

Capítulo 2. 2: Agentes toxicológicos y químicos

Petar Bulat, MD, PhD, Universidad de Belgrado, Escuela de Medicina, Belgrado, Serbia

Última actualización 09/09/2012

Traducción: M^a Begoña Martínez-Jarreta, MD, PhD y Miguel Bolea, MsC. Escuela Profesional de Medicina del Trabajo. Universidad de Zaragoza

Objetivos

Objetivos de aprendizaje:

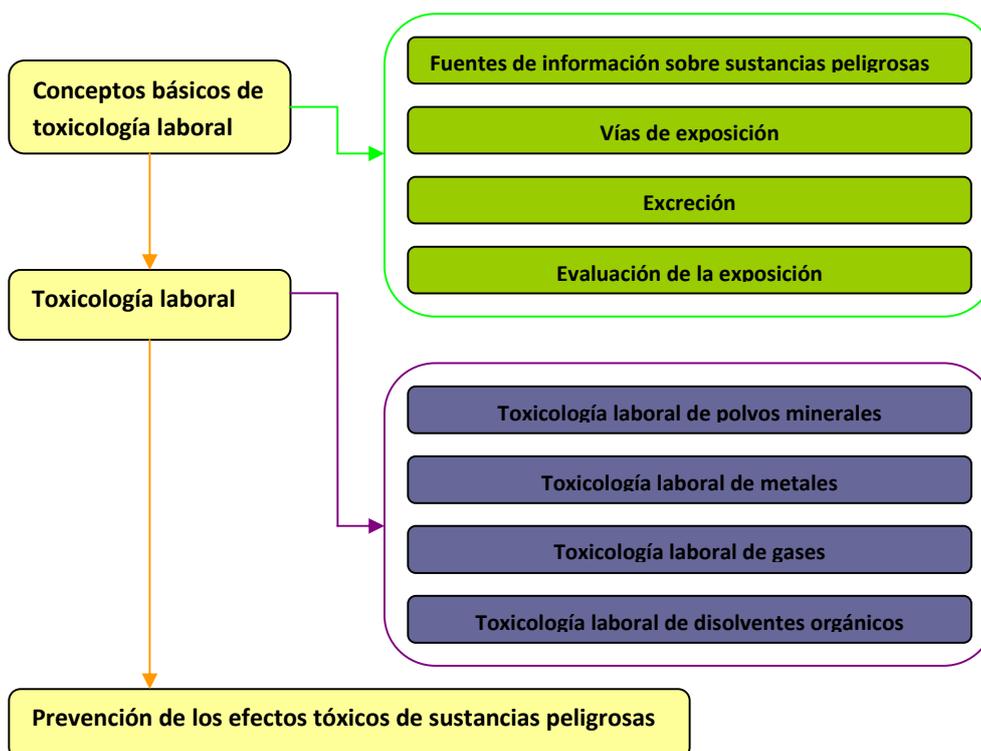
- El estudiante identificará las fuentes de exposición química en el trabajo
- El estudiante explicará los conceptos básicos de toxicología laboral
- El estudiante resumirá los principios del control ambiental y biológico
- El estudiante ilustrará con ejemplos la forma de tratar los posibles casos de envenenamiento laboral

Habilidades/actitudes relacionadas con los objetivos:

- El estudiante reconocerá los efectos adversos en la salud de la exposición a agentes químicos en el trabajo
- El estudiante reconocerá y diagnosticará parcialmente un caso de envenenamiento laboral
- El estudiante buscará fuentes fiables de información sobre los efectos adversos de los agentes químicos en la salud y la prevención
- El estudiante asesorará al trabajador sobre medidas de prevención relacionadas con la exposición a agentes químicos.

Mapa conceptual

Marco



Glosario

Exposición aguda: Exposición a un agente químico durante un periodo de 14 días o menos.

Control ambiental (medioambiental): Medición de una exposición a un agente en el ambiente de la sala de trabajo, una operación específica, la zona de respiración del trabajador.

Control biológico: Medición llevada a cabo en una muestra biológica que evalúa una exposición o el efecto biológico de esa exposición.

Exposición crónica: Exposición a un agente químico durante 365 días o más

Vida media: El tiempo que tarda la concentración de una sustancia para disminuir de mitad desde un punto dado.

Biotransformación metabólica: Proceso de descomposición de una sustancia peligrosa con el objetivo principal de desintoxicar la sustancia y de incrementar su solubilidad para facilitar su excreción a través de los riñones.

Toxicología laboral: Disciplina de la toxicología que identifica las sustancias peligrosas que se encuentran en el entorno de trabajo, reconoce los efectos adversos sobre la salud de las exposiciones en el trabajo y establece medidas de control para prevenir o minimizar las exposiciones a las sustancias peligrosas.

Efectos tóxicos estocásticos y no estocásticos: los efectos no estocásticos se caracterizan por una dosis-umbral por debajo de cual no ocurren. Por el contrario, los efectos tóxicos estocásticos no dependen de la dosis por lo que el suceso puede ocurrir al azar, por pura casualidad.

Toxicología: La disciplina de la ciencia centrada en el potencial de una sustancia para producir efectos adversos para la salud de un organismo vivo y la probabilidad que dichos efectos adversos puedan ocurrir bajo determinadas condiciones de exposición.

Xenobiótico: Una sustancia o agente químico que no se encuentra normalmente o no se produce en el organismo humano.

Caso

El Sr. Jones, de 53 años, trabajador de una fábrica de producción de batería Ni-Cd, consultó su médico por una tos acompañada de sangre que se repitió varias veces durante el día anterior. Aparte del episodio de tos con sangre, el Sr. Jones mencionó que llevaba años tosiendo todos los días y que es fumador empedernido, que fuma más de 30 cigarrillos al día desde hace 15 años. Se queja de falta de aliento y de no poder llevar a cabo actividades exigentes. Se ha dado cuenta que desde que vive en un segundo piso, en los tres últimos meses necesita hacer una parada en el primero para llegar hasta su apartamento. Al elaborar su historia, el médico recogió la información que el Sr. Jones trabajaba en una fábrica de batería Ni-Cd durante 31 años. Los 24 primeros años, trabajaba en la producción y los últimos 7 años, era encargado de producción de batería Ni-Cd. Su puesto de trabajo consistía principalmente en dirigir a los trabajadores de producción y trabajar ocasionalmente en producción (en caso de problemas de producción). El médico consultado no disponía de los datos relativos a la exposición en el lugar de trabajo.

La exploración física reveló que el Sr. Jones presentaba disnea y sibilancias en el pecho al respirar. Las pruebas de laboratorio indicaban una tasa de sedimentación elevada, una disminución del número de eritrocitos y niveles bajos de hierro en la sangre. La espirometría indicaba un FVC y FEV1 bajos. Basándose en la anamnesis, la exploración física y las pruebas de laboratorio, el médico decidió realizar una radiografía de tórax que reveló un tumor masivo en la parte baja del pulmón derecho con exudación en pulmón derecho.

Tras pruebas detalladas (incluidas CT, MRI, broncoscopio, etc.) el Sr. Jones fue sometido a intervención quirúrgica y quimioterapia. Tres años después del tratamiento, el empleador del Sr. Jones le pidió que siguiera trabajando de encargado de producción de batería Ni-Cd. Consultó al especialista de medicina de trabajo, que tenía varios dilemas.

1. Conceptos básicos de toxicología laboral

1.1 Fuentes de información sobre sustancias peligrosas

Con motivo de los tremendos desarrollos de la industria y la tecnología en las últimas décadas, existe una muy amplia variedad de agentes químicos. Se estima que de 3 a 4 millones de agentes químicos están disponibles en el mundo. Por supuesto no todos son de uso muy expandido y no todos son peligrosos¹. Teniendo en mente que existen tantos agentes químicos diferentes, la cuestión de encontrar información fiable sobre los agentes químicos es ya fundamental. En caso de exposición en el trabajo, habitualmente, la primera fuente de información es la Hoja de Datos de Seguridad del material (HDS) ya que cada empleador debe disponer de una hoja para los productos químicos que utiliza. La calidad y la fiabilidad de estas hojas HDS varía mucho puesto que el productor del producto químico es quien las elabora y suministra. Generalmente, la HDS es un buen punto de partida para explorar las propiedades de una sustancia peligrosa. La información disponible en Internet es fácil de recoger pero hay que ser muy precavido y utilizar los datos procedentes únicamente de sitios Web con una excelente reputación contrastada (p. ej.: Toxicology Data Network (<http://toxnet.nlm.nih.gov/>), Haz-Map (<http://hazmap.nlm.nih.gov/index.php>), Chemical Carcinogenesis Research Information System (<http://toxnet.nlm.nih.gov/cgi-bin/sis/htmlgen?CCRIS>), etc.)

1.2 Vías de exposición

Las principales vías por las que los agentes tóxicos acceden al cuerpo son el tracto gastrointestinal (ingestión), los pulmones (inhalación), la piel (tópica, percutánea o cutánea) y otras vías parenterales (que no sean el canal intestinal). Generalmente, los agentes tóxicos producen el mayor efecto y la respuesta más rápida cuando pasan directamente a la sangre (vía intravenosa). Un orden decreciente aproximativo de eficacia para las otras vías serían la inhalación, intraperitoneal, subcutánea, intramuscular, intradérmica, oral y cutánea.

¹ Por supuesto, debemos recordar una frase famosa de Paracelsus (1493-1541) "Todas las sustancias son venenos; no hay ninguna que no sea un veneno. Es la dosis correcta la que diferencia un veneno de un remedio ..."

Para ejercer un efecto tóxico sistémico, una sustancia peligrosa debe primero entrar en la circulación atravesando las barreras naturales del cuerpo. En todos los casos (excepto por inyección directa), el material tóxico debe atravesar una membrana biológica para penetrar en el cuerpo. Las dos vías principales para ello son la difusión pasiva y el transporte activo.

- La difusión pasiva requiere un gradiente de concentración positivo, es decir, que la sustancia tiende a difundirse a través de la membrana desde una concentración alta a una concentración menor. Otros factores que influyen en la capacidad de atravesar una membrana biológica son la solubilidad de los lípidos (o grasa), el tamaño molecular y el grado de ionización. Generalmente, las pequeñas moléculas, lipofílicas, no ionizadas atraviesan las membranas biológicas con mayor rapidez que las mayores solubles en agua .
- El transporte activo implica una proteína “portadora” específica que transfiere los xenobióticos a través de la membrana plasmática. El transporte activo puede mover moléculas contra un gradiente de concentración.

1.3. Excreción

Siguiendo la absorción, las sustancia o metabolito será finalmente eliminado del cuerpo mediante los procesos de excreción. Si una sustancia es rápidamente eliminada, su potencial en cuanto a efectos adversos se reduce. Por lo contrario, si la retención se prolonga, el potencial de efectos adversos es mayor.

Las vidas medias pueden variar mucho para las diferentes sustancias y pueden tener una influencia significativa en su potencial toxicidad. Por ejemplo, el cadmio tiene una vida media en el cuerpo de entre 15 y 20 años, por lo que la exposición al cadmio durante cierto tiempo probablemente incrementará la cantidad total almacenada o acumulada en el cuerpo. A la inversa, para una sustancia con una vida media corta (p. ej. el monóxido de carbono con una vida media en el cuerpo de unas pocas horas) la cantidad de la sustancia en un fluido corporal tal como la sangre caerá rápidamente al cesar la exposición.

Las vías principales de excreción de las sustancias peligrosas son:

- Renal (a través de los riñones): el riñón es la vía principal de excreción de las moléculas pequeñas, solubles en agua; las moléculas grandes como las proteínas no pueden atravesar las membranas de filtración de los riñones, mientras que las sustancias solubles en lípidos son reabsorbidas desde los túbulos renales.
- Biliar (a través del hígado y el tracto GI (GIT)) – excreción a través de la bilis: una secreción producida por el hígado – es la segunda vía más importante de eliminación de sustancias del cuerpo y para determinados materiales (como solubles en lípidos) puede ser la más importante. La bilis pasa del hígado a la vesícula y después al tracto gastrointestinal.
- Pulmonar (exhalación vía los pulmones): los pulmones pueden ser una vía importante de excreción de las sustancias volátiles.

- Secretora (en fluidos como el sudor, el semen, las lágrimas – una vía menor)

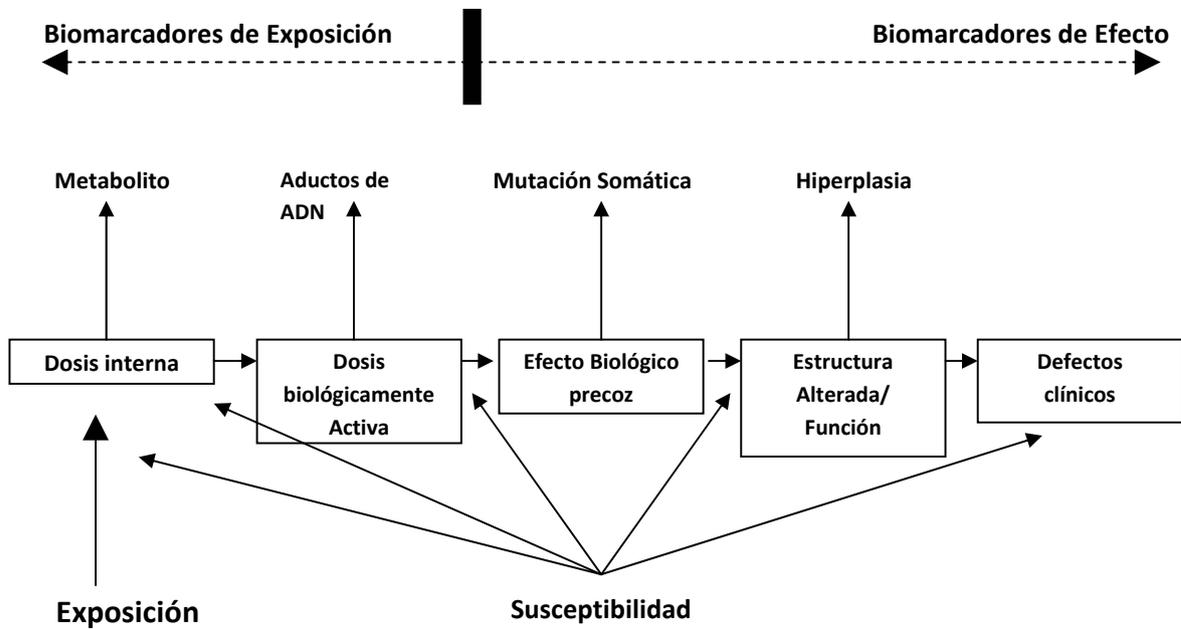
1.4. Evaluación de la exposición

La evaluación de la exposición es el proceso por el que se estima o se mide la magnitud, la frecuencia y la duración de la exposición a un agente. Puede realizarse mediante dos conceptos básicos:

- Control ambiental (medioambiental)
 - Control biológico
- a. *Control ambiental (medioambiental)* es una medición de una exposición a un agente en el entorno general del taller de trabajo, de una operación específica, de la zona de respiración del trabajador. Puede realizarse siguiendo una de las tres siguientes estrategias:
1. Control continuo: proporciona una medición en tiempo real de la concentración de contaminante en el entorno del lugar de trabajo.
 2. Muestreo integrado: basado en la recogida (y concentración) de muestras en un período de tiempo para obtener la exposición media en el periodo de muestreo (operación, turno completo ...).
 3. Muestreo de punto (lugar): basado en la recogida de muestras en un punto y tiempo para evaluar las exposiciones máximas.
- b. *Control biológico* es la medición llevada a cabo en una muestra biológica que evaluar una exposición o el efecto de dicha exposición. Puede realizarse mediante:
- Marcadores biológicos de exposición-medidas de la toxina o de su metabolito específico en una muestra biológica (como el nivel de plomo en sangre; el ácido trans,trans-muconico como el metabolito del benceno en orina y el etanol en el aire exhalado).
 - Marcador biológico de efecto- medición de la respuesta biológica causante de una lesión o enfermedad originada por la exposición (como actividad de acetil-colinesterasa (en caso de exposición a un plaguicida organofosforado), nivel de protoporfina eritrocitaria (en caso de exposición al plomo) y nivel de β 2 microglobulina en orina (en caso de exposición al cadmio).
 - Biomarcadores de susceptibilidad, indicadores que señalan una sensibilidad inusualmente elevada a determinada exposición como la actividad de las enzimas implicadas en la transformación de los xenobióticos (como GST: glutatión S-transferasa o NAT: N-acetiltransferasa) y la actividad de los mecanismos de reparación celular del ADN.

Es útil visualizar los procesos que vinculan la exposición, la dosis y el efecto como un continuum, tal como se muestra en la Figura 1 (Adaptada de William N. Rom. Medioambiente y Medicina laboral 1998).

Biomarcadores



Los conceptos de control ambiental y biológico tienen ambas ventajas e inconvenientes. Se indican las principales ventajas e inconvenientes en la tabla 1.

Tabla 1: control ambiental vs. Biológico

	Control ambiental	Control biológico
Incluye todas las fuentes de exposición	-	++
Excluye factores externos modificantes de la exposición	-	+
Justifica las diferencias individuales en la absorción	-	++
Influencia de las diferencias en la biotransformación de xenobióticos	-	++
En caso de exposición a agentes múltiples puede proporcionar medida de resumen	+/-	+
Disponibilidad	++	+/-
Precio	+	-
Especificidad	++	+/-
Sensibilidad	+	+/-
Integración de exposición anterior	-	+
Valores pico	+	-
Participación activa y colaboración de trabajadores muestreados	+	-
Manipulación de las muestras	+/-	+/-
Invasivo	+	-/+
Resultados inmediatos	+	-

En la evaluación de la exposición en salud laboral, ambos tipos de control tiene su lugar propio. El control ambiental es relativamente preciso, poco costoso y constituye una fuente de datos de amplia disponibilidad para la evaluación de la exposición. El control biológico es un método insuperable de evaluación de la exposición cuando la exposición cutánea es importante así como en los casos en los que

la variabilidad interindividual podría tener un papel importante. Se recomienda tomar en cuenta el uso de ambos controles, ambiental y biológico siempre que sea posible.

2. Toxicología laboral

2.1. Toxicología laboral de los polvos minerales

Amianto es el término utilizado para designar un grupo de minerales naturales de silicato hidratado. El término amianto se aplica a seis de dichos minerales que pueden agruparse en dos categorías principales:

- **Grupo Serpentininas**
 - Crisotilo (amianto blanco)
- **Grupo Anfiboles**
 - Amosita (amianto marrón)
 - Crocidolita (amianto azul)
 - Antofilita, Tremolita y Actinolita

Los tres primeros (Crisotilo, Amosita y Crocidolita) son las formas que más se han utilizado. El amianto era de fácil disposición, barato de extraer e ideal para muchos fines de fabricación. Sus propiedades principales son la fuerza, la resistencia química, la flexibilidad, la no combustibilidad y el buen aislamiento térmico y eléctrico. Tan útiles propiedades facilitaron una amplia gama de aplicaciones y actualmente se encuentran productos del amianto ampliamente distribuidos en edificios, vehículos y artículos domésticos e industriales. Estos productos incluyen:

- Tuberías y envolventes de calderas
- Revestimientos pulverizados – aislamiento térmico y acústico así como protección de incendios en techos y estructuras de acero.
- Placas aislantes – protección de incendios así como paneles de techo y pared y paneles de recubrimiento de conductos y cajas de ascensores.
- Fibrocemento – chapa ondulada o plana, tuberías para agua de lluvia, canalones, tejas, revestimientos, chimeneas, etc.

Vía de exposición: El amianto es sólo un riesgo para la salud cuando puede entrar en los pulmones. Esta situación ocurre cuando las fibras son transportadas por el aire e inhaladas. El amianto puede dividirse longitudinalmente en fibras más finas.

Efectos en la salud: Las tres principales enfermedades asociadas con la exposición al amianto son la asbestosis, el mesotelioma y el cáncer de pulmón.

Asbestosis: una neumoconiosis fibrótica que provoca una pérdida progresiva de la elasticidad y de la función pulmonar. Sólo aparece en personas expuestas a gran cantidad de amianto, normalmente durante muchos años. Las fibras finas no se eliminan fácilmente y dañan las células eliminadoras que se acercan para eliminarlas causando la formación de un tejido de cicatriz o fibrosis.

Cáncer de pulmón: El riesgo de desarrollar un cáncer de pulmón incrementa en personas fumadores y personas expuestas al amianto.

Mesotelioma: un tumor maligno en la pleura o más raro en el peritoneo. El Mesotelioma puede desarrollarse en cualquier momento de 15 a 50 años después de la primera exposición al amianto.

Exposición y prevención: En el pasado, las personas consideradas más en riesgo eran aquellas implicadas en la importación de amianto o en la fabricación de productos del amianto. Los trabajadores considerados más en riesgo actualmente son aquellos que trabajan en la reparación, el mantenimiento y la rehabilitación de edificios que contengan amianto. Debido a los peligros para la salud asociados con el amianto, lentamente se va sustituyendo por otros materiales. Sin embargo, sigue descubriéndose con regularidad de forma casual, lo que puede poner a los trabajadores y en ocasiones a los ocupantes del edificio en riesgo. Para controlar los riesgos derivados del amianto, deben implantarse procedimientos para identificar, evaluar y tratar el amianto.

2.2. Toxicología laboral de metales

En el pasado, la toxicología laboral ha tratado abundantemente la exposición laboral a los metales, especialmente a los metales pesados. Durante las décadas anteriores, con la aparición de las nuevas tecnologías, la exposición a los metales, ha disminuido de forma general. El plomo, que fue un gran problema por la exposición laboral y ambiental (gasolina, pinturas a base de plomo, baterías de plomo etc.) hoy en día, en los países desarrollados, tiene un papel más histórico. Lo mismo ocurre con el mercurio (utilizado en los termómetros y barómetros, baterías, lámparas fluorescentes de vapor de mercurio, amalgamas y productos farmacéuticos) y otros metales pesados.

Cadmio

Habida cuenta de que el cadmio es todavía en uso de forma importante en los países desarrollados y ya que posee propiedades toxicológicas similares a las de otros metales pesados, constituye por tanto un buen ejemplo de toxicología de metales pesados.

El cadmio se produce naturalmente como sulfuro de cadmio con blenda de zinc. Se produce como subproducto de la producción de cinc, plomo y cobre. El cadmio se utiliza para el galvanizado del acero con el fin de conferirle propiedades de resistencia a la corrosión, en un número de aleaciones de acero, en baterías Ni-Cd y como estabilizador y colorante en plásticos.

Las exposiciones laborales más importantes se producen durante la fundición del cadmio, la producción de aleaciones de acero y el reciclaje de residuos electrónicos. Debe mencionarse que el tabaco también es una fuente importante de exposición al cadmio para la población general.

Vía de exposición: La principal vía de exposición al cadmio es la inhalación. En caso de humos de cadmio, la absorción puede alcanzar los 40-60% del cadmio inhalado. A través del sistema digestivo, sólo se absorbe el 5% de cadmio ingerido (en niños la absorción a través del sistema digestivo es significativamente superior). Una vez absorbido por la sangre, la mayoría del cadmio es transportado

vinculado a proteínas, tales como la Albúmina y la Metalotioneína. Tras la absorción, el cadmio se almacena principalmente en el hígado y los riñones.

En caso de cese de la exposición, la carga de cadmio en el hígado tiende a disminuir trasladándose a los riñones. El Cadmio tiene un vida media extremadamente larga (15-30 años) por lo que puede ser detectado mucho tiempo después de la exposición. Los efectos tóxicos del Cadmio están vinculados a su reacción con grupos sulfhidrilo de enzimas y la inhibición consecutiva de la actividad enzimática. Debido a la disminución de la actividad de las enzimas implicadas en el metabolismo y la consecuente falta de energía, algunos procesos en las células se ven afectados. Debe mencionarse que los trastornos del metabolismo celular también da lugar a la producción de radicales libres y daña a la peroxidación lipídica de las membranas celulares.

Efectos para la salud: La inhalación aguda de humos de óxido de cadmio provoca la irritación del sistema respiratorio. Una alta exposición a los humos de óxido de cadmio puede provocar una neumonía química grave y un edema pulmonar que puede ser letal.

La exposición crónica al cadmio provoca el enfisema causado por un descenso de la actividad de α 1-antitripsina. Asimismo, una exposición de larga duración al cadmio resulta en un daño en los riñones. Debido a la acumulación de cadmio en las células tubulares y la consecuente falta de energía y daño en las membranas celulares tubulares, provocando daño en la reabsorción tubular del calcio, fosfato, aminoácidos y algunas proteínas de bajo peso molecular (α 1-microglobulina y β 2-microglobulina). El cadmio induce la pérdida de calcio y una menor activación de la vitamina D en los riñones, causando la descalcificación y daños consecuentes en los huesos. De acuerdo con los datos de la Agencia para la Investigación del cáncer de la OMS (IARC) el cadmio es un carcinógeno humano causante del cáncer de pulmón.

Control biológico: se basa en marcadores biológicos de cadmio en sangre y orina por exposición. Los niveles de cadmio en sangre son esencialmente indicativos de una exposición reciente al cadmio más que de cargas de todo el cuerpo. Los niveles de cadmio en orina reflejan principalmente la carga total de cadmio en el cuerpo aunque los niveles en orina responden de alguna manera a una exposición reciente. De acuerdo con la recomendación de la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) el cadmio en orina debe estar por debajo de 5 μ g/g creatinina y el cadmio en sangre por debajo de 5 μ g/L.

Tratamiento: Algunos de los fármacos quelantes que son beneficiosos para otros metales tóxicos, en realidad aumentan la toxicidad del cadmio movilizando el cadmio e incrementando sustancialmente las concentraciones renales y la toxicidad. El Monoisoamyl meso-2,3-dimercaptosuccinato (Mi-ADMS) parece ser un agente quelante eficaz para reducir el cadmio en hígado y riñones cuando se administra de forma parenteral u oral.

2.3. Toxicología laboral de los gases

A los efectos de la toxicología laboral, los gases se han dividido en los siguientes grupos:

- Asfixiantes
 - Asfixiantes simples: Nitrógeno, Metano, Argón.

- Asfixiantes químicos: Monóxido de Carbono, Dióxido de Carbono, cianuro de Hidrógeno
- Irritantes
 - Irritantes del tracto respiratorio superior: Cloro, Amoníaco
 - Irritantes del tracto respiratorio inferior: Óxidos de Nitrógeno

a) Asfixiantes simples

Como su nombre indica, estos gases provocan efectos adversos en la salud por simple asfixia. Sus efectos son consecuencia del descenso del nivel de oxígeno en el ambiente provocado por un incremento de la concentración de uno de los gases de este grupo. Si el nivel de oxígeno en el aire disminuye por debajo del 14%, provocará una respiración acelerada y daños en el tejido seguidos de pérdida de conocimiento y muerte si los niveles de oxígeno siguen disminuyendo.

Los pacientes intoxicados por asfixiantes simples deben ser tratados con oxígeno.

b) Asfixiantes químicos

Los asfixiantes químicos son un grupo heterogéneo y cada uno de ellos tiene su propio mecanismo de acción que finalmente provoca la asfixia.

El monóxido de carbono es un representante típico de todo el grupo.

Exposición: El monóxido de carbono es un gas incoloro, inodoro que se produce por combustión incompleta de componentes orgánicos. Se produce como subproducto en minería, fusión, trabajos de fundición, procesos petroquímicos y muchos procesos que impliquen combustión. El monóxido de carbono se une fuertemente a la hemoglobina, lo que lleva a niveles elevados de carboxihemoglobina y por consiguiente a una menor capacidad de transporte de oxígeno de la sangre.

Efectos para la salud: Los efectos agudos en la salud incluyen mareos, dolor de cabeza y debilidad muscular. En caso de intoxicaciones por monóxido de carbono mortales, las víctimas se encuentran, con frecuencia, en el suelo cerca de puertas o ventanas, lo que se explica por su intento de abrir una puerta o ventana sin poder conseguirlo por su extrema debilidad muscular.

En pacientes altamente expuestos, la hipoxia provoca daño cerebral con pérdida de memoria. La hipoxia también puede causar un fallo cardíaco agudo.

Tratamiento: Los pacientes intoxicados por monóxido de carbono deben ser tratados con oxígeno así como otros tratamientos sintomáticos y terapias de apoyo.

c) Irritantes

La división un tanto arbitraria en irritantes del tracto respiratorio superior e inferior se basa principalmente en la solubilidad. Los gases altamente solubles en agua, tales como el amoníaco, el cloro y el dióxido de azufre ejercen su principal efecto irritante en la conjuntiva y el tracto respiratorio superior, lo que, excepto si la exposición es prolongada, salvaguarda los pulmones. A la inversa, los

gases de baja solubilidad, tales como óxidos de nitrógeno y fosgeno, tienen poco efecto en el tracto respiratorio superior; su efecto es retardado y la consecuencia principal es una afectación más o menos grave de los pulmones.

El Cloro (Cl₂), un irritante del tracto respiratorio superior, es un gas de color verdoso-amarillo de olor penetrante, dos veces más denso que el aire. Se utiliza en la producción química y farmacéutica, la desinfección del agua de las piscinas y del suministro así como en las fábricas de plásticos. El cloro reacciona con el agua de los tejidos formando ácido clorhídrico, que puede provocar, en altas concentraciones, graves daños en los tejidos. El ácido clorhídrico es responsable de la mayoría de los síntomas en caso de intoxicación por cloro.

Efectos para la salud: Los efectos agudos en la salud incluyen la grave irritación del tracto respiratorio superior conducente al edema pulmonar y la muerte para aquellos que no pueden escapar de sus efectos. La recuperación de una exposición aguda puede prolongarse. Los efectos crónicos incluyen la bronquitis.

Tratamiento: Los pacientes intoxicados por cloro deben recibir tratamiento de ayuda, incluido el tratamiento con broncodilatador. En caso de edema pulmonar, se debe aplicar un tratamiento con oxígeno de alto flujo.

El Dióxido de Nitrógeno (NO₂), un irritante del tracto respiratorio inferior – es un gas rojizo-marrón de olor penetrante y de mayor importancia en la higiene industrial. Se utiliza en la fabricación de ácido nítrico, explosivo y combustible para aviones. También se genera en determinados tipos de soldadura y con el funcionamiento de motores diesel.

Efectos para la salud: Los efectos agudos de la exposición al dióxido de nitrógeno son muy insidiosos, debido a la lenta progresión de la irritación pulmonar, unas 8 - 24 horas tras la exposición. La exposición grave puede tener por resultado la muerte por edema pulmonar en 48 horas.

Tratamiento: Los pacientes intoxicados por dióxidos de nitrógeno deben ser cuidadosamente controlados durante las 48 horas al menos tras la exposición. Deben recibir tratamiento sintomático y de apoyo. En caso de edema pulmonar, se aplicará un tratamiento de oxígeno con alto flujo.

2.4. Toxicología laboral de los disolventes orgánicos

Los disolventes son sustancias capaces de disolver o dispersar una o varias sustancias. El término “orgánico” se refiere a sustancias cuya estructura molecular se basa en número de átomos de carbono. Por tanto, los disolventes orgánicos son disolventes que contienen carbono en su estructura molecular. Un gran número de trabajadores en el mundo están expuestos a disolventes orgánicos utilizados en productos como las pinturas, los barnices, las lacas, los adhesivos, las colas y los agentes desengrasantes y detergentes y en la producción de tintes, polímeros, plásticos, textiles, tintas de impresión, productos agrícolas y farmacéuticos. Se puede suponer que prácticamente no hay profesión que no tenga una

exposición ocasional a los disolventes orgánicos. No hay que olvidar que aparte de la exposición laboral a los disolventes orgánicos, la exposición ambiental también tiene un papel importante ya que estamos literalmente rodeados de disolventes orgánicos. Muchos disolventes orgánicos están reconocidos por las agencias reguladoras (IARC) como carcinógenos (p.ej. benceno, tetracloruro de carbono, tricloroetileno), peligrosos para la reproducción (p.ej. 2-etoxietanol, 2-metoxietanol, cloruro de metilo), y neurotoxinas (p.ej., n-hexano, tetracloroetileno, tolueno).

Los disolventes orgánicos son realmente un grupo heterogéneo de sustancias que incluye:

- Hidrocarburos alifáticos
- Hidrocarburos aromáticos
- Alcoholes
- Aminas
- Ésteres
- Éteres
- Cetonas
- Hidrocarburos nitrados o clorados
- Otros

Los disolventes se encuentran como sustancias simples, mezclas o productos formulados. Muchos disolventes industriales, en particular los hidrocarburos, son mezclas de muchos componentes y se conocen por su nombre genérico o comercial. El riesgo para la salud de la exposición a un disolvente dependerá de una serie de factores entre los cuales se encuentran la toxicidad, el nivel de exposición y la volatilidad. La tasa de evaporación de diferentes disolventes varía mucho. La presión de vapor nos da una indicación de la volatilidad – cuanto más alta es la presión, mayor es el potencial de generación significativa de vapor. Los vapores de disolventes son más pesados que el aire y en un ambiente estable, una nube de vapor saturado tenderá a bajar hacia el suelo. Sin embargo, en concentraciones más bajas de vapor de disolvente, la densidad no es significativamente diferente de la del aire y el movimiento normal del aire es suficiente para dispersar o diluir dichos vapores. No obstante, pueden acumularse altas concentraciones en tanques de almacenamiento o sumideros donde el movimiento del aire está restringido o cuando se desprenden grandes cantidades de vapor de disolvente.

Los disolventes orgánicos generalmente son absorbidos por dos vías principales de penetración: la inhalación del vapor de disolventes y la absorción de la piel. Los vapores de disolvente se absorben rápidamente a través de los pulmones y pasan a la sangre donde pueden afectar a otras partes del cuerpo (provocando efectos sistémicos en los órganos diana). Los disolventes en contacto con la piel pueden causar efectos locales así como ser absorbidos a través de la piel y pasar a la sangre.

Efectos para la salud: Los efectos adversos para la salud de los disolventes orgánicos pueden aparecer con la exposición a cualquier disolvente orgánico y pueden dividirse en dos categorías, efectos agudos y crónicos.

Los efectos agudos para la salud son como los del alcoholismo agudo. La primera fase es de excitación: la persona expuesta es hiperactiva; se ríe y canta. Hay que señalar que en exposiciones extremadamente elevadas la primera fase puede ser tan corta que no aparecen síntomas de excitación. La segunda fase corresponde a la depresión, se producen síntomas como dolor de cabeza, somnolencia, náuseas y mareos. Si la exposición continua, la persona perderá la consciencia. La intoxicación más grave viene seguida de coma y puede ser mortal.

La exposición crónica a disolventes orgánicos provoca efectos crónicos adversos para la salud. En caso de exposición cutánea, la manifestación en piel puede incluir la dermatitis, la hiper o hipopigmentación de la piel, manifestaciones alérgicas, etc. La exposición crónica a disolventes orgánicos puede causar daño en el hígado y los riñones; así como prácticamente todos los tipos de cambio hematológico (descenso o incremento del número de eritrocitos, leucocitos y trombocitos). Con frecuencia, la afectación del sistema nervioso periférico se manifiesta por una neuropatía periférica en los pacientes.

El daño cerebral se desarrolla insidiosamente al lo largo de años de exposición a los disolventes orgánicos. Los primeros síntomas como insomnio, el nerviosismo, la ligera depresión no se reconocen. Normalmente, los efectos adversos para la salud de los disolventes orgánicos se reconocen cuando aparecen síntomas más destacados como la irritabilidad, los trastornos del sueño, la demencia.

Puesto que la exposición a los disolventes orgánicos disminuye en los países desarrollados, la atención se centra más en otros efectos crónicos tales como la carcinogénesis, la mutagénesis y los efectos en el sistema de reproducción. Existe un gran número de disolventes orgánicos identificados como carcinógenos. Uno de los más corrientes es el benceno, responsable de la leucemia y probablemente del linfoma no Hodgkin.

([http://monographs.iarc.fr/ENG/ Classification/ClassificationsGroupOrder.pdf](http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsGroupOrder.pdf)).

3. Prevención de los efectos tóxicos de las sustancias peligrosas

La prevención de los efectos tóxicos de las sustancias peligrosas es extremadamente importante. Este proceso requiere un equipo de trabajo multidisciplinar y los especialistas de la salud laboral tienen un papel importante en dicho proceso. En la prevención de salud laboral y seguridad, existe una jerarquía de medidas universalmente aceptadas:

1. Eliminación
2. Sustitución
3. Aislamiento

4. Segregación
5. Controles de ingeniería
6. Controles administrativos
7. Equipamiento de protección personal
8. Mantenimiento: facilitar formación, señalización-advertencia

3.1 y 3.2. Eliminación – Substitución

La forma más eficaz de prevención es sencillamente la eliminación de la sustancia peligrosa o de todo el proceso en el que se utiliza. No obstante, a menudo, no se puede llevar a cabo, sin embargo, la sustancia peligrosa, con frecuencia, puede ser sustituida por otra menos tóxica. Las sustituciones más conocidas son:

El benceno sustituido por tolueno

Tricloroetileno sustituido por percloroetileno o bromuro de n-propilo

El tetracloruro sustituido por metil cloroformo

El amianto sustituido por materiales sintéticos y cerámicos

3.3. Aislamiento

Cuando sea posible, los procesos u operaciones en los que la exposición a sustancias peligrosas puede ocurrir deberán ser realizadas en recinto totalmente cerrado.

3.4. Segregación

Cuando el aislamiento no sea una medida adecuada, los procesos u operaciones peligrosas deberán separarse de otras de menor riesgo, colocándolas en una sala aparte o edificio separado minimizando así el número de trabajadores en riesgo.

3.5. Controles de ingeniería

Cuando en los procesos no es posible implantar las medidas mencionadas más arriba o si éstas son insuficientes, siempre existe la posibilidad de implantar controles de ingeniería basados en ventilación local y general.

Extracción local de humos

La extracción local de humos se basa en la captura de contaminantes cerca de la fuente de emisión o aplicación y su eliminación a un lugar seguro u otro tratamiento y en algunos casos el retorno a un proceso. Esta medida es especialmente útil en situaciones que implican la liberación de una fuente puntual de contaminantes tóxicos.

Ventilación general / Dilución

La ventilación por dilución se utiliza ampliamente en la industria para ventilar procesos de bajo riesgo de exposición a sustancia peligrosa. No es adecuada para el control de polvo, niebla de humos o para sustancias de toxicidad de moderada a alta o en situación en las que la velocidad de generación de contaminación no es uniforme o es elevada.

3.6. Controles administrativos

Los controles administrativos se refieren a cómo está organizada la interacción entre el personal y el proceso/operación. Se requiere mucho cuidado para asegurar que, una vez adoptados, los procedimientos son efectivamente respetados; en particular, a largo plazo, a que las prisas y el incumplimiento pueden convertirse con el tiempo en una “costumbre y práctica” que una vez establecida es difícil de superar. A veces, la operación peligrosa puede llevarse a cabo durante el turno de tarde o noche cuando se encuentren menos trabajadores susceptibles de ser expuestos. La rotación de puesto es otro método de “protección” del personal, mediante el control de las pautas de trabajo. Los trabajadores a menudo pueden influir sobre el alcance de su exposición a los contaminantes transportados por el aire, p. ej. para soldar, mediante la postura y/o trabajando a contra viento de las soldadura.

3.7. Equipamiento de Protección Individual (EPI)

El EPI normalmente se considera como la última de las medidas de prevención de los efectos adversos para la salud de las sustancias peligrosas. Si todas las medidas anteriores son insuficientes o no son razonablemente posibles para lograr un entorno de trabajo satisfactorio, deberá implantarse el uso del equipamiento de protección individual. Debe prestarse especial atención a la elección del equipamiento de protección individual. Es importante que la protección sea eficaz y confortable; la mayoría de los equipamientos de protección individual no es confortable para un uso prolongado.

3.8. Mantenimiento

El buen mantenimiento y la limpieza es especialmente importante en los procesos y laboratorios en los que se manejan materiales peligrosos. Será necesario contar con un etiquetado claro y advertencias de salud y seguridad importantes, almacenamiento cuidadoso y adecuado y buenas prácticas de trabajo. Las programaciones de mantenimiento preventivo e inspección periódica/detección de fugas, además de mantenimiento frecuente, pruebas y ensayos de control de ingeniería son fundamentales para llevar un control eficaz y mantenerlo.

La formación de los empleados en cuanto a los peligrosos para la salud en el trabajo y la importancia del uso correcto de todas las medidas de control facilitadas, la adopción de los procedimientos de operación recomendados y el uso de protección individual, en su caso, son necesarios para minimizar el riesgo para la salud.

Referencias y otras lecturas

1. Occupational toxicology (second edition). Winder C & Stacey N (eds.). CRC Press 2004.
2. Occupational Industrial, and Environmental Toxicology (second edition). Michael I. Greenberg, Richard J. Hamilton, Scott D. Phillips, Gayla J. McCluskey. Elsevier Health Sciences 2003.
3. ATSDR (Agency for Toxic Substances and Disease Registry) 2008. Public Health Statement for Cadmium. Available: <http://www.atsdr.cdc.gov/phs/phs.asp?id=46&tid=15>
4. DeCaprio, Anthony P. (1997). Biomarkers: Coming of Age for Environmental Health and Risk Assessment. Environmental Science and Technology, 31(7); 1837-1847.
5. International Agency for Research on Cancer (IARC) <http://www.iarc.fr/>
6. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH) <http://www.acgih.org/home.htm>
7. Where to find Material Safety Data Sheet (MSDS) online <http://www.ilpi.com/msds/index.html>