

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
ZARAGOZA**

**EFFECTOS POR EXPOSICIÓN A DISOLVENTES ORGÁNICOS EN UNA
EMPRESA DE ARTES GRAFICAS.**

**TESIS DE POSGRADO
PARA OBTENER EL TITULO EN LA
ESPECIALIDAD EN SALUD EN EL TRABAJO.
PRESENTA:
YAZMIN LEZAMA PRECERO**

Asesores:

Dr. Horacio Tovalín Ahumada
Mtra. Marlene Rodríguez Martínez
Dr. Arturo Juárez García
M. en C. Juan Alfredo Sánchez Vázquez
M. en C. Jorge Morales Camino

MEXICO, D.F., ABRIL 2008



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

AGRADEZCO:

A Dios.

A mis padres y hermanos por que siempre me han apoyado..

A mis profesores y asesores por sus conocimientos compartidos,
pero en especial al Dr. Tovalín.

A Verónica y al Lic. Omaña por haberme permitido realizar este estudio.

A mis amigos, compañeros y personas que de alguna manera me brindaron su ayuda para la realización de este proyecto.

En especial a S. A. C. T. I. J.
por haber estado siempre que los necesite.

"Su manera de caminar es incoordinada e inestable, busca apoyarse en las paredes.

Voces altas, música o cornetas lo asustan.

Si lee periódicos, olvida la primera línea antes de pasar a la segunda; señales de tránsito, caras, nombres, aun detalles de su vida personal escapan de su memoria.

Su lenguaje es incoherente y su mirada ausente parece indicar que es alcohólico. No obstante,

Ben Jonson, tiene 40 años, nunca toma y es un pintor experimentado de Copenhague."

(Traducido de Der Stern 23 febrero 1984)

EFFECTOS POR EXPOSICIÓN A DISOLVENTES ORGÁNICOS EN UNA EMPRESA DE ARTES GRAFICAS.

Introducción

Resumen

Planteamiento del problema

Marco teórico

Objetivos

Hipótesis

Justificación

Metodología

Resultados , Análisis y Discusión

Conclusiones

Recomendaciones

Bibliografía.

➤ INTRODUCCIÓN

Las sustancias químicas se encuentran por donde quiera en el planeta; todos los seres vivos están constituidos por ellas y es difícil concebir alguna actividad en la sociedad moderna en la cual no intervengan o hayan intervenido productos químicos, tanto en el hogar como en los lugares de trabajo.

Recientemente se ha incrementado notablemente el número de productos químicos que son utilizados en las industrias, tanto en los procesos de trabajo ya existentes como en aquellos de nueva generación.

Las sustancias químicas se utilizan como materias primas, materiales auxiliares o son productos residuales o de desecho, según sea el tipo y características de los procesos de cada industria.

La Organización Mundial de la Salud (OMS), señala que en 1993 existían más de 600,000 sustancias químicas de uso industrial, de las cuales a más de 12,000 se les han reconocido efectos tóxicos ⁽¹⁾. En México, existen casi 600 sustancias químicas catalogadas en la legislación laboral vigente como "Potenciales contaminantes del ambiente laboral" ⁽²⁾, sin embargo a estas falta sumarle las demás sustancias que se acumulan por sub-reportes de sustancias en uso actual.

Algunas de las sustancias que se utilizan con mucha frecuencia en casi todas las industrias son los Disolventes.

El termino "Disolventes" se refiere a un grupo de compuestos volátiles o mezclas que son relativamente estables y que existen en estado líquido a temperaturas de de 0 ° a 250 ° C. Comúnmente se clasifican como hidrocarburos alifáticos, hidrocarburos cíclicos, hidrocarburos aromáticos, hidrocarburos halogenados, cetonas, aminas, ésteres, alcoholes, aldehídos, y éteres. Muchos disolventes comunes a menudo existen como mezclas o mezclas con otros compuestos químicos (por ejemplo, Stoddard disolvente y diluyentes).⁽³⁾

Los disolventes se utilizan para la extracción, la disolución o suspensión de grasas, ceras, resinas, que no son solubles en agua. Son utilizados en las pinturas, los adhesivos y colas, barnices, y desengrase/ agentes de limpieza, y en la producción de colorantes, polímeros, plásticos, textiles, tintas de imprenta, productos agrícolas, y en productos farmacéuticos.

En México existen cerca de 4,500 empresas que manejan disolventes, en las cuales laboran aproximadamente 300 mil trabajadores, y cuyo contacto con estos compuestos aumenta cada año. ⁽⁴⁾

Los cinco disolventes que se utilizan con mayor frecuencia en las industrias son: benceno, tolueno, xileno, etilbenceno y estireno. ⁽⁵⁾

Algunos disolventes pueden ser sumamente peligrosos para la salud y hasta mortales si se utilizan sin las precauciones adecuadas en los centros de trabajo.

Las alteraciones que se producen por la exposición a disolventes son principalmente a nivel de sistema nervioso, sin embargo todo disolvente que este en contacto con la piel producirá dermatitis de contacto, que puede variar desde una simple irritación a un daño sistémico de la misma.

Los efectos neurotóxicos agudos que producen los disolventes en los trabajadores son narcosis, anestesia, depresión, paro respiratorio, inconciencia y la muerte. Estos efectos son el resultado de la acción farmacológica de los disolventes dentro del Sistema Nervioso Central (SNC). En estudios que se han realizado en personas voluntarias se han observado alteraciones en la función psicomotora, medida por el tiempo de reacción, la destreza manual, la coordinación o el equilibrio.⁰

En cuanto a los efectos neurotóxicos crónicos por exposición a disolventes, se ha observado principalmente neuropatía periférica y encefalopatía tóxica leve en trabajadores expuestos.⁽⁶⁾

Muchos de los disolventes son reconocidos por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) como carcinógenas, por ejemplo: el benceno, el tetracloruro de carbono, tricloroetileno, y 1,1,2,2-tetracloroetano.

Según la NIOSH, los trastornos neurotóxicos figuran entre las diez principales enfermedades relacionadas con los riesgos de trabajo (enfermedades y accidentes).⁽⁷⁾

➤ RESUMEN

Introducción: En México existen cerca de 4,500 empresas que manejan disolventes, en las cuales laboran aproximadamente 300 mil trabajadores, y cuyo contacto con estos compuestos aumenta cada año.

Las alteraciones que se producen por la exposición a disolventes son principalmente a nivel de sistema nervioso, sin embargo todo disolvente que este en contacto con la piel producirá dermatitis de contacto, que puede variar desde una simple irritación a un daño sistémico de la misma.

Los efectos neurotóxicos agudos que producen los disolventes en los trabajadores son narcosis, anestesia, depresión, paro respiratorio, inconciencia y la muerte. Estos efectos son el resultado de la acción farmacológica de los disolventes dentro del Sistema Nervioso Central (SNC). En estudios que se han realizado en personas voluntarias se han observado alteraciones en la función psicomotora, medida por el tiempo de reacción, la destreza manual, la coordinación o el equilibrio.

En cuanto a los efectos neurotóxicos crónicos por exposición a disolventes, se ha observado principalmente neuropatía periférica y encefalopatía tóxica leve en trabajadores expuestos.

El Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) recomienda realizar determinaciones de las concentraciones de disolventes en el lugar de trabajo, realizar los controles de ingeniería adecuados, proporcionar equipo de protección personal a los trabajadores expuestos y realizar programas de concientización, todo esto con la finalidad de reducir la exposición de los trabajadores a los disolventes.

Objetivos: 1. Conocer la prevalencia de los efectos neuroconductuales, visuales, y dermatológicos en un grupo de trabajadores de la industria de las artes graficas que durante su jornada de trabajo utilizan disolventes y en otro grupo que no los utilizan.

2. Evaluar a nivel ambiental y personal las concentraciones de: tolueno, xileno, benceno, alcohol isopropílico y metil-etil-cetona en las áreas que utilizan y en las que no utilizan disolventes, y cotejarlos contra los límites máximos permisibles de exposición.

3. Conocer si existen variaciones en las frecuencias de los efectos neuroconductuales al relacionarlos con otras características de los grupos, como la antigüedad en la empresa y la edad de los trabajadores.

Metodología: Se realizó un estudio analítico de tipo transversal comparativo en una empresa de artes gráficas situada en el D.F. Se seleccionó dentro de esta a las áreas y a los trabajadores en las cuales debido a las características del proceso productivo utilizaban o no disolventes, y se conformaron dos grupos de trabajadores (estudio y

comparación) y dos áreas de estudio (que utilizan y no utilizan disolventes). En total participaron 76 trabajadores (38 de cada grupo), del género masculino, con un promedio de edad de 32 en el grupo de estudio y 29 años en el grupo de comparación, escolaridad mínima de secundaria y antigüedad mínima de un año, sin adicciones o enfermedades de importancia.

Se realizó el muestreo ambiental y personal de tolueno, benceno, alcohol isopropílico, metil-etil-cetona y xileno en las áreas que utilizan y no disolventes, conforme lo establece la NOM-010-STPS-1999.

Los efectos que se evaluaron fueron: *a) Neuroconductuales*: alteraciones en el dominio cognitivo, cognitivo-motor, motor y afectivo; *b) Visuales (sensoriales)*: alteraciones en la percepción de colores o discromatopsias adquiridas; y *c) Dermatológicos*: dermatitis de contacto irritativa.

Para la evaluación de los efectos se utilizaron: *a) Neuroconductuales*: batería de 10 pruebas neuroconductuales las cuales incluían: fluidez verbal, puntería II, Benton, vigilancia de dígitos, senderos A, dígitos, dígitos y símbolos, examen neurológico cuantitativo de Panisset, inventario breve de síntomas y prueba de fatiga de Yoshitake; *b) Visuales*: tablas Pseudoisocromáticas de Ishihara; *c) Dermatológicos*: exploración física.

Para el análisis de los datos se utilizó el programa estadístico SPSS versión 12.0.

Resultados:

Efectos neuroconductuales: Se encontró una mayor prevalencia de efectos cognitivos ($p < 0.01$), cognitivo-motor ($p < 0.000$) y afectivos ($p < 0.01$), en el grupo de estudio que en el grupo de comparación. Las diferencias significativas entre los grupos fueron principalmente en las pruebas de Dígitos y símbolos, Vigilancia de dígitos, Fluidez verbal, Senderos A, Puntería II, y en la mayoría de los síntomas neuropsicológicos y neuropsiquiátricos.

Efectos visuales: Se observó que 18% del grupo de estudio y 3% del grupo de comparación presentaron discromatopsia ($p < 0.05$), la cual en ambos grupos fue tipo I (deficiencia en el componente rojo-verde), y unilateral.

Efectos dermatológicos: En cuanto a la prevalencia de dermatitis de contacto irritativa se encontró que en el grupo de estudio 29% la presentaron y 8% en el grupo de comparación ($p < 0.005$). En ambos grupos, las áreas del cuerpo que se vieron más afectadas fueron las manos y los brazos. Los signos en la piel que se presentaron en el grupo de estudio fueron: eritema, xerosis, hiperqueratosis y otros; y en el grupo de comparación xerosis e hiperqueratosis.

Monitoreo ambiental: Se encontraron diferencias significativas entre el área que utiliza y no utilizan disolventes en 2 de los 5 disolventes que se muestrearon (isopropílico y metil-etil-cetona). En el área que utilizan disolventes se encontraron concentraciones por arriba de los límites

máximos permisibles de exposición del alcohol isopropílico, xileno, metil-etil-cetona y benceno; y en el área que no utilizan únicamente benceno y metil-etil-cetona estuvieron por arriba de los límites máximos permisibles de exposición.

Monitoreo personal: Se observaron diferencias significativas entre los grupos en la metil-etil-cetona y el alcohol isopropílico. Y únicamente en las áreas consideradas que utilizan disolventes se encontraron concentraciones por arriba de los límites máximos permisibles de exposición de metil-etil-cetona y xilenos.

Conclusión: La exposición a disolventes en estos trabajadores produce principalmente: alteraciones en la memoria, atención, percepción, precisión y rapidez motora; así como síntomas de somatización, obsesivo-compulsivos, sensibilidad interpersonal, ansiedad, hostilidad, ansiedad fóbica, paranoia, psicotismo, síntomas adicionales y fatiga patológica; también produce discromatopsia adquirida tipo I y dermatitis de contacto irritativa. Los disolventes que están relacionados con dichas alteraciones son alcohol isopropílico, xileno, metil-etil-cetona y el benceno.

En base a lo anterior resulta importante realizar las medidas necesarias para mantener niveles de exposición que no representen un riesgo para la salud de los trabajadores expuestos a disolventes; así como también es necesario realizar evaluaciones médicas específicas que nos permitan detectar alteraciones sutiles en la función psicológica y del comportamiento, que muchas veces resultan imperceptibles tanto para el trabajador como para el médico de la empresa, y que de continuar con la exposición pueden llegar a producir importantes trastornos funcionales, muchos de ellos irreversibles, que interfieren con la ejecución de sus tareas rutinarias e incrementan los riesgos de trabajo.

➤ **PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

La exposición a disolventes provoca alteraciones tanto físicas como psicológicas a concentraciones aún por debajo de los límites máximos permisibles. La exposición aguda genera una disminución inmediata y profunda de la función mental, fácilmente reconocida por el trabajador y por el médico de la empresa. Exposiciones crónicas a concentraciones bajas, provocan principalmente alteraciones a nivel de sistema nervioso central que se expresan inicialmente como cambios sutiles en la función psicológica y en la conducta que podría interferir con la ejecución de su trabajo e incrementa la probabilidad de un accidente.

La evaluación de la exposición a agentes químicos, consiste en estimar la magnitud del riesgo y sus características, siendo el objetivo final la obtención de datos suficientes que permitan decidir con criterio, sobre las medidas preventivas que ayuden a controlar la exposición de los trabajadores a dichas sustancias.

Considerando lo anterior, en este estudio se planteó como problema conocer la prevalencia de los efectos neuroconductuales, visuales (sensoriales) y dermatológicos en los trabajadores de una empresa de artes gráficas, así como las concentraciones de tolueno, xileno, benceno, alcohol isopropílico y metil-etil-cetona a las que están expuestos dichos trabajadores.

➤ MARCO TEÓRICO

□ Industria De Las Artes Gráficas

Entre los factores de riesgo a los que se exponen los trabajadores de las artes gráficas se encuentran: el contacto con máquinas peligrosas (guillotinas, troqueladoras, impresoras, etc.), uso de productos químicos peligrosos (disolventes orgánicos), la manipulación de cargas, el ruido y las deficientes condiciones de seguridad e higiene de los locales en lo que se refiere a equipo de protección personal, monitoreos ambientales y personales, orden, limpieza, iluminación y ventilación. Así como aquellos factores de riesgo relacionados con la organización del trabajo (implantación de nuevas tecnologías, trabajo a turnos, presión en la producción, etc.).

Un rasgo característico del sector de las artes gráficas es que está sujeto a continuos cambios tecnológicos y las empresas, tanto grandes como pequeñas, basan buena parte de su competencia en los plazos de entrega del producto terminado a los clientes.

Actualmente, existen cinco categorías de procesos de impresión: flexografía, huecograbado, tipografía, litografía y serigrafía. El tipo de exposición propio de cada proceso depende de las tintas de impresión utilizadas y de la probabilidad de inhalación (neblinas, vapores de disolventes, etc.), así como del contacto con la piel durante las operaciones de limpieza. ⁽¹⁴⁾

Tabla 1.
Tipos de procesos de impresión.

Proceso	Características
Flexografía:	Es una técnica de impresión en relieve, puesto que las zonas impresoras de la forma están realizadas respecto de las zonas no impresoras.
Huecograbado:	Llamado también rotograbado es una técnica de impresión en el cual las imágenes son transferidas al papel a partir de una superficie cuyas depresiones contienen tinta.
Tipografía:	Es la técnica del manejo y selección de tipos de letra, originalmente de plomo, para crear trabajos de impresión.
Litografía:	Es un procedimiento de impresión, hoy casi en desuso, salvo para la obtención y duplicación de obras artísticas, En esta proceso se utiliza una piedra caliza pulimentada sobre la que se dibuja la imagen a imprimir con una materia grasa, bien sea mediante lápiz o pincel.
Serigrafía:	Es un método de reproducción de documentos e imágenes sobre casi todos los materiales, que consiste en transferir una tinta a través de una gasa (anteriormente era con una seda,

tensada en un marco, de ahí el nombre), el paso de la tinta se bloquea en las áreas donde no habrá imagen mediante una emulsión o barniz, quedando libre la zona donde pasará la tinta.

Fuente: OIT: Industria de las artes gráficas, fotografía y reproducción. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Tomo 3: Cáp. 85, 1998

Es importante señalar que la composición de las tintas varía, ya que algunas están formadas por pigmentos orgánicos o inorgánicos, vehículos grasos o disolventes, así como aditivos añadidos para atender aplicaciones de impresión especiales.

Tabla 2.
Exposiciones potenciales según tipo de proceso de impresión.

Proceso	Tipo de tinta	Disolvente	Exposiciones potenciales
Flexografía y huecograbado	Tintas líquidas (baja viscosidad)	Volátiles agua	Disolventes orgánicos: xileno, benceno
Tipografía y litografía	Tintas compactas (viscosidad elevada)	Aceites: vegetales y minerales	Neblina de tinta: disolventes hidrocarbonados; isopropanol; hidrocarburos aromáticos policíclicos
Serigrafía	Tintas semifluidas	Volátiles	Disolventes orgánicos: xileno, ciclohexona, acetato de butilo

Fuente: OIT: Industria de las artes gráficas, fotografía y reproducción. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Tomo 3: Cáp. 85, 1998

□ Disolventes

▪ Definición⁽¹⁵⁾

Un disolvente es cualquier sustancia, por lo general un líquido a temperatura ambiente, que disuelve otra sustancia y origina una solución (mezcla con dispersión uniforme).

▪ Clasificación⁽¹⁶⁾

Los disolventes pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos. Normalmente sólo se consideran como tales a los que en condiciones normales de presión y temperatura se presentan en estado líquido.

Dentro de los disolventes líquidos distinguimos:

- * Acuosa: usados para disolver sustancias polares, sus propiedades físicas son las mismas del agua; y las químicas dependen de las sustancias que contengan.
- * Orgánicos: sustancias químicas, o mezcla de las mismas, que son capaces de disolver sustancias no hidrosolubles y que por sus propiedades disolventes tienen múltiples aplicaciones en diversas tecnologías industriales-laborables. Los incluidos en este grupo son los considerados propiamente como disolventes.

Se utilizan cientos de sustancias químicas individuales para elaborar más de 30,000 disolventes industriales. Tienen propiedades físicas, químicas y toxicológicas que ayudan a clasificar este gran grupo de sustancias químicas en familias que comparten características o aspectos distintivos.

Tabla 3.
Clasificación de los disolventes industriales.

Hidrocarburos Alifáticos: Hexano.
Hidrocarburos de Cadena Cerrada o Cíclicos: Ciclopropano, naftenos
Hidrocarburos Aromáticos: Benceno, tolueno, xileno
Hidrocarburos Halogenados: Cloruro de metileno, tricloroetileno
Alcoholes: Metanol, etanol.
Glicoles: Etilenglicol, propilenglicol.
Éteres: Éter etílico, óxido de etileno, etilenglicol.
Cetonas: Acetona, metilbutilcetona.
Esteres: Acetato de etilo
Misceláneas: Disulfuro de carbono, el óxido nítrico y otros similares

Fuente: Pérez C. Resumen disolventes

■ Usos⁽¹⁷⁾

Los usos más importantes de los disolventes incluyen:

- * Usos en limpieza y desengrasado de piezas de maquinaria, metales, plásticos y textiles.
 - * Usos en limpieza en seco.
 - * Constituyentes de pinturas, barnices, ceras, abrillantadores de zapatos y suelos, tintas, adhesivos, combustibles para motores, anticongelantes, productos farmacéuticos y conservantes de tejidos.
 - * Usos en el proceso de fabricación de gomas artificiales, cueros, plásticos, textiles y explosivos.
 - * Parte de fórmulas terapéuticas y desinfectantes.
 - * Parte de pesticidas, plaguicidas y herbicidas.
 - * Usos en procesos de extracción de grasas, aceites y sustancias medicinales de semillas, frutos secos y huesos.
 - * Usos en diferentes reacciones químicas y procedimientos de laboratorio.
-
- Propiedades de los disolventes ⁽¹⁸⁾
 - * Son compuestos líquidos y de peso molecular ligero
 - * Son sustancias poco polares, y por tanto escasamente miscibles en agua, que manifiestan una gran lipofilia.
 - * Poseen gran volatilidad, por lo que presentan una alta presión de vapor, pudiendo pasar fácilmente a la atmósfera en forma de vapor durante su manejo y por ello susceptibles de ser inhalados fácilmente.

- * Tienen unos puntos de ebullición relativamente bajos.
- * Su composición puede variar con el tiempo, dada su volatilidad y elevada presión de vapor, y por el hecho de que se contaminan con el uso.
- * Son sustancias combustibles cuyos vapores mezclados con el aire pueden dar lugar a mezclas inflamables y con riesgo de explosión.

- Farmacocinética⁽¹⁹⁾

Su introducción en el cuerpo humano depende de las características fisicoquímicas del disolvente y de la ventilación pulmonar a la que esté sometido el trabajador durante la exposición, es decir al mayor o menor esfuerzo físico que esté realizando en ese momento.

La retención o captación pulmonar (porcentaje de la dosis inhalada que se retiene y absorbe) para casi todos los disolventes orgánicos varía de 40 a 80% en reposo. Como las labores físicas aumentan la ventilación y el flujo sanguíneo, la cantidad de disolvente que llega a los alvéolos y la que se absorbe también aumentan. Los grados de ejercicio físico que suelen encontrarse en los sitios de trabajo aumentan la capacidad pulmonar de muchos disolventes en un factor de dos a tres veces el de reposo.

Una vez dentro del cuerpo los disolventes son rápidamente distribuidos a través del flujo sanguíneo, depositándose en los tejidos adiposos que envuelven los distintos órganos del cuerpo humano y desde allí se transmiten a los órganos propiamente dichos con efectos tóxicos. Otra parte del disolvente sufrirá una serie de transformaciones fundamentalmente en el hígado. Estas sustancias transformadas, llamadas metabolitos, son generalmente derivados hidrosolubles del disolvente y pueden eliminarse fácilmente por la orina.

No hay una regla general de biotransformación de los diferentes grupos de disolventes, incluso cada uno tiene su comportamiento particular.

- Absorción

Las principales vías de entrada para la acción tóxica sistémica de los disolventes son la respiratoria y la cutánea. La vía digestiva es la menos común en el ámbito laboral, habitualmente, las intoxicaciones por esta vía son accidentales (confusiones por contaminación de bebidas potables o intenciones criminales, homicidas y suicidas).

a) Pulmonar:

Ya que los disolventes orgánicos son muchas veces líquidos volátiles, y como los vapores son liposolubles y en consecuencia se absorben bien a través de la membrana alveolo-capilar, la principal vía de exposición laboral es la inhalación.

b) Cutánea:

La liposolubilidad de los disolventes orgánicos origina que la mayor parte se absorba a través de la piel en cierto grado después del contacto directo. Sin embargo, la absorción cutánea también depende de la hidrosolubilidad y volatilidad. Los disolventes que son solubles en lípidos y agua se absorben con mayor facilidad a través de la piel. Las sustancias muy volátiles se absorben menos ya que tienden a evaporarse en la piel a menos que se evite la evaporación por oclusión.

▪ Distribución

Como los disolventes son lipofílicos, tienden a distribuirse en los tejidos ricos en lípidos, como el tejido adiposo, sistema nervioso e hígado. Al ser distribuidos por la sangre, los disolventes también alcanzan a órganos con gran flujo sanguíneo, como músculo cardíaco y esquelético. Las personas con mayor cantidad de tejido adiposo, por ejemplo las mujeres, acumulan mayores cantidades de disolvente con el tiempo y en consecuencia elimina mayores cantidades a ritmo más lento después de cesar la exposición. Casi todos los disolventes cruzan la placenta y también se les encuentra en la leche materna.

▪ Metabolismo

Algunos disolventes se metabolizan en gran medida y otros en absoluto. El metabolismo de varios disolventes tiene una función clave en su toxicidad y en algunos casos en el tratamiento de la intoxicación. Diversos disolventes se metabolizan en común con el alcohol etílico (etanol) por la enzima deshidrogenasa de alcohol y aldehídos. La competencia por estas enzima explica los efectos sinérgicos (intolerancia al alcohol y rubor de desengrasadores), y puede originar reacciones en trabajadores que se exponen a estos disolventes en tanto toman disulfiram (antabuses) por alcoholismo.

▪ Eliminación

La eliminación es trascendental para la defensa antitóxica. Los disolventes se eliminan sobre todo mediante la espiración de compuestos sin modificar, eliminación de metabolitos por la orina o una combinación de ambos. La vida media biológica de los compuestos originales varía de unos minutos a varios días, de tal manera que algunos disolventes se acumulan en cierto grado durante el curso de la semana de trabajo en tanto que otros no.

a) Vía respiratoria:

Los disolventes, como sustancias volátiles, pueden eliminarse fácilmente por simples equilibrios tensionales, en la barrera alvéolo-capilar. Es una vía

muy rápida de eliminación, casi inmediata, sólo condicionada por el gradiente de las concentraciones diferenciales entre las de la sangre y el aire inspirado. Tal como entran, sin sufrir transformación, los disolventes se eliminan por los pulmones. A veces, al eliminarse por esta vía, producen un efecto irritante de salida atacando a las mucosas respiratorias.

b) Vía renal:

Es la vía de eliminación por excelencia para todos los metabolitos hidrosolubles, pero también pueden eliminar los propios disolventes. Este proceso es más lento, porque al ser compuestos liposolubles deben unirse a otros compuestos que actúan como transportadores y contribuyen a su eliminación.

▪ Efectos para la salud⁽²⁰⁾

Las alteraciones que producen los disolventes en el organismo depende de que disolvente se trate, ya que cada uno tiene diferente órgano diana. (Tabla 4)

Tabla 4.
Disolventes y órganos-diana.

Órganos - diana	Disolventes
Irritantes dérmico - mucosos	Alifáticos, trementina
Narcótico-anestésico - SNC	Alifáticos, aromáticos
Tóxicos sobre nervio óptico	Metanol, sulfuro de carbono
Nefrotóxicos	Glicoles
Cardiotóxicos	Halogenados, benceno
Sobre funciones reproductoras	Benceno, halogenados, etileno, tetracloroetileno, estireno
Cancerígenos	Benceno, tricloroetileno

Fuente: Resumen Disolventes

Tabla 5.
Efectos en la salud según sistema o aparato por la exposición a disolventes.

Sistema o Aparato	Manifestaciones	Ejemplos
Sistema nervioso central (SNC)	Amnesia, confusión, dificultad para concentrarse, fatiga y cefaleas crónicas	Tolueno, xileno y naftas
Sistema nervioso periférico (SNP)	Entumecimiento y hormigueo de las extremidades	n-Hexano, metil etil cetona y 1,1,1-tricloroetileno
Nervios craneales	Entumecimiento facial Perdida adquirida de la visión cromática y ceguera	Tricloroetileno, estireno y metanol
Aparato digestivo	Hígado adiposo y hepatitis química	Xileno y 2-nitropropano
Riñones	Glomerulonefritis	Hidrocarburos aromáticos
Sistema hemático	Anemia aplásica y leucemia Anemia	Benceno Esteres de etilenglicol
Aparato reproductor	Aborto espontáneo Síndrome de alcoholismo fetal	Esteres de glicol y etanol

Fuente: Bowler, R. Secretos de la medicina del trabajo. México, pp. 39 - 43, 2001

Sin embargo en el caso de los disolventes orgánicos, los efectos son principalmente a nivel de sistema nervioso, el contacto con la piel

producirá dermatitis de contacto, que puede variar desde una simple irritación a un daño sistémico de la misma.

Los efectos neurotóxicos agudos que producen los disolventes en los trabajadores son narcosis, anestesia, depresión, paro respiratorio, inconciencia y la muerte. Estos efectos son el resultado de la acción farmacológica de los disolventes dentro del Sistema Nervioso Central (SNC). En estudios que se han realizado en personas voluntarias se han observado alteraciones en la función psicomotora, medida por el tiempo de reacción, la destreza manual, la coordinación o el equilibrio.⁰

En cuanto a los efectos neurotóxicos crónicos por exposición a disolventes, se ha observado principalmente neuropatía periférica y encefalopatía tóxica leve en trabajadores expuestos.

Muchos de los disolventes son reconocidos por el Instituto Nacional de Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH) como carcinógenas, por ejemplo: el benceno, el tetracloruro de carbono, tricloroetileno, y 1,1,2,2-tetracloroetano.⁽²¹⁾

- Características de los principales disolventes utilizados en los talleres de impresión
 - ❖ Benceno⁽²²⁾

Limites:

Concentración máxima permitida: 10 ppm

TLV-TWA: 0,5 ppm ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)

Toxicidad:

Intoxicación aguda: El benceno se comporta como depresor del SNC (sistema nervioso central), en forma de excitación, para pasar rápidamente a una fase de depresión, con cefalea, fatiga, parestesia en manos y pies, vértigo y dificultad para la articulación de las palabras.

Exposición crónica: Pancitopenia, anemia aplásica y leucemia

El benceno esta listado por la IARC (International Agency for Research on Cancer) en el Grupo 1. Carcinógeno para el hombre, Leucemia, Aplasia medular.

Vigilancia médica:

Realizar semestralmente: Hemograma (hematocrito, hemoglobina, recuento de eritrocitos, recuento de leucocitos y fórmula leucocitaria.) y recuento de plaquetas

Realizar anualmente: Examen clínico con orientación:

- a) Dermatológica: Dermatitis irritativa
- b) Hematológica: Astenia, palidez, fiebre, gingivorragia, epistaxis
- c) Oftalmológica: Irritación conjuntival
- d) Otorrinolaringológica: Irritación de vías aéreas superiores
- e) Neumonológica: Traqueobronquitis
- f) Neurológica: Depresión del SNC, polineuropatía

Vigilancia biológica:

Ácido t, t-muconico en orina: Índice biológico de exposición: 500 µg/g de creatinina.

Ácido s-fenilmercapturico en orina: Índice biológico de exposición: 25 µg/g de creatinina.

Fenol en orina: Aunque no es un parámetro sensible se lo puede utilizar como alternativa

❖ Tolueno⁽²³⁾

Limites:

Concentración máxima permitida: 100 ppm

CMP-CPT: 150 ppm

TLV-TWA: 50 ppm (ACGIH)

Toxicidad

Intoxicación aguda: El tolueno se comporta como depresor del SNC.

Exposición crónica: En este caso no hay un solo tejido u órgano blanco, sino varios, como hígado, riñón, SNC y SNP (sistema nervioso periférico).

Puede ser causante de:

- a) Hepatopatías
- b) Tubulopatía proximal y distal
- c) Ataxia, temblores y alteraciones del comportamiento
- d) Polineuropatías

Vigilancia médica:

Realizar anualmente examen clínico con orientación:

- a) Dermatológica: Dermatitis irritativa, dermatitis eczematiforme crónica
- b) Gastroenterológica: Náusea, vómitos.

c) Neurológica: Ataxia, temblores, alteraciones del comportamiento, polineuropatía.

Realizar anualmente: Hepatograma, orina completa, hemograma y recuento de plaqueta.

Vigilancia biológica:

Ácido hipúrico en orina: Índice biológico de exposición: 1,6 g/g de creatinina

O-cresol en orina: Índice biológico de exposición: 0,5 mg/l.

Tolueno en sangre: Índice biológico de exposición: 0,05 mg/l.

❖ Xileno⁽²⁴⁾

Limites:

Concentración máxima permitida: 100 ppm

CMP-CPT: 150 ppm

TLV-TWA: 100 ppm (ACGIH)

TLV-STEL: 150 ppm

Toxicidad

Intoxicación aguda: Todos los isómeros del Xileno se comportan como depresores del SNC.

Exposición crónica: Puede ser causante de:

a) Dermatitis, que se manifiesta por piel seca, agrietada y eritematosa.

b) Disfunción neuroconductual: cefalea, labilidad emocional, fatiga, pérdida de la memoria, dificultad en la concentración, disminución del periodo de atención, etc.

Vigilancia médica:

Realizar anualmente examen clínico con orientación:

a) Dermatológica: Dermatitis aguda irritativa, dermatitis eczematiforme crónica

b) Gastroenterológica: Náusea, vómitos.

c) Neurológica: Ataxia, temblores, modificaciones del temperamento, polineuropatía.

Realizar anualmente: Hepatograma, orina completa, hemograma y recuento de plaqueta.

Vigilancia biológica:

Ácido metilhipurico en orina: Índice biológico de exposición: 1,5 g/g de creatinina

❖ Alcohol isopropílico⁽²⁵⁾

Limites:

Concentración máxima permitida: 400 ppm

CMP-CPT: 500 ppm

TLV-TWA: 400 ppm (ACGIH)

TLV-STEL: 500 ppm

Toxicidad:

Intoxicación aguda:

a) Vía inhalatoria: una exposición de 400 ppm de alcohol isopropílico produce: irritación de ojos, nariz y garganta.

b) Por ingestión: náusea, vómito, dolores gástricos e hipotensión. Puede llevar al coma. Una dosis de 1,5 g/kg puede ser fatal para el hombre.

Intoxicación crónica: El alcohol isopropílico (fabricación por el procedimiento del ácido fuerte) está calificado por la IARC en el Grupo 1. Carcinógeno para el hombre, Cáncer de Pulmón.

Vigilancia médica:

Realizar anualmente examen clínico con orientación:

a) Dermatológica: Dermatitis irritativa, dermatitis eczematiforme recidivante.

b) Oftalmológica: Irritación conjuntival, vesículas en la cornea, disminución de la agudeza visual.

c) Otorrinolaringológica: Irritación de vías aéreas superiores.

d) Neurológica: Depresión del SNC, coma, encefalopatía tóxica crónica.

De acuerdo a los hallazgos clínicos realizar Espirometría y/o Rx de tórax.

Realizar anualmente: Radiografía de tórax: Cáncer de pulmón.

Vigilancia biológica:

El isopropanol se metaboliza a acetona, este metabolito puede ser eliminado en orina utilizándolo como parámetro de exposición.

Valor normal en orina < a 2 mg/g de creatinina

❖ Metil-etil-cetona (2-butanona)^(26,27)

Limites:

Concentración máxima permitida: 5 ppm

TLV-TWA: 5 ppm

TLV-STEL/C: 10 ppm

Toxicidad:

Intoxicación aguda: Si bien se puede comportar como depresor del SNC, este es un efecto poco habitual por la ocurrencia de fuerte irritación de las conjuntivas y de las vías respiratorias con niveles menores de los necesarios para provocar aquella reacción.

Exposición crónica: Afecta principalmente SNP.

Vigilancia médica:

Realizar anualmente examen clínico con orientación:

- a) Dermatológica: Dermatitis irritativa, dermatitis eczematiforme recidivante.
- b) Oftalmológica: Irritación conjuntival, vesículas en la cornea,
- c) Otorrinolaringológica: Irritación de vías aéreas superiores.
- d) Neurológica: Cefalea, vértigo, depresión del SNC, coma, encefalopatía toxica crónica, neuropatía periférica sensitivo-motriz.

Se debe buscar por medio de la historia clínica, las siguientes manifestaciones:

Parestesias, debilidad muscular en manos y pies, reducción del reflejo aquileano, y calambres en los gemelos en reposo.

Vigilancia biológica:

2,5-Hexanodiona: valor normal en orina < a 4 mg/g de creatinina

□ Efectos neuroconductuales.

Se ha reportado que poco más de 750 productos químicos son potencialmente neurotóxicos; pero además, de una lista de 588 químicos para los cuales la American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) ha adoptado los respectivos valores límite (TLVs), cerca de un tercio (167) de estas sustancias afectan al sistema nervioso. Tan sólo en los Estados Unidos, en la década de los ochenta se estimaba que ocho millones de trabajadores podrían haber estado expuestos de tiempo completo a neurotóxicos, según NIOSH, 1988 (National Institute for Occupational Safety and Health.).⁽²⁸⁾

La neurotoxicología va adquiriendo cada día más importancia, debido a que aproximadamente el 21% de los productos químicos utilizados en la industria poseen propiedades neurotóxicas.⁽²⁹⁾

La función principal de la neurotoxicología es estudiar este tipo de sustancias y desarrollar metodologías lo suficientemente sensibles para evaluar los efectos sobre el SN en poblaciones de trabajadores expuestos.⁽³⁰⁾

Las sustancias neurotóxicas son definidas como aquellas que tienen una especial afinidad por el tejido nervioso, ocasionando alteraciones funcionales en él. ⁽³¹⁾

Dentro las sustancias catalogadas como neurotóxicas se encuentran: elementos naturales como el plomo, el mercurio y el manganeso; y compuestos sintéticos, como muchos pesticidas, disolventes industriales y monómeros.

Tabla 6.
Disolventes orgánicos asociados a neurotoxicidad.

Producto químico	Ejemplo de fuente de exposición	Selección de industrias con riesgo	Efectos ¹
Hidrocarburos clorados: 1,1,1- tricloroetano; tetracloroetileno	Desengrasado; galvanización; pinturas; impresión; limpieza; anestesia general y ligera	Industria metalúrgica; industria gráfica; industria electrónica; limpiezas en seco; anestesiastas	M: Desconocido A: Síntomas prenarcóticos C: Encefalopatía; polineuropatía; afectación trigeminal (TRI); pérdida de audición
Cloruro de metileno	Extracción, incluida la extracción de cafeína; decapante de pinturas	Industria alimentaria; pintores; industria Gráfica	M: Metabolismo -- CO A: Síntomas prenarcóticos; coma C: Encefalopatía
Cloruro de metilo	Producción y reparación de frigoríficos	Producción de frigoríficos; industria del caucho; industria de los plásticos	M: Desconocidos A: Síntomas prenarcóticos; pérdida de conciencia; muerte C: Encefalopatía
Tolueno	Impresión; limpieza; desengrasado; galvanización; pintura; pintura con pistola visuales	Industria gráfica; industria electrónica	M. Desconocido A: Síntomas prenarcóticos C: Encefalopatía; disfunción cerebelosa; polineuropatía; pérdida de audición; polineuropatía
Xileno	Impresión; síntesis de anhídrido ftálico; pinturas; técnicas histológicas de laboratorio	Industria gráfica; industria de los plásticos; laboratorios de histología	M: Desconocido A: Síntomas prenarcóticos C: Encefalopatía; trastornos visuales; pérdida polineuropatía de audición
Estireno	Polimerización; moldeado	Industria de los plásticos; producción de fibra de vidrio	M: Desconocido A: Síntomas prenarcóticos C: Encefalopatía; polineuropatía; pérdida de audición
Hexacarbono: n-		Industria del cuero y	M: Deterioro del

hexano: metil butil cetona (MBK); metil etil cetona (MEK)	Encolado; impresión; revestimientos plásticos; pinturas; extracción	del calzado; industria gráfica; pintores; laboratorios	transporte axonal A: Síntomas preñarcóticos C: Polineuropatía; encefalopatía
Disolventes diverso: Freón 113	Producción y reparación de frigoríficos; limpieza en seco; desengrasado	Producción de frigoríficos; industria metalúrgica; industria electrónica; limpieza en seco	M: Desconocido A: Síntomas preñarcóticos leves C: Encefalopatía
Dietileter: halotano	Anestésicos generales (personal de enfermería; médicos)	Hospitales; clínicas	M: Desconocido A: Síntomas preñarcóticos C: Encefalopatía
Disulfuro de carbono	Véase monómeros	Véase monómeros	Véase monómeros
Mezclas: aguarrás y diluyentes	Pintura; desengrasante; limpieza; impresión; impregnación; tratamiento superficial	Industria metalúrgica; industria gráfica; industria de la madera; pintores	M: Desconocido A: Síntomas preñarcóticos C: Encefalopatía

Fuente: OIT: Sistema Nervioso. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Tomo 1: Cáp. 7, 1998

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.

La mayoría de los neurotóxicos conocidos en la actualidad se han identificado por informes de casos o por accidentes.

La neurotoxicidad es un término que hace referencia a aquellas alteraciones funcionales, estructurales y bioquímicas producidas en el SN y que conllevan a la manifestación de diferentes clases de efectos adversos como consecuencia de una exposición a un producto químico.⁽³²⁾

Un efecto adverso implica un cambio que produce una desregulación o alteración del SN. La naturaleza de dicho cambio puede ser neuroquímica, morfológica, o relacionada con la conducta y puede manifestarse transitoria o permanentemente.⁽³³⁾

Los xenobióticos o sus metabolitos, responsables de este efecto adverso como resultado de la interacción directa con el SN, se denominan agentes neurotóxicos. Por el contrario, si una sustancia no actúa directamente sobre el SN pero sí puede provocar alteraciones en él mediante la interacción con otros órganos (hígado, riñones, etc.), no debe ser definida como agente neurotóxico. Por ejemplo, algunas sustancias carcinógenas como las aflatoxinas, o la dimetilnitrosamina producen cambios en el comportamiento, lo que implica un efecto neurotóxico; sin embargo, dicho efecto es un proceso secundario derivado del propio efecto carcinogénico que generan en el hombre.⁽³⁴⁾

El efecto adverso producido por el neurotóxico depende de numerosos factores como son: las propiedades fisicoquímicas del agente químico, la dosis recibida y la vía de exposición, así como de otros parámetros relacionados con los individuos expuestos como edad, sexo, estado de salud general, factores dietéticos, o especial sensibilidad.

Las sustancias químicas no afectan el sistema nervioso de la misma manera y tienen distintos perfiles de daño. Estas sustancias pueden afectar diferentes partes, incluyendo funciones sensoriales, motoras, cognitivas y afectivas. Los efectos agudos de la exposición son generalmente bien conocidos y muchas veces reversibles. Sin embargo, si la dosis del tóxico es suficientemente elevada, la persona expuesta puede sufrir secuelas neurológicas importantes.

El sistema nervioso tiene una gran capacidad de compensación y adaptación. Estas características le permiten al principio mantener su funcionamiento a pesar de la presencia de la sustancia tóxica, y en esa etapa inicial la homeostasis está conservada. Si la exposición continúa en cantidad y duración, aumentando así la dosis acumulada, se pierde el equilibrio y se presentan las primeras manifestaciones, que son frecuentemente síntomas no específicos como fatiga, disminución de la capacidad de concentración, problemas de memoria y cefalea. Posteriormente se encuentran cambios en las funciones cognitivas, motoras, sensoriales y del estado de ánimo.

Por otra parte, la sintomatología observada puede variar dependiendo de si la exposición es aguda o crónica, siendo en este último caso más complicado el detectar con cierta exactitud los síntomas que puedan producirse. Por ejemplo, el n-hexano, en exposiciones agudas a bajas dosis, es un depresor del SNC, dando lugar a dolor de cabeza y anoxia, mientras que a altas dosis puede causar estupor, confusión y coma; sin embargo, en exposiciones crónicas, produce polineuropatías.⁽³⁵⁾

La mayoría de los agentes neurotóxicos actúan tanto a nivel del SNC como del SNP. Los que afectan únicamente a este último son más fáciles de reconocer porque los síntomas observados son más específicos.

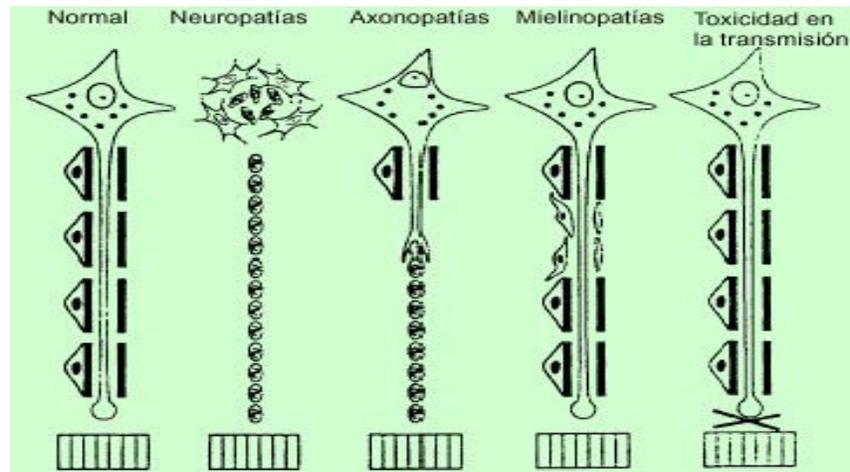
La complejidad del funcionamiento y anatomía del sistema nervioso, su interrelación con otros sistemas y la falta de capacidad regeneradora de las neuronas, dificulta en ocasiones el poder establecer qué tipo de mecanismo de acción emplea un agente neurotóxico. No obstante, las exposiciones a sustancias neurotóxicas pueden producir tres tipos de alteraciones principalmente:

a) Alteraciones sensoriales, en cualquiera de los cinco sentidos.

- b) Alteraciones motoras, lo que puede conducir a parálisis de menor o mayor grado.
- c) Alteraciones en la capacidad de aprendizaje, retención de memoria, cambios emocionales (irritabilidad, aprensión, etc.).⁽³⁶⁾

Dichas alteraciones son causadas por alguno de los siguientes mecanismos de acción neurotóxica que determinan la interacción directa entre el SN y el xenobiótico o su/s metabolito/s.

Fig. 1
Mecanismos de acción neurotóxica.



Fuente: NTP 352: Neurotoxicidad: estudio de la visión cromática

Neuropatías

Este mecanismo hace referencia a aquellas sustancias que actúan directamente sobre las neuronas, provocando su degeneración e incluso su muerte. El proceso de degeneración neuronal, una vez que ha tenido lugar, es irreversible y permanente.

En general, el efecto provocado por esta clase de agentes neurotóxicos se caracteriza por la aparición de encefalopatías, produciendo en algunos casos una disfunción global y, en otros, un efecto más concreto, debido a la especificidad del neurotóxico por un grupo de neuronas determinadas dando lugar en este supuesto a una pérdida de funcionalidad muy particular. Por ejemplo, el trimetilestaño.⁽³⁷⁾

Axonopatías

En este caso, el agente neurotóxico actúa directamente sobre el axón. El axón degenera y provoca una desnaturalización de la mielina que envuelve al mismo, lo que puede producir un "gap" o ruptura del axón quedando el cuerpo neuronal intacto. La consecuencia principal de este hecho es la dificultad en la transmisión del impulso nervioso. Si la acción

neurotóxica tiene lugar sobre los axones del SNC el proceso es irreversible; por el contrario, el efecto tóxico sobre los axones del SNP puede ser reversible. Ejemplo, ésteres de organofosforados.⁽³⁸⁾

Mielinopatías

El agente neurotóxico interactúa directamente con la mielina o con las células mielinizantes o productoras de mielina (oligodendrocitos en el SNC y células de Schwann en el SNP). La mielina se desnaturaliza, produciéndose la separación con el axón (edema intramielínico) y la consiguiente pérdida selectiva de la misma (desmielinización). La gravedad de este efecto depende directamente de la extensión de la desmielinización y de si el SNP o el SNC es el sistema afectado. En cualquier caso, la principal consecuencia de este hecho es la alteración de la transmisión del impulso nervioso, o en casos graves, cuando la desmielinización es más extensa, puede producirse un bloqueo de la transmisión del mismo. Debilidad, alteraciones sensoriales, parestesia, son síntomas observados en este tipo de anomalías.

Algunos metales, como el plomo y el telurio, ejercen su acción neurotóxica sobre las células de Schwann en el SNP mientras que el hexaclorofeno y trietilestaño ejercen su acción directamente sobre la mielina.⁽³⁹⁾

Toxicidad asociada a la neurotransmisión

Existe un grupo importante de sustancias (drogas, productos farmacológicos sintéticos, etc.) que interactúan con receptores específicos del SN alterando la comunicación intercelular (transináptica). La principal consecuencia es la interrupción parcial o total del impulso nervioso. El efecto agudo de estas sustancias depende directamente de la concentración a la que se encuentran en el lugar de interacción. Por ejemplo, la cocaína.⁽⁴⁰⁾

A pesar de conocer algunos de los efectos en la salud por exposición a disolventes, aún se desconoce mucho acerca de los mecanismos de acción de los disolventes y de las relaciones entre las dosis, el tiempo de exposición y las respuestas biológicas. Se ha propuesto que algunos efectos asociados a la exposición aguda se deben a la incorporación de moléculas del disolvente dentro de la membrana de las células nerviosas, modificando así la transferencia iónica que es la base de muchas funciones celulares. Esta propiedad también explica su rápida distribución en órganos ricos en grasa como el cerebro, el hígado y las glándulas adrenales. Las membranas de todas las células están formadas por una doble capa de lípidos en donde se encuentran ciertos sistemas enzimáticos. En presencia de moléculas polares, como algunos disolventes orgánicos, la conformación y la actividad de las enzimas pueden modificarse. Por otro lado, también se ha propuesto que los efectos de la

exposición crónica se deben a que los disolventes al ser biotransformados para eliminarse, pueden producir metabolitos más tóxicos que el disolvente original.⁽⁴¹⁾

Los efectos crónicos de la exposición a disolventes orgánicos, frecuentemente se asocian con daño orgánico del sistema nervioso que reportan investigaciones clínicas y morfológicas. La pérdida de células nerviosas, así como otra degeneración orgánica puede aparecer como una atrofia general, axonopatía o desmielinización.

La disfunción neurológica comúnmente esta relacionada con los cambios estructurales del tejido nervioso. El grado de cambio neuroconductual producido por disolventes neurotóxicos esta más asociado a la dosis y duración de la exposición. Esto es, el tipo de daño neurológico esta relacionado con la estructura del agente químico, mientras que el grado de deterioro y la posibilidad de reversibilidad están asociados a la dosis y duración de la exposición.

La mayoría de los estudios clínicos se han enfocado a la exposición crónica a niveles bajos de disolventes. En estos estudios se han empleado algunos disolventes como tolueno y xileno. Se han evaluado diferentes parámetros, tanto conductuales como fisiológicos, y de esta manera se ha determinado que, entre los efectos que causan los disolventes orgánicos en el hombre, destacan la pérdida de la memoria, alteraciones de la coordinación motora, neuropatía óptica y disfunción auditiva. Sin embargo, en la investigación clínica también se dificulta la determinación de una relación exacta de dosis-efecto debido a que en el hombre intervienen otros factores difíciles de controlar como el uso de otras drogas, la alimentación, el uso de mezclas de disolventes más que de sustancias individuales, entre otros factores.⁽⁴²⁾

Se han alcanzado progresos significativos en años recientes, tanto en la conceptualización de estrategias para evaluar la neurotoxicidad, como en el desarrollo de técnicas para examinar la exposición a sustancias neurotóxicas, al tiempo de que existen limitaciones para conocer los niveles reales de exposición. Un enfoque ha sido, por ejemplo, partir de métodos de pestisaje con pruebas conductuales y neuropatológicos, como primera etapa para pasar después a pruebas con técnicas más específicas que permitan corregir los efectos.

Ante la situación de que no existen niveles seguros de exposición, es necesario focalizar la atención sobre los cambios subclínicos para asegurar niveles adecuados de salud, sobre todo para contribuir a establecer

medidas que prevengan la manifestación de efectos adversos en un mundo donde la supresión total del riesgo es prácticamente inalcanzable.

Desde hace mucho tiempo se han observado síntomas y signos neurológicos subclínicos en trabajadores activos expuestos a neurotóxicos; sin embargo, hasta mediados de los 60 se centraron los esfuerzos de la investigación en el desarrollo de baterías de pruebas sensibles capaces de descubrir alteraciones sutiles, leves de las funciones perceptivas, psicomotoras, cognitivas, sensitivas y motoras, y en la afectividad presentes en las primeras etapas de la intoxicación.⁽⁴³⁾

A partir de mediados de la década de los sesenta se inicia la investigación relacionada con los problemas conductuales que presentan las personas expuestas ocupacionalmente a neurotóxicos, estos estudios cobran mayor auge a partir de la década siguiente

Desde los años ochenta, un número creciente de investigaciones se ha orientado hacia la identificación de alteraciones neurotóxicas precoces en ausencia de cuadros definidos de enfermedad. Lo cual ha generado cerca de doscientos cincuenta pruebas, lo que ocasiona que los diferentes estudios no se pueden compara fácilmente.

Con el fin de estandarizar un número de pruebas limitadas, se han desarrollado varias baterías de pruebas. Entre ellas cabe destacar la "Neurobehavioral Core Test Battery" (NCBT), avalada y difundida por la Organización Mundial de la Salud, 1986, el "Neurobehavioral Evaluation System" (NES), 1991 y el "Swedish Performance Evaluation System" (SPES), 1996.⁽⁴⁴⁾

Tabla 7.
Dominios funcionales y pruebas de dos baterías neuroconductuales dominantes en el futuro inmediato.

Dominio funciona	NCTB	NES2
Humor/personalidad	Perfil de los Estados de Humor (Profile of mood status, POMS)	Perfil de los Estados de Humor (Profile of mood status, POMS)
Destreza Manual Cruda	Tablero Santa Ana	Tamboileo de dedos (Finger tapping)
Músculos finos de la mano	Pursuit Aiming II	Coordinación ojo-mano (Eye-hand coordination)
Memoria recuerdo (Recall)	Memoria de dígitos (Digit spam)	Memoria de dígitos (Digit spam)
Reconocimiento (Recognition)	Memoria de Benton (Benton Memory)	Memoria de Benton (Benton Memory)
Vigilancia	Tiempo simple de reacción (Simple reaction time)	Prueba de reacción continua (continuous performance)
Velocidad perceptual	Dígitos y Símbolos (Digit-Symbol)	Dígitos y Símbolos (Digit-Symbol)

Manual de pruebas neuroconductuales. Centro Educativo de Salud de Trabajadores, Costa Rica 2000.

Existen diversos niveles en los que se puede evaluar al sistema nervioso, ellos incluyen los ejes anatómicos, bioquímicos, electrofisiológico y conductual (psiquiátrico, psicológico y psicométrico). Consecuentemente, hay múltiples técnicas para medir los fenómenos neurológicos y conductuales. Entre ellos, mencionaremos la angiografía, tomografía axial computarizada, neumoencefalografía, electroencefalografía (en reposo y potenciales evocados), exámenes neurológicos y psiquiátricos, y pruebas psicométricas que se organizan en forma de baterías de pruebas. En la mayor parte, estas técnicas se desarrollan para diagnosticar condiciones evidentes clínicamente, excepto las pruebas psicométricas y electrofisiológicas, que recientemente, han sido usadas en estudios epidemiológicos para el diagnóstico precoz de los efectos neuroconductuales derivados de la exposición ocupacional a neurotóxicos.⁽⁴⁵⁾

Las pruebas psicométricas miden funciones de la actividad psíquica, que se pueden ubicar en cuatro áreas: ⁽⁴⁶⁾

- * Funciones cognitivas: memoria, percepción, atención
- * Funciones sensoriales: agudeza visual, visión de colores, olfato
- * Funciones motoras: fuerza, destreza manual, tiempo de reacción, coordinación óculo-manual y precisión.
- * Estados afectivos, humor, rasgos de la personalidad.
- * Síntomas subjetivos: esas funciones pueden ser evaluadas a lo largo de tres ejes: velocidad, exactitud y capacidad.

Para realizar la evaluación integral de la función neuroconductual es necesario realizar:

- 1) La historia social, médica y laboral.
- 2) Un cuestionario de síntomas dirigido a funciones del SNC.
- 3) Un breve examen clínico de condiciones neurológicas.
- 4) Una batería de pruebas psicométricas.

En las pruebas neuroconductuales algunas características de los individuos estudiados pueden intervenir en los resultados, como son⁴⁰:

La edad, la cual es un factor que juega un papel dominante en los resultados de prácticamente todas las pruebas neurológicas. La capacidad del sistema nervioso varía mucho con la edad. Los niños tienen menor capacidad que los adultos, mientras que después de cierta edad la capacidad se reduce lentamente. En estudios transversales lo mejor es buscar para cada expuesto un control de aproximadamente de la misma edad.

El nivel de escolaridad es quizás el predictor más importante en las pruebas cognitivas. Las personas que saben leer bien y que están acostumbradas a realizar tareas abstractas, tendrán mejores resultados en pruebas de memoria, codificación y vigilancia que personas que tienen pocos años de educación. Por ello siempre se debe tomar en cuenta los años de educación de las personas. En estudios donde se compara un grupo expuesto con un grupo control, el grupo control debe tener un mismo nivel de escolaridad.

El género es un factor que se debe tomar en cuenta desde el diseño del estudio porque los resultados de muchas pruebas son diferentes para hombres y mujeres debido a diferencias en masa muscular, estatura, etc. La estrategia más adecuada es analizar los datos de mujeres y hombres por separado o, en el caso de un estudio que compara un grupo expuesto con un grupo control, procurar que cada expuesto tenga un control del mismo género.

A continuación se citan en forma cronológica algunos estudios que evalúan los efectos en sistema nervioso de los disolventes llevados a cabo en la industria.

1965 Browning: Es de los primeros que identifica síndromes o llamados psicosis orgánicas y otros efectos en el sistema nervioso central después de la exposición a disolventes.⁽⁴⁸⁾

1966 Knox, Nelson y 1976 Axelson: Estos autores señalan que los pacientes con intoxicación por disolventes expresan quejas inespecíficas como:

alteraciones de la memoria, perturbaciones del sueño, cefalea y escritura irregular; las cuales pueden indicar mal funcionamiento del sistema nervioso central como efectos de exposición prolongada a disolventes orgánicos; formarían parte de un psicossíndrome orgánico y de otros síntomas de tipo psíquico.⁽⁴⁹⁾

1973 Seppalainen: En un estudio preliminar del Instituto de Salud Ocupacional de Finlandia, encontró incremento en la frecuencia de EEG anormales en trabajadores relacionados con la exposición a disolventes.⁽⁵⁰⁾

1974 Giuliano: Describe anomalías de los trabajadores con exposición industrial a disolventes. Encontró alteraciones en el EEG en 27% y datos limítrofes en el 32% de trabajadores de una fábrica de calzado. Los hallazgos fueron compatibles con daño cerebral difuso.⁽⁵¹⁾

1974 Billmaier, Abbritti 1976, y Herskowitz 1971: La exposición a disolventes o sus mezclas como por ejemplo: gomas, pinturas, limpiadores, han causado polineuropatías en las cuales destaca la disminución en la velocidad de conducción.⁽⁵²⁾

1975 Allen y Chianchetti 1976: Citan las quejas frecuentes de parestesia, hiperestesia o dolor en brazos y piernas por parte de los trabajadores quienes, a su vez, presentaban lentificación en la velocidad de conducción de los nervios que los autores calificaron como una señal de incipiente neuropatía.⁽⁵³⁾

1955 Grandjean: Identifico "deterioro" psicológico generalizado en trabajadores expuestos libremente a disolventes orgánicos.⁽⁵⁴⁾

1973 Lindstrom, 1976 Hanninen y Eskelinen, 1977 Hane: Encontraron efectos adversos de tipo intelectual, así como en memoria, ejecución y en la actividad psicomotriz. Estos autores señalan que cuando hay trastorno intelectual, a menudo se afectan las funciones visoconstructivas y rara vez se encuentra disminución de la inteligencia verbal.⁽⁵⁵⁾

1977 Binaschi: Señala que existen diferentes tipos de trastornos de la memoria después de una exposición prolongada a mezclas de disolventes orgánicos. Este estudio reveló debilidad en las variables que usualmente indicaban dificultades en la memoria y concentración; lo cual se vio más pronunciado para los hombres que para las mujeres. Entre los hombres se relacionó con el tiempo de exposición con pobre memoria visual, mientras que en las mujeres se asoció el tiempo de exposición con pobreza en las tareas visoconstructivas y sólo en ellas se vio correlación entre la exposición y las deficiencias en el desempeño psicomotor. Asimismo, la declinación

del rendimiento y la amplitud d rango se muestra más en las mujeres que en los hombres, a lo que habremos de añadir que son escasos los estudios en población femenina.⁽⁵⁶⁾

1978 Lindstrom y col.: En trabajadores expuestos a estireno con una media de antigüedad de 5 años, encontraron un deterioro en pruebas vasomotoras, psicomotoras y atención, en relación a la concentración urinaria de ácido mandélico, un metabolito del estireno que fue examinado mensualmente antes de la realización de las pruebas. Se estima que 25 ppm (110mg/m³) fue la concentración mínima en aire asociada con deterioro de la función.⁽⁵⁷⁾

1979 Arlien-Soberg y co.: Evidenciaron por tomografía axial computarizada (TAC) la existencia e atrofia cortical en casi 80% de los casos que presentan alteraciones en la realización de pruebas neuroconductuales.⁽⁵⁸⁾

1980 Husman: Comparo 102 pintores de carros que habían trabajado por un promedio de 15 años, con exposiciones a mezclas de disolventes orgánicos como tolueno, xileno, nafta, acetona y metilsobutilcetona, a niveles inferiores los límites permisibles para el momento, pareados a 102 trabajadores no expuestos en comparación con los no expuestos, los pintores reportaron una elevada frecuencia de fatiga, dificultades para la concentración y trastornos de la atención. En una batería psicométrica extensa aplicada 16 hrs después de la última jornada, los expuestos se desempeñan peor en diseño de bloques, memoria de dígitos, memoria de Benton, destreza manual, velocidad y pruebas de aprendizaje. El tiempo de reacción no se afecta entre los expuestos.⁽⁵⁹⁾

1980 Juntunen y col.: Por medio de estudios neumoencefalográficos se aprecia atrofia cortical en 64% de los trabajadores sospechosos de tener intoxicación crónica por disolventes.⁽⁶⁰⁾

1983 Johnson y Anger: Plantearon que la exposición a bajas concentraciones a corto plazo podrían ser una causa d accidentes en centros de trabajo.⁽⁶¹⁾

1987 Gregersen, Klausen, y Elsnab: Reportaron un notable deterioro de la función psicología en 12 de 21 pintores con un promedio de 25 años de exposición y diagnosticados de 1976 a 1980 como "encefalopatía toxica".⁽⁶²⁾

1989 Echeverría y col: Encontraron deterioros múltiples relacionados con la dosis de 0, 75 y 150 ppm para memoria de dígitos, pruebas de aprendizaje, memoria visual, dígitos y símbolos, destreza manual.⁽⁶³⁾

1990 Morrow y col.: Observaron resultados psicométricos muy parecidos en 32 trabajadores expuestos y 32 no expuestos con una media de exposición de 9 años y pareados por edad y sexo: dígitos y símbolos, pruebas de aprendizaje, diseño de bloques, figuras escondidas, trail-making, y destreza manual fueron encontrados significativamente peor entre los expuestos.⁽⁶⁴⁾

1990 Foo y col.: Evaluaron función neuroconductual en 30 mujeres expuestas a tolueno (media 5 años) en una ensambladora de equipos electrónicos, y encontraron deterioro de la función, con clara dosis-respuesta, en el grupo expuesto, para destreza manual, memoria de dígitos, Benton y Trail-Making. La media de exposición ponderada en el tiempo (TWA) fue de 88 ppm, inferior a muchas normas internacionales de exposición.⁽⁶⁵⁾

2001 van der Hoek JAF, Verberk M: Según la organización mundial de la salud la encefalopatía toxica crónica se clasifica en tres tipos: tipo I -a, II-b y III. En el tipo I se reportan síntomas difusos. El tipo II-a se caracteriza por alteraciones persistentes de la personalidad o en el estado emotivo y el tipo II-b por ciertas alteraciones de las funciones neuroconductuales. La encefalopatía crónica severa clasificada como tipo III se asocia con un deterioro marcado de las funciones intelectuales y de la memoria, frecuentemente acompañada de signos neurológicos. Una vez que se manifiesta este tipo de encefalopatía, los daños pueden persistir después de que la exposición termina.⁽⁶⁶⁾

1999 Almirall: En la evaluación psicológica a trabajadores expuestos a tolueno en una empresa de autopartes encontró que los trabajadores presentaron mayores alteraciones en las pruebas de Benton, tiempo de reacción simple y las mediciones taquinoscópicas que los no expuestos.⁽⁶⁷⁾

2000 Dick, Semple, Chen y Seaton: En cinco pintores expuestos a disolventes durante 16–45 años, encontraron alteraciones en la percepción de colores azul-amarillo, déficits cognitivos, tremor y pérdida bilateral de la sensación de vibración en piernas.⁽⁶⁸⁾

2003 Del Castillo, Mayor y Almirall: En un estudio que realizaron en trabajadores expuestos a disolventes orgánicos encontraron efectos en el sistema nervioso los cuales fueron evidenciados por déficits en pruebas cognitivas que evalúan las funciones psíquicas superiores.⁽⁶⁹⁾

2002 Almirall, Del Castillo y Mayor: Validaron el PNF como técnica para la evaluación subjetiva en neurotoxicología.⁽⁷⁰⁾

2002 Zupanic: No encontró ninguna diferencia significativa entre los trabajadores expuestos a bajos niveles de tolueno y los no expuestos en la evaluación de la función psicomotora y en la presencia de síntomas.⁽⁷¹⁾

2003 del Castillo NP, Mayor JH, Almirall PJ: Encontraron que las pruebas en que se revelan comparativamente, más indicadores cognitivos significativos son las de Ejecución Continua, la de Dígito-Símbolo, la de Interferencia Color Palabra y la de Aprendizaje de Palabras. Lo cual quiere decir que la atención, la percepción y la memoria, más que la coordinación psicomotora, tienden a manifestar efectos negativos asociados a los años de exposición a hidrocarburos aromáticos.⁽⁷²⁾

2004 Tak-Sun Yu: En la evaluación de síntomas neurológicos a pintores de Hong Kong expuestos a mezclas de disolventes orgánicos (tolueno, n-hexano, alcohol isopropílico y benceno) encontró que los síntomas que se reportaron con mayor frecuencia fueron fatiga e irritación nasal, seguido de depresión, trastornos del sueño, dificultad para concentrarse, visión borrosa, disminución en la percepción de señales, alteraciones del olfato, tos frecuente, e irritación de ojos.⁽⁷³⁾

2005 Ihrig, Dietz, Bader y Triebig: En trabajadores expuestos crónicamente a mezclas de disolventes realizaron examen clínico, aplicación de batería de pruebas neuropsicológicas, y monitoreo biológico y ambiental para evaluar los posibles efectos neurotóxicos, y encontraron una leve disminución en la concentración.⁽⁷⁴⁾

□ Efectos visuales (sensoriales)

El ojo y sus componentes nerviosos son órganos muy vulnerables a la exposición tóxica ocupacional no sólo por ser órganos externos sino por su abundante variabilidad de elementos, su abundante distribución de células y receptores nerviosos en la retina, por el número de neurotransmisores que intervienen en la transducción y la alta concentración de melanina.

La retina ha sido objeto de muchos estudios ya que su estructura estratificada al contener numerosas interconexiones neuronales, fotorreceptores, células bipolares, amacriñas, horizontales con diferentes neurotransmisores incluyendo acetilcolina, l-glutamina, dopamina y ácido gama-amino-butirico, tiene múltiples sinapsis y elementos químicos que se afectan. Diversas alteraciones en el sistema visual se han asociado desde hace mucho tiempo con la exposición a sustancias químicas tóxicas. En 1984 la disfunción visual se constituyó en uno de los criterios para

determinar los límites permisibles para 33 sustancias químicas en los Estados Unidos.⁽⁷⁵⁾

Aunque los síntomas generalmente no son específicos, la exposición a tóxicos se ha asociado a síntomas como visión borrosa, diplopía, cambios en la percepción del color, alucinaciones visuales y en ocasiones ceguera parcial o total.⁽⁷⁶⁾

A nivel de receptores, la visión cromática es la consecuencia de un análisis tricromático (azul, verde y rojo), existiendo conos sensibles a cada color. Sin embargo, estos hechos que son válidos a nivel de fotorreceptores, no se confirman a nivel de estadios de conducción superiores, donde los estudios fisiológicos parecen indicar la existencia de un mecanismo diferente, en el cual el mensaje coloreado, sería pintado por dos vías: la rojo-verde y la azul-amarilla. La primera es la clásica teoría de Young y la segunda, la teoría de los pares opuestos de Hering.

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).

Dichas alteraciones han sido clasificadas de forma muy diversa por los expertos. A efectos prácticos, centrándonos en las discromatopsias derivadas de la acción de las sustancias químicas sobre la retina y/o el nervio óptico, una de ellas es la interpretación de la clasificación de H. Kollner (1912) hecha por Marré (1973):⁽⁷⁷⁾

- * Defectos en el eje Rojo-Verde: asociados en general con las vías ópticas; de carácter progresivo, interesando todos los colores pero principalmente el rojo y el verde.
- * Defectos en el eje Amarillo-Azul: de origen retiniano, con tendencia a salvaguardar la visión del rojo y del verde. Puede combinarse con dando lugar a una ceguera total de los colores

Otra clasificación muy usada para es la de G. Verriest, en la cual hay tres tipos de alteración:⁽⁷⁸⁾

Tipo I: defectos en el eje rojo-verde

Tipo II: defectos en el eje azul-amarillo y rojo-verde

Tipo III: defectos en el eje azul-amarillo

Las discromatopsias adquiridas se presentan por cambios en la estructura ocular como la opacificación de los componentes refractivos o de la vía visual. Se ha demostrado que las retinopatías tóxicas producen discromatopsias tipo III (perdida en el rango azul-amarillo), mientras que las neuropatías tóxicas producen alteración tipo II o I con el déficit en el componente rojo-verde. En muchos casos la tipo III puede progresar con el tiempo a II sugiriendo que esta última es un estado más avanzado.

A diferencia de la pérdida congénita, las discromatopsias adquiridas son variables y complejas, dependen de la edad, pueden ser monoculares o localizadas desigualmente en ambos ojos y puede mostrar progresión o regresión.

Diversas alteraciones en el sistema visual se han asociado desde hace mucho tiempo con la exposición a sustancias tóxicas. En 1984 la disfunción visual se constituyó en uno de los criterios para determinar los límites permisibles para 33 sustancias químicas en los Estados Unidos

Se ha descrito la alteración de discromatopsia con la exposición a disolventes orgánicos como n-hexano, disulfuro de carbono y dietil etil éter en pintores, fabricantes de pintura y trabajadores en imprentas. Estudios realizados han encontrado que la asociación entre la pérdida de visión de colores y la exposición a disolventes orgánicos es dosis dependiente.⁽⁷⁹⁾

No está clara la manera cómo los tóxicos modifican la discriminación cromática, puede ser una temprana desmielinización del nervio óptico, daño en los receptores o células ganglionares para modular las señales que generan los conos, por efecto directo en los receptores lipídicos, o interferencia en la recaptación de la dopamina (relacionada específicamente con el estireno).

Hay dos maneras de determinar la relación entre el déficit visual y la exposición en el puesto de trabajo; una es enumerar los efectos que determinado tóxico produce y la otra es examinar la vía visual y reportar las alteraciones que se suceden en determinado puesto de trabajo. Es raro que una sola sustancia se encuentre en el puesto de trabajo; generalmente se encuentran combinadas, potenciándose o no su efecto y ello hace más difícil su análisis.

El estudio del funcionamiento de la fracción nerviosa del aparato visual, muy especialmente de la visión de los colores, se muestra como un medio eficaz para verificar las alteraciones neurofisiológicas precoces y, por ende, como un método sencillo y rápido de control del efecto de ciertas sustancias neurotóxicas

Para la evaluación de discromatopsias existen algunos procedimientos muy complicados basados en técnicas espectrales, pero los más frecuentemente utilizados son los siguientes:

- * El test de Lanthony D15
- * El test de Farnsworth-Munsell
- * Las láminas isocromáticas, de las que las más conocidas son las de Stilling, las de Ishihara, el test sueco de Boström y el americano H-R-R (Hardly-Rand-Ritter).
- * El anomaloscopio de Nagel.

A continuación se citan en forma cronológica algunos estudios llevados a cabo en la industria que evalúan los efectos en el sistema visual por exposición a disolventes

1988 Takeuchi: Los defectos visuales por disulfuro de carbono, n-hexano, metanol, tolueno, tricloroetileno, metanol, metil-etil-cetona, estireno y mezclas de disolventes están asociados a ulcera corneal, cambios lenticulares, cambios en los campos visuales, cambios en retina, discromatopsias adquiridas y otro desordenes visuales. Los desordenes visuales pueden servir como indicadores tempranos de los efectos en sistema nervioso central y/o periférico por exposición a disolventes, especialmente las discromatopsias adquiridas.⁽⁸⁰⁾

1998 Zavalic: Realizo un estudio para evaluar la perdida de la visión de colores en el eje azul-amarillo/rojo-verde en trabajadores expuestos a diferentes concentraciones de tolueno en el ambiente laboral y en un grupo no expuesto, la evaluación fue realizada mediante el panel de Lanthony D-15 desaturado. Encontró que la discromatopsia tipo III fue detectada en los tres grupos. La discromatopsia tipo II y III en el grupo expuesto a concentración de tolueno de 66-250 ppm, se encontró significancia estadística con la concentración de tolueno en el ambiente y la duración de la exposición, si como con los niveles en sangre del ácido hipúrico. Con este estudio concluyen que el tolueno puede ocasionar alteraciones en la percepción de colores.⁽⁸¹⁾

2000 Cavalleri: Evaluó mediante la prueba de Lanthony D-15 desaturada, los efectos en la percepción de colores en trabajadores expuestos a Tolueno. Y encontró que la exposición a Tolueno produce perdida en la percepción de colores, y dicha perdida va progresando si la exposición continúa.⁽⁸²⁾

2000 Semple S, Dick F, Osborne A.: En el estudio que realizaron sobre las alteraciones en la percepción de colores en trabajadores expuestos a disolventes orgánicos, encontraron que la exposición a mezclas de

disolventes esta asociada con pérdida de la percepción de colores, y que el riesgo incrementa cuando incrementa la exposición.⁽⁸³⁾

2003 Gobba F, Cavalleri A.: La pérdida de la percepción de colores por exposición a sustancias neurotóxicas es principalmente en el eje azul-amarillo, y menos frecuente cuando también la hay en el eje rojo-verde. La causa de la pérdida de la percepción de colores aun no es clara, pero quizá se podría deber a la acción directa de las neurotoxinas sobre receptores, posiblemente en la membrana de los conos (metabolismo y/o interferencia con neurotransmisores de la retina). Otra causa podría ser el efecto directo en el nervio óptico. La pérdida de la percepción de colores es por lo general subclínica, y los trabajadores no perciben la alteración. En la mayoría de los casos, la pérdida esta relacionada con los niveles de exposición, sin embargo también se ha encontrado en trabajadores expuestos a concentraciones por debajo de lo establecido por la ACGIH. Las pruebas con mayor sensibilidad para evaluar las alteraciones visuales son la de Lathony D-15 desaturada y la de Farnsworth-Munsell 100 Hue.⁽⁸⁴⁾

2004 Dick F, Semple S: En un estudio que realizaron encontraron que la pérdida de la percepción de colores estaba asociada con alteraciones cognitivas en trabajadores expuestos a disolventes.⁽⁸⁵⁾

□ Efectos dermatológicos

El contacto con sustancias o productos químicos es uno de los factores de riesgo más frecuentes en la aparición de las alteraciones cutáneas en la población trabajadora.

La piel está constituida por tres capas superpuestas (la epidermis, la dermis y el tejido subcutáneo). La zona más superficial de la capa externa es la que le proporciona su estabilidad estructural y gran parte de su resistencia a los productos químicos.

Factores que influyen en la absorción de sustancias por la piel ⁽⁸⁶⁾

a) Factores dependientes del tóxico

- En general se absorben más las sustancias liposolubles.
- Las sustancias con propiedades simultáneamente hidro y liposolubles son las que más fácilmente atraviesan la barrera cutánea.

b) Factores ambientales

- Muchos detergentes son capaces de alterar la piel provocando un aumento de su permeabilidad a las sustancias químicas.

- Los ácidos y las bases pueden dar lugar a una desnaturalización y destrucción de los componentes de la piel provocando un aumento de la absorción por esta vía.
- El empleo de disolventes puede dar lugar a la alteración de los componentes de la piel con el consiguiente aumento de su permeabilidad.
- El área de contacto con la piel, la duración del contacto y la concentración de la sustancia influyen, obviamente, sobre la cantidad absorbida.
- Si aumenta la temperatura y/o la humedad ambiental, aumenta, en general, la absorción de las sustancias por la piel.

c) Factores físico-anatómicos

- El aumento de la hidratación de la piel (lavados, uso de ropas cerradas o sintéticas, etc.).
- El aumento de la temperatura de la piel.
- Enfermedades de la piel: psoriasis, ictiosis, eczemas, dermatitis seborreica, etc.
- Quemaduras, excoiaciones, irritaciones, etc.
- La capacidad de absorción de las sustancias químicas por la piel es bien diferente según la parte del cuerpo. Así, según el área de la piel, se absorben, por ejemplo, de mayor a menor grado en: escroto, frente, cuero cabelludo, abdomen, parte anterior del hombro, espalda, cara anterior del antebrazo, palma de las manos y planta de los pies.

Además de la vía de absorción inhalatoria, el paso de sustancias a través de la piel (contactos con superficies contaminadas, salpicaduras, contacto directo, deposición de un aerosol o líquido en la piel, etc.) puede llegar a constituir una vía de importancia toxicológica por sí misma, o bien contribuir a la toxicidad general de las sustancias absorbidas por otras vías, aparte de los efectos locales de tipo irritativo, alérgico, etc., que se pueden producir en la misma piel. A menudo, estos aspectos no se tienen suficientemente en cuenta en la prevención de riesgos laborales.

En los países industrializados, las dermatosis de origen profesional representan la primera causa de enfermedades profesionales declaradas. En el año 2000 se declararon en España 19.622 casos de enfermedades profesionales, de los cuales 2.043 fueron enfermedades profesionales de la piel. En nuestro país en el 2006 se registraron 387,827 riesgos de trabajo, de los cuales 4,715 fueron enfermedades de trabajo, y de las cuales correspondieron a dermatosis.⁽⁸⁷⁾

La dermatitis ó dermatosis es una de las enfermedades más específicas e importantes de los trabajadores que usan tintas y disolventes, y por extensión los impresores.

Las dermatosis profesionales incluyen toda afección de la piel, mucosas o anexos directa o indirectamente causada, condicionada, mantenida o agravada por todo aquello que sea utilizado en la actividad profesional o exista en el ambiente de trabajo.⁽⁸⁸⁾

Las dermatosis profesionales suponen casi la mitad de las enfermedades laborales. La más común de las dermatitis profesionales es la dermatitis de contacto o eczema causado por sustancias manipuladas en el medio laboral, que afecta fundamentalmente a las manos.

En la mayoría de los casos estas sustancias actúan alterando los mecanismos de defensa de la piel dando lugar a una piel seca, roja y descamativa, como ocurre tras el contacto reiterado con jabones y detergentes. A esta forma de eczema se le denomina dermatitis irritativa. En otros casos, las sustancias pueden llegar a sensibilizar a las células inmunes o linfocitos mediante un contacto repetido, y causar un eczema alérgico, como ocurre con el cromo contenido en el cemento entre trabajadores de la construcción.

Existen algunas profesiones con una incidencia de eczema de contacto superior a la del resto según se desprende de las diferentes estadísticas, como son: obreros de la construcción, personal sanitario, peluqueros, metalúrgicos, trabajadores de artes gráficas, y también amas de casa.

Hasta 20 % de los casos de dermatitis laborales se deben a disolventes. Casi todos los disolventes orgánicos son irritantes para la piel como resultado de su desgravamiento o la disolución de lípidos de la piel.⁽⁸⁹⁾

El contacto con disolventes puede ocasionar dermatitis de contacto irritativas en la mayoría de los casos, sin embargo, algunos disolventes industriales también causan dermatitis de contacto alérgica. Las tintas para impresión son cada vez más complejas, no solo por la diversidad de pigmentos utilizados, sino también por incorporar a su composición nuevas sustancias químicas como las resinas alquílicas, epoxi o de fenol-formaldehído.

La DCI (dermatitis de contacto irritativa) es una reacción inflamatoria no inmunológica de la piel después de la exposición a un agente externo irritante. El irritante deteriora la piel por acción directa a través de mecanismos no inmunológicos, pero las circunstancias mecánicas,

térmicas y climáticas son cofactores importantes en su desencadenamiento.⁽⁹⁰⁾

La potencia de los disolventes para eliminar la grasa de la piel se relaciona de manera directa con su liposolubilidad e inversa con su absorción percutánea y volatilidad. Además de la concentración y duración de la exposición, un factor fundamental en el desarrollo de dermatitis por disolventes es la oclusión del área de piel expuesta, por ropa y ropas protectoras con escapes.

La costumbre de trabajo que origina dermatitis por disolventes más frecuente es el lavado de manos con disolventes. Las actividades que más se relacionan con dermatitis por disolventes son pintura, impresión, mecánica y tintorería, aunque los trabajadores se encuentran en riesgo siempre que utilizan disolventes.

Hay que tener en cuenta que una vez que una DCI se cronifica es difícil la vuelta atrás, por lo que la identificación de los pacientes predispuestos y las sustancias irritantes es muy importante para planear una estrategia de prevención, especialmente en el ámbito laboral.

Las sustancias irritantes producen, habitualmente, lesiones de eccema (agudo, subagudo o crónico). El agudo, implica en el sitio de contacto la formación de eritema, vesículas o ampollas; el subagudo que está representado por las anteriores características en la presencia de descamación; y el crónico tipificado por liquenificación, vale decir aumento del grosor de la piel, incremento de los pliegues cutáneos, fisuración e hiperpigmentación.

Clínicamente, el paciente refiere sensación de quemazón, escozor y dolor en la piel, si se mantienen las condiciones laborales y el tiempo que transcurre entre cada agresión es corto, no lográndose la restauración completa de la barrera cutánea, se progresa a una dermatitis de contacto irritativa acumulativa que se manifiesta con eritema, sequedad, liquenificación e hiperqueratosis, que suele evolucionar hacia la descamación y la figuración.

Para el diagnóstico del problema, es indispensable conocer con exactitud el tipo de trabajo realizado, las sustancias manipuladas, la localización de las lesiones en la superficie corporal y si estas se agravan con el trabajo. Una vez que se sospecha la causa puede ser laboral, el diagnóstico definitivo se realiza mediante las denominadas pruebas epicutáneas o pruebas del parche. Consisten en la aplicación sobre la piel (habitualmente de la espalda) de las sustancias que se sospeche puedan ser la causa del eczema.

Estos productos se mezclan con sustancias inocuas, como la vaselina, que permitan su mejor penetración en la piel, pero es muy importante utilizar una concentración del producto adecuada. Existen diferentes baterías de alérgenos en función de las diversas profesiones. Cada alérgeno debe permanecer en contacto con la piel durante al menos 48 horas y posteriormente se retira y se realiza una primera lectura de la prueba. No obstante, debe además realizarse al menos una nueva lectura a las 96 horas de la colocación del parche. Aunque son pruebas sencillas de llevar a cabo, deben ser realizadas por personas expertas que conozcan en profundidad las sustancias que deban probarse en cada caso, las concentraciones que es preciso utilizar y que tengan una gran experiencia en valorar los resultados, pues la lectura de la prueba no siempre es fácil de interpretar.

La evolución seguida por los pacientes con dermatitis profesional es muy variable. Cuando el diagnóstico es precoz y la dermatitis es causada por una sustancia fácilmente evitable, el pronóstico es excelente, con resolución completa del eczema. Sin embargo, a veces la sustancia que produce el problema es ubicua como ocurre con el níquel, por lo que es realmente difícil eliminar completamente el contacto con dicho metal. En otros casos, la cronicidad de las lesiones tras muchos años de exposición laboral empeora el pronóstico ya que suelen persistir los brotes de dermatitis aun después del cambio de profesión.

La importancia de la prevención de la dermatosis no estriba únicamente en su elevada incidencia, sino también en que se trata de una patología en la mayoría de casos posible de prevenir, fundamentalmente si se conoce la capacidad alérgica o irritante de la sustancia que se manipula, además una vez que se ha producido la sensibilización, la cantidad de sustancia y tiempo de exposición necesarios para producir la reacción, en la mayoría de casos, disminuye.

➤ **OBJETIVOS**

1. Conocer la prevalencia de los efectos neuroconductuales, visuales, y dermatológicos en un grupo de trabajadores de la industria de las artes graficas que durante su jornada de trabajo utilizan disolventes y en otro grupo que no los utilizan.
2. Evaluar a nivel ambiental y personal las concentraciones de: tolueno, xileno, benceno, alcohol isopropílico y metil-etil-cetona en las áreas que utilizan y en las que no utilizan disolventes, y cotejarlos contra los límites máximos permisibles de exposición.
3. Conocer si existen variaciones en las frecuencias de los efectos neuroconductuales al relacionarlos con otras características de los grupo, como la antigüedad en la empresa y la edad de los trabajadores.

➤ DEFINICIÓN DE VARIABLES

VARIABLES DEPENDIENTES:

a) Efectos neuroconductuales:

Dominio cognitivo: memoria, atención, fluidez verbal y percepción.

Dominio cognitivo-motor: rapidez motora y precisión.

Dominio motor: alteraciones motoras voluntarias.

Dominio afectivo: síntomas de somatización, obsesivo-compulsivos, interpersonales, depresión, ansiedad, hostilidad, ansiedad fóbica, paranoia, psicotismo, síntomas adicionales y fatiga.

b) Efectos visuales o sensoriales

Discromatopsia adquirida.

c) Efectos dermatológicos

Dermatitis de contacto irritativa.

VARIABLES INDEPENDIENTES:

Trabajar en el área de impresión

Niveles de exposición a tolueno, benceno, xileno, alcohol isopropílico y metil-etil-cetona en el área de impresión

VARIABLES DE CONFUSIÓN:

Edad

Antigüedad en la empresa

□ DEFINICIONES OPERACIONALES:

a) Variables independientes

Factor de riesgo: Trabajar en un departamento en donde exista contacto con disolventes

Concentración de disolventes en el aire: Concentración de tolueno, xileno, benceno, alcohol isopropílico y metil-etil-cetona en el medio ambiente laboral

b) Variables dependientes

Grupo de estudio: Trabajadores del área con contacto a disolventes (rotativas y prensas planas)

Grupo de comparación: Trabajadores del área sin contacto a disolventes (encuadernación, DTP, formación y transporte)

Efectos neuroconductuales: Alteraciones cognitivas, cognitivo-motoras, motoras y afectivas.

Efectos visuales: Presencia de discromatopsia adquirida

Efectos dermatológicos: Presencia de dermatitis de contacto irritativa.

➤ **HIPÓTESIS**

1. Hay una mayor prevalencia de efectos neuroconductuales, visuales y dermatológicos en el grupo de estudio que en el grupo de comparación.
2. Existen concentraciones de tolueno, xileno, benceno, alcohol isopropílico y metil-etil-cetona por arriba de los niveles máximos permisibles de exposición para una jornada de 8 hrs. en los departamentos que utilizan disolventes que en los departamentos que no utilizan disolventes.
3. Hay variaciones en la prevalencia de los efectos neuroconductuales al relacionarlos con la edad de los trabajadores y la antigüedad en la empresa.

➤ JUSTIFICACIÓN

Debido a los aumentos previstos en la fabricación de disolventes, muchos de los cuales pueden ser neurotóxicos, la población de trabajadores expuestos es probable que aumente. Según la NIOSH calcula que 9,8 millones de trabajadores están potencialmente expuestos a los disolventes orgánicos.⁽⁸⁾

En México existen cerca de 4,500 empresas que manejan disolventes del tipo de benceno, tolueno y xileno, en las que laboran aproximadamente 300 mil trabajadores cuyo contacto con estos compuestos aumenta cada año, pues mientras en 1985 el volumen anual de benceno fue de 178,372 toneladas, el volumen de tolueno fue de 220,084 y el de xileno de 154,271, para 1987 el consumo de benceno fue de 281,842 toneladas, el de tolueno 313,745 y el de xileno de 255,193 toneladas, además de que aproximadamente 92% de los xilenos mixtos son incorporados a las gasolinas.⁽⁹⁾ Uno de los sectores que utiliza disolventes en su proceso productivo es el de las artes graficas, el cual esta conformado por unas 18,000 empresas, las cuales generan alrededor de 170,000 empleos directos.⁽¹⁰⁾

La elaboración y uso de pinturas con alto contenido de disolventes ha sido, hasta hace poco tiempo, una de las actividades que implicaban mayores fuentes de exposición para los trabajadores. A pesar de que se han realizado algunas sustituciones por componentes no tóxicos en el proceso de fabricación de pinturas, todavía su empleo es muy común en las áreas artesanales y en actividades anexas, como en la limpieza o para remover pinturas.

En estudios que se han realizado en personas voluntarias se ha observado que los efectos neurotóxicos agudos son principalmente en la función psicomotora, medida por el tiempo de reacción, la destreza manual, la coordinación o el equilibrio corporal.⁽¹¹⁾

Se ha observado en estudios epidemiológicos de trabajadores expuestos crónicamente a disolventes que la función nerviosa periférica (sensorial y velocidades de conducción nerviosa motora) persiste por meses o años después de haber cesado la exposición.

Otros estudios han encontrado diferencias significativas en los efectos neuroconductuales en trabajadores expuestos crónicamente a disolventes, estos efectos incluyen fatiga, irritabilidad, cambios en la personalidad o del estado de animo (inestabilidad emocional y la disminución del control de impulsos y de la motivación), disminución de la capacidad de

concentración, de la memoria y de la capacidad de aprendizaje. Cuando existe un abuso de los disolventes, el deterioro intelectual es irreversible, debido a los daños estructurales que producen en SNC.⁽¹²⁾

Obviamente en los trabajadores los efectos neuroconductuales agudos o crónicos de los disolventes interfieren en sus tareas cotidianas e incrementan la accidentabilidad.

Es por eso que la NIOSH recomienda realizar determinaciones de las concentraciones de disolventes en el lugar de trabajo, realizar los controles de ingeniería adecuados, proporcionar equipo de protección personal a los trabajadores expuestos y realizar programas de concientización, todo esto con la finalidad de reducir la exposición de los trabajadores a los disolventes.⁽¹³⁾

Este estudio se realiza con base en lo anterior y con la finalidad de establecer las medidas correctivas y preventivas necesarias para reducir la exposición de los trabajadores de una empresa de artes graficas del D.F. a los disolventes. Mediante el cual se pretende conocer la prevalencia de los efectos neuroconductuales, visuales (sensoriales) y dermatológicas en los trabajadores, así como las concentraciones de tolueno, xileno, benceno, alcohol isopropílico y metil-etil-cetona a las que están expuestos dichos trabajadores.

➤ **METODOLOGIA**

□ Tipo de estudio y diseño

Se realizó un estudio analítico de tipo transversal comparativo.

□ Universo de estudio

El estudio se realizó en una empresa de la industria de las artes gráficas situada en el D.F., en la cual se seleccionaron trabajadores de varias áreas (pre-prensa, impresión y encuadernación) en las cuales existía o no contacto con disolventes durante su jornada de trabajo.

El criterio para la selección de los grupos (estudio y de comparación) y de las áreas (que utilizan y que no utilizan disolventes) se hizo en base a: la materia prima utilizada en cada uno de los departamentos, y al análisis que realizó el investigador de las hojas de datos de seguridad de los productos químicos que se manejan.

Los departamentos que fueron considerados como área que utilizan disolventes fueron el de prensas planas y rotativas, los cuales dentro de la empresa conforman el área de impresión, y en donde las principales materias primas son las tintas y productos químicos (cuyo principal componente es la mezcla de disolventes) los cuales utilizan para lavar los rodillos y las mantillas.

Los departamentos que conformaron el área que no utilizan disolventes fueron encuadernación, DTP, formación y transporte, en los cuales la utilización de productos químicos es mínima, y la composición de estos no incluye disolventes.

Para la conformación del grupo de estudio y de comparación, se utilizaron trabajadores del área que utilizan y que no utilizan disolventes. En el caso del grupo de estudio también se tomo en cuenta el puesto que desempeñaban, ya que el prensista y primer ayudante, son los que tienen mayor contacto con tintas y productos químicos que contienen disolventes. En el grupo de comparación se seleccionaron únicamente trabajadores del genero masculino, ya que el área de impresión esta conformada solamente por hombres.

Para la determinación de los disolventes que se iban a monitorear, se tomo en cuenta los disolventes que se identificaron en las hojas de datos de seguridad de las sustancias químicas utilizaban en cada departamento. Los disolventes que se eligieron para monitorear fueron: tolueno, xileno, benceno, alcohol isopropílico y metil-etil-cetona.

□ Tamaño de muestra

Participaron un total de 76 trabajadores, de los cuales 38 pertenecieron al grupo de estudio y 38 al de comparación.

La muestra se obtuvo por conveniencia, pero cumpliendo con los criterios de inclusión para la selección de los trabajadores a los grupos.

Para realizar la exploración física y la aplicación de la batería de pruebas neuroconductuales y cuestionarios, se aprovechó el examen médico periódico.

□ Criterios de selección

Criterios de inclusión para el grupo de estudio

Antigüedad mínima de un año

Edad entre 19 y 44 años

Pertenezcan al área de impresión (departamentos de rotativas y prensas planas)

Nivel de escolaridad mínimo de secundaria

Participación voluntaria

Criterios de inclusión para el grupo de comparación

Trabajadores de los departamentos de encuadernación, formación, transporte y DTP

Que no utilicen disolventes

Sexo masculino, por lo ya comentado anteriormente

Edad entre 19 y 44 años

Nivel de escolaridad mínimo de secundaria

Antigüedad mínima de un año

Participación voluntaria

Criterios de exclusión para el grupo de estudio y de comparación

Que no deseen participar

Edad menor de 19 años

Antigüedad menor a un año

Utilización de medicamentos (sedantes)

Consumo de alcohol el día de la aplicación de las pruebas

Consumo de cafeína el día de aplicación de las pruebas

Consumo de coca-cola el día de aplicación de las pruebas

Consumo de drogas (marihuana, cocaína, etc.)

Enfermedades del SNC o psiquiátricas

Antecedentes de trauma craneal con pérdida de conocimiento

Que dejen de laborar en el lapso de tiempo del estudio

- Procedimientos para la recolección de información e instrumentos a utilizar

- Muestreo ambiental y personal de disolventes

Se realizó el muestreo en las áreas que utilizan y en las que no utilizan disolventes, conforme lo establece la NOM-010-STPS-1999 con un total de 34 muestras distribuidas de la siguiente manera:

Tabla 8.
Monitoreo de disolventes.

<i>Tipo de Monitoreo</i>	<i># Muestras</i>
<i>Persona</i>	
Grupo de estudio:	9
Grupo de comparación:	1
<i>Ambiental</i>	
Área que utilizan:	18
Área que no utilizan:	3
Blancos de campo:	3

- Análisis de muestras mediante cromatografía de gases

Una vez realizado el monitoreo se analizaron las muestras mediante cromatografía de gases en el "Laboratorio de Salud en el Trabajo del Hospital General de Zona No. 32 "Villacoapa" del IMSS", conforme lo establece la NOM-010-STPS-1999, basado en NIOSH Manual of analytical methods, identificando la concentración de tolueno, xileno, benceno, alcohol isopropilico y metil-etil-cetona.

- Evaluación de los efectos neuroconductuales

Se aplicó una batería de 10 pruebas neuroconductuales y la Prueba de fatiga de Yoshitake para evaluar los efectos neuroconductuales.

Tabla 9.
Batería de pruebas neuroconductuales utilizadas según el dominio.

Prueba	Función evaluada	Dominio
Dígitos	Memoria inmediata auditiva	Cognitivo
Dígitos y símbolos	Memoria asociativa	
Vigilancia de dígitos	Atención sostenida	
Fluidez verbal	Fluidez verbal	
Senderos A	Percepción visomotora	
Benton	Memoria inmediata visual	
Figura compleja de Rey-Osterrieth	Memoria visoespacial	
Puntería II	Rapidez motora y precisión	Cognitivo-motor
Panisset	Función neurológica motora voluntaria	Motor
Inventario breve de síntomas	Síntomas neurotóxicos y neuropsiquiátricos	Afectivo
Prueba de fatiga de Yoshitake	Fatiga general, mental y física	

Fuente: Manual de pruebas neuroconductuales

Las pruebas se realizaron en el mismo orden y en las mismas condiciones tanto para el grupo de estudio como para el de comparación.

Test de la figura compleja de Rey- Osterrieth

- * Equipos / materiales: Lápiz, goma, dos hojas blancas, reloj y lamina con la figura de compleja de rey.
- * Duración: No hay límite de tiempo.
- * Descripción de la prueba: Se solicito al sujeto examinado que copie una figura compleja a mano y sin límite de tiempo. Posteriormente, sin previo aviso y sin ayuda del modelo, el examinado debe reproducir a los 30 minutos de nuevo la misma figura.
- * Puntaje: Cada uno de estos intentos se puntúa sobre una escala validada que oscila desde un mínimo de 0 a un máximo de 36 puntos (normalidad). La puntuación media de un adulto es de 32 puntos.

Fluidez verbal

- * Equipos/ materiales: Cronómetro, lápiz y formato.
- * Duración: Menos de 5 minutos.
- * Descripción de la prueba: Esta prueba se hace en forma verbal. Consta de dos partes, las que se ejecutarán cada una en 60 segundos. En la primera etapa la persona debe enunciar todos los nombres de animales

que conozca y en la segunda todas las palabras que conozca que empiecen con "F".

- * Puntaje: Se califica el número de palabras reportadas en cada categoría semántica o fonológica. Se debe tener en cuenta que las personas enuncien un promedio de 15 palabras en cada etapa de la prueba. Si es menos de ocho pueden existir problemas serios.

Puntería II

- * Equipos / materiales: Formulario de trabajo, lápiz, cronometro y lupa.
- * Duración: Aproximadamente 5 minutos.
- * Descripción de la prueba: Esta consiste en una hoja que está llena de pequeños círculos impresos ordenados en filas. La tarea que debe realizar la persona es colocar un punto dentro de cada círculo evitando que el mismo toque la circunferencia y siguiendo el patrón dado en la hoja de la prueba. La tarea se realiza dos veces durante sesenta segundos cada vez.
- * Puntaje: Se suman los puntos correctos e incorrectos de ambas pruebas. Para evaluar la rapidez se suman los puntos correctos y los incorrectos de las dos pruebas y para evaluar precisión se divide el número de puntos correctos entre la suma de puntos correctos e incorrectos.

Benton

- * Equipos/ Materiales: Rotafolio de 10 laminas con las figuras geométricas de Benton y un cronometro.
- * Duración: Aproximadamente 10 minutos.
- * Descripción de la prueba: Consiste en memorizar una figura y luego reconocerla entre cuatro figuras similares que se muestran a continuación. Este mismo procedimiento se repite con nueve figuras más, las cuales van aumentando progresivamente en nivel de complejidad.
- * Puntaje: El puntaje corresponde al número de figuras correctamente escogidas. Máximo puntaje posible: 10.

Vigilancia de dígitos

- * Equipo/ Materiales: Formulario de trabajo, lápiz y cronometro.
- * Duración: Aproximadamente 5 minutos.
- * Descripción de la prueba: La prueba consiste en encontrar el número seis es una hoja llena de números y marcarlos con una raya lo más rápido que pueda.
- * Puntaje: El puntaje obtenido será el tiempo (en segundos) que duró la persona para completar la prueba y la cantidad de los números "seis" no marcados.

Senderos A

- * Equipo / material: Formulario de trabajo, lápiz y cronómetro.
- * Descripción de la prueba: La persona debe unir, en orden sucesivo, los números desde el 1 hasta el 25, lo más rápido que pueda.
- * Puntaje: Corresponde al tiempo empleado en la prueba expresado en segundos anotando además el número de errores cometidos.

Dígitos (Digit span)

- * Equipos / materiales: Formulario y lápiz.
- * Duración: Aproximadamente 5 minutos.
- * Descripción de la prueba: La prueba contiene siete pares de secuencias de números aleatorios progresivamente más largos. La tarea de la persona examinada consiste en la repetición oral de los dígitos en el mismo orden y luego la repetición de los dígitos en orden inverso. Esta prueba requiere mucha concentración de parte de la persona examinada y pronunciación clara de parte del examinador.
- * Puntaje: El puntaje total para una persona en la prueba de dígitos es la suma de los puntos obtenidos en ambas pruebas.

Dígitos y símbolos (Digit symbol)

- * Equipos/ materiales: Formulario de aplicación, lápiz y cronómetro.
- * Duración: Aproximadamente 5 minutos.
- * Descripción de la prueba: La parte superior de la hoja contiene una lista de números del uno al nueve asociados cada uno con un símbolo. En la parte inferior existe una lista de dígitos aleatorios, con casillas en blanco debajo de cada dígito. La tarea para la persona consiste en llenar, durante 90 segundos la mayor cantidad de cuadros en blanco con los símbolos asociados con los dígitos correspondientes y hacerlo lo más rápido posible.
- * Puntaje: El puntaje obtenido será el número de símbolos llenados correctamente en 90 segundos.

Examen neurológico cuantitativo de Panisset

- * Equipos / materiales: Papel, lápiz y cronómetro.
- * Duración: Aproximadamente 15 minutos.
- * Descripción de la prueba: En el examen neurológico la persona examinada debe hacer los movimientos indicados por el examinador de forma tan rápida y precisa como pueda.
- * Puntaje: Pruebas A, B, C y G: anotar tiempo
- * Pruebas D: Además del tiempo, anotar también si la persona pudo reiniciar el ejercicio. Anotar en caso de que la persona no pudo del todo hacer el ejercicio.
- * Prueba F: Anotar tremor postural o ataxia (acción muscular irregular o sin coordinación)

Inventario breve de síntomas

- * Equipos / materiales: Papel y lápiz.
- * Duración: Aproximadamente 15 - 20 minutos.
- * Descripción de la prueba: Consiste en 53 preguntas las cuales va contestando el examinado, apoyándose de una hoja que contiene una regla de cinco cuadros que contienen puntos en cantidad ascendente.
- * Puntaje: El IBS tiene nueve escalas de síntomas, se suma el puntaje para cada escala y se le divide por el número de preguntas en esa categoría. También se suman todas las diferentes escalas para obtener un gran total.

Prueba de fatiga de Yoshitake

- * Equipos / materiales: Papel y lápiz.
- * Duración: Aproximadamente 10 min.
- * Descripción de la prueba: Consiste en la aplicación de 30 preguntas.
- * Puntaje: El cuestionario consta de 30 preguntas de opción múltiple que el mismo trabajador contestaba, las preguntas se dividen en tres partes cada una de 10 preguntas, la primera parte evalúa fatiga física, la segunda fatiga mental y la tercera fatiga general. Se anota el número de preguntas que fueron marcadas con Si.

- Evaluación de los efectos visuales (sensoriales)

El fallo del sentido cromático o discromatopsias se evaluó mediante la aplicación de las tablas Pseudoisocromáticas de Ishihara. Cada tabla esta contiene números compuestos de distintas manchas de colores sobre un fondo también moteado de otro color pero de la misma luminosidad, por lo que no son reconocidos por las personas que padecen este trastorno. La exploración se realizo con los dos ojos abiertos, con la luz del día y a una distancia de un metro.

- Evaluación de los efectos dermatológicos

Se realizó exploración física en el consultorio, de cada uno de los participantes, los datos obtenidos se registraron en un formato que se que contenía la parte del cuerpo dañada, el patrón de distribución y el tipo de lesión.

- Cuestionario de datos generales

Se elaboró y aplicó un cuestionario para recabar los datos generales de los trabajadores, su puesto, condiciones laborales y antigüedad en la empresa.

□ Métodos para el control y calidad de los datos

▪ Muestreo ambiental y personal de disolventes

Se realizó la calibración de cada una de las bombas utilizadas para medir los niveles de disolventes, la duración del monitoreo fue de 2 hrs. o 2 ½ hrs. según el departamento; a los trabajadores de las áreas donde se realizaron los monitoreos, se les explicó la utilidad de las bombas y el uso correcto de la misma, sobre todo a aquellos a los que se les realizó monitoreo personal.

▪ Análisis de muestras mediante cromatografía de gases

En cuanto al análisis de las muestras se verificó la caducidad de los reactivos empleados.

▪ Batería de pruebas neuroconductuales

Se capacitó al personal encargado de su aplicación, se realizaron pruebas pilotos, y cada una de las pruebas se aplicó en las mismas condiciones.

▪ Prueba de tablas Pseudoisocromáticas de Ishihara

Se capacitó al personal encargado de la aplicación de la prueba y la aplicación se realizó en las mismas condiciones

▪ Evaluación dermatológica

En cuanto a la evaluación de efectos dermatológicos se elaboró el formato de alteraciones dermatológicas y se realizó la exploración física en las mismas condiciones.

□ Aspectos éticos

Se solicitó permiso para obtener la información de la empresa, al área de recursos humanos, especificándoles los objetivos del estudio a realizar.

A los trabajadores que participaron voluntariamente en el estudio, se les dieron a conocer los objetivos del estudio, y firmaron la carta de consentimiento informado. Lo anterior conforme al Código Sanitario de los Estados Unidos Mexicanos, al Reglamento Interior del Consejo de Salubridad General y a la Declaración de Helsinki.

□ Plan de análisis de los resultados

El análisis estadístico se realizó mediante el paquete SPSS versión 12.0 calculando lo siguiente:

- Análisis de frecuencia

Se registraron las frecuencias de las características generales de la población, así como de las alteraciones neuroconductuales, visuales y dermatológicas del grupo de estudio y del grupo de comparación.

- Cálculo de Mann-Whitney y Chi-Cuadrado

Se realizaron estos cálculos para detectar diferencias significativas en las pruebas neuroconductuales, la prueba de tablas Pseudoisocromáticas de Ishihara y el cuestionario de efectos dermatológicos entre el grupo de estudio y del grupo de comparación.

- Análisis estratificado

Se realizó el análisis estratificado para hacer el cruce entre las pruebas neuroconductuales y algunas características de los trabajadores, como la edad de los trabajadores y la antigüedad en la empresa.

➤ RESULTADOS Y ANALISIS

- Características generales de la población

Respecto a las características sociodemográficas del grupo de estudio y del grupo de comparación, no existieron diferencias significativas en cuanto a la edad (T-student $p < 0.09$) y la antigüedad en la empresa (T-student $p < 0.12$.) (Tabla 10 y 11)

Tabla 10.

Distribución de frecuencia del grupo de estudio y del grupo de comparación, por grupo de edad.

Grupo de edad	Comparación		Estudio		Total	
	No.	%	No.	%	No.	%
18- 27	14	37	14	37	28	37
28- 36	19	50	13	34	32	42
37 y más	5	13	11	29	16	21
Total	38	100	38	100	76	100

Fuente: Pruebas. SPSS

En el grupo de estudio el promedio de edad fue de 32 años y en el grupo de comparación de 29 años.

Tabla 11.

Distribución de frecuencia del grupo de estudio y del grupo de comparación, por antigüedad en la empresa.

Años de antigüedad en la empresa	Comparación		Estudio	
	No.	%	No.	%
1 - 3	21	55	19	50
4 - 6	9	24	9	24
7 - 9	5	13	3	8
Más 10	3	8	7	18
Total	38	100	38	100

Fuente: Pruebas. SPSS

El promedio de antigüedad en el grupo de estudio fue de 5.9 años y para el grupo de comparación de 4.6 años.

Tabla 12.
Distribución de frecuencias de los trabajadores por departamento.

Grupo	Departamento	No.	%
Estudio	Rotativas	26	68
	Prensas Planas	12	32
	Total	38	100%
Comparación	Encuadernación	32	84
	Formación	3	8
	DTP	2	5
	Transporte	1	3
	Total	38	100%

Fuente: Pruebas. SPSS

En la Tabla 12, se puede observar la distribución de los 76 trabajadores que participaron según el departamento. En el grupo de estudio se incluyeron al 71% de los prensistas y primeros ayudantes, los cuales como ya se comento son los puestos considerados con mayor contacto con disolventes.

Se realizó el estudio de la distribución de frecuencia del uso de equipo de protección personal únicamente en el grupo de estudio, ya que debido a que no hay contacto con disolventes en el grupo de comparación no utilizan el mismo equipo de protección (mascarilla y guantes).

Tabla 13.
Distribución de frecuencia del grupo de estudio, por uso de equipo de protección personal.

EPP	Uso de EPP			
	Si		No	
	No.	%	No.	%
Guantes	7	18	31	82
Mascarilla para disolventes	6	16	32	84
Tapones auditivos	23	61	15	39

Fuente: Pruebas. SPSS

El uso de equipo de protección personal (EPP) en el grupo de estudio no es una actividad muy habitual, ya que únicamente el 18% de ellos usaba guantes y el 16% utilizaban mascarilla para disolventes. (Tabla 13)

□ Monitoreo ambiental y personal de disolventes

Tabla 14.
Puntaje medio de área que utilizan y no utilizan disolventes, según el monitoreo ambiental de disolventes (ppm ***)

Disolventes	No utilizan		Si utilizan	
	Media	DE	Media	DE
Alcohol isopropílico	23.46	3.36	208.77	322.12*
Benceno	0.71	0.31	0.86	2.21*
Tolueno	0.00	0.00	2.70	5.40**
MEC	8.03	6.81	5.49	1.17
Xilenos	6.21	0.02	87.93	157.83*

* = Mann-Withey $p < 0.000$, ** $p < 0.00$

Fuente: Pruebas. SPSS

***ppm: partes por millón. Unidad de concentración expresada como una relación volumen sobre volumen de una parte de sustancia en un millón de partes en el aire, empleada para gases y vapores.

En cuanto al monitoreo ambiental que se realizó se encontraron diferencias significativas entre las áreas que utilizan o no disolventes en las concentraciones de alcohol isopropílico, benceno, tolueno y xilenos totales. (Tabla 14)

Se encontraron niveles de disolventes por arriba de los límites máximos permisibles de exposición de:

- Alcohol isopropílico en el área de la rotativa M600 (1204.14 ppm) y M1000-III (430.96 ppm).
- Benceno en el área de la rotativa Goss (6.45 ppm) y en la encuadernadora (0.84 ppm).
- MEC en el área de las prensas planas Komori II (6.57 ppm) y Komori I (5.20 ppm), en la encuadernadora (5.12 ppm) y DTP (23.56 ppm).
- Xilenos totales en el área de la rotativa M850 (138.20 ppm) y en la prensa plana Komori I (592.03 ppm).

Se puede observar también que en dos de los cinco disolventes que se monitorearon (benceno y MEC) se encontraron concentraciones por arriba de los límites máximos permisibles en el área considerada que no utilizan disolventes, lo cual nos indica que muy probablemente los vapores de los disolventes del área de impresión se están yendo a las demás áreas que no utilizan disolventes, lo cual es posible debido a que no existe una adecuada relimitación de las áreas y al deficiente sistema de ventilación y extracción que existe en las áreas.

Tabla 15.
Puntaje medio de área que utilizan y que no utilizan disolventes, según el monitoreo personal de disolventes (ppm^{***})

Disolvente	No utilizan		Si utilizan	
	Media	DE	Media	DE
Alcohol isopropílico	22.47	2.92	104.72	110.88*
Benceno	0.00	0.00	0.00	0.00
Tolueno	0.00	0.00	0.00	0.00
MEC	7.22	7.17	27.64	40.19**
Xilenos	10.45	1.88	51.57	65.20

* = Mann-Withey $p < 0.05$, ** $p < 0.00$

Fuente: Pruebas. SPSS

***ppm: partes por millón. Unidad de concentración expresada como una relación volumen sobre volumen de una parte de sustancia en un millón de partes en el aire, empleada para gases y vapores.

Se encontraron diferencias significativas en el monitoreo personal entre las dos áreas para alcohol isopropílico y MEC. (Tabla 15)

También se observó que habían niveles de disolventes por arriba de los límites máximos permisibles de:

- a) MEC en el área de las dos prensas planas Komori I (9.93 ppm) y Komori II (98.73 ppm); y en la rotativa M1000-I (8.94 ppm).
- b) Xilenos totales en el área de las rotativas M850 (128.77 ppm) y M600 (194.12 ppm).

□ Efectos neuroconductuales

Tabla 16.
Puntaje medio del grupo estudio y del grupo de comparación por pruebas de Dominio Cognitivo.

Prueba	Evaluó	Comparación		Estudio	
		Media	DE	Media	DE
Dígitos	Puntos correctos	11.92	2.90	8.84	2.56*
Dígitos y Símbolos	Símbolos correctos	55.55	10.09	38.53	11.61*
Vigilancia de Dígitos	Tiempo	117.47	31.67	233.97	42.14*
Vigilancia de Dígitos	ño marcados	3.87	4.43	7.66	8.43**
Fluidez verbal	Semántica	21.08	4.73	12.87	3.68*
Fluidez verbal	Fonológica	13.66	4.97	8.45	3.11*
Senderos A	Tiempo	39.50	11.06	58.47	21.02*
Senderos A	Errores	0.08	0.27	0.13	0.34
Benton	Figuras correctas	9.13	0.81	6.42	1.70*
Figura compleja de Rey-Osterrieth	Cualificación de la ejecución	1.45	0.55	1.68	0.84
Figura compleja de Rey-Osterrieth	Elementos recordados de 18	13.92	3.37	11.58	3.52*
Figura compleja de Rey-Osterrieth	Cualificación de la memoria con interferencia	2.66	1.12	3.26	1.31**

* = Mann -Withey, $p < 0.01$; ** = Mann -Withey, $p < 0.05$

Fuente: Pruebas. SPSS

En las pruebas de Dominio Cognitivo se encontraron diferencias significativas en la mayoría de las pruebas entre el grupo de estudio y el de comparación. Las pruebas en las cuales las diferencias fueron más significativas fueron: Dígitos, Dígitos y símbolos, Fluidez verbal, Sendero A, Benton y Figura compleja de Rey-Osterrieth.

Las funciones cognitivas que se encontraron alteradas fueron memoria inmediata auditiva, memoria inmediata visual y memoria visoespacial; pero principalmente atención sostenida, percepción visomotora, memoria asociativa y fluidez verbal. (Tabla 16)

Tabla 17.
Puntaje medio del grupo de estudio y del grupo de comparación, por prueba de Dominio Cognitivo -Motor.

Puntería II	Comparación		Estudio	
	Media	DE	Media	DE
Rapidez	237.47	43.93	168.03	37.50*
Precisión	0.97	0.03	0.82	0.09*

* = Mann -Withey, $p < 0.000$

Fuente: Pruebas. SPS

En la prueba de dominio cognitivo-motor hubo diferencias significativas entre los dos grupos, ya que en el grupo de estudio se encontró una menor rapidez y precisión. (Tabla 17)

Tabla 18.
Puntaje medio del grupo de estudio y de comparación, por prueba de Dominio Motor

Prueba Panisset	Comparación		Estudio	
	Media	DE	Media	DE
Pulgar-dedo derecho	30.13	3.62	31.34	3.88
Pulgar-dedo izquierdo	30.13	5.94	32.63	4.82
Pronación-supinación derecho	13.50	2.21	13.89	2.47
Pronación-supinación izquierdo	13.82	2.17	14.00	2.30
Cruce de manos	14.29	1.86	14.21	1.91
Alternos coordinados derecho	19.63	2.64	19.61	3.07
Alternos coordinados izquierdo	17.68	2.45	16.42	2.47**
Abrir y cerrar mano derecho	12.61	3.28	12.74	3.13
Abrir y cerrar mano izquierdo	11.18	2.93	11.89	3.06
Manos cerradas y abiertas	12.45	2.71	17.58	4.64*

* = Mann -Withey, $p < 0.01$; ** = Mann -Withey, $p < 0.05$

Fuente: Pruebas. SPS

En cuanto a la prueba de Dominio Motor únicamente se encontraron diferencias significativas en los tiempos empleados entre el grupo de estudio y de comparación en dos maniobras: manos cerradas-abiertas y movimientos alternos coordinados mano derecha. En la prueba de nariz-dedo no se encontró ataxia y/o temblor en ninguno de los grupos. (Tabla 18)

Tabla 19.
Puntaje medio del grupo de estudio y del grupo de comparación, por prueba de Dominio Afectivo (Inventario breve de síntomas)

IBS –Síntomas neuropsicológicos y neuropsiquiátricos	Comparación		Estudio	
	Media	DE	Media	DE
Somatización	0,03	0,07	0,31	0,30*
Obsesivos-compulsivos	0,08	0,13	0,36	0,34*
Sensibilidad interpersonal	0,08	0,17	0,39	0,50*
Depresión	0,10	0,14	0,29	0,41**
Ansiedad	0,02	0,06	0,27	0,32*
Hostilidad	0,03	0,09	0,32	0,40*
Ansiedad fóbica	0,03	0,07	0,15	0,17*
Paranoia	0,05	0,12	0,50	0,44*
Psicotismo	0,00	0,00	0,21	0,29*
Síntomas adicionales	0,15	0,20	0,54	0,35*

* = Mann -Withey, $p < 0.01$, ** = Mann -Withey, $p = 0.05$

Fuente: Pruebas. SPSS

En la prueba de Dominio Afectivo hubo diferencias significativas entre los grupos en la mayoría de los síntomas neuropsicológicos y neuropsiquiátricos . (Tabla 19)

Tabla 20.
Puntaje medio del grupo de estudio y del grupo de comparación, por prueba de dominio Afectivo (Fatiga de Yoshitake)

Fatiga	Comparación		Estudio	
	Media	DE	Media	DE
Total	3,47	3,65	8,82	3,78*
Física	1,26	1,35	2,97	1,46*
Mental	0,76	1,02	3,53	1,75*
General	1,45	1,86	2,26	1,41*

* = Mann -Withey, $p < 0.01$

Fuente: Pruebas. SPSS

En cuanto a fatiga se encontraron también diferencias significativas entre los dos grupos, tanto en el puntaje total como en las tres áreas (física, mental y general). Así mismo se observó que el 71.1 % del grupo en estudio tuvo puntajes de 7 o más que los clasificaría como individuos con fatiga patológica, mientras que en el grupo de comparación sólo sería el 18.4% de los individuos. (Tabla 20)

➤ Pruebas neuroconductuales pareadas con edad y antigüedad

Tabla 21.

Puntaje medio de pruebas neuroconductuales y la edad de los trabajadores.

Pruebas		Grupo de Edad					
		18-27		28-36		37 y más	
		Media	DE	Media	DE	Media	DE
Figura compleja de Rey-Osterrieth	Elementos recordados de 18	13.86	3.05	13.09	3.57	10.13	3.56**
	Cualificación de la memoria con interferencia	2.43	1.17	3.00	1.14	3.81	1.17**
Fluidez verbal	Semántica	17.89	6.14	17.81	5.56	13.69	5.28*
	Fónica	12.04	4.19	11.88	5.30	7.69	3.79**
Benton	Figuras correctas	8.32	1.68	7.81	1.82	6.75	2.11*
Vigilancia de Dígitos	No marcados	4.61	5.17	3.81	4.23	11.69	10.42**
Dígitos y Símbolos	Número de errores	51.50	11.57	48.56	13.87	36.19	12.00*
Puntería	Rapidez	203.43	44.82	219.72	58.72	167.63	40.80**
Fatiga	Física	1.86	1.46	1.81	1.38	3.19	2.04*
IBS	Somatización	0.15	0.23	0.12	0.20	0.33	0.35*
	Depresión	0.14	0.20	0.11	0.18	0.45	0.53*

* = Chi cuadrada $p < 0.05$

** = $p < 0.00$

Fuente: Pruebas. SPSS

Las pruebas neuroconductuales en las cuales se observaron diferencias significativas conforme aumenta la edad fueron: a) Figura de compleja de Rey-Osterrieth: disminuyen el número de electos recordados y en la cualificación de la memoria van habiendo perdida de la estructura externa, fallas importantes de memoria, y en la cualificación de la ejecución se presentaron impresiones motoras o ausentes; b) Fluidez verbal: va disminuyendo la fluidez semántica y fonológica; c) Benton: disminuye el número de figuras correctas; d) Vigilancia de dígitos: aumenta el tiempo y el número de elementos no marcados; e) Dígitos y símbolos: disminuye el número de símbolos correctos; f) Puntería: disminuye la rapidez; g) Fatiga: aumenta la fatiga física; h) IBS: aumentan los síntomas de somatización y depresión. (Tabla 21)

La función que se ve afectada conforme va aumentando la edad es la memoria asociativa, visoespacial e inmediata visual, fluidez verbal, atención sostenida, rapidez motora y precisión, así como también presentan síntomas de fatiga física, somatización y depresión.

Tabla 22.
Puntaje medio de Pruebas neuroconductuales y la antigüedad en la empresa.

Prueba		Antigüedad en la empresa							
		1-3		4-6		7-9		10 y más	
		Media	DE	Media	DE	Media	DE	Media	DE
Figura compleja de Rey-Osterrieth	Número de elementos recordados de 18	13.53	3.01	13.61	3.24	11.38	4.69	9.20	3.65*
	Cualificación de la memoria con interferencia	2.63	1.15	2.94	1.26	3.38	1.19	4.00	1.15*
Vigilancia de Dígitos	no marcados	4.30	5.70	6.39	6.17	7.75	10.40	8.90	9.02*

* = Chi cuadrada $p < 0.05$

Fuente: Pruebas. SPSS

Las pruebas neuroconductuales en las cuales se observó que conforme aumenta la antigüedad en la empresa: a) Figura de compleja de Rey-Osterrieth: disminuyen el número de electos recordados y la cualificación de la memoria van habiendo perdida de la estructura externa, fallas importantes de memoria; b) Vigilancia de dígitos: aumenta el número de elementos no marcados. (Tabla 22)

Las funciones alteradas conforme aumenta la antigüedad y continúa la exposición fueron la memoria visoespacial y la atención sostenida.

□ Efectos visuales

Tabla 23.
Distribución de frecuencias del grupo de estudio y del grupo de comparación, según presencia de discromatopsia adquirida

	Discromatopsia	
	Si	No
Comparación	1	37
Estudio	7	30

** = Chi cuadrada $p < 0.01$ Fuente: Pruebas. SPSS

Tabla 24.
Distribución de frecuencias del grupo de estudio y del grupo de comparación,
según tipo de discromatopsia adquirida

	Comparación		Estudio	
	No.	%	No.	%
Deficiencia rojo-verde	1	3	7*	18
Deficiencia de colores	1	3	2	5

** = Chi cuadrada $p < 0.05$

Fuente: Pruebas. SPSS

Del grupo de estudio se observó que el 18% tuvieron discromatopsia, contra un 3% del grupo de comparación ($p < 0.01$). El tipo de discromatopsia encontrada fue principalmente deficiencia rojo-verde ($p < 0.05$), la cual en todos los casos fue unilateral. (Tabla 23 y 24)

□ Efectos dermatológicos

Tabla 25.
Distribución de frecuencias del grupo de estudio y del grupo de comparación,
según presencia de Dermatitis de contacto irritativa (DCI)

Grupo	DCI			
	Si	%	No	%
Comparación	3	8	35	92
Estudio	11	29	27	71

** = Chi cuadrada $p < 0.005$ Fuente: Pruebas. SPSS

Tabla 26.
Distribución de frecuencias del grupo de estudio y del grupo de comparación,
según área del cuerpo afectada

Área	Comparación		Estudio	
	No.	%	No.	%
Cara	0	0	4	36
Cuello	0	0	4	36
Brazos	1	33	9	82
Manos	3	100	11	100
Abdomen	0	0	2	18

Fuente: Pruebas. SPSS

Tabla 27.
Distribución de frecuencias del grupo de estudio y del grupo de comparación,
según signo de dermatitis de contacto irritativa

Signo	Comparación		Estudio	
	No.	%	No.	%
Eritema	0	0	10	91
Xerosis	3	100	10	91
Descamación	1	33	5	45
Fisuración	0	0	7	64
Hiperqueratosis	3	100	8	73
Otros	0	0	8	73

Fuente: Pruebas. SPSS

El 29% del grupo de estudio presentaron dermatitis de contacto irritativa, a diferencia del grupo de comparación que fue únicamente el 8% ($p < 0.005$). En cuanto al área del cuerpo afectada se observó que de los 3 casos de DCI que se encontraron en el grupo de comparación y los 11 del grupo de estudio se encontró que las manos (100% en ambos grupos) y los brazos (33% y 82%, respectivamente) fueron las más afectadas. (Tabla 25 y 26)

En cuanto a los principales signos de dermatitis de contacto irritativa que se observaron en los 11 casos de DCI del grupo en estudio los principales signos fueron eritema (91%), xerosis (91%), hiperqueratosis y otros (73%, respectivamente). Y en los 3 casos del grupo de comparación fueron principalmente xerosis e hiperqueratosis (100%, cada uno). (Tabla 27)

➤ DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en este estudio son congruentes con la hipótesis planteada, ya que se encontró una mayor prevalencia de efectos neuroconductuales, visuales (sensoriales) y dermatológicos en los trabajadores que utilizan disolventes durante su jornada de trabajo, que en aquellos que no los utilizan.

Las principales pruebas neuroconductuales en las cuales se encontraron diferencias significativas entre los grupos fueron: dígitos, dígitos y símbolos, vigilancia de dígitos, fluidez verbal, senderos A y figura compleja de Rey-Osterrieth; las pruebas que se han utilizado en otros estudios y que han ayudado a identificar alteraciones en trabajadores expuestos a disolventes han sido la de Dígitos, Benton y Dígitos y símbolos.

Las principales funciones que se encontraron alteradas en el grupo de estudio fueron: memoria, atención, fluidez verbal, percepción, precisión y rapidez; las cuales en otros estudios que se han realizado también se han visto alteradas cuando hay exposición a disolventes.

En cuanto a la presencia de síntomas neurotóxicos y neuropsiquiátricos (dominio afectivo), se puede decir que el contacto de los trabajadores con disolventes aumenta la prevalencia de síntomas de somatización, obsesivo-compulsivo, sensibilidad interpersonal, ansiedad, hostilidad, ansiedad fóbica, paranoia, psicotismo, síntomas adicionales y fatiga patológica.

En este estudio a diferencia de otros no se encontraron diferencias significativas en las pruebas de dominio motor, lo cual puede estar relacionado con el tipo de prueba que empleo en el estudio, ya que no valora lo mismo.

En relación a los efectos visuales o sensoriales encontradas en los trabajadores evaluados, el tipo de discromatopsia adquirida que presentan es tipo I (defectos en el eje rojo-verde, neuropatía toxica), lo cual difiere con lo reportado en otros estudios en los cuales es tipo III (defectos en el eje azul-amarillo, retinopatía toxica); sin embargo es portante recalcar que la prueba utilizada en este estudio evalúa únicamente el eje rojo-verde, por lo que no se descarta la discromatopsia tipo II (defectos en el eje azul-amarillo y rojo-verde) que es el grado más avanzado, en los trabajadores que presentaron la tipo I, y en el resto la discromatopsia tipo III. Es necesario reevaluar a los trabajadores utilizando la prueba de 100 tonalidades de Farnsworth-Munsell (FM-100) o el Panel de desaturación D-15 de Lanthony (L-D15).

En base al monitoreo realizado se puede decir que las alteraciones encontradas en el grupo de estudio se deben principalmente a la exposición a alcohol isopropílico, benceno, metil-etil-cetona y xileno. Y aun que se encontraron concentraciones de benceno y metil-etil-cetona por arriba de los límites máximos permisibles de exposición en las áreas que no utilizan disolventes, esto se debe muy probablemente al deficiente sistema de ventilación y extracción de las áreas y a que no existen delimitaciones adecuadas de las áreas, por lo que los vapores de los disolventes del área de impresión contaminan el área de encuadernación. Es muy importante tomar en cuenta lo anterior sobre todo por el benceno y el alcohol isopropílico, los cuales son catalogados como carcinógenos para el hombre.

En base a los resultados obtenidos en el monitoreo y a la evaluación dermatológica que se les realizó a los trabajadores se puede decir que las principales vías de entrada de los disolventes a su organismo son la inhalatoria y la dérmica; lo cual está relacionado con la falta de medidas de higiene y seguridad que limiten la exposición a disolventes, como son el deficiente sistema de ventilación y extracción en el área de impresión, la falta de uso de equipo de protección personal (guantes y mascarilla para disolventes) por parte de los trabajadores, a la utilización de disolventes por parte de los trabajadores para retirarse de la piel la tinta y para lavar el equipo sin guantes, entre otras actividades.

Debido a que no se encontraron diferencias significativas en cuanto a la edad de los trabajadores y la antigüedad en la empresa entre los trabajadores que conformaron el universo de trabajo (grupo de estudio y grupo de comparación), a que el uso de equipo de protección personal en el grupo de estudio no es habitual, y a que se encontraron un mayor número de disolventes con niveles de exposición por arriba de los límites máximos permisibles en las áreas donde utilizan disolventes, se puede decir que los resultados obtenidos se deben a al contacto de estos trabajadores con disolventes durante su jornada de trabajo.

Las evidencias encontradas en este estudio proporcionan información importante para plantear recomendaciones y medidas preventivas y/o correctivas que ayuden en el control de la exposición a disolventes en esta industria.

Es necesario que la Higiene Industrial y la Medicina del Trabajo optimicen sus esfuerzos explotando conjuntamente los datos disponibles y así poder relacionar niveles admisibles de exposición y niveles admisibles de salud.

➤ CONCLUSIONES

El presente estudio constituye un acercamiento preliminar a la problemática que representan las sustancias químicas que se utilizan en los centros de trabajo y su relación con la salud de los trabajadores.

Con excepción de las pruebas del dominio motor, las pruebas neuroconductuales utilizadas mostraron ser consistentes para diferenciar neurotoxicidad entre los trabajadores que utilizan y no utilizan disolventes.

Los efectos neuroconductuales que se presentan con mayor frecuencia en trabajadores expuestos a disolventes son sobre todo en memoria, atención, percepción, fluidez verbal y precisión, así como produce en ellos síntomas de ansiedad, obsesivo-compulsivo, sensibilidad interpersonal, hostilidad y fatiga patológica.

Conforme aumenta la edad y la antigüedad en la empresa se ven alteradas principalmente la memoria y la atención, por lo que es necesario dar seguimiento a dichas alteraciones.

Para la evaluación de los efectos visuales o sensoriales por exposición a sustancias químicas (discromatopsias adquiridas) es necesario utilizar pruebas que evalúen tanto el eje azul-amarillo como en el eje rojo-verde, ya que en los casos avanzados ambos ejes están alterados.

Es necesario realizar estudios que nos proporcionen indicadores de los daños subclínicos en los trabajadores expuestos a disolventes, así como de niveles y tiempo de exposición que no representen un riesgo para la salud de los trabajadores, sobre todo teniendo en cuenta que los disolventes son y continuaran, siendo agentes importantes en el lugar de trabajo.

➤ RECOMENDACIONES

En base a los resultados obtenidos en este estudio, a la empresa se le hicieron las siguientes recomendaciones a la empresa:

- ❖ Difundir los resultados de este estudio entre los directivos de la planta, gerentes, supervisores y trabajadores.
- ❖ Realizar nuevamente la evaluación de discromatopsias en los trabajadores, utilizando la prueba del Panel D-15 en su versión desaturada.
- ❖ Dar seguimiento a los trabajadores que presentaron algún efecto dermatológico y/o neuroconductual.
- ❖ Enviar con especialistas a los trabajadores que lo requieran para un mejor diagnóstico y tratamiento.
- ❖ Elaborar e implementar el programa de vigilancia para la salud de los trabajadores expuestos a disolventes, el cual debe contemplar:
 1. Exámenes médicos periódicos y de ingreso enfocados a la detección de alteraciones dermatológicas, visuales o sensoriales y neuroconductuales.
 2. Evaluaciones por especialistas, en caso de ser necesario para un mejor diagnóstico y tratamiento.
 3. Determinaciones en sangre de metabolitos de los disolventes cuando lo consideren necesario
 4. Seguimiento de los trabajadores que presentaron alguna alteración dermatológica, visual y neuroconductual.
 5. Realizar el monitoreo ambiental cada año, y en caso de cambio de disolventes
- ❖ Difundir y concientizar entre los trabajadores los efectos en la salud por exposición a disolventes
- ❖ Concientizar a los trabajadores el uso adecuado del equipo de protección personal
- ❖ Pedir al departamento de Seguridad e Higiene que realice recorridos y monitoreos necesarios en el área de encuadernación y DTP para identificar las posibles fuentes de exposición a disolventes.
- ❖ Delimitar con materiales adecuados el departamento de impresión para evitar que los vapores de los disolventes contaminen el departamento de encuadernación.
- ❖ Mejorar los sistemas de ventilación y extracción del área de impresión. .
- ❖ Elaborar estudio de análisis de riesgo potencial de las sustancias químicas peligrosas que generen condiciones capaces de causar riesgos a la salud de los trabajadores o daños a las instalaciones y/o equipo del centro de trabajo.

- ❖ Muestrear y cuantificar los niveles de concentración de disolventes en el departamento de impresión, aplicando los métodos e instrumentos que señalen para cada caso las normas oficiales mexicanas.
- ❖ Mantener actualizadas las hojas de seguridad de todas las sustancias que se utilizan en el proceso, y capacitar a los trabajadores sobre estas.
- ❖ Concientizar a los trabajadores sobre el no realizar mezclas entre las sustancias debido al daño en su salud que les puede generar.
- ❖ Elaborar procedimientos para el manejo, transporte y almacenamiento sustancias químicas, y capacitar a los del departamento de impresión trabajadores sobre estos.
- ❖ Determinar el equipo de protección personal adecuado en base al análisis de riesgo de los agentes químicos en el departamento de impresión, y capacitar, concientizar y supervisar a los trabajadores del departamento de impresión sobre el uso y mantenimiento del equipo de protección personal.
- ❖ Concientizar a los trabajadores y supervisores sobre orden y limpieza de las áreas.

➤ BIBLIOGRAFÍA

1. Manual de toxicología. SSA. México, D.F.: Secretaria de salud; 1993. ⁽¹⁾
2. Almirall. P. et al. Evaluación psicológica en trabajadores expuestos a tolueno en una empresa mexicana de autopartes. Salud de los Trabajadores 1999; 7(1): 5-14. ^(2,5,6,7)
3. Foreword, J. Donald Millar. Organic solvent neurotoxicity. ^(6-8,11,12)
En http://www.cdc.gov/niosh/87104_48.html. Consultado: 13/5/2005
4. Folleto: Los disolventes y nuestra salud.
En: http://www.mtas.es/insht/practice/f_disol.htm.
Consultado: 10/05/2005. ⁽³⁾
5. SSA (Secretaria de Salud) (1994) "NOM-047-SSA1-1993 que establece los límites biológicos permisibles de disolventes orgánicos en el personal ocupacionalmente expuesto", México, Diario Oficial de la Federación, 15 de septiembre. ^(4,9,20)
6. Bowler, R. Secretos de la medicina del trabajo. ed. Mc Graw Hill; 2001:39 – 43.
7. OIT: Industria de las artes gráficas, fotografía y reproducción. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Tomo 3: Pág. 85, 1998. ⁽¹⁴⁾
8. LaDou J. Medicina laboral y ambiental, Manual moderno, 2d ed.; México, 1999: 535-569. ^(15,16, 20, 29)
9. Disolventes. ^(18,19)
En: <http://www.riesgolaboral.net/actualizaciones/DESCARGABLES/HIGIENE/Los%20disolventes%20organicos%20I>. Consultado 10/5/2005
10. Capítulo 7. Riesgos y efectos sobre la salud. Tintas y disolventes. 30 –40. ⁽¹⁷⁾
En: http://fes.ugt.org/artesgraficas/publica/gtd/gtd_08cap07.pdf.
Consultado 13/5/2005.
11. Santolaya C. Toxicología- Benceno (Hidrocarburos no sustituido cíclico aromático). ⁽²²⁾
En: <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=546>. Consultado 13/10/2005.
12. Albiano N. Toxicología- Tolueno (Hidrocarburos no sustituido cíclico aromático). ⁽²³⁾
En: <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=549>. Consultado 13/10/2005.
13. Albiano N. Toxicología- Xileno (Hidrocarburos no sustituido cíclico aromático). ⁽²⁴⁾
En: <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=550>. Consultado 13/10/2005.
14. Albiano N. Toxicología- Alcohol propílico e isopropílico. ⁽²⁵⁾
En: <http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=693>. Consultado 13/10/2005.

15. Albiano N. Toxicología- 2-Butanona. ⁽²⁶⁾
En:<http://www.estrucplan.com.ar/Producciones/entrega.asp?IdEntrega=1059>. Consultado 13/10/2005.
16. Comité Internacional de Expertos del IPCS. Butanona. ⁽²⁷⁾
En:<http://www.mtas.es/insht/ipcsnspn/nspn0179.htm>. Consultado 13/10/2005.
17. Regidor, L. NTP 487: Neurotoxicidad: agentes neurotóxicos. ^(30-40,42)
En:http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_487.htm. Consultado 20/10/2005.
18. Méndez, L. Evaluación neurotóxica a trabajadores expuestos a disolventes, una comparación. 2004. Tesis licenciatura Psicología-UNAM, facultad de estudios superiores iztacala ⁽²⁸⁾
19. Resumen Disolventes, Mtra Elia Morales Nápoles. ^(48-59,68,69)
20. Cruz, M. Determinación comparativa de efectos de disolventes industriales sobre aspectos pertinentes de salud ambiental y adicciones. ⁽⁴¹⁾
En: <http://bvs.insp.mx/articulos/5/1/111997.htm>. Consultado 8/9/2005.
21. OIT: Sistema Nervioso. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Tomo 1: Cáp. 7, 1998. ⁽⁴³⁾
22. Maizlish N. Feo O. Alteraciones neuropsicológicas en trabajadores expuestos a neurotóxicos. Salud de los Trabajadores 1994; 2(1): 6-34. ⁽⁶²⁻⁶⁵⁾
23. Wendel de Joode, B., Mergler, C., et al. Manual de pruebas neuroconductuales. Centro Educativo de Salud de Trabajadores, Costa Rica 2000. ⁽⁴⁴⁻⁵⁷⁾
24. 2. Trastornos mentales orgánicos. Disolventes. ^(60,61)
En:http://www.biopsicologia.net/fichas/page_7279.html. Consultado 20/10/2005.
25. van der Hoek JAF, Verberk M Routine diagnostic procedures for chronic encephalopathy induce by solvents: survey of experts. Occup Environ Med 2001Feb;58:382-385. ⁽⁶⁶⁾
26. Zupanic Z. et al. Psychomotor performance and subjective symptoms at low level toluene exposure. Occup Environ Med 2002; 59:263-268. ⁽⁷⁰⁻⁷¹⁾
27. Caraballo S, M Y Blanco G, G. Evaluación neuropsicológica de trabajadores expuestos a disolventes orgánicos en una empresa de transporte público. RFM, 2005, vol.28, no.1, p.79-88. ⁽⁷²⁾
28. Tak-Sun Yu I. Occupational Exposure to Mixtures of Organic Solvents Increases the Risk of Neurological Symptoms Among Printing Workers in Hong Kong. Journal of Occupational and Environmental Medicine 2004; 46: 4. ⁽⁷³⁾
29. Ihrig A, Dietz M, Bader M, Triebig G (2005): Longitudinal study to explore chronic neuropsychologie effects on solvent exposed workers. Industrial health, 43, 588-496. ⁽⁷⁴⁾

30. Urrea E. Neuropatías craneales ocupacionales. ^(75,76,79,80)
En:<http://publicaciones.acnweb.org/guia/g5cap3.pdf>.
Consultado 7/11/2005.
31. Solé M. NTP 352: Neurotoxicidad: estudio de la visión cromática. ⁽⁷⁷⁾
En:http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_352.htm.
Consultado 20/10/2005.
32. Zavalic M, et al. Qualitative color vision impairment in toluene-exposed workers. *Int Arch Occup Environ Health*. 1998 May; 71(3):194-200. ^(78,82)
33. Takeuchi Y. Visual disorders due to organic solvent poisoning. *Sangyo Igaku*. 1988 Jul; 30(4):236-47. ⁽⁸¹⁾
34. Cavalleri, A. et al. Dose-related color vision impairment in toluene-exposed workers, *Archives of Environmental Health*, 2000; 55:399-404. ⁽⁸³⁾
35. Semple S, Dick F, et al: Impairment of colour vision in workers exposed to organic solvents. *Occup Environ Med*. 2000 Sep;57(9):582-7. ⁽⁸⁴⁾
36. Gobba F, Cavalleri A. Color vision impairment in workers exposed to neurotoxic chemicals. *Neurotoxicology* 2003 Aug; 24(4-5):693-702. ⁽⁸⁵⁾
37. Dick F, Semple S. Is colour vision impairment associated with cognitive impairment in solvent exposed workers?. *Occup Environ Med*. 2004 Jan;61(1):76-8. ⁽⁸⁶⁾
38. Arenaza JC. NPT 336: Absorción de sustancias químicas por la piel. ⁽⁸⁷⁾
En: http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_336.htm.
Consultado 20/10/2005.
39. Neus Moreno Sáenz. NTP 166: Dermatitis por agentes químicos: prevención. ⁽⁸⁸⁾
En:http://www.mtas.es/insht/ntp/ntp_166.htm.
Consultado 20/10/2005.
40. Antezana M, Parker F. Occupational contac dermatitis. *Immunology and Allergy Clinics of North America* 2003 May;23 (2):55-79. ⁽⁸⁹⁾
41. White, I. ABC of work related disorders: Occupational Dermatitis. *British Medical Journal* 1996 Aug; 313(7055):487-489. ⁽⁹⁰⁾