Métodos de mediciones para agentes químicos. Apéndice 5. Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos presentes en los lugares de trabajo relacionados con agentes químicos. España. 2003. Versión electrónica: www.mtas.es/insht/practice/g_AQ.htm.
62. INSTH. Tubos colorimétricos. Métodos de toma de muestras y análisis de contaminantes químicos en el aire (MTCQA-e). España. 2000. Versión electrónica <http://www.mtas.es/insht/MCQA/index.htm>.
63. INSHT Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Límites de exposición profesional para agentes químicos. Ministerio de trabajo y asuntos sociales. España 2007. Versión electrónica. <http://www.mtas.es/insht/practice/vlas.htm>.
64. INSHT NTP 748: Guantes de protección contra productos químicos. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Ministerio de trabajo y asuntos sociales. España. 2003. Versión electrónica: www.mtas.es/insht/ntp/ntp_748.htm.
65. International labor office (ILO). International chemical control Toolkit Implementado en 2004. Ginebra. Suiza. Versión electrónica: http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/ctrl_banding/toolkit/main_guide.pdf.
66. Javelaud B, Vian L, Molle R, Allain P, Allemand B, Andre B, Barbier F. Benzene exposure in car mechanics and road tanker drivers. *Int Arch Occup Environ Health*. 1998; 71: 277-283
67. Jewett, D., Head, G, and Chimento, T. Pheripheral neurotoxicity testing by pairs of stimuli. *Neurobehav. Toxicol. and Teratol* vol 7(4), 1985.
68. Jovanic JM, Jovanovich MM, Spasic MJ: Peripheral nerve conduction study in workers exposed to a mixture of organic solvents in the paint and lacquer industry. *Croat Med J* 2004; 45: 769-74.
69. Kramer A y otros, Occupational chronic exposure to organic solvents XVII. Ambient and biological monitoring of workers exposed to xylenes. *Int Arch Occup Environ Health* (1999) 72: 52-55
70. Krarup, C. and Buchoul. F. Conduction studies in pheripheral nerve. *Neurobehav. Toxicol. and Teratol* vol 7(4), 1985.

71. Kukull WA, Larson EB, Bowen JD, McCormick WC, Teri L, Pfanschmidt ML, Thompson JD, O'Meara ES, Brenner DE, van Belle G. Solvent exposure as a risk factor for Alzheimer's disease: a case-control study. *Am J Epidemiol.* 1995 Jun 1;141(11):1059-71.
72. LaDou J. *MEDICINA LABORAL*, Edit. Manual Moderno, cuarta reimpression de Primera Edición, México 1998. Edición en ingles 2006.
73. Leung, Hon-Wing and Paustenbach, Dennis J. Application of Pharmacokinetics to Derive Biological Exposure Indexes from Threshold Limit Values, *American Industrial Hygiene Association Journal*, 49:9, 445- 450 1988.
74. Ley 55 de 1993. Convenio sobre la seguridad en la utilización de los productos químicos en el trabajo. Diario oficial año CXXIX. N.40936.6 Julio. Santafé de Bogotá D.C.1993.
75. Lomax RB, Ridgway P, Meldrum M. Does occupational exposure to organic solvents affect colour discrimination? *Toxicol rev* 2004;23(2):91-121.
76. Lorenzo P, Ladero JM, Leza JC. *Drogodependencias*. Editorial Médica panamericana. Madrid - España 1998.
77. Longstreth WT: Central nervous system disorders, neurological and psychological disorders. In: Rosenstock L, Cullen MR, eds. *Textbook of Clinical, Occupational and Environmental Medicine*. Philadelphia, PA: WB Saunders; 1994.
78. Manini P, Andreoli R, Poli D, Mozzoni P, Folesani G, Mutti A, Apostoli P. Environmental and biological monitoring of benzene exposure in a cohort of Italian taxi drivers. *Toxicology Letters*. 2006; 167: 142-151.
79. Masayuki Ikeda. Exposure to complex mixtures: implications for biological monitoring. *Toxicology Letters*.1995; 77: 85-91.
80. Mayor Ríos, J. Efectos de los solventes orgánicos sobre el sistema nervioso. Los métodos neurológicos. *Salud de los Trabajadores*. 1995: 3(2) 107-115.
81. Mayor J, Saiz J, Eimil E, et al. Efectos Sobre El Sistema Nervioso de la Exposición Potencial a Solventes Orgánicos Instituto de los Seguros Sociales. Cali Colombia 1997.
82. Mergler Donna. Capítulo 7: Sistema nervioso. Agentes químicos neurotóxicos. Parte I. Volumen I Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. © Copyright de la edición española, Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales, 2001. Versión electrónica: <http://www.mtas.es/insht/EncOIT/Index.htm>.
83. Mergler D, Blain L, Lagacé JP. Solvent related colour vision loss: an indicator of neural damage? *Int arch occup environ health*. 1987; 59: 313-321.
84. Mergler D, Bélanger S, De grosbois S, Vachon N. Chromal focus of acquired chromatic discrimination loss and solvent exposure among printshop workers. *Toxicology*. 1988; 49: 341-348.

85. Ministerio de la Protección Social. Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Neumoconiosis (Silicosis, Neumoconiosis del minero de carbón y Asbestosis). Bogotá. Colombia. 2006.
86. Ministerio de la Protección Social. Manual Guía sobre Procedimientos para la Rehabilitación y Reincorporación Ocupacional de los Trabajadores en Sistema General de Riesgos Profesionales. Bogotá: La Entidad, 2004.
87. Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España. Los disolventes y la salud. Riesgos y prevención. Folletos y documentos breves. Higiene industrial. Versión electrónica. http://www.mtas.es//insht/practice/f_disol.htm.
88. Mirkova E, Antov G, Zaikov K, Ganchovska V. Evaluation of inhalation toxicity of organic solvent xylene in pregnant rats. *Probl Khig.* 1982; 7:60-67.
89. Montoya, M.A. Neurotoxicology in México and its relations to the general and work. *Environment Ins Advances in Neurobehav. Toxicol.* 1990.
90. National Institute Occupational Safety and Health (NIOSH). ORGANIC SOLVENT Neurotoxicity, en *Current Intelligence Bulletin* 48. Marzo 1987.
91. National institute on drug abuse. Assessing neurotoxicity of drugs of abuse. U.S. department of health and human services. Public health service. Rockville, 1993
92. Nilson LN, Sallsten G, Hagberg S, et al. Influence of solvent exposure and aging on cognitive functioning: an 18 year follow up of formerly exposed floor layers and their controls. *Occup Environ Med* 2002;59:49-57.
93. National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH Respirator selection logic 2004. Versión electrónica: <http://www.cdc.gov/niosh/docs/2005-100/chapter2.html#chapt2a>.
94. National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH. Hydrocarbons, Aromatic. Method 1501 March 2003 Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition. Versión electrónica: http://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs/1501_pdf
95. National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. 2005. Versión electrónica <http://www.cdc.gov/niosh/npg/default.html>. Benceno: <http://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0049.html>.
96. National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards. Recommendations for Chemical Protective Clothing A Companion to the 1998. version electrónica: <http://www.cdc.gov/niosh/prot-cloth/ncpc1.html>.
97. National Institute for Occupational Safety and Health. NIOSH 2003. Method 8301. Manual of Analytical Methods (NMAM), Fourth Edition. Versión electrónica: <http://www.cdc.gov/niosh/nmam/pdfs>.
98. Neurobehavioral assessment of occupationally relevant solvents and chemicals in humans. In: Chang LW, ed. *Handbook of Neurotoxicology*. New York, NY: Marcel Dekker; 1995.

99. NU. Naciones Unidas. Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos (SGA), Nueva York y Ginebra 2005. Versión electrónica. http://www.unece.org/trans/danger/publi/ghs/ghs_rev01/Spanish/00-intro-sp.pdf.
100. Organización Internacional del trabajo OIT. Guía de productos químicos. Hidrocarburos aromáticos. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Volumen IV Parte XVIII. Capítulo 104 Guía 6. Versión electrónica. Copyright de la edición española. Ministerio de trabajo y asuntos sociales, 2001, 2004. España. <http://www.mtas.es/insht/EncOIT/Index.htm>.
101. Organización Internacional del trabajo. OIT 2003. Módulo 6: Disolventes. Módulos de formación en seguridad química. Centro internacional de información sobre seguridad y salud en el trabajo (CIS). Actualización Mayo 2003. Versión electrónica:
www.ilo.org/public/spanish/protection/safework/cis/products/safetytm/solvents.htm.
102. Organización Internacional del trabajo. OIT Convenio 139. Convenio sobre la prevención y control de los riesgos profesionales causados por las sustancias o agentes cancerígenos. Ginebra 1976.
103. Organización internacional del trabajo, enciclopedia de la salud y seguridad social en el trabajo, 2004. Cap. 7-30-33-104.
104. Olson K, Becker C, Benowitz N, et al POISONING AND DRUG OVERDOSE, Edit Appleton and Lange, Norwilk, San Francisco U.S.A. 1995.
105. Orbaeck, P. Effects of long - term exposure to organic solvents on the nervous system. Chronic toxic encephalopathy and the prognosis following cessation to exposure thesis, Lund 1987.
106. OSHA. Regulations Standars-29CFR1910-134 Respiratory requirements for selected chemicals U.S. Department labor. USA.
107. OSHA. Occupational safety and health standards regulations 29 CFR 1910.1028 for Benzene - U.S. Department labor. USA. Dirección electrónica:
www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=STANDARDS&p_i
108. OSHA Final rule on assigned protection respirators factors USA 2006. Dirección electrónica: http://usachppm.apgea.army.mil/Documents/FACT/55-011-1106-Assigned_Protection_Respirators_Factors.pdf.
109. Panida M, y otros. Environmental and occupational exposure to benzene in Thailand. *Chemico-Biological Interactions* 153-154 (2005) 75-83.
110. Passero S, Battistini N, Cioni R, et al. Toxic polyneuropathy of shoe workers in Italy. A clinical, neurophysiological and follow-up study. *Ital J Neurol Sci* 1983;4:463-72.
111. Perkins JL, Ming-Jia You. Predicting temperature effects on Chemical Protective Clothing Permeation *AIHA Journal* 53(2):77-83 (1992).
112. Pohl H.R., Roney N., Wilbur S., Hansen H., De Rosa C.T. Six interaction profiles for simple mixtures *Chemosphere* 2003; 53:183-197.

113. Pependorf W. *Industrial Hygiene Control of Airborne Chemical Hazards*. Taylor & Francis. Boca Raton, FL 33487-2742 USA. 2006.
114. Poungravin N. Multifocal brain damage due to lacquer souffing: The first case report of Thailand. *J. Med. Ass. Thai*. 74 (7), 1991.
115. Repetto M, *Toxicologia fundamental*, Tercera Edición, Editorial Díaz de Santos, Madrid España 1997 Pp. 166-186.
116. Rosenberg J, Katz EA. Solvents. In: LaDou J, editor. *Current Occupational & Environmental Medicine*. Fourth Ed. McGraw-Hill Companies; 2007. p. 481-514.
117. Rosenberg NL: Neurotoxicity of organic solvents. In: Rosenberg NL, ed. *Occupational and Environmental Neurology*. Boston, MA: Butterworth-Heinman; 1995.
118. Rock JC. Air Sampling Instruments. Chapter 2: In Cohen BS, Hering SV, Editors. *Occupational Air Sampling Strategies*. 8th Ed., Cincinnati, Ohio. E.E.U.U. ACGIH. 1995.
119. Romieu I y otros, Environmental Exposure to Volatile Organic Compounds among Workers in Mexico City as Assessed by Personal Monitors and Blood Concentrations. *Environmental Health Perspectives* Volume 107, Number 7, July 1999.
120. Rosenberg NL: Neurotoxicity of organic solvents. In: Rosenberg NL, ed. *Occupational and Environmental Neurology*. Boston, MA: Butterworth-Heinman; 1995.
121. Ruijten MW, Hooisma J, Brons JT, et al: Neurobehavioral effects of long-term exposure to xylene and mixed organic solvents in shipyard spray painters. *Neurotoxicology* 1994 Fall; 15(3): 613-20.
122. Rutchik, Jonathan S. *Organic Solvents*. Instant Access to the Minds of Medicine. University of California San Francisco. 2002.
123. Schaper M, Demes P, Zupanic M, Blaszkewicz M, Seeber A. Occupational toluene exposure and auditory function: Results from a follow-up study. *Ann occup hyg* 2003 aug;47(6):493-502.
124. Seppalainen AM, Raitta C, Huuskonen MS: n-Hexane-induced changes in visual evoked potentials and electroretinograms of industrial workers. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* 1979 Oct; 47(4): 492-8.
125. Seppalainen AM, Husman K, Martenson C: Neurophysiological effects of long-term exposure to a mixture of organic solvents. *Scand J Work Environ Health* 1978 Dec; 4(4): 304
126. Seppalainen AM, Antti-Poika M: Time course of electrophysiological findings for patients with solvent poisoning. A descriptive study. *Scand J Work Environ Health* 1983 Feb; 9(1): 15-24.

127. Seppalainen AM, Laine A, Salmi T, et al: Electroencephalographic findings during experimental human exposure to m-xylene. Arch Environ Health 1991 Jan-Feb; 46(1): 16-24.
128. Sinclair GC, Westerb RC, Maibachb HI. Partition Coefficients for Benzene in Human Skin AIHA Journal 63:685-688 (2002).
129. Silva F. Uso racional de métodos diagnósticos en neurología. Guía neurológica Asociación colombiana de neurología. 15.01.2005.
130. Sliwinska-Kowalska M, Zamyslowska-Szmytke E, Szymczak W, Kotylo P, Fiszer M, Dudarewicz A, Wesolowski W. Hearing loss among workers exposed to moderate concentrations of solvents. Scand j work environ health 2001 oct;27(5):335-342.
131. Spencer PS, Schaumburg HH, ORGANIC SOLVENT NEUROTOXICITY. Scan J WorkEnviron Health, 1985 :11 suppl 1:53-60.
132. Spurgeon A. The validity and interpretation of neurobehavioral data obtained in studies to investigate the neurotoxic effects of occupational exposure to mixtures of organic solvents. Sudbury: HSE Books, 2001.
133. Seong Kyu-kan, y otros Occupational exposure to benzene in South Korea. Chemico-Biological Interactions 153-154 (2005) 65-74.
134. Talty JT (Ed) Industrial Hygiene Engineering Second Edition NIOSH USA1986.
135. Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of: Neuropsychological testing of adults. Considerations for neurologists. Report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology. Neurology 1996 Aug; 47(2): 592-9.
136. Tolentino, Zenari E, Dall'Olio M, Ruani G, Gelormini A, Mirone G. Application of statistical models to estimate the correlation between urinary benzene as biological indicator of exposure and air concentrations determined by personal monitoring. AIHA J (Fairfax , Va) 2003 Sep;64(5):625-629.
137. Triebig G, Hallermann J. Survey of solvent related chronic encephalopathy as an occupational disease in European countries. Occup Environ Med 2001; 58:575-81.
138. Uribe M, Neurotoxicología, Asociación Colombiana de Neurología. Editorial LER S.A, Bogotá 2001 Págs. 117-142.
139. U.S. Occupational Safety & Health Administration (OSHA) Sampling and Analytical Methods <http://www.osha.gov/dts/sltc/methods/index.html>.
140. Vahdat N.; Delaney R. Decontamination of Chemical Protective Clothing', American Industrial Hygiene Association Journal 50:3, 152 - 156(1989).
141. Valic E, Waldhor T, Konnaris C, Michitsch A, Wolf C. Acquired dyschromatopsia in combined exposure to solvents and alcohol. Am j ind med 1998 mar;33(3):297-304

142. Verma D. K; Karen des Tombe Measurement of benzene in the workplace and its evolution process, part 1 American Industrial Hygiene Association Journal; Jan/Feb 1999; 60, 1; ABI/INFORM Global pp. 38.
143. Vincent R, Bonthoux F, Mallet G, Iparraguirre JF, Rio S. Methodologie d'évaluation simplifiée du risqué chimique. INRS Hygiène et sécurité du travail. Cahiers de notes documentaires;2005. 200:39-62.
- 144.
145. WHO/IPCS/ILO. Fichas internacionales de seguridad química para Benceno., tolueno. Etilbenceno y (o, m, p)-Xileno. 1994 Versión electrónica: http://www.mtas.es/insht/ipcsnspn/nspn_0015/0078/0268/0084/0085/0086.ftm.
146. White RF, Proctor SP. Solvents and neurotoxicity. Lancet 1997; 349:1239-43.
147. White RF, Proctor SP: Clinic-neuropsychological assessment methods in behavioral neurotoxicology. In: Chang L, ed. Neurotoxicology: Approaches and Methods. San Diego, CA: Academic Press; 1995.
148. Xiao, Q., Levin, S. M. The Diagnosis and Management of Solvent-Related Disorders American Journal of Industrial Medicine 37:44±61 (2000).
149. Zavalic M, Mandic Z, Turk R, Bogadi-Sare A, Plavec D, Skender LJ. Qualitative color vision impairment in toluene-exposed workers. Int arch occup environ health 1998 may;71(3):194-200.

SIGLAS Y ABREVIATURAS UTILIZADAS

ACGIH: American Conference of Industrial Hygienists.
AIHA: American Industrial Hygiene Association.
ATSDR: Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
ANSI: American National Standards Institute.
BEI: Biological Exposure Index.
BTX-EB: Benceno, tolueno, xilenos, etilbenceno.
CDC: Centers for Disease Control.
CE: Comunidad Europea.
DFG: Deutsche Forschungsgemeinschaft, federal Republic of Germany. Commission for the investigation of Health hazards of Chemical Compounds in the Work Area.
EPA: Environmental Protection Agency.
EPP: Equipo de Protección Personal
FCAD: Factor de Corrección Ajuste Diario.
FCAS: Factor de Corrección Ajuste Semanal.
FPA: Factor de Protección Asignado (elementos de protección respiratoria).
GC/FID: Gas Chromatography/Flame Ionization Detector
HPLC/UV: High Performance Liquid Chromatography/ Ultraviolet.
IARC: International Agency for Research on Cancer.
ICSC: International Chemical Safety Cards.
IDLH: Immediately Dangerous to Life or Health.
INRS : l'Institut National de Recherche et de Sécurité (Francia).
IRRST: Institut de recherche Robert Sauvé en santé et en sécurité du travail (Canadá).
INSHT: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el trabajo (España).
ILO: International Labor Organization.
MAKs: Maximale Arbeitsplatzkonzentration - Maximum Concentrations Values en the Workplace. (DFG)
MSDS: Material Safety Data Sheets.
MSHA: Mine Safety and Health Administration.
NIOSH: National Institute for Occupational Safety and Health.
NMAM: NIOSH Manual of Analytical Methods.
Número CAS: Número de registro para cada producto químico asignado por Chemical Abstracts Service.
NFPA: National Fire Protection Association.
OIT: organización Internacional del Trabajo.
ONU: Organización de las Naciones Unidas.
OSHA: The US Occupational Safety & Health Administration.
OSHA 29 CFR 1910.134: Respiratory Protection Standards
OSHA29CFR1910.1028: Regulations Benzene.
PELs: Permissible Exposure Limits (OSHA).
PAPR: Powered Air Purifying Respirator.
RELs: Recommended Exposure Limits (NIOSH).
RPQ: Ropa de Protección Química.

SGA: Sistema Globalmente Armonizado (clasificación y etiquetado de productos químicos).

TLVs: Threshold Limit Values.

TLV-TWA: Threshold Limit Value-Time-weighted Average.

TLV-STEL: Threshold Limit Value- Short Term Exposure Limit.

TLV-C: Threshold Limit Value-Ceiling.

VLP: Valores límite permisibles.

WEELs: Workplace Environmental Exposure Levels (AIHA).

WHO: World Health Organization.

GLOSARIO

ACIDOS: Los ácidos son productos químicos que tienen un pH en medio acuoso menor de 7, cuanto menor es el pH más fuerte y peligroso es el ácido.

ACTIVIDAD CON PRODUCTOS QUÍMICOS: Todo trabajo en el que se utilicen productos químicos, o esté previsto su uso, o en los que se produzcan como resultado de dicho trabajo. Se incluyen las operaciones de manipulación, almacenamiento, transporte, evacuación y tratamiento de los productos químicos y sus desechos.

AEROSOLES: Son dispersiones de partículas sólidas o líquidas **de tamaño inferior a una micra (1 μ)**, en un medio gaseoso (aire). Los aerosoles se pueden presentar como:

- Aerosoles Líquidos.

Nieblas: Es una suspensión en el aire de pequeñas gotas de líquido que se originan por procesos de evaporación de la humedad del suelo, seguido de la condensación del vapor generado.

Neblinas: Son gotas suspendidas, que se generan por la condensación gaseosa al pasar a líquido mediante desintegración mecánica como el caso de la pintura a pistola, la atomización o nebulización.

- Aerosoles Sólidos: Se presentan en el aire en forma de pequeñas partículas que pueden hallarse en suspensión.

Las partículas se pueden presentar en forma de polvos, humos y fibras:

a) **Polvos:** Suspensión en el aire de partículas sólidas de tamaño pequeño, procedentes de procesos de disgregación, de materiales en estado sólido tales como quebrantamiento, molienda y desgaste, por rozamiento o esmerilado.

En Higiene Industrial se suele diferenciar como fracción de polvo respirable a la parte del aerosol, que constituida por partículas más pequeñas, es susceptible de llegar al alvéolo pulmonar.

b) **Humos:** Suspensión en el aire de partículas sólidas provenientes de procesos de combustión incompleta, de origen térmico. Se producen por la condensación de vapores, tales como las desprendidas por algunos metales y otras sustancias a altas temperaturas y soldaduras eléctrica.

c) **Fibras:** Partículas de más de 5 micras de longitud y diámetro menor a 3 micras. El diámetro de las partículas es menor a un tercio de su longitud.

BASES: Las bases o álcalis son productos químicos cuyo pH en medio acuoso es superior a 7, cuanto mayor es el pH más fuerte y peligroso es la base. Las bases son extremadamente peligrosas por su efecto cáustico, tiene la capacidad de "disolver" los tejidos.

CALIBRAR: Ajustar lo más perfectamente posible un aparato de medida, utilizando un calibrador o estándar primario, para obtener los resultados más precisos.

CONCENTRACION DE CONTAMINANTES: Cantidad de contaminante en la unidad de volumen de aire o del efluente gaseoso, medida en condiciones normales de presión, volumen y temperatura.

CONCENTRACIÓN MÁXIMA PERMISIBLE: La concentración ambiental de un material peligroso que no alcanza a afectar la salud de un trabajador expuesto a ella en jornada diaria de ocho horas, durante un período prolongado. Esta definición es equivalente a la de los valores límite umbrales (TLV, Threshold Limit Values) establecidos por la Conferencia Americana Gubernamental de Higienistas Industriales (ACGIH), los cuales se revisan, actualizan y se publican periódicamente.

CONTAMINANTE: Sustancia capaz de producir en el organismo efectos perjudiciales. Se clasifican como: contaminantes químicos, físicos y biológicos. Los efectos que pueden causar en el organismo son de tipo: tóxico, corrosivo, neumoconiósico, cancerígeno, infeccioso, alérgico y asfixiante. Estos efectos pueden tener un carácter simple, aditivo, o potenciador (sinérgico).

Contaminante gaseoso: Contaminante químico que se presenta en estado gaseoso. Por su efecto fisiológico se considera como: tóxico, cáustico o irritante, asfixiante, anestésico o narcótico y sistémico.

Contaminante químico: Toda materia orgánica o inorgánica carente de vida propia. Según su estado físico pueden presentarse en forma de sólido, líquido o gas, según sus efectos se consideran: tóxicos, cáusticos, irritantes, neumoconiósicos, cancerígenos, alergenos, sensibilizantes y asfixiantes entre otros. Las vías de entrada en estos contaminantes son: la respiratoria, la dérmica, la digestiva, las mucosas, la parenteral.

CONTROL DE CONTAMINANTES: Acción de medida periódica de los parámetros (en general magnitud y tiempo de exposición) que definen la situación de riesgo en un determinado estado de contaminación. Su objetivo es eliminar, reducir o mantener, mediante la aplicación de técnicas adecuadas, la situación inicial, o bien verificar la eficacia de las mismas.

COV: Los compuestos orgánicos volátiles (COV) son todos aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a la temperatura ambiente normal o que son muy volátiles a dicha temperatura. Suelen presentar una cadena con un número de carbonos inferior a doce y contienen otros elementos como oxígeno, flúor, cloro, bromo, azufre o nitrógeno. Su número supera el millar, pero los más abundantes en el aire son metano, tolueno, n-butano, i-pentano, etano, benceno, n-pentano, propano y etileno. Tienen un origen tanto natural (COV biogénicos) como antropogénico (debido a la evaporación de disolventes orgánicos,

a la quema de combustibles, al transporte, etc.). Participan activamente en numerosas reacciones, en la tropósfera y en la estratosfera, contribuyendo a la formación del smog fotoquímico y al efecto invernadero. Además, son precursores del ozono troposférico.

CRITERIOS DE VALORACION DE RIESGOS: Reglas, conceptos y valores establecidos científicamente y reconocidos por entidades de prestigio, que se utilizan como base de referencia en la evaluación de los riesgos de tipo higiénico o de seguridad.

DISOLVENTE: Sustancia líquida (generalmente derivados del petróleo) susceptible de mezclarse con otras sustancias para formar una sola fase sin reacción química.

EFECTO HIGIÉNICO ADITIVO: Es el producido por más de un contaminante actuando sobre un mismo órgano. El efecto aditivo total es la suma de los efectos simples de cada una de los contaminantes

EQUIPO AUTÓNOMO DE RESPIRACIÓN: Protector personal de las vías respiratorias capacitado para suministrar al usuario un producto respirable independiente del ambiente que le rodee, y cuyo medio suministrador debe ser transportado por él. Puede ser: a) de oxígeno regenerable, cuando por medio de un filtro químico retienen el dióxido de carbono del aire exhalado, pudiendo dividirse éstos, a su vez, en: con producción de oxígeno, cuando el filtro además genera oxígeno gracias a un proceso químico, o sin producción de oxígeno, cuando la proporción adecuada de oxígeno es suministrada por medio de una botella de presión. b) de salida libre, cuando el oxígeno necesario para la respiración, procede de unas botellas de presión que transporta el usuario, teniendo el aire exhalado por éste salida libre al exterior.

EQUIPO SEMIAUTÓNOMO DE RESPIRACIÓN: Protector personal de las vías respiratorias capacitado para suministrar un producto respirable independiente del ambiente que rodea al usuario; el sistema suministrador de aire respirado no es transportado por el usuario. Estos equipos pueden ser: a) de aire fresco, si el aire suministrado se toma de un ambiente no contaminado: a su vez, éstos pueden ser: de manguera de presión, si el aire se suministra por medio de un soplante a través de una manguera, de manguera de aspiración, si el aire es aspirado directamente por el usuario a través de una manguera. b) de aire comprimido, si el aire suministrado proviene de botellas de aire comprimido.

EXPOSICIÓN: Palabra con la que se indica que una o varias personas permanecen sometidas a un riesgo o están bajo la acción de un agente contaminante que incide negativamente en las condiciones de seguridad o en su estado de salud. Esta se mide en tiempo o en frecuencias de tiempo, según el riesgo sea estable o se presente en determinados momentos de un proceso. El término suele complementarse con el tipo de riesgo y la calificación de éste. Por ejemplo: exposición a riesgo de accidente leve por

corte, exposición a riesgo de inhalación de una alta concentración de gases, o bien, exposición a riesgo higiénico, exposición a riesgo de seguridad, etc.

EXPOSICIÓN A UN PRODUCTO QUÍMICO: Presencia de un producto químico en el lugar de trabajo que implica el contacto de éste con el trabajador por inhalación o por vía dérmica, digestiva o parenteral.

EXPOSICIÓN DIARIA (ED): Es la concentración promedio del agente químico en la zona de respiración del trabajador, medida o calculada de forma ponderada con respecto al tiempo, para la jornada laboral real y en relación a una jornada de 8 horas diarias. Referir la concentración media a dicha jornada estándar implica considerar el conjunto de las distintas exposiciones del trabajador a lo largo de la jornada real de trabajo, cada una con su correspondiente duración, como equivalente a una única exposición uniforme de 8 horas. Con estas consideraciones la exposición diaria puede calcularse matemáticamente aplicando la siguiente fórmula:

$$ED = \frac{\sum c_i t_i}{8}$$

Notación usada: c_i la concentración i-ésima, t_i el tiempo de exposición, en horas, asociado a cada valor c_i . La suma de los tiempos de exposición considerados en el numerador de la fórmula anterior será igual a la duración real de la jornada laboral correspondiente, expresada en horas.

EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN (EC): Corresponde a la concentración media del agente químico en la zona de respiración del trabajador, determinada por medición o cálculo para cualquier período de 15 minutos a lo largo de la jornada laboral (excepto para los agentes químicos a los cuales se les ha asignado un período de referencia menor, en la lista de valores límite o TLV). La EC correspondiente se calculará aplicando la siguiente fórmula:

$$EC = \frac{\sum c_i t_i}{15}$$

Notación usada: c_i la concentración i-ésima para cada período de 15 min. t_i el tiempo de exposición, en minutos, asociado a cada valor c_i . La suma de los tiempos de exposición en la fórmula anterior será igual a 15 minutos.

EXTRACCIÓN: Vocablo con el que se pretende designar la operación de sacar las partículas contaminantes o el volumen de un gas nocivo existente en un recinto.

Extracción forzada: La que se lleva a cabo a través de la instalación de medios mecánicos. Por el lugar en la que se la sitúe y la misión que se le asigne, se le denomina Extracción

General forzada –cuando se extrae el aire ambiental del recinto de forma indiscriminada -, o Extracción localizada.

Extracción localizada: Sistema particular de extracción forzada en la que el contaminante que se desea eliminar es captado en el área más cercana posible al punto de emisión, evitando con ello su difusión en el aire ambiental.

Extracción natural: La realizada aprovechando los medios habituales de aireación y ventilación (Ventanas o aberturas similares).

FACTORES DE PROTECCIÓN DE PROTECTORES RESPIRATORIOS (F.P): Valor que se aplica a cada tipo de protector respiratorio personal (mascarillas o máscaras con filtro, equipos de respiración, etc.). Este factor multiplicado por el T.L.V.- T.W.A del contaminante nos da máxima concentración para la que puede ser utilizado el protector de que se trate.

FILTRO MIXTO: Elemento constitutivo de un equipo de respiración personal y formado por un filtro mecánico y otro químico.

FILTRO QUÍMICO: Elemento constitutivo de un equipo de respiración personal y formado por un conjunto de reactivos y catalizadores (generalmente encerrados en un cartucho o cápsula apropiada) que retienen o transforman, el agente agresivo mediante reacciones químicas o físicas.

FRASES DE RIESGO (R): Frases estandarizadas que indican los riesgos específicos derivados de los peligros de la sustancia química a que se hace referencia. Cada frase viene acompañada por la letra R y el código numérico correspondiente.

FRASES DE SEGURIDAD (S): Frases estandarizadas que establecen prácticas seguras en relación con el uso de la sustancia química a que se hace referencia. Cada frase viene acompañada por la letra S y el código numérico correspondiente.

GASES: Son fluidos completamente elástico, amorfos que ocupan el espacio y adquieren la forma del recipiente que los contiene. Los contaminantes gaseosos consisten en materiales que existen como gases a temperaturas y presiones normales, o como vapores que representan la forma gaseosa de sustancias normalmente líquidas y sólidas.

GES o grupos de exposición similar: Grupos de personas o trabajadores que se suponen comparten los mismos riesgos, al participar en procesos, realizar actividades y tareas similares, y están expuestos a contaminantes similares, en ambientes laborales y sistemas de control semejantes.

Hojas de datos de seguridad de materiales (MSDS por sus siglas en inglés). Documentos que proveen información sobre materiales (productos químicos, mezclas o preparaciones). Incluyen datos sobre las características fisicoquímicas y toxicológicas, recomendaciones de uso, primeros auxilios, etc.

HUMO: Partículas sólidas de diámetro inferior a 1μ suspendidas en un gas. Cuando proceden de una combustión incompleta, se le denomina <<Smoke>>; cuando proceden de la condensación de una sustancia en estado gaseoso, se la denomina <<Fume>> (Humo metálico).

ÍNDICE DE EXPOSICIÓN BIOLÓGICA (BEI por sus siglas en inglés): Según la ACGIH, representa el límite de la concentración, en el medio biológico adecuado, del producto químico o sus metabolitos o los cambios bioquímicos inducidos o de otro indicador biológico, directa o indirectamente relacionado con los efectos de la exposición del trabajador al producto en cuestión. La ACGIH revisa, actualiza y publica periódicamente estos indicadores.

LÍQUIDOS: Son incompresibles y no ofrecen resistencia al cambio de forma.

MASCARILLA: Adaptador facial, de uso personal, que cubre las vías respiratorias. Se indica su uso cuando se está expuesto a ambientes atmosféricos contaminados (con un valor inferior a 10 veces la concentración máxima permisible), o ambientes irritantes.

PELIGRO QUÍMICO: La capacidad intrínseca de un producto químico para causar daño.

PRODUCTO QUÍMICO: Todo elemento o compuesto, solo o mezclado, tal como se presenta en estado natural o es producido, utilizado o vertido, incluido el vertido como residuo, en una actividad laboral, se haya elaborado o no en forma intencional. Designa los elementos y compuestos químicos y sus mezclas ya sean naturales o sintéticos.

PRODUCTO QUIMICO PELIGROSO: Son aquellos que representan un riesgo para la salud y seguridad para los trabajadores, generan riesgos de incendio y explosión o afectan al medio ambiente, la clasificación de la peligrosidad de estos productos se basa en sus características fisicoquímicas, químicas o toxicológicas y a la forma en que se utilizan o se hallan presentes en el lugar de trabajo.

PROTECCIÓN PERSONAL: Toda prenda o elemento usado directamente por el trabajador para preservarse de la acción de un determinado riesgo al que se está expuesto, eliminando, o en todo caso disminuyendo sus consecuencias hasta niveles aceptables.

RELACIÓN DOSIS-EFECTO: Correspondencia entre la dosis a la que una persona concreta está expuesta y la intensidad de cada efecto específico que a esa persona le provoque.

RELACIÓN DOSIS-RESPUESTA: Correspondencia entre la dosis a la que un grupo de personas está expuesta y el número de ellas que sufre un efecto específico en un grado determinado.

RIESGO HIGIÉNICO: Exposición a agentes físicos, químicos o biológicos, capaces de provocar efectos perjudiciales en la salud de las personas expuestas.

RIESGO QUÍMICO: La posibilidad de que un trabajador sufra un determinado daño a la salud derivado de la exposición a productos químicos. No se incluyen los riesgos debidos a productos químicos en los que las lesiones se ocasionan indirectamente sin necesidad de contacto con el producto por ejemplo incendio y explosión, cuya prevención corresponde al programa de seguridad.

SISTEMAS DE CAPTACIÓN HIGIÉNICA: Procedimientos utilizados en higiene de campo para la toma de muestras de los contaminantes, de manera que éstos no se vean alterados antes de proceder a su análisis en el laboratorio.

SÓLIDO: Estado físico de la materia, caracterizado por tener forma y volumen propio, en condiciones normales de presión y temperatura. De forma estable y no se pueden comprimir

SUSTANCIA BIOACUMULABLE: Sustancia química capaz de concentrarse en los tejidos de los organismos vivos alcanzando concentraciones mayores que en el ambiente al que está expuesto.

SUSTANCIA CANCERÍGENA: Sustancia química capaz de producir cáncer en organismos vivos.

SUSTANCIA COMBURENTE u OXIDANTE (O): Aquellas preparaciones que en contacto con otras sustancias principalmente combustibles, sobre todo por cesión de oxígeno, producen una reacción exotérmica violenta, aumentando considerablemente el peligro de incendio. Los peróxidos son combustibles y por lo tanto pueden arder espontáneamente. Son sustancias ricas en oxígeno que tienen la propiedad de mantener o avivar la combustión y por lo tanto mantienen o atizan los incendios.

SUSTANCIA CORROSIVA (C): Sustancias o preparaciones que al entrar en contacto con los tejidos vivos pueden destruirlos. Ciertas sustancias que no son corrosivas en su estado natural y seco pueden volverse corrosivas cuando entran en contacto con el aire o con la humedad de la piel y mucosas.

SUSTANCIA EXPLOSIVA (E): Es una sustancia o preparación que puede explotar bajo el efecto de una llama o cuando sufre golpes o fricciones.

SUSTANCIA EXTREMADAMENTE INFLAMABLE (+F): Líquidos con punto de inflamación inferior a 0 °C. y un punto de ebullición de máximo 35° C. Gases y mezclas de gases que a presión normal y temperatura usual son inflamables en el aire.

SUSTANCIA FÁCILMENTE INFLAMABLE (F): Líquidos con punto de inflamación inferior a 21°C pero no son altamente inflamables. Sustancias sólidas y preparaciones que por acción breve de una fuente de calor pueden inflamarse fácilmente y continuar quemando o permanecer incandescentes.

SUSTANCIA IRRITANTE (Xi): Sustancia o preparación no corrosiva, que por contacto breve, prolongado o repetido con la piel o mucosas puede provocar una reacción inflamatoria de los tejidos. Peligro de sensibilización por contacto.

SUSTANCIA MUTÁGENA: Sustancia química que puede producir alteraciones en el material genético de las células.

SUSTANCIA NOCIVA (Xn): Aquella que absorbida por inhalación, ingestión o absorción cutánea puede producir daños a la salud agudos o crónicos de gravedad limitada. Una sustancia es nociva si es capaz de ocasionar quemaduras de primer grado en la piel después de un corto tiempo de exposición o contacto con la misma.

SUSTANCIA PERSISTENTE: Sustancia capaz de permanecer en el ambiente por periodos de tiempo prolongados y por ser resistentes a la degradación química y biológica. Se consideran persistentes si su tiempo de vida media es mayor a dos meses en agua y mayor a 6 meses en el suelo.

SUSTANCIA RADIATIVA: Sustancia que contiene elementos o es un radionúclido. Su peligrosidad depende de la cantidad de radiación que genere así como la clase de desintegración nuclear que presenta.

SUSTANCIA TERATÓGENA: Sustancia química que puede producir alteraciones en el feto durante su desarrollo.

SUSTANCIA TOXICA (T): Aquella que absorbida por inhalación, ingestión o absorción cutánea, en pequeña cantidad, puede producir daños considerables a la salud con posibles

consecuencias mortales o irreversibles. Posibles efectos cancerígenos, mutagénicos y tóxicos para la reproducción.

TÉCNICAS ANALÍTICAS: Técnicas empleadas en los métodos analíticos de higiene. Entre ellas se destacan la cromatografía de gases y líquida, la espectrofotometría ultravioleta, visible e infrarroja, la espectroscopía de emisión y de absorción atómica, la microscopía y la gravimetría, entre otras.

TLVs: (*threshold limit values*) Valores Límites Umbrales o valores límites permisibles: Se refieren a las concentraciones de sustancias químicas en el aire y representan las condiciones bajo las cuales se cree que la mayoría de los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente día tras día sin efecto adverso en su salud.

TLV-C: (Threshold Limit Value-Ceiling). Límite de exposición TECHO o TOPE: Concentración de contaminante que no debe ser excedida en ningún momento durante el trabajo.

TLV-TWA: (*threshold Limit Value-Time-Weighted Average*). Valor límite promedio ponderado: Es la concentración promedio ponderada de contaminante en tiempo para una jornada convencional de 8 horas/ día, con 40 horas/semana, en la cual casi todos los trabajadores pueden estar expuestos repetidamente, día tras día, sin efectos adversos en su salud.

TLV-STEL: (Threshold Limit Value-Short Term Exposure Limit). Valor límite de exposición a corto término: Concentración de contaminante a la cual los trabajadores pueden estar expuestos continuamente en un periodo corto de tiempo (15 minutos). Es el valor de referencia para la exposición de corta duración y no podrá ser superado por ninguna exposición de corta duración EC.

VALORES DE REFERENCIA: Niveles establecidos legalmente, o bien por entidades de prestigio y adaptados como tales, que sirven como criterios de calificación y decisión ante una situación determinada, una vez conocidos los resultados de su evaluación.

VALOR LIMITE UMBRAL-LIMITE DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN: Véase TLV-STEL.

VALOR LIMITE UMBRAL-MEDIA PONDERADA EN EL TIEMPO: Véase TLV-TWA.

VALOR LÍMITE UMBRAL-TECHO: Véase TLV-C.

VAPOR: Es la forma gaseosa de una sustancia que normalmente es líquida o sólida las cuales se transforman en ese estado, mediante un proceso de evaporación, al aumentar la

presión o al disminuir la temperatura. En condiciones normales de presión y temperatura, coexisten con la fase líquida.

VIGILANCIA EN SALUD: comprende los procedimientos e investigaciones sistemáticas y ordenadas para evaluar la salud de los trabajadores con miras a detectar e identificar toda anomalía.

APÉNDICES

APÉNDICE 1

NEUROTOXICIDAD – MANIFESTACIONES – DIAGNÓSTICO

("Neurologic Manifestations"[Mesh] OR "Neurologic Manifestations" [tw] OR "Nervous System Diseases"[Mesh] OR "Nervous System Diseases"[tw] OR "Nervous System"[Mesh] OR "Nervous System"[tw]) AND (("Occupational Exposure"[Mesh] OR "Occupational Exposure"[tw]) AND ("Benzene"[Mesh] OR "Benzene"[tw] OR "Toluene"[Mesh] OR "Toluene"[tw] OR "Xylenes"[Mesh] OR "Xylenes"[tw] OR "ethylbenzene"[Substance Name] OR "ethylbenzene"[tw]))

("Neurologic Manifestations"[Mesh] OR "Neurologic Manifestations" [tw] OR "Nervous System Diseases"[Mesh] OR "Nervous System Diseases"[tw] OR "Nervous System"[Mesh] OR "Nervous System"[tw]) AND ("toxicity "[Subheading] OR "toxicity "[tw] OR "Toxicity Tests, Chronic"[Mesh] OR "Chronic Toxicity Tests"[tw] OR "Acute Toxicity Tests"[Mesh] OR "Acute Toxicity Tests"[tw]) AND (("Occupational Exposure"[Mesh] OR "Occupational Exposure"[tw]) AND ("Benzene"[Mesh] OR "Benzene"[tw] OR "Toluene"[Mesh] OR "Toluene"[tw] OR "Xylenes"[Mesh] OR "Xylenes"[tw] OR "ethylbenzene"[Substance Name] OR "ethylbenzene"[tw]))

("Neurotoxicity Syndromes"[Mesh] OR "Neurotoxicity Syndromes"[tw]) AND (("Occupational Exposure"[Mesh] OR "Occupational Exposure"[tw]) AND ("Benzene"[Mesh] OR "Benzene"[tw] OR "Toluene"[Mesh] OR "Toluene"[tw] OR "Xylenes"[Mesh] OR "Xylenes"[tw] OR "ethylbenzene"[Substance Name] OR "ethylbenzene"[tw]))

NEUROTOXICIDAD – RIESGO - PRONOSTICO

("Risk"[Mesh] OR "Risk"[tw] OR "Risk Assessment"[Mesh] OR "Risk Assessment"[tw] OR "Risk Management"[Mesh] OR "Risk Management"[tw] OR "Risk Factors"[Mesh] OR "Risk Factors"[tw] OR "Prognosis"[tw]) AND ("Neurologic Manifestations"[Mesh] OR "Nervous System Diseases"[Mesh] OR "Nervous System"[Mesh]) AND (("Occupational Exposure"[Mesh] OR "Occupational Exposure"[tw]) AND ("Benzene"[Mesh] OR "Benzene"[tw] OR "Toluene"[Mesh] OR "Toluene"[tw] OR "Xylenes"[Mesh] OR "Xylenes"[tw] OR "ethylbenzene"[Substance Name] OR "ethylbenzene"[tw])) Limits: Humans

MONITOREO AMBIENTAL Y BIOLÓGICO

("Environmental Monitoring"[Mesh] OR "Environmental Monitoring"[tw] OR "Biological Monitoring"[tw]) AND (("Occupational Exposure"[Mesh] OR "Occupational Exposure"[tw]) AND ("Benzene"[Mesh] OR "Benzene"[tw] OR "Toluene"[Mesh] OR

"Toluene"[tw] OR "Xylenes"[Mesh] OR "Xylenes"[tw] OR "ethylbenzene"[Substance Name] OR "ethylbenzene"[tw])) Limits: Humans

PROTECCIÓN – MEDIDAS DE SEGURIDAD - INTERVENCIONES

("Safety Management"[Mesh] OR "Safety Management"[tw] OR "Protective Devices"[Mesh] OR "Protective Devices"[tw] OR "Occupational Health"[Mesh] OR "Occupational Health"[tw] OR "Occupational Interventions"[tw] OR "Safety"[Mesh] OR "Safety"[tw]) AND (("Occupational Exposure"[Mesh] OR "Occupational Exposure"[tw]) AND ("Benzene"[Mesh] OR "Benzene"[tw] OR "Toluene"[Mesh] OR "Toluene"[tw] OR "Xylenes"[Mesh] OR "Xylenes"[tw] OR "ethylbenzene"[Substance Name] OR "ethylbenzene"[tw])) Limits: Humans

APÉNDICE 2
LISTA DE CHEQUEO PARA ESTUDIOS

Patología: _____

Fecha: _____

Nombre de quien realiza la evaluación: _____

Referencia del artículo: _____

Determine a cuál grupo de estudio corresponde el artículo que va a evaluar enseguida, teniendo en cuenta lo siguiente:

¿Qué pregunta trataron de resolver los autores?

- **Causalidad o riesgo:** ¿se asocia la exposición a uno o varios factores con el riesgo de presentar un desenlace no deseado?
- **Diagnóstico:** ¿llevaría el empleo de una prueba (clínica o paraclínica) a un aumento en la probabilidad de detectar o descartar la patología de interés?
- **Intervención:** ¿lleva el uso de la intervención a una reducción en el riesgo de padecer la patología de interés en sujetos libres de ella, o presentar resultados indeseables en quienes ya la padecen?
- **Pronóstico:** ¿cuáles son las consecuencias –buenas o malas- para los individuos que padecen la patología de interés?

¿Qué tipo de estudio se adelantó? (ensayo controlado, cohorte, meta-análisis, casos y controles, corte transversal, etc.)

| ESTUDIOS DE PREVENCIÓN O INTERVENCIÓN | | RESPUESTA/ COMENTARIOS |
|--|---|-----------------------------------|
| Validez interna: ¿Fue apropiado el estudio para la pregunta de investigación y se adelantó correctamente? | ¿Fue aleatoria la asignación de los grupos de intervención y de control? | |
| | ¿La aleatorización se hizo de forma ciega? | |
| | ¿Se hizo el análisis de los participantes en los grupos en los cuales fueron aleatorizados? | |
| | Al iniciar el estudio, ¿los grupos de intervención y control tenían pronóstico similar? | |
| | ¿Desconocían los participantes los grupos a los cuales fueron asignados? | |
| | ¿Desconocían los investigadores la asignación de los grupos? | |
| | ¿Desconocían los evaluadores del desenlace la asignación de los grupos, es decir, se hizo evaluación ciega del desenlace? | |
| | ¿Fue completo el seguimiento? | |
| Evaluación de la importancia de los resultados | ¿Qué tan grande fue el efecto de la intervención? | |
| | ¿Qué tan precisa fue la estimación del efecto de la intervención? | |
| | Riesgo relativo (RR), Intervalo de confianza. Si éste no aparece, busque el valor de p | |

| | | |
|--|--|--|
| Validez externa: ¿Qué tan aplicables son los resultados del estudio a la población de mi interés? | ¿Fueron los participantes del estudio similares a los que hacen parte de la población de mi interés? | |
| | ¿Fueron considerados todos los hallazgos clínicamente importantes? | |
| | ¿Son superiores los posibles beneficios de la intervención a los riesgos y a los costos asociados? | |
| ¿Qué nivel de evidencia: aporta este estudio? | | |

LISTA DE CHEQUEO PARA ESTUDIOS

Patología: _____ Fecha: _____

Nombre de quien realiza la evaluación: _____

Referencia del artículo _____

Determine a cuál grupo de estudio corresponde el artículo que va a evaluar enseguida, teniendo en cuenta lo siguiente:

¿Qué pregunta trataron de resolver los autores?

- **Causalidad o riesgo:** ¿se asocia la exposición a uno o varios factores con el riesgo de presentar un desenlace no deseado?
- **Diagnóstico:** ¿llevaría el empleo de una prueba (clínica o paraclínica) a un aumento en la probabilidad de detectar o descartar la patología de interés?
- **Intervención:** ¿lleva el uso de la intervención a una reducción en el riesgo de padecer la patología de interés en sujetos libres de ella, o presentar resultados indeseables en quienes ya la padecen?
- **Pronóstico:** ¿cuáles son las consecuencias –buenas o malas- para los individuos que padecen la patología de interés?

¿Qué tipo de estudio se adelantó? (ensayo controlado, cohorte, meta-análisis, casos y controles, corte transversal, etc)

| PRUEBAS DE DIAGNÓSTICO | | RESPUESTA/COMENTARIOS |
|---|---|-----------------------|
| Validez interna | ¿Hubo una comparación ciega e independiente con un estándar de referencia (prueba de oro)? | |
| | ¿La muestra del estudio incluyó un espectro apropiado de sujetos similares a aquellos en los cuales se aplicará la prueba? | |
| | ¿Se descartó que los resultados de la prueba que se examina hayan tenido influencia en la decisión de aplicar a los pacientes la prueba de oro como prueba confirmatoria? | |
| | ¿Se describen los métodos de la prueba en suficiente detalle para permitir su reproducción? | |
| Evaluación de la importancia de los resultados | ¿Se presentan las razones de probabilidades o los datos necesarios para calcularlas? | |

| | | |
|---|---|--|
| Validez externa | ¿Serán satisfactorias en nuestro medio la reproducibilidad de la prueba y de la interpretación de los resultados? | |
| | ¿Son aplicables los resultados del estudio a mi población de interés? | |
| | ¿Cambiarán los resultados el manejo que haga de la patología? | |
| | ¿Estarán mejor los sujetos de mi población de interés con la aplicación de la prueba? | |
| ¿Qué nivel de evidencia: aporta este estudio? | | |

LISTA DE CHEQUEO PARA ESTUDIOS

Patología: _____ **Fecha:** _____
Nombre de quien realiza la evaluación: _____
Referencia del artículo _____

Determine a cuál grupo de estudio corresponde el artículo que va a evaluar enseguida, teniendo en cuenta lo siguiente:

¿Qué pregunta trataron de resolver los autores?

- **Causalidad o riesgo:** ¿se asocia la exposición a uno o varios factores con el riesgo de presentar un desenlace no deseado?
- **Diagnóstico:** ¿llevaría el empleo de una prueba (clínica o paraclínica) a un aumento en la probabilidad de detectar o descartar la patología de interés?
- **Intervención:** ¿lleva el uso de la intervención a una reducción en el riesgo de padecer la patología de interés en sujetos libres de ella, o presentar resultados indeseables en quienes ya la padecen?
- **Pronóstico:** ¿cuáles son las consecuencias –buenas o malas- para los individuos que padecen la patología de interés?

¿Qué tipo de estudio se adelantó? (ensayo controlado, cohorte, meta-análisis, casos y controles, corte transversal, etc)

| ESTUDIOS DE PRONÓSTICO | | RESPUESTA/COMENTARIOS |
|---|--|-----------------------|
| Validez interna | ¿Hubo una muestra representativa y bien definida de pacientes en un estadio similar de la patología? | |
| | ¿Fue el seguimiento suficientemente largo y completo? | |
| | ¿Se utilizaron criterios objetivos y no sesgados de desenlace? | |
| | ¿Se hizo ajuste para factores pronósticos importantes? | |
| Evaluación de la importancia de los resultados | ¿Qué tan alta es la probabilidad de los eventos del desenlace en un período de tiempo especificado? | |
| | ¿Qué tan precisas son las estimaciones de probabilidad? | |
| Validez externa | ¿Fueron los pacientes estudiados similares a los sujetos de mi población de interés? | |
| | ¿Llevarán los resultados a seleccionar o evitar directamente la intervención? | |
| | ¿Se utilizan los resultados para tranquilizar o aconsejar a los pacientes? | |
| ¿Qué nivel de evidencia: aporta este estudio? | | |

Apéndice 3

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN GUÍAS DE ATENCIÓN INTEGRAL (GATISO) (Adaptado del instrumento AGREE¹)

Proyecto: “Elaboración y validación de cinco guías de atención integral basadas en la evidencia para las cinco principales causas de morbilidad profesional en Colombia”,

Esta es una herramienta de evaluación basada en el instrumento **AGREE**² (APPRAISSAL OF GUIDELINES RESEARCH & EVALUATION), con las modificaciones pertinentes para poder evaluar las guías de atención integral en el área ocupacional.

Escala de respuestas

1. Muy en desacuerdo
2. En desacuerdo
3. De acuerdo
4. Muy de acuerdo

ESTRUCTURA DEL INSTRUMENTO

Este instrumento incluye la evaluación de los seis puntos mencionados y explicados a continuación.

ALCANCE Y OBJETIVO

1. El(los) objetivo(s) general(es) de la guía está(n) específicamente descrito(s).
2. Lo(s) aspecto(s) relacionados con promoción, prevención, atención y rehabilitación están cubierto(s) por la guía.
3. El grupo poblacional (población objeto) a quien se pretende aplicar la guía está específicamente descrito.
4. El grupo que desarrolló la guía incluyó individuos de todos los grupos profesionales relevantes.
5. Los usuarios (población usuaria) de la guía están claramente definidos.

RIGOR EN LA ELABORACIÓN

6. Se han utilizado métodos sistemáticos para la búsqueda de la evidencia.
7. Los criterios para seleccionar la evidencia se describen con claridad.
8. Los métodos utilizados para formular las recomendaciones están claramente descritos.

¹ The AGREE Collaboration. AGREE Instrument Spanish version, www.agreecollaboration.org

² Herramienta genérica diseñada principalmente para ayudar a productores y usuarios de guías de práctica clínica, en la evaluación de la calidad metodológica de éstas)

9. Al formular las recomendaciones han sido considerados los beneficios en salud, los efectos secundarios y los riesgos.

10. Hay una relación explícita entre cada una de las recomendaciones y las evidencias en las que se basan.

11. Se incluye un procedimiento para actualizar la guía.

CLARIDAD Y PRESENTACIÓN

12. Las recomendaciones son específicas y no son ambiguas.

13. Las distintas opciones en promoción, prevención, diagnóstico tratamiento y rehabilitación de la enfermedad o condición se presentan claramente.

14. Las recomendaciones clave son fácilmente identificables.

APLICABILIDAD

15. Se han discutido las barreras organizativas potenciales a la hora de aplicar las recomendaciones.

16. Han sido considerados los costos potenciales de la aplicación de las recomendaciones.

17. La guía ofrece una relación de criterios clave con el fin de realizar monitorización y/o auditoría.

INDEPENDENCIA EDITORIAL

18. La guía es editorialmente independiente de la entidad financiadora.

19. Se han registrado los conflictos de intereses de los miembros del grupo de desarrollo.

EVALUACIÓN GLOBAL

¿Recomendaría esta Guía para su uso en la práctica?

Muy recomendada.

Recomendada (con condiciones o modificaciones).

No recomendada.

COMENTARIOS

APÉNDICE 4

PROPIEDADES FISICOQUÍMICAS DE LOS COMPUESTOS DEL GRUPO BTX-EB: BENCENO, TOLUENO, ETILBENCENO Y XILENO

| Producto químico/ Número CAS | color/forma | p.e. (°C) | p.f. (°C) | p.m. (g/mol) | Solubilidad en agua | Densidad relativa (agua=1) | Densidad de vapor relativa (aire=1) | Pvap/ (kPa) | Límite Inflamabilidad | Punto de ignición (°C) | Punto de auto ignición (°C) |
|--|---|---|---|--|---|--|---|--|--|---|--|
| Número de registro del Chemical Analytical Abstracts | Características del color, estado físico y forma de cristales | Punto de ebullición expresado en grados Celsius | Punto de fusión expresado en grados Celsius | Peso molecular expresado en gramos por mol | Llig sol: ligeramente soluble en agua insol: Insoluble en agua | Densidad de la sustancia a 15 grados Celsius comparada con la densidad del agua a 4 grados Celsius | Densidad del vapor de la sustancia a comparada con la densidad del aire | logaritmo inverso de la presión de vapor | Inflamabilidad: li: límite inferior ls: límite superior lu: límite umbral | temperatura a la cual se da la ignición del vapor | temperatura a la cual se da la auto ignición del vapor |
| Benceno 71-43-2 | líquido transparente e incoloro; prismas romboédricos | 80 | 5,5 | 78,11 | lig sol | 0,8765 | 2,7 | 10 | 1,3 li 7,1 lu | -11 °C | 500 |
| Tolueno 108-88-3 | líquido incoloro | 111 | -95 | 92,13 | insol | 0,866 | 3,2 | 2,9 | 1,2 li 7,1 ls | 4 °C | 480 |
| Etilbenceno 100-41-4 | líquido incoloro | 136 | -95 | 106,16 | insol | 0,867 | 3,66 | 0,9 | 1,6 li 7 ls | 128 °C | 432 |

| | | | | | | | | | | | |
|----------------------|--|-------|-------|--------|-------|--------------------------|-----|-----------------------------|------------------|-------|-----|
| m-Xileno 108-38-8 | líquido transparente e incoloro, móvil | 139,3 | -47,8 | 106,17 | insol | 0,8684 @15 °C/4 °C | 3,7 | 760 mmHg @-47,9 °C | 1,1 li 7.0 ls | 27 °C | 527 |
| o-Xileno 95-47-6 | líquido incoloro | 144 | -25 | 106,16 | insol | 0,880 | 3,7 | 0,7 | 1,0 li 7.0 ls | 32 °C | 463 |
| p-Xileno 106-42-3 | Placas o prismas incoloros a temperaturas bajas; líquido incoloro | 138,3 | 13 | 106,2 | insol | 0,861 | 3,7 | 0,9 | 1,1 li 7,0 ls | 27 °C | 528 |

Fuente: Organización Internacional del trabajo. OIT. Guía de productos químicos. Hidrocarburos aromáticos. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Volumen IV Parte XVIII. Capítulo 104 Guía 6. Versión electrónica. Copyright de la edición española. Ministerio de trabajo y asuntos sociales, 2001. España. <http://www.mtas.es/insht/EncOIT/Index.htm>.

APÉNDICE 5.

RIESGOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y PARA LA SALUD DE LOS COMPUESTOS DEL GRUPO BTX-EB: BENCENO, TOLUENO, ETILBENCENO Y XILENO

| RIESGOS FÍSICOQUÍMICOS | | | | RIESGOS PARA LA SALUD | | | | |
|------------------------------|---|---|---------------------------------------|---|--|--|---|---|
| Nombre químico Número CAS | Peligro físico | Peligro Químico | Clasificación del riesgo según las NU | ICSC Periodo corto de exposición | ICSC Periodo largo de exposición | ICSC Vías de exposición y síntomas | NIOSH (E.E.U.U.) Órgano blanco y ruta de ingreso | NIOSH (E.E.U.U.) |
| Benceno 71-43-2 | El vapor es más pesado que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante | Reacciona violentamente con oxidantes y halógenos, con peligro de incendio y explosión. Ataca plásticos y cauchos | 3 | Piel; tracto respiratorio; pulmones; SNC. | Piel, sangre, hígado, sistema inmunológico | Inhalación: Mareo, sopor, cefalea, náuseas, disnea, convulsiones, inconsciencia. Piel: puede ser absorbida, sequedad de la piel. Ingestión: Dolor abdominal, dolor de garganta y vomito | Sangre: SNC; piel; médula ósea; ojos; sistema respiratorio por inhalación, absorción, ingestión, contacto. | Irritante de ojos, piel, nariz, sistema respiratorio; mareo, cefalea, náusea, andar vacilante; ftg, anor, las; dermatitis; depresión médula ósea; (carc.) |

APÉNDICE 5.

RIESGOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y PARA LA SALUD DE LOS COMPUESTOS DEL GRUPO BTX-EB: BENCENO, TOLUENO, ETILBENCENO Y XILENO

| RIESGOS FÍSICOQUÍMICOS | | | | RIESGOS PARA LA SALUD | | | | |
|--------------------------------------|--|--|--|---|---|--|---|--|
| Nombre químico Número CAS | Peligro físico | Peligro Químico | Clasificación del riesgo según las NU | ICSC Periodo corto de exposición | ICSC Periodo largo de exposición | ICSC Vías de exposición y síntomas | NIOSH (E.E.U.U.) Órgano blanco y ruta de ingreso | NIOSH (E.E.U.U.) |
| Tolueno 108-88-3 | El vapor es más pesado que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante. Como resultado del flujo, agitación etc., se pueden presentar cargas electrostáticas. | Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, con peligro de incendio y explosión | 3 | Ojos; tracto respiratorio, pulmones; SNC; SCV | Piel; SNC; corazón. | Inhalación: Mareo, sopor, cefalea, náuseas, inconsciencia. Piel: sequedad de la piel, enrojecimiento. Ojos: Enrojecimiento, dolor Ingestión: Dolor abdominal, sensación de quemazón | SNC; hígado; riñones; piel; ojos; sistema respiratorio inha, abs, ing, con | Irrit ojos, nariz, ftg, deb, conf, euf, mar, cef; pupilas dilatadas, lag; ner, ftg musc, insom; pres; derm; les hepáticas y renales. |

APÉNDICE 5.

RIESGOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y PARA LA SALUD DE LOS COMPUESTOS DEL GRUPO BTX-EB: BENCENO, TOLUENO, ETILBENCENO Y XILENO

| RIESGOS FÍSICOQUÍMICOS | | | | RIESGOS PARA LA SALUD | | | | |
|--------------------------------------|--|---|--|---|---|---|---|---|
| Nombre químico Número CAS | Peligro físico | Peligro Químico | Clasificación del riesgo según las NU | ICSC Periodo corto de exposición | ICSC Periodo largo de exposición | ICSC Vías de exposición y síntomas | NIOSH (E.E.U.U.) Órgano blanco y ruta de ingreso | NIOSH (E.E.U.U.) |
| Etilbenceno 100-41-4 | El vapor se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas | Reacciona con oxidantes fuertes. Ataca al plástico y al caucho | 3 | ojos; piel; tract resp; pulmones; SNC | piel | Inhalación: Tos, vértigo, somnolencia, dolor de cabeza. Piel: Piel seca, enrojecimiento. Ojos: Enrojecimiento, dolor, visión borrosa. Ingestión: No se encontró información reportada. Para mayor información véase Inhalación (*) | ojos; sis res sup; piel; SNC inh, ing, con | Irrit ojos; piel, muc; cef; derm; narco; coma |

APÉNDICE 5.

RIESGOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y PARA LA SALUD DE LOS COMPUESTOS DEL GRUPO BTX-EB: BENCENO, TOLUENO, ETILBENCENO Y XILENO

| RIESGOS FÍSICOQUÍMICOS | | | | RIESGOS PARA LA SALUD | | | | |
|------------------------------|--|--|---------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---|--|--|
| Nombre químico Número CAS | Peligro físico | Peligro Químico | Clasificación del riesgo según las NU | ICSC Periodo corto de exposición | ICSC Periodo largo de exposición | ICSC Vías de exposición y síntomas | NIOSH (E.E.U.U.) Órgano blanco y ruta de ingreso | NIOSH (E.E.U.U.) |
| m-Xileno 108-38-8 | Pueden generarse cargas electrostáticas como resultado de flujo, agitación, etc. | Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, como el ácido nítrico | 3 | garganta, ojos; pulmones; SNC | piel; pulmones; SNC | Inhalación: Mareo, sopor, cefalea, inconsciencia. Piel: sequedad de la piel, enrojecimiento. Ojos: Enrojecimiento, dolor Ingestión: Dolor abdominal, sensación de quemazón | Ojos; piel; sistema resp; SNC; tracto GI; sangre; hígado; riñones inha, abs, ing, con | irrit ojos, piel, nariz, garganta; mareo, excitación, sopor, descomodidad, andar vacilante; vacuolización de la córnea, anorexia, náuseas, vómito, dolor abdominal; dermatitis |

APÉNDICE 5.

RIESGOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y PARA LA SALUD DE LOS COMPUESTOS DEL GRUPO BTX-EB: BENCENO, TOLUENO, ETILBENCENO Y XILENO

| RIESGOS FÍSICOQUÍMICOS | | | | RIESGOS PARA LA SALUD | | | | |
|------------------------------|----------------|--|---------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---|---|--|
| Nombre químico Número CAS | Peligro físico | Peligro Químico | Clasificación del riesgo según las NU | ICSC Periodo corto de exposición | ICSC Periodo largo de exposición | ICSC Vías de exposición y síntomas | NIOSH (E.E.U.U.) Órgano blanco y ruta de ingreso | NIOSH (E.E.U.U.) |
| o-Xileno 95-47-6 | | Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, con peligro de incendio y explosión | 3 | garganta, ojos; pulmones; SNC | piel; pulmones; SNC | Inhalación: Mareo, sopor, cefalea, inconsciencia. Piel: sequedad de la piel, enrojecimiento. Ojos: Enrojecimiento, dolor Ingestión: Dolor abdominal, sensación de quemazón | Ojos; piel; sist. Resp., SNC; tracto GI; sangre; hígado; riñones inh, abs, ing, con | irrit ojos, piel, nariz, garganta; mar, excitación, sop, desco, andar vacilante; vacuolización de la córnea, anor, náu, vómit, dolor abdominal; derm |

APÉNDICE 5.

RIESGOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y PARA LA SALUD DE LOS COMPUESTOS DEL GRUPO BTX-EB: BENCENO, TOLUENO, ETILBENCENO Y XILENO

| RIESGOS FÍSICOQUÍMICOS | | | | RIESGOS PARA LA SALUD | | | | |
|------------------------------|----------------|--|---------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|---|--|--|
| Nombre químico Número CAS | Peligro físico | Peligro Químico | Clasificación del riesgo según las NU | ICSC Periodo corto de exposición | ICSC Periodo largo de exposición | ICSC Vías de exposición y síntomas | NIOSH (E.E.U.U.) Órgano blanco y ruta de ingreso | NIOSH (E.E.U.U.) |
| p-Xileno 106-42-3 | | Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, como el ácido nítrico | 3 | garganta, ojos; pulmones; SNC | piel; pulmones; SNC | Inhalación: Mareo, sopor, cefalea, inconsciencia. Piel: sequedad de la piel, enrojecimiento. Ojos: Enrojecimiento, dolor Ingestión: Dolor abdominal, sensación de quemazón | Ojos; piel; sistema respiratorio; SNC; tracto GI; sangre; hígado; riñones inhalación, absorción, ingestión, con | irritación de ojos, piel, nariz, garganta; mareo, excitación, sopor, desorientación, andar vacilante; vacuolización de la córnea, anorexia, náuseas, vómito, dolor abdominal; dermatitis |

ICSC: Datos tomados de las fichas internacionales sobre la seguridad de los productos químicos. I

APÉNDICE 5.

RIESGOS FÍSICOS, QUÍMICOS Y PARA LA SALUD DE LOS COMPUESTOS DEL GRUPO BTX-EB: BENCENO, TOLUENO, ETILBENCENO Y XILENO

| RIESGOS FÍSICOQUÍMICOS | | | | RIESGOS PARA LA SALUD | | | | |
|------------------------------|----------------|-----------------|---------------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|------------------------------------|--|------------------|
| Nombre químico Número CAS | Peligro físico | Peligro Químico | Clasificación del riesgo según las NU | ICSC Periodo corto de exposición | ICSC Periodo largo de exposición | ICSC Vías de exposición y síntomas | NIOSH (E.E.U.U.) Órgano blanco y ruta de ingreso | NIOSH (E.E.U.U.) |
| | | | | | | | | |

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Organización Internacional del trabajo (OIT). Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Volumen IV Parte XVIII.

Capítulo 104 Guía 6 Guía de productos químicos. Hidrocarburos aromáticos. Tabla 104.107 y 104-108 Riesgos fisicoquímicos y para la salud.

Versión electrónica. Copyright de la edición española. Ministerio de trabajo y asuntos sociales, 2001. España.

(*) Etilbenceno. ICSC:0268. Fichas internacionales de seguridad química WHO/IPCS/ILO Versión electrónica:
http://www.mtas.es/insht/ipcsnspn/nspn_0268.ftm.

APÉNDICE 6

CAJA DE HERRAMIENTAS DE CONTROL QUÍMICO DE LA OIT

Traducción y adaptación:
Oscar Nieto Z., MD, MSc OM
onietoz@gmail.com

Esta herramienta ha sido diseñada por un grupo de higienistas ocupacionales reunidos por la Asociación Internacional de Higiene Ocupacional (IOHA, por sus iniciales en inglés) con representantes de Gran Bretaña, EE UU, Australia, África del Sur y Asia pensando en empresas pequeñas y medianas de países en desarrollo. Se ha utilizado como modelo el “control Bandung” del Health and Safety Executive del Reino Unido.

El público objetivo es aquel que requiere orientación simple y práctica sobre cómo prevenir y reducir los riesgos relacionados con las sustancias químicas en los lugares de trabajo.

La caja de herramientas se ha diseñado para identificar soluciones de control que brindan protección a la salud para la gran mayoría de la población trabajadora. Sin embargo, dentro de cualquier población habrá grupos de individuos susceptibles, tales como trabajadores jóvenes o de edad, al igual que mujeres en edad reproductiva o embarazadas que pueden requerir protección adicional cuando se exponen a materiales peligrosos específicos. En estos casos es prudente tomar un enfoque de precaución mayor y evitar el contacto con la sustancia peligrosa o brindar un grado mayor de control. Este control adicional pudiera brindarse adoptando un enfoque más riguroso que las recomendaciones estándar de la caja de herramientas.

Para manejar la caja de herramientas se deben seguir 5 etapas:

- Etapa 1: Encontrar la clasificación del peligro y compararlo con un grupo de peligro utilizando la tabla que se incluye.
- Etapa 2: Averiguar qué tanto se va a utilizar de la sustancia.
- Etapa 3: Averiguar qué tanto de la sustancia va a entrar al aire (volatilizar).
- Etapa 4: Encontrar el enfoque de control.
- Etapa 5: Encontrar la(s) hoja(s) de tareas específicas de control.

La información recogida en cada etapa se compila en una hoja de control, como se muestra en el Anexo 1A. A continuación se describen las diferentes etapas.

Etapa 1. Clasificar los peligros

Paso 1. La Tabla 1 contiene una lista de disolventes de uso común y sus grupos de peligro. Si el solvente bajo consideración está en la Tabla 1, lea su grupo(s) de riesgo y regístrelos en la hoja de verificación.

TABLA 1. Identificación del grupo de peligro para disolventes comunes

| Sustancia | Grupo de peligro | Volatilidad |
|--|------------------|-------------|
| Acetona | A & S | Media |
| Butil Acetato | A & S | Media |
| Diesel | B& S | Baja |
| Etil acetato | A & S | Media |
| Hexano | B& S | Media |
| Alcohol isopropílico | A & S | Media |
| Metanol | C & S | Media |
| Metil etil cetona | A & S | Media |
| Metil isobutil cetona | B& S | Media |
| Queroseno | A & S | Baja |
| Percloroetileno | C & S | Media |
| Gasolina | B& S | Alta |
| Tolueno | B& S | Media |
| Tricloroetileno | C & S | Media |
| Aguarrás (aceite volátil de trementina) | B& S | Baja |
| Xileno | A & S | Media |

Paso 2. Si la sustancia no está listada en la Tabla 1, ¿es un plaguicida?. Si lo es, registre este dato en la hoja de verificación y vaya directamente al paso 5 para encontrar las hojas de tarea que se requieren.

Paso 3. Si la sustancia no pertenece a alguno de los grupos anteriores, encuentre la información de clasificación de la misma en la hoja de datos de seguridad (MSDS) o en la etiqueta del producto. Compare esta información contra la información en la Tabla 2 y encuentre los datos de la clasificación de la sustancia que encajan exactamente en alguno de los grupos de peligro de la A a la E. Un emparejamiento exacto identifica el grupo adecuado de peligro por inhalación. Luego verifique la clasificación contra los datos del grupo de peligro S para ver si la sustancia también cae dentro del grupo de peligro S. Una sustancia puede estar tanto en un grupo de peligro por inhalación (A – E) y en el grupo de Piel (S, por Skin, en inglés). Registre el grupo o grupos de peligro en la hoja de verificación (Corrientemente, la Tabla 2 tiene información para permitir la clasificación utilizando el sistema de clasificación GHS [Globally Harmonized System for the Classification and Labelling of Chemicals] o el sistema de clasificación con base en las frases R de la Unión Europea. El esquema será más simple si solo se utiliza una clasificación o si el grupo de

peligro es suministrado por el proveedor como información esencial en la etiqueta).

TABLA 2. Determinación del grupo de peligro a partir de las definiciones de la clasificación

| Grupo de riesgo | Frases R | Clasificación de riesgos GHS |
|------------------------|--|--|
| A | R36, R38, R65, R66 Todos los polvos y vapores no localizados en otros grupos | Toxicidad aguda (letalidad), cualquier ruta, clase 5 Iritación de la piel clase 2 o 3 Iritación ocular clase 2 Todos los polvos y vapores no localizados en otros grupos |
| B | R20/21/22, R40/20/21/22, R33, R67 | Toxicidad aguda (letalidad), cualquier ruta, clase 4 Toxicidad aguda (sistémica), cualquier ruta, clase 2 |
| C | R23/24/25, R34, R35, R37, R39/23/24/25, R41, R43, R48/20/21/22 | Toxicidad aguda (letalidad), cualquier ruta, clase 3 Toxicidad aguda (sistémica), cualquier ruta, clase 1 Corrosividad, subclase 1A, 1B o 1C Iritación ocular clase 1 Iritación del sistema respiratorio (deben acordarse criterios GHS) Sensibilización de la piel Toxicidad por exposición repetida, cualquier ruta, clase 2 |
| D | R48/23/24/25, R26/27/28, R39/26/27/28, R40 Carc. Cat. 3, R60, R61, R62, R63, R64 | Toxicidad aguda (letalidad), cualquier ruta, clase 1 o 2 Carcinogenicidad clase 2 Toxicidad por exposición repetida, cualquier ruta, clase 1 Toxicidad reproductiva clase 1 o 2 |
| E | R40 Muta. Cat. 3, R42, R45, R46, R49 | Mutagenicidad clase 1 o 2 Carcinogenicidad clase 1 Sensibilización respiratoria |
| S | R21, R24, R27, R34, R35, R36, R38, R40/21, R39/24, R39/27, R41, R43, R66, Sk | Toxicidad aguda (letalidad), ruta dérmica solamente, clase 1, 2, 3 o 4 Toxicidad aguda (sistémica), ruta dérmica solamente, clase 1 o 2 Corrosividad, subclase 1A, 1B o 1C Iritación de la piel clase 2 Iritación ocular clase 1 o 2 Sensibilización de la piel Toxicidad por exposición repetida, ruta dérmica solamente, clase 1 o 2 |

Etapa 2. Determinar la escala de uso de las sustancias

Qué tanto se usa de una sustancia determina cómo se manipula la misma y afecta la magnitud de la exposición a ella. Se requiere identificar la cantidad que se maneja de la sustancia por lote (o por día en procesos continuos). Utilice esta información en la Tabla 3 para ver si el uso es pequeño, mediano o alto y regístrelo en la hoja de verificación.

TABLA 3. Cantidad que se utiliza de la sustancia (por lote o por día)

| Cantidad | Sólido | | Líquido | |
|----------|------------|-------------------------|----------------|-------------------------|
| | Peso | Normalmente recibido en | Volumen | Normalmente recibido en |
| Baja | Gramos | Paquetes o botellas | Mililitros | Botellas |
| Mediana | Kilogramos | Barriles o tambores | Litros | Tambores |
| Alta | Toneladas | A granel | Metros cúbicos | A granel |

Etapa 3. Determinar la capacidad de la sustancia de introducirse en el aire

La forma física de una sustancia química afecta su probabilidad de entrar al aire. Para definir este aspecto, en este esquema se utiliza la capacidad de convertirse en polvo para los sólidos y la volatilidad para los líquidos. Mientras más polvoriento o volátil sea la sustancia, mayor será la posibilidad de entrar al aire. Puede ser posible reducir la cantidad de la sustancia que se introduce al aire comprándola y utilizándola en una forma diferente, como por ejemplo: remplazar los polvos finos por perdigones o bolitas o por gránulos menos polvorientos; utilizar líquidos a una temperatura menor.

3a: Sólidos

La capacidad de formar polvos de los materiales sólidos se clasifica en baja, media o alta. Si se utiliza un sólido, encuentre enseguida la descripción que mejor describe la sustancia que está utilizando y regístrela en la lista de verificación:

- Baja: Sólidos en forma de bolita o perdigón que se parten. Se observa poco polvo durante su utilización, tales como bolitas de PVC, escamas enceradas.
- Media: Sólidos cristalinos, granulares. Cuando se utilizan se observa polvo, pero éste se asienta rápidamente. El polvo queda sobre las superficies después de usarlo, tal como el jabón en polvo.
- Alta: polvos finos, livianos. Cuando se utiliza la sustancia se puede observar la formación de nubes de polvo que permanecen en el aire por varios minutos, como por ejemplo: cemento, negro de carbón, polvo de tiza.

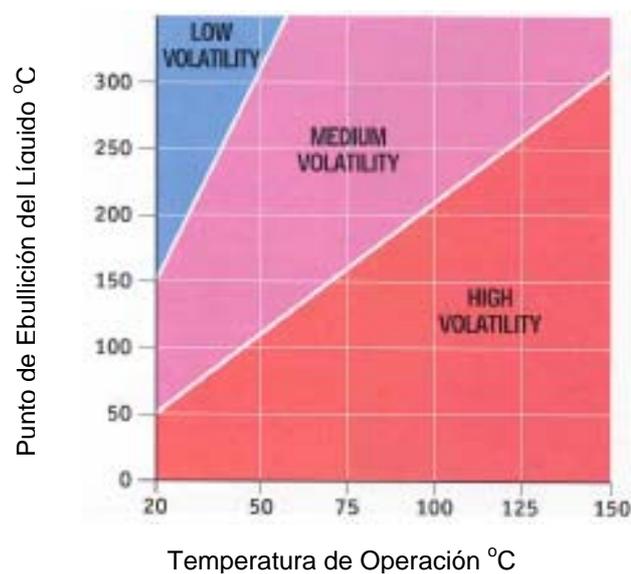
3b: Líquidos

Para calcular la volatilidad de un líquido, se requiere encontrar el punto de ebullición de la sustancia en la hoja de datos de seguridad del material (MSDS). Normalmente se encuentra en la Sección 9 de ésta. Este esquema clasifica la volatilidad en baja, media o alta. Para tareas que se llevan a cabo a temperatura ambiente, compare el punto de ebullición con los rangos que aparecen enseguida y registre en la hoja de verificación la descripción que mejor concuerda.

- Alto: Punto de ebullición menor a 50°C.
- Medio: Punto de ebullición entre 50 y 150°C.
- Bajo: Punto de ebullición mayor a 150°C.

Para labores llevadas a cabo a temperaturas por encima de la temperatura ambiente, se debe conocer la temperatura del proceso en adición al punto de ebullición. Estos dos datos se usan para decidir la volatilidad a partir de la gráfica que se muestra enseguida. Lea en dirección horizontal desde el punto de ebullición y hacia arriba desde la temperatura del proceso. La sección en la que las dos líneas se encuentran en la gráfica le dirán la volatilidad. Si cae en una línea divisoria, seleccione la mayor volatilidad.

Gráfica para seleccionar la volatilidad de un líquido



Etapa 4. Seleccionar el abordaje de control

A estas alturas, la hoja de verificación contiene toda la información necesaria para determinar como controlar la sustancia. El abordaje de control se encuentra en la Tabla 4 yendo primero al grupo de peligro al que pertenece la sustancia. Lea en forma horizontal desde la escala de uso hacia la columna apropiada de volatilidad/capacidad de formar polvo. El número en la casilla identifica el abordaje del control. Registre este número en la hoja de verificación.

- Si la sustancia es un plaguicida, vaya directamente a la etapa 5 y siga el consejo en las Tarjetas de Control que se adaptan mejor en lo que usted está haciendo.
- Si la sustancia no es un plaguicida, pero está en el grupo de peligro A a E, utilice la información registrada en la hoja de verificación para identificar en la Tabla 4 el abordaje de control requerido.
 - Primero, lea el grupo de peligro de la hoja de verificación y encuentre la parte de la Tabla 4 que aplica a ese grupo de peligro (La Tabla está dividida en 5 secciones, una para cada una de las bandas de riesgo de la A a la E).
 - Segundo, encuentre la fila para la cantidad utilizada dentro de la respectiva parte de la Tabla 4.
 - Finalmente, lea horizontalmente esa fila hasta que alcance la descripción de volatilidad o capacidad de formar polvo que se registró en la hoja de verificación. El número en la casilla indica el abordaje del control que se requiere. Registre este número en la hoja de verificación.
 - Si la sustancia también tiene registrado un grupo de peligro S (piel), utilice esto en la etapa 5 para encontrar las hojas de orientación para el control que aplican.

TABLA 4. Selección del abordaje de control

| Cantidad de uso | Bajo polvo o volatilidad | Mediana volatilidad | Mediano Polvo | Alto polvo o volatilidad |
|---------------------------|--------------------------|---------------------|---------------|--------------------------|
| Grupo de Peligro A | | | | |
| Baja | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Media | 1 | 1 | 1 | 2 |
| Alta | 1 | 1 | 2 | 2 |
| Grupo de Peligro B | | | | |
| Baja | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Media | 1 | 2 | 2 | 2 |
| Alta | 1 | 2 | 3 | 3 |
| Grupo de Peligro C | | | | |
| Baja | 1 | 2 | 1 | 2 |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Media | 2 | 3 | 3 | 3 |
| Alta | 2 | 4 | 4 | 4 |
| Grupo de Peligro D | | | | |
| Baja | 2 | 3 | 2 | 3 |
| Media | 3 | 4 | 4 | 4 |
| Alta | 3 | 4 | 4 | 4 |
| Grupo de Peligro E | | | | |
| Para todas las sustancias de este grupo seleccione el abordaje de control 4 | | | | |

Etapa 5. Encontrar la(s) hoja(s) específicas por tarea de orientación de control.

Con su hoja de verificación usted debe haber identificado la sustancia que está manipulando como un plaguicida o habrá identificado un abordaje de control 1 a 4. También podría haber identificado la necesidad de protección de la piel. Para cada una de las necesidades de control identificadas, vaya a la sección que corresponda enseguida para hallar las hojas de orientación que requiere.

Plaguicidas

Si el material se ha identificado como un plaguicida, encuentre en la Tabla 5 la(s) hoja(s) de control de tarea que mejor describa(n) la tarea o tareas que usted está realizando.

TABLA 5. Hojas de orientación de tareas de plaguicidas

| Descripción de la tarea | Hoja de control de la tarea |
|-------------------------------------|------------------------------------|
| Dilución de concentrado | P100 |
| Aplicación (rociado o espolvoreado) | P101 |
| Fumigación | P102 |
| Uso de cebos tóxicos | P103 |
| Disposición de envases usados | P104 |

Abordaje de control 1 a 4

La Tabla 6 contiene el índice de hojas de orientación de tarea para los abordajes de control 1 a 4. Para cada uno de estos existe un hoja general que presenta los principios del abordaje de control y un juego específico de hoja(s) de orientación para actividades o procesos comunes. Para utilizar la Tabla 6, vaya a la sección de la tabla que mejor concuerda con el abordaje de control identificado en su hoja de verificación y busque hacia abajo el índice de tareas. Seleccione la(s) hoja(s) de tarea que describa(n) mejor la tarea o tareas que usted está llevando a cabo. Si no puede encontrar una hoja que concuerde con lo que usted está haciendo, seleccione la hoja general del abordaje de control y aplique los principios descritos a su tarea particular. Por ejemplo, si con su hoja de verificación identifica que necesita aplicar el abordaje de control 2, vaya a la sección 2 de la Tabla 6 y busque hacia abajo el índice de hojas en la serie 200. Si usted está pesando polvos, encontrará que aplica la

hoja de tarea 211, pero si está haciendo algo que no aparece en la lista, usted debe utilizar la hoja general de tarea 200.

TABLA 6. Hojas de orientación de tareas

| Descripción de la tarea | Hoja de control de la tarea |
|--|------------------------------------|
| Abordaje de control 1 | |
| Principios generales | 100 |
| Almacenamiento de sacos, botellas y tambores | 101 |
| Almacenamiento a granel | 102 |
| Remoción de desperdicios de la unidad de filtración del aire | 103 |
| Abordaje de control 2 | |
| Principios generales | 200 |
| Armario o banco de trabajo ventilado | 201 |
| Caseta o cabina ventilada | 202 |
| Remoción de desperdicios de la unidad de filtración del aire | 203 |
| Transferencia de cinta transportadora | 204 |
| Llenado de sacos | 205 |
| Vaciado de sacos | 206 |
| Cargar reactor o mezclador desde saco o barril | 207 |
| Vaciado de contenedores intermedios de granel | 208 |
| Llenado de tambores | 209 |
| Vaciado de tambor con una bomba | 210 |
| Pesado de sólidos | 211 |
| Mezclado de líquidos con líquidos o sólidos | 212 |
| Mezclado de sólidos | 213 |
| Cribado (tamizaje) | 214 |
| Revisado | 215 |
| Pintura de rocío (<i>spray</i>) | 216 |
| Baño de enchape | 217 |
| Baño de desengrasado a vapor | 218 |
| Horno de secado de bandejas | 219 |
| Poner en plataformas | 220 |
| Prensado de tabletas | 221 |
| Abordaje de control 3 | |
| Principios generales | 300 |
| Caja de guantes | 301 |
| Remoción de desperdicios de una unidad de extracción | 302 |
| Transferencia de sólidos | 303 |
| Vaciado de sacos de alto rendimiento | 304 |
| Llenado de tambores | 305 |
| Vaciado de tambores | 306 |
| Vaciado y llenado de contenedores intermedios de granel | 307 |

| Descripción de la tarea | Hoja de control de la tarea |
|--|------------------------------------|
| (sólidos) | |
| Vaciado y llenado de contenedores intermedios de granel (líquidos) | 308 |
| Vaciado y llenado de tanques (sólidos) | 309 |
| Vaciado y llenado de tanques (líquidos) | 310 |
| Llenado de barriles | 311 |
| Transferencia de líquidos con una bomba | 312 |
| Llenado de envases pequeños (paquetes y botellas) | 313 |
| Pesado de sólidos utilizando una celda de carga | 314 |
| Pesado de líquidos utilizando una celda de carga | 315 |
| Mezclado de sólidos | 316 |
| Mezclado de líquidos con líquidos o sólidos | 317 |
| Baño de desengrasado al vapor | 318 |
| Abordaje de control 4 | |
| Principios generales | 400 |

Protección dérmica y respiratoria

Si la sustancia se ha clasificado en el grupo de peligro de piel (S), entonces necesita leer la hoja Sk100.

Si usted está realizando una tarea para la cual las hojas de orientación sugieren el uso de protección respiratoria, entonces debe mirar la hoja R100.

TABLA 7. Hojas de orientación para piel y aparato respiratorio

| | Hoja de control de la tarea |
|--|------------------------------------|
| Cómo reducir el contacto dérmico con sustancias peligrosas | Sk100 |
| Selección y uso de equipo de protección respiratoria | R100 |

Cuestiones de seguridad y de protección ambiental

Las series de hojas de orientación de tarea están diseñadas para proteger la salud humana contra los efectos nocivos causados por exposiciones altas a sustancias peligrosas. Muchas sustancias, sin embargo, también pueden causar daño al quemarse, o puede dañar el ambiente si escapan de la fábrica. El equipo utilizado para procesar las sustancias también pueden lesionarlo a usted. Cuando ha sido apropiado, en las hojas de orientación de las tareas se han identificado las necesidades en cuanto a inflamabilidad y explosividad.

Para protegerlo a usted del daño a causa de la maquinaria las hojas de orientación a menudo lo refieren a un sistema de trabajo denominado “permiso de trabajo” para actividades de mantenimiento. Una de las características clave de un sistema de permisos de trabajo es un sistema de control de bloqueo y etiquetado, que previene la operación de la maquinaria

mientras se hace el mantenimiento. Las características principales de este sistema se describen en la hoja S100.

Si se descargan materiales de desecho en el suelo, el aire o el agua, las hojas de control de tarea E100, E200 y E300 pueden ser útiles dado que ellas contienen orientación sobre cómo reducir las emisiones dañinas. La Tabla 8 lista las hojas de orientación de tarea de seguridad y ambiente.

TABLA 8. Hojas de control de tarea de seguridad y ambiente

| Descripción de la hoja | Hoja de control de la tarea |
|--|-----------------------------|
| Seguridad | |
| Características esenciales de un sistema de bloqueo y etiquetado | S100 |
| Ambiente | |
| Control de emisiones al aire | E100 |
| Control de emisiones al agua | E200 |
| Disposición segura de desechos sólidos | E300 |

Anexo 1A.

Lista de Verificación de la Caja de Herramientas de Control Químico

Descripción de la tarea:

Fecha:

¿Es el material un plaguicida? Sí / No

Si la respuesta es afirmativa:

Hojas de tarea requeridas:

| | | | | |
|------|------|------|------|------|
| P100 | P101 | P102 | P103 | P104 |
|------|------|------|------|------|

Si la respuesta es negativa: complete las Etapas 1 a 5

Etapa 1: Bandas de peligro:

Etapa 2: Escala de uso:

Etapa 3: Capacidad de entrar al aire:

Etapa 4. Abordaje de control requerido:

Etapa 5: Hojas de orientación de control específico por tarea

| | | | | | |
|---------|-----|---------|-----|------|---|
| A | B | C | D | E | S |
| Pequeña | | Mediana | | Alta | |
| Pequeña | | Mediana | | Alta | |
| 100 | 200 | 300 | 400 | | |

| | | | |
|---|-------|------|------|
| Hoja de tarea con riesgo por inhalación | R100 | | |
| Hojas de tarea con riesgo dérmico (S) | Sk100 | | |
| Hojas de tarea con riesgo ambiental | E100 | E200 | E300 |
| Hojas de tarea con riesgo de seguridad | S100 | | |

- Nieto O. Caja de herramientas de control químico de la OIT: traducción y adaptación. Buenos Aires: Fundación Iberoamericana de Seguridad y Salud Ocupacional, 2004.
- International labor office (ILO). International Chemical Control Tool Kit. Ginebra. Suiza, 2004. Versión electrónica: http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/ctrl_banding/toolkit/main_guide.pdf

Apéndice 4 Matriz de responsabilidades.

Las recomendaciones que se presentaron a lo largo del documento se resumen de manera esquemática en la siguiente matriz funcional de responsabilidades, cuyo alcance está definido por la legislación Nacional. Las responsabilidades se orientan a las entidades del sistema de seguridad social del régimen contributivo asalariado, sin embargo, ellas aplican a las entidades equivalentes de los otros regímenes y pueden ser acogidas por ellos.

Para aquellas recomendaciones en las cuales la implementación sea objeto de una sola disciplina, se especifica el profesional que interviene, pero para aquellas recomendaciones en las que puedan participar distintos áreas del conocimiento se utilizó la sigla **SGC**, que significa que los profesionales responsables de implementar las recomendaciones estarán establecidos por los estándares de calidad determinados por el sistema.

| FASE FUNCIONAL | RECOMENDACIÓN | EV/GR | ENT | PROF |
|---|--|--------------|--|-------------|
| Identificación de peligros y evaluación de riesgos | Las actividades mínimas que deben realizarse para identificar anticipadamente la presencia de agentes químicos del grupo BTX-EB son: elaboración de un inventario detallado de los disolventes aromáticos del grupo BTX-EB ya sea en materia prima, producto intermedio y mezclas, productos finales o residuos e incluir otras sustancias o agentes químicos; caracterización de dichas sustancias en cuanto a su presentación y uso, así como en lo relacionado con las propiedades fisicoquímicas, utilizando las diferentes fuentes de información como las MSDS, los registros de IARC, de la EPA, de NIOSH, OMS. Conocer el proceso productivo, las operaciones y las etapas del proceso en las cuales se utilizan los BTX-EB, así como los oficios involucrados. Identificar las circunstancias de exposición, y las características de la fuerza laboral, disponer de la información técnica de dichos agentes, clarificar las | 4/C | EMPRESA CON ASESORÍA DE LA ARP | SGC |

| FASE FUNCIONAL | RECOMENDACIÓN | EV/GR | ENT | PROF |
|---------------------------|---|--------------|--|-------------|
| | circunstancias de exposición y conocer de los sistemas de control existentes. | | | |
| | El método recomendado para evaluar cualitativamente la exposición aérea a los agentes del grupo BTX-EB, valorar subjetivamente el riesgo por su potencial exposición y establecer las medidas necesarias para el control de la operación específica, es el "International Chemical Control Toolkit" o "Caja de Herramientas de Control Químico" de la Organización Internacional del Trabajo (OIT). | 4/C | EMPRESA CON ASESORÍA DE LA ARP | SGC |
| | Para estimar la exposición de los trabajadores a los agentes del grupo BTX-EB por vía dérmica, se recomienda, el modelo propuesto por el Instituto Nacional Francés para la Investigación de la Seguridad (INRS por sus siglas en francés). | 4/C | EMPRESA CON ASESORÍA DE LA ARP | SGC |
| | <p>Para el muestreo y análisis de los agentes contaminantes del grupo BTX-EB presentes en el aire del ambiente de trabajo, se recomienda utilizar el método de análisis NIOSH para hidrocarburos aromáticos No 1501 que incluye el perfil de valoración para los compuestos del grupo BTX-EB (Benceno, tolueno, o-xileno, m-xileno, p-xileno y etilbenceno). Este método es aplicable a muestras en que estos compuestos están presentes solos o en mezclas.</p> <p>En la evaluación de la exposición de los trabajadores a contaminantes químicos del grupo BTX-EB, no se recomienda utilizar los tubos colorimétricos como método de lectura directa, específicamente en el caso del benceno por ser un agente cancerígeno reconocido en humanos.</p> | 2 y 4/ y C | EMPRESA CON ASESORÍA DE LA ARP | SGC |

| FASE FUNCIONAL | RECOMENDACIÓN | EV/GR | ENT | PROF |
|-----------------------|--|--------------|--------------------------------|-------------|
| | Se recomienda utilizar los valores límites permisibles (TLVs) establecidos por la Conferencia Americana Gubernamental de Higienistas Industriales (ACGIH). Cuyo TLV –TWA en el 2007 para cada sustancia es: Benceno 0.5 ppm, Xileno 100 ppm, Tolueno 20 ppm. y Etilbenceno 100 ppm. | 4/C | EMPRESA CON ASESORÍA DE LA ARP | SGC |
| | Se recomienda utilizar los siguientes índices de exposición biológicos (BEI) vigentes de la ACGIH (2007) para los agentes químicos del grupo BTX-EB, así: Benceno: Ácido S-Fenilmercaptúrico en orina; ácido t-t-mucónico en orina. Tolueno: o-Cresol en orina; ácido hipúrico en orina, tolueno en sangre. Xilenos: Ácidos metilhipúricos en orina. Etilbenceno: Suma de ácido mandélico y ácido fenil glioxílico en orina; etilbenceno en la última fracción de aire exhalado. | 2 y 4/B y C | EMPRESA CON ASESORÍA DE LA ARP | SGC |
| | Cuando se presentan jornadas diarias de más de 8 horas de trabajo y mayores a 40 horas a la semana, se recomienda utilizar el modelo de la reducción del VLP, mediante la aplicación de un modelo matemático Brief y Scala. | 4/C | EMPRESA CON ASESORÍA DE LA ARP | SGC |
| | Cuando se presenta exposición simultánea a dos o más sustancias con efectos aditivos comprobados, para calcular la exposición, se recomienda utilizar la fórmula que relaciona la concentración de cada contaminante con su respectivo VLP, mostrada en la recomendación 7.1.8. | 3/C | EMPRESA CON ASESORÍA DE LA ARP | SGC |
| | Para aplicar los valores límites permisibles o VLP para los agentes del grupo BTX-EB (tomando en cuenta que dado que el benceno es cancerígeno), se recomienda el uso de la escala combinada de rangos de exposición (AIHA, 2006, Rock J, | 4/C | EMPRESA CON ASESORÍA DE LA | SGC |

| FASE FUNCIONAL | RECOMENDACIÓN | EV/GR | ENT | PROF |
|---|---|--------|--------------------------------|------|
| | 1995), para establecer los criterios de acción tendientes hacia el control de la exposición de dichos agentes. | | ARP | |
| | Se recomienda establecer un plan de evaluación paralelo a las categorías de exposición a partir de la propuesta de J. Rock. El establecimiento de los sistemas de control debe apoyarse en el orden de prioridades por grado de riesgo. | 4/C | EMPRESA CON ASESORÍA DE LA ARP | SGC |
| Intervenciones para el control de los factores de riesgo | Para mantener vigilada la exposición de los trabajadores a los BTX-EB y validar los resultados de la evaluación de exposición se recomienda utilizar la estrategia de Grupos de exposición Similar (GES). | 4/C | EMPRESA CON ASESORÍA DE LA ARP | SGC |
| | Para controlar y reducir la exposición a benceno, tolueno, xileno y etilbenceno, en los sitios de trabajo, se recomienda establecer controles en la <i>fuentes</i> y en el <i>medio</i> implementando intervenciones en el siguiente orden de prioridad: Sustitución, modificación del proceso, aislamiento o encerramiento, ventilación local exhaustiva, automatización del proceso, sistemas de ventilación general, excepto para el benceno y control de emisiones. | 4/C | EMPRESA CON ASESORÍA DE LA ARP | SGC |
| | Establecer medidas administrativas de control tendientes a disminuir la exposición de los trabajadores, prácticas de trabajo seguras, uso de sistemas de protección personal y programas de educación de los trabajadores. | 4/C | EMPRESA CON ASESORÍA DE LA ARP | SGC |
| | Se recomienda establecer un programa de protección personal basado en las valoraciones de los riesgos asociados con la exposición a los disolventes del grupo BTX-EB. El programa debe garantizar la no exposición del trabajador por inhalación | 3 y4/C | EMPRESA CON ASESORÍA DE LA | SGC |

| FASE FUNCIONAL | RECOMENDACIÓN | EV/GR | ENT | PROF |
|---|---|---------------|--------------------------------|------|
| | y/o contacto con los disolventes implementando el uso de dispositivos mecánicos y elementos de protección personal que sean resistentes a los agentes BTX-EB. Véase especificaciones en la recomendación 7.2.4. | | ARP | |
| | Establecer un programa de educación dirigido a los directivos y trabajadores expuestos a disolventes del grupo BTX-EB y que promueva la protección de la salud y prevención de neurotoxicidad periférica y/o central. Los contenidos fundamentales que se recomienda incluir pueden revisarse en la recomendación 7.2.5. | 4/C | EMPRESA CON ASESORÍA DE LA ARP | SGC |
| Vigilancia de la salud de los trabajadores | <p>Todos los trabajadores expuestos de manera directa a benceno, tolueno, xileno y etilbenceno (BTX-EB) o que se sospeche la exposición ocupacional, deben ser evaluados e incluidos en los programas de vigilancia médica. La tabla 11 del resumen crítico de la evidencia de la recomendación 7.1.1, proporciona un listado de actividades y tareas relacionadas con los usos de las sustancias objeto de la guía que orienta sobre los trabajadores que deben incluirse en la vigilancia.</p> <p>La evaluación y vigilancia médica de trabajadores potencialmente expuestos a BTX-EB dirigida especialmente para observar efectos neurotóxicos se debe realizar desde el pre-ingreso, con el fin de determinar factores de riesgo del individuo y la exposición por trabajos previos. Debe mantenerse durante el tiempo de la exposición a disolventes benceno, tolueno, xileno y etilbenceno (BTX-EB), hasta su retiro.</p> <p>La vigilancia del benceno se debe prolongar hasta después de finalizar la exposición, dado el efecto carcinogénico de éste elemento.</p> | 4 y 2+/ B y C | EMPRESA CON ASESORÍA DE LA ARP | SGC |

| FASE FUNCIONAL | RECOMENDACIÓN | EV/GR | ENT | PROF |
|-----------------------|--|------------------|--------------------------------|--------------------|
| | La vigilancia para los trabajadores a riesgo de desarrollar neurotoxicidad por los agentes BTX-EB, debe incluir evaluación médica con examen dérmico, respiratorio y neurológico general. Pruebas de laboratorio, que incluyen indicadores biológicos de exposición. Aplicación de Test de síntomas neurotóxicos (Q16). Baterías neurocomportamentales, o evaluaciones de dominio funcional, (Neurobehavioral Core Test Battery – NCTB-, EUROQUEST, ATSDR). Pruebas de función auditiva. Pruebas de Discriminación de Color. | 2++, 3 y 4/B y C | EMPRESA CON ASESORÍA DE LA ARP | SGC |
| | Los factores de riesgo relacionados con el trabajador incluyen: Uso de sustancias psicoactivas (Consumo de licor, hábito de fumar, consumo de otras drogas), sexo, estado nutricional (sobrepeso y obesidad), antecedentes de exposición a mezcla de BTX-EB u otros agentes neurotóxicos, embarazo. Procedencia Asiática- Japonesa y Alteración orgánica. | 2+ y 3/ B y C | EMPRESA CON ASESORÍA DE LA ARP | SGC |
| | Ante evaluaciones o reconocimientos positivos resultantes del examen neurológico o de los cuestionarios neuropsicológicos en un trabajador conviene evitar el contacto con elementos neurotóxicos, retirar de la exposición y realizar nueva evaluación. Si ante la nueva evaluación, los resultados de las valoraciones complementarias (Neurocomportamentales, Auditivo y Visual) resultan positivos se debe realizar remisión a neurología y solicitud de exámenes de diagnóstico. | 3/C | EMPRESA CON ASESORÍA DE LA ARP | SGC |
| Diagnóstico | El diagnóstico de neurotoxicidad por solventes orgánicos es esencialmente de exclusión. El complejo sindromático de toxicidad del sistema nervioso central corresponde a las funciones de la memoria operativa y reciente, la capacidad | 4/C | EPS - ARP | MÉDICO Y EQUIPO DE |

| FASE FUNCIONAL | RECOMENDACIÓN | EV/GR | ENT | PROF |
|-----------------------|--|--------------|------------|---------------------------|
| | <p>general de atención (vigilia), la capacidad intelectual y la coordinación motora. Algunas de estas manifestaciones y el cuadro general concomitante de fatiga, disforia, depresión, trastornos del sueño, cefaleas y mareos, sin embargo no ofrece ningún tipo de especificidad. Algunos diagnósticos diferenciales son patologías más frecuentes como los estados depresivos, enfermedades neurodegenerativas como enfermedad de Alzheimer o enfermedades dolorosas de origen reumatológico como la fibromialgia. Es indispensable para el diagnóstico que exista el antecedente de exposición al agente tóxico.</p> | | | SALUD. |
| | <p>El complejo sindromático de toxicidad del sistema nervioso periférico corresponde a trastornos de alteración de la sensibilidad superficial, profunda (vibración y propiocepción), alteración de la marcha y atrofia muscular distal, esto más evidente en los pies y piernas. Es indispensable establecer claramente el antecedente de exposición al agente tóxico. Los diagnósticos diferenciales son neuropatías periféricas de otros orígenes como metabólicos (diabetes), inmunológicos (oligoclonales), autoinmunes, o tóxicos por otros agentes.</p> | 4/C | EPS - ARP | MÉDICO Y EQUIPO DE SALUD. |
| | <p>Debido a la baja especificidad y sensibilidad en el caso de toxicidad central, no existe un paraclínico que pueda ser descrito como el patrón de oro. Lo recomendado es una serie de paraclínicos como pruebas neuropsicológicas o electroencefalogramas cuantitativos. Sin embargo este último examen no es de fácil acceso, por lo que resulta caro y no cubierto por los planes de seguridad social, siendo de esta forma un recurso poco práctico. Las imágenes diagnósticas descartan lesiones estructurales y vasculares pero no confirman intoxicaciones.</p> | 4/C | EPS - ARP | MÉDICO Y EQUIPO DE SALUD. |

| FASE FUNCIONAL | RECOMENDACIÓN | EV/GR | ENT | PROF |
|--------------------|---|-------|-----------|---------------------------|
| | En el caso de neurotoxicidad periférica, el patrón de oro es el examen de neuroconducciones. Se trata de un examen altamente sensible para detección temprana de alteraciones axonales y mielínicas así como para determinar el compromiso y de esta forma dar un pronóstico. Sin embargo, este examen tampoco es específico, siendo sus hallazgos similares en neuropatías y poli-neuropatías de otras etiologías, tóxicas o no. | | | |
| | <p>Los estudios de velocidad de conducción y el EMG con agujas son los que más reconocimiento y aceptación tienen para la evaluación del Sistema Nervioso Periférico. En el terreno de la neurotoxicología se considera que la sensibilidad de las medidas eléctricas es equivalente o mayor que el umbral neurológico clínico.</p> <p>En estudios donde se busca la confirmación diagnóstica de exposición crónica se incluye casi invariablemente el estudio de la conducción periférica.</p> | 4/C | EPS - ARP | MÉDICO Y EQUIPO DE SALUD. |
| | Las pruebas psicométricas pueden detectar de una forma más sensible y menos subjetiva pequeñas alteraciones motrices o cognitivas, antes que el examen neurológico clínico. Para mejorar el rendimiento de estas pruebas es indispensable aplicar una batería de pruebas completas por medio de un profesional entrenado específicamente en su aplicación e interpretación (neuropsicólogo acreditado). | 4/C | EPS - ARP | MÉDICO Y EQUIPO DE SALUD. |
| Tratamiento | En la intoxicación aguda, el tratamiento consiste en cuidados de mantenimiento y en los casos que así lo requieran, hospitalización incluso en la unidad de cuidados intensivos, de ser requerido y prevención de exposiciones futuras. | 4/C | EPS - ARP | MÉDICO Y EQUIPO DE SALUD. |

| FASE FUNCIONAL | RECOMENDACIÓN | EV/GR | ENT | PROF |
|-----------------------|---|--------------|------------|-------------|
| | En casos de síntomas neurológicos persistentes debidos a niveles bajos de solventes en exposición crónica, se debe suspender la exposición de forma inmediata. No hay tratamientos específicos para revertir los efectos sobre el tejido nervioso. Se busca con el retiro de la exposición que el daño neurológico no continúe progresando. | | | |
| Rehabilitación | <p>La rehabilitación del trabajador afectado por neuropatía central y/o periférica debe apuntar a la rehabilitación integral, con acciones simultáneas en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Promoción de la salud y la prevención de la discapacidad; • Desarrollo, recuperación y mantenimiento funcional; • Integración socio-ocupacional. | 4/C | ARP | SGC. |
| | <p>Tanto en toxicidad aguda como crónica, los factores pronósticos en casos de toxicidad central están relacionados principalmente con:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Severidad del compromiso clínico global inicial. ▪ Severidad del compromiso de conciencia y cognitivo inicial. ▪ Tiempo requerido para recuperación de la fase aguda. ▪ Suspensión inmediata a la exposición. <p>En los casos de toxicidad periférica, aguda o crónica, los factores pronósticos son:</p> <ul style="list-style-type: none"> ▪ Tiempo evolutivo. ▪ Tiempo de exposición o de suspensión a la exposición. ▪ Severidad de la neuropatía en las velocidades de conducción. | 4/C | ARP | SGC |