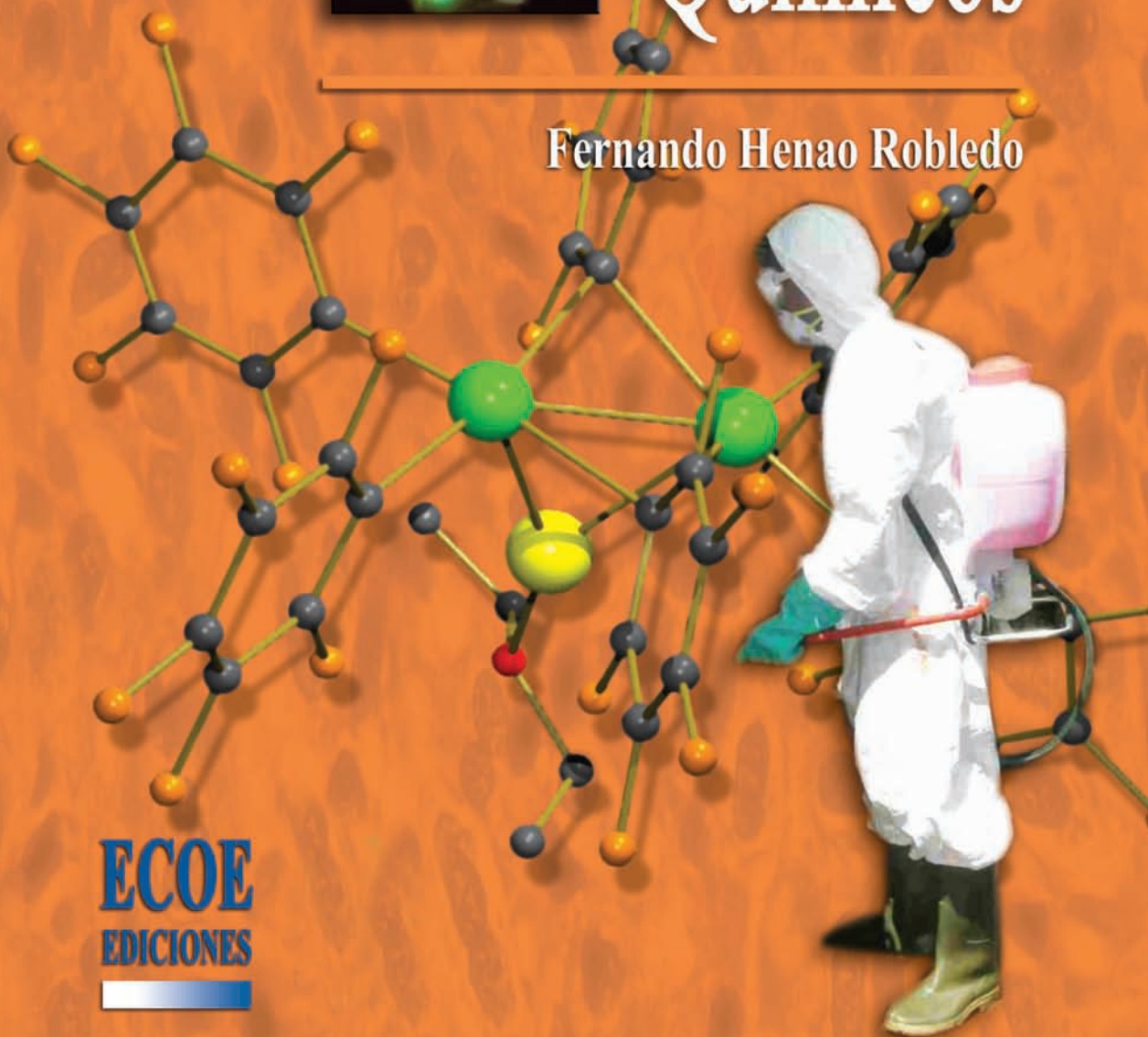




Riesgos Químicos

Fernando Henao Robledo



ECOE
EDICIONES

Riesgos Químicos

Fernando Henao Robledo

Henao Robledo, Fernando

Riesgos químicos /Fernando Henao Robledo. -- Bogotá
Ecoe Ediciones, 2008.

214 p. ; 24 cm.

ISBN 978-958-648-523-4

1. Contaminantes químicos - Clasificación 2. Accidentes
químicos - Clasificación 3. Contaminación química - Prevención 4.
Riesgos profesionales I.Tít.

363.738 cd 21 ed.

A1148774

CEP-Banco de la República-Biblioteca Luis Ángel Arango

Colección: Ingeniería

Área: Salud ocupacional

Primera edición: Bogotá, D.C., septiembre de 2007

Reimpresión: Bogotá, D.C., enero de 2009

Reimpresion: Bogotá, D.C., junio de 2010

Reimpresion: Bogotá, D.C., 2011

ISBN: 978-958-648-523-4

© Fernando Henao Robledo

E-mail: fernandohenaoster@gmail.com

© Ecoe Ediciones Ltda.

E-mail: correo@ecoeediciones.com

www.ecoeediciones.com

Calle 32 A No. 17-22, tel. 2889821, fax. 3201377

Coordinación editorial: Alexander Acosta

Autoedición: Yolanda Madero T.

Carátula: Patricia Díaz

Impresión: Xpress Estudio gráfico digital

Av de las Americas No. 39-53, Tel. 6020808

Impreso y hecho en Colombia

A mis hijos Paula Andrea y Juan Felipe

Tabla de contenido

Introducción	1
Definición de factor de riesgo químico	2
Criterios de peligrosidad de las sustancias químicas	2
Vías de ingreso de los contaminantes químicos al organismo	8
Contaminantes del aire	10
Clasificación del factor de riesgo químico	11
Clasificación según su estado físico	11
Clasificación según su composición química	14
Tipos de efectos tóxicos provocados por sustancias químicas industriales	15
Irritantes	16
Asfixiantes	20
Anestésicos y narcóticos	22
Tóxicos	22
Tóxicos sistémicos	22
Cancerígenos	23
Polvos productores de neumoconiosis	30
Teratógenos y mutágenos	31
Corrosivos	33
Sensibilizantes	33
Sensibilizantes respiratorios	34
Sensibilizantes dérmicos	39
Características de la sensibilización	42
Intoxicación	44
Alergenos	45
Polvos molestos	45
Partículas no clasificadas como tóxicas sistémicas	45
Defensas naturales	47
Material particulado	48
Factores críticos de exposición	51

Tipo de polvo	52
Duración de la exposición	52
Concentración	53
Tamaño de las partículas	53
Solubilidad	55
Composición	55
Polvos inorgánicos fibrógenos	56
Clasificación de los polvos silíceos	56
Acción biológica de los polvos que afectan el aparato respiratorio	59
Silicosis	62
Asbestosis	67
Polvos no fibrógenos	77
Polvos inorgánicos	77
Neumoconiosis de los trabajadores del carbón	78
Antracosis	79
Siderosis	80
Baritosis	81
Enfermedad de Schaver	81
Beriliosis	82
Solventes	83
Solventes industriales	84
Clasificaciones de los solventes	85
Sistemas acuosos	86
Solventes orgánicos	86
¿Cómo los disolventes afectan la salud?	87
Hidrocarburos alicíclicos	91
Hidrocarburos aromáticos	93
Hidrocarburos halogenados	95
Alcoholes	97
Medidas de prevención y control con los solventes	109
Gases y vapores	125
Gases corrosivos y altamente irritantes	134
Gases y vapores anestésicos	135
Plaguicidas	136
Introducción	136
Definición	137
Uso de los plaguicidas	138
Clases de plaguicidas	139

Características de los plaguicidas más comunes	139
Clasificación de los plaguicidas según su efecto y composición	142
Piretrinas y piretroides	144
Órganos o sistemas que pueden afectar por el manejo inadecuado de los plaguicidas	144
Otros riesgos	145
Cáncer	148
Riesgos de los plaguicidas	148
Formulación de los plaguicidas	149
Formulaciones sólidas (o secas)	151
Formulaciones líquidas	153
Microencapsulados	154
Otras	155
Formas de aplicación de los plaguicidas	155
Conceptos básicos de toxicología de los plaguicidas	156
Vías de intoxicación	156
Efectos sobre la salud	158
Efectos en el medio ambiente	159
Cómo se determina la toxicidad de un plaguicida	162
Identificación de los plaguicidas de cada categoría	164
Equipos de protección personal	165
Ropa de protección	165
Etiqueta de los plaguicidas	169
Riesgos para la salud	175
Riesgos por inflamabilidad	177
Riesgo por reactividad	178
Riesgo especial	180
Límites máximos permisibles	181
TLV-STEL (límite máximo permisible de corta duración)	183
Grado de riesgo	185
Almacenamiento de productos químicos	186
Combinación de frases R	194
Sugerencias de seguridad	196
Sustancias explosivas	197
Sustancias oxidantes	197
Sustancias inflamables	198
Sustancias tóxicas	199
Sustancias corrosivas	199

Manipulación de productos de aseo	200
Legislación	202
Técnicas de muestreo	202
Bibliografía	203

INTRODUCCIÓN

Durante el desarrollo de los procesos productivos se presentan múltiples elementos que tienen la potencialidad de afectar al trabajador a través de los accidentes de trabajo o mediante las enfermedades profesionales, causando pérdidas tanto para el propio lesionado, como para el industrial, la sociedad y la familia, haciéndose necesario implementar programas de prevención y control de los riesgos generadores de dichos acontecimientos.

Entre los contaminantes más frecuentes se encuentran los químicos que se generan en distintos procesos industriales. La prevención y el control hacia el uso y manejo adecuado de cada una de estas sustancias es de obligatoriedad para patronos y trabajadores.

La reglamentación nacional exige que los fabricantes, expendedores y usuarios de productos químicos y otros similares protejan la salud de los trabajadores dentro del ambiente laboral.

La aplicación práctica del conocimiento de las sustancias químicas constituye una tarea fundamental de la higiene ocupacional. El control de la exposición se logra por:

- a. La toma de conciencia del peligro potencial.
- b. La evaluación de la exposición.
- c. La eliminación o reducción de la fuente de exposición.
- d. La protección del personal expuesto mediante una vigilancia médica, el uso de ropa protectora y el tratamiento médico para la sobreexposición.

Uno de los principales objetivos de la higiene ocupacional es el de prevenir los efectos adversos para la salud ocasionados por los factores ambientales. Para lograrlo es necesario reconocer el factor de riesgo, valorarlo y llevar a la práctica las medidas correctivas necesarias.

Además de lo anterior es necesario tener conocimiento de las propiedades químicas y físicas y de los efectos fisiológicos de dichos factores así como también de los principios básicos de los procedimientos de Ingeniería de control.

En la actualidad los agentes químicos son muy variados y han adquirido gran peligrosidad debido a combinaciones de sustancias inorgánicas con sustancias orgánicas. Los procesos productivos demandan volúmenes importantes de dichas sustancias y el control de los peligros que representan ha significado un esfuerzo importante en los programas de Salud Ocupacional.

DEFINICIÓN DE FACTOR DE RIESGO QUÍMICO

Toda sustancia orgánica e inorgánica, natural o sintética que durante la fabricación, manejo, transporte, almacenamiento o uso, puede incorporarse al aire ambiente en forma de polvos, humos, gases o vapores, con efectos irritantes, corrosivos, asfixiantes o tóxicos y en cantidades que tengan probabilidades de lesionar la salud de las personas que entran en contacto con ellas.

CRITERIOS DE PELIGROSIDAD DE LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS

Dichos criterios son muy variados, pero se pueden considerar los siguientes:

EXPLOSIVIDAD: Es la capacidad de una sustancia de expandir sus moléculas en forma brusca y destructiva. Ejemplo: acetileno y sus derivados, peróxidos orgánicos, compuestos nitrosos, etc.

Una sustancia o residuo tiene esta característica cuando:

- 1) Es capaz de detonar o reaccionar explosivamente si es sometido a una acción iniciadora fuerte o si es calentado en condición confinada, es decir en condición de volumen constante.
- 2) Presenta facilidad de detonar, de descomponerse o de reaccionar explosivamente en condiciones normales de temperatura y presión.
- 3) Es explosivo, entendiéndose por tal, si es susceptible de producir en forma súbita una reacción exotérmica con generación de grandes cantidades de gases.

INFLAMABILIDAD: Es la capacidad de una sustancia para producir combustión de sí misma con desprendimiento de calor.

Con esta característica se identifican a aquellas sustancias o residuos que presenten riesgo de ignición, siendo inflamable bajo las condiciones normales de almacenamiento, transporte, manipulación y disposición, o bien sean capaces de agravar severamente una combustión una vez iniciada, o sean capaces de originar tóxicos y crear corrientes convectivas que pueden transportar tóxicos a áreas circundantes. Una sustancia o residuo exhibe la característica de inflamabilidad, si una muestra representativa del mismo, cumple alguna de las siguientes condiciones:

- 1) Es un líquido inflamable
- 2) Es un sólido inflamable.
- 3) Es un material que presenta inflamabilidad espontánea y un sólido que en contacto con agua o humedad despiden gases inflamables.
- 4) Es un gas inflamable.

TOXICIDAD: Es la capacidad de una sustancia para producir daños a la salud de las personas que están en contacto con ella.

Esta característica identifica a aquellas sustancias o residuos o sus productos metabólicos que poseen la capacidad de a determinadas dosis, y luego de haber estado en contacto con la piel o las mucosas o de haber penetrado en el organismo por cualquier vía, provocar por acción química o químico-físico un daño en la salud, funcional u orgánica, reversible o irreversible.

Se debe diferenciar entre:

- Toxicidad aguda: el efecto se manifiesta luego de una única administración.
- Toxicidad subaguda o subcrónica: el efecto se manifiesta luego de la administración o contacto con el material durante un período limitado (ejemplo 1 a 3 meses).
- Toxicidad crónica: El efecto tóxico se manifiesta luego de una administración o contacto durante períodos mucho más prolongados.

Las determinaciones de toxicidad se pueden subdividir en dos grandes categorías:

- a) Toxicidad Humana:

- Toxicidad oral.
- Toxicidad por inhalación.
- Toxicidad por penetración dérmica.
- Toxicidad por irritación dérmica.

b) Ecotoxicidad:

- Ambiente acuático.
- Ambiente terrestre.

Con el fin de cuantificar resultados de toxicidad, se emplea el índice DL 50 (Dosis letal 50 o dosis letal media).

En experimentos con animales, la DL 50 indica la dosis para la cual el 50% de la población de animales bajo experimento, mueren por efecto de la sustancia administrada.

CL 50: indica concentración letal media, es decir la concentración en el ambiente que mata al 50% de los animales en experimentación, en un tiempo definido.

Una sustancia o residuo presenta esta característica si:

- a) Se ha determinado que es letal para el ser humano en bajas dosis, o bien en ausencia de datos sobre toxicidad humana en estudio con animales se ha determinado que presenta:
 - DL 50 (absorción oral en ratas) < 50 mg/ kg de peso del cuerpo.
 - DL 50 (penetración dérmica en ratas o conejos) < 200 mg/Kg de peso del cuerpo.
 - CL 50 (absorbido por inhalación en ratas) < 2 mg/l de aire del ambiente.
- b) Si es capaz de otra manera de causar o contribuir significativamente a un aumento de enfermedades graves irreversibles o enfermedades discapacitantes reversibles.

Teratogenicidad:

Esta característica identifica a aquellas sustancias o residuos que por su composición producen efectos sobre el feto, pudiendo provocar la muerte del embrión, u ocasionar deformaciones, o conducir a una disminución del desarrollo intelectual o corporal.

Carcinogenicidad:

Con esta característica se identifica: a aquellas sustancias o residuos capaces de originar cáncer.

Mutagenicidad:

Esta característica de riesgo, identifica a aquellas sustancias o residuos que por su composición provocan mutaciones en el material genético de las células somáticas o de las células germinales. Las mutaciones en las células corporales pueden ser causantes de cáncer mientras que las mutaciones en las células germinales (embrionarias y esperma) se pueden transmitir hereditariamente.

REACTIVIDAD: Capacidad de una sustancia para combinarse con otra y producir un compuesto de alto riesgo, ya sea inflamable, explosivo, tóxico o corrosivo.

Esta característica identifica sustancias que debido a su extrema inestabilidad y tendencia a reaccionar violentamente o explotar, y plantean un problema para todas las etapas de su manejo.

Se considera que una sustancia o residuo presenta características reactivas si cumple con alguna de las siguientes condiciones:

- 1) Es normalmente inestable y sufre cambios fácilmente sin detonación.
- 2) Reacciona violentamente con el agua.
- 3) Forma mezclas potencialmente explosivas con agua.
- 4) Cuando se mezcla con agua genera gases tóxicos, vapores o humos en cantidad suficiente como para presentar un peligro para la salud o el ambiente.
- 5) Es un portador de cianuros o sulfuros y puede generar gases, vapores o emanaciones tóxicas en cantidad suficiente como para representar un peligro para la salud o el ambiente.

CORROSIVIDAD: Sustancias con propiedades ácidas o alcalinas. Por ejemplo ácido clorhídrico, hidróxido de sodio, etc.

Con base en esta característica se identifica a aquellas sustancias o residuos que presentan un riesgo para la salud y el medio ambiente debido a:

- En caso de ser depositados directamente en un relleno de seguridad y al

entrar en contacto con otros residuos, pueden movilizar metales tóxicos.

- Requieren un equipamiento especial (recipientes, contenedores, dispositivos de conducción) para su manejo, almacenamiento y transporte, lo cual exige el empleo de materiales resistentes seleccionados.
- Pueden destruir tejido vivo en caso de contacto inadvertido.

Se considera entonces, que un material o un residuo presentan la característica de corrosividad, si cumple con alguna de las siguientes condiciones:

- Es un residuo acuoso y tiene $\text{pH} < 2$ o $\text{pH} > 12.5$
- Es un líquido y corroe el acero SAE 1020 en una proporción superior a 6.35 mm por año a una temperatura de 55°C , de acuerdo al método identificado en NACE (National Association Engineers).

LIXIVIABILIDAD: Un residuo exhibe la característica de lixiviabilidad si posee la capacidad de movilizar sustancias tóxicas al medio. Esta característica se mide por un procedimiento de extracción o ensayo de lixiviabilidad. Si el extracto de una muestra representativa del residuo contiene alguno de los contaminantes de las tablas que siguen a continuación, en concentraciones superiores a las indicadas, posee tal característica.

Este método también puede ser usado para simular el proceso de lixiviación que puede sufrir un residuo al depositarse en un relleno sanitario.

A- CONTAMINANTES INORGÁNICOS EN LIXIVIADO

CONTAMINANTE	Nº cas	LÍMITE MÁXIMO (mg/l)
ARSÉNICO	7440-38-2	10
BARIO	7440-39-3	100
CADMIO	7440-43-9	0.5
CROMO	7440-47-3	5
PLOMO	7439-92-1	5
MERCURIO	7439-97-6	0.1
PLATA	7440-22-4	5
SELENIO	7782-49-2	1

El número registrado CAS es una identificación numérica única para compuestos químicos, *polímeros*, secuencias biológicas, preparados y *aleaciones*. Referenciado también como CAS RNs (en inglés *CAS registry number*). *Chemical Abstracts Service (CAS)*, es una división de la *Sociedad Química Americana*, asigna estos identificadores a cada compuesto químico que ha sido descrito en la literatura. CAS también mantiene una base de datos de los compuestos químicos, conocida como *registro CAS*. Algo más de 23 millones de compuestos están numerados y catalogados, con alrededor de 4.000 nuevos cada día. La intención es realizar una búsqueda en la base de datos unificada, dado que a menudo se asignan distintos nombres para el mismo compuesto. Casi todas las moléculas actuales permiten una búsqueda por el número CAS.

B- CONTAMINANTES ORGÁNICOS EN LIXIVIADOS

PARÁMETRO	Nº CAS	LÍMITE MÁXIMO (mg/L)
BENCENO	71-43-2	0.5
TETRACLORURO DE CARBONO	56-23-5	0.5
CLORDANO	57-74-9	0.03
CLOROBENCENO	108-90-7	100
CLOROFORMO	67-66-3	6
o- CRESOL	95-48-7	200
m- CRESOL	108-39-4	200
p- CRESOL	106-44-5	200
CRESOL TOTAL		200
2,4-D	94-75-7	10
1,4 DICLOROBENCENO	106-46-7	7.5
1,2 DICLOROETANO	107-06-2	0.5
1,1 DICLOROETILENO	75-35-4	0.7
2,4 DINITROTOLUENO	121-14-2	0.13
ENDRÍN	72-20-8	0.02
HEPTACLORO (Y SU EPÓXIDO)	46-44-8 (1024-57-3)	0.008
HEXACLOROBENCENO	118-74-1	0.1
HEXACLOROBUTADIENO	87-68-3	0.5
HEXACLOROETANO	67-72-1	3
LINDANO	58-89-9	0.4
METOXICLOR	72-43-5	10
METIL ETIL CETONA	78-93-3	200
NITROBENCENO	98-95-3	2
PENTAFLOROFENOL	87-86-5	100
PIRIDINA	110-86-1	5
TETRAFLOROETILENO	127-18-4	0.7
TOXAFENO	8001-35-2	0.5
TRICLOROETILENO	79-01-6	0.5
2,4,5-TRICLOROFENOL	95-95-4	400
2,4,6-TRICLOROFENOL	88-06-2	2
2,4,5 -TP (SILVEX)	93-72-1	1
CLORURO E VINILO	75-01-4	0.2
POLINUCLEARES AROMÁTICOS		0.02

VÍAS DE INGRESO DE LOS CONTAMINANTES QUÍMICOS AL ORGANISMO

Para que un agente nocivo ejerza su efecto tóxico debe ponerse en contacto con una célula del organismo, por lo cual la entrada a dicho organismo debe realizarse mediante una de las principales vías.

Las principales vías por las cuales un contaminante químico o biológico puede penetrar en el organismo son: respiratoria, dérmica, digestiva, absorción mucosa, parenteral.

Para los contaminantes físicos, no existen vías de entrada específicas, debido a que sus efectos son consecuencias de cambios energéticos que afectan a órganos muy concretos.

Vía respiratoria: se entiende como tal todo el sistema respiratorio. Es la vía de entrada más importante para la mayoría de los contaminantes.

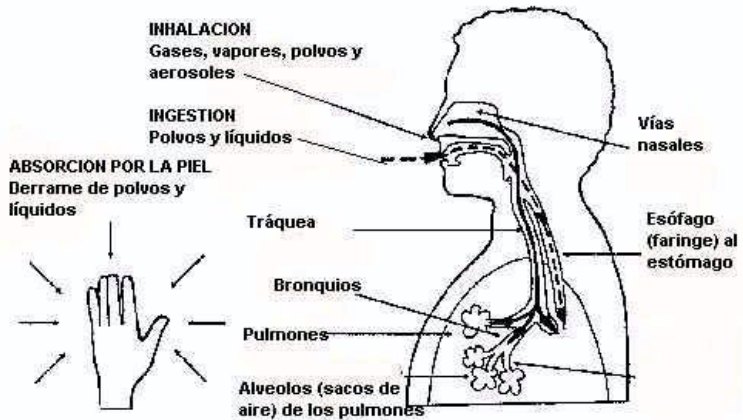
Los compuestos químicos en forma de gases, líquido, nieblas, polvos, humos y vapores pueden causar problemas por inhalación (respiración), por absorción (mediante contacto con la piel) o por ingestión (a través de comidas y bebidas). Es importante estudiar todas las áreas de penetración cuando se realiza una evaluación del ambiente de trabajo.

El control de los agentes químicos contaminantes del aire, en relación con la protección de la salud en el trabajo, requiere el conocimiento de la forma de contacto de dichos agentes con el organismo, su modo de acción y la forma en que son o pueden ser eliminados.

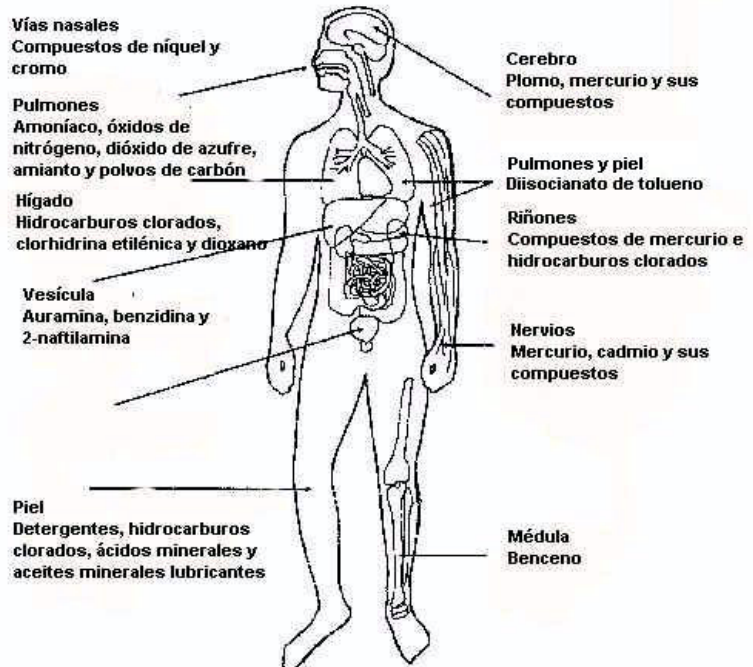
Para comprender los procesos de absorción por el aparato respiratorio es necesario conocer los mecanismos de la respiración y la circulación y su papel en el ingreso y eliminación de los agentes contaminantes. Deben estudiarse las características físicas y químicas de estos agentes, su acción específica sobre el organismo y los diferentes tipos y grados de la respuesta biológica.

Vía dérmica: comprende toda la superficie epidérmica que envuelve el cuerpo humano. Los contaminantes pueden entrar en el organismo a través de esta vía, bien directamente o vehiculizada por otras sustancias. El contacto con la piel es el que afecta al mayor número de personas en el trabajo.

Vías de penetración de los productos químicos en el organismo humano.



Órganos y tejidos que pueden resultar afectados por determinados productos químicos industriales tóxicos



Vía digestiva: se entiende como tal todo el sistema digestivo, es decir boca, esófago, estómago e intestinos. Además de los contaminantes que penetran a través de la boca, se deben considerar los que puedan digerirse disueltos en las mucosidades del sistema respiratorio. La absorción oral es de escasa significación, excepto cuando se superpone a la inhalación o en el caso de tratarse de agentes extremadamente tóxicos.

Vía absorción mucosa: habiendo englobado en las anteriores vías de entrada a las correspondientes mucosas de los sistemas afectados, queda únicamente la mucosa conjuntiva del ojo. Es una vía de entrada muy poco importante en higiene industrial.

Vía parenteral: se entiende como tal la penetración directa del contaminante en el organismo a través de una discontinuidad de la piel. El caso más frecuente en higiene industrial es la penetración a través de una herida abierta, pero también cabe considerar la penetración por inyección o punción. Es la vía de entrada más grave para los contaminantes biológicos y para ciertas sustancias químicas.

CONTAMINANTES DELAIRE

El destino de un contaminante del aire una vez ha llegado a la zona más profunda del pulmón (alvéolos), depende de su solubilidad y reactividad. Las sustancias más solubles y reactivas pueden provocar reacciones inflamatorias agudas y edema pulmonar. La mayoría de estas sustancias son englobadas por los macrófagos que migran en las zonas vecinas a las vías aéreas y que son expectorados o tragados o penetran a los tejidos intersticiales. Sin embargo, algunas sustancias particuladas o en estado de vapor que llegan a la profundidad del pulmón, son capaces de ser absorbidas por la sangre.

Los contaminantes inhalados que afectan adversamente a los pulmones pertenecen a tres categorías generales:

- *Polvos, humos, fibras:* que cuando se depositan en los pulmones pueden producir daño o reacción de los tejidos, enfermedad u obstrucción física.
- *Gases tóxicos:* que producen reacciones alérgicas en el tejido pulmonar por sí mismas.
- *Aerosoles tóxicos o gases:* que no afectan el tejido pulmonar, pero que pasan desde los pulmones a la corriente sanguínea, siendo así llevados a otros órganos, o dañando la capacidad de transporte de oxígeno de la sangre.

CLASIFICACIÓN DEL FACTOR DE RIESGO QUÍMICO

En este grupo se encuentran los elementos y sustancias que pueden ingresar al organismo por inhalación, absorción o ingestión y de acuerdo con su nivel de concentración y el tiempo de exposición, generar lesiones sistémicas, intoxicaciones y quemaduras.

Los agentes químicos pueden ser clasificados de acuerdo con su estado físico, su composición química o su acción fisiológica.

CLASIFICACIÓN SEGÚN SU ESTADO FÍSICO

Sólidos

- Los sólidos son las formas de los productos químicos que es menos probable que ocasionen envenenamiento químico, aunque algunos sólidos químicos pueden provocar envenenamiento si tocan la piel o pasan a los alimentos cuando se ingieren. Es importante la higiene personal para no ingerir sólidos químicos.
- El mayor peligro de los sólidos es que algunos procedimientos de trabajo pueden hacer que se transformen en una forma más peligrosa. Así, por ejemplo, la madera que se asierra puede convertirse en polvo de madera que se inhala. Las varillas para soldadura pueden descomponerse en humos y gases. La espuma de poliuretano es una sustancia segura en su forma sólida normal, pero si arde desprende gases mortales.
- Los productos químicos en forma sólida puede desprender vapores tóxicos que se pueden inhalar, y los sólidos pueden ser inflamables y explosivos, además de corrosivos para la piel.
- Hay que aplicar medidas eficaces de control a los productos sólidos químicos, en particular en los procedimientos de trabajo que pueden transformarlos en materiales más peligrosos.

Líquidos

- Muchas sustancias peligrosas, por ejemplo los ácidos y los solventes, son líquidos cuando están a temperatura normal.
- Muchos productos químicos líquidos desprenden vapores que se pueden inhalar y ser sumamente tóxicos, según la sustancia de que se trate.
- La piel puede absorber las sustancias químicas líquidas. Algunos productos químicos líquidos pueden dañar inmediatamente la piel (además, pueden ser o no absorbidos en la corriente sanguínea). Otros líquidos pasan

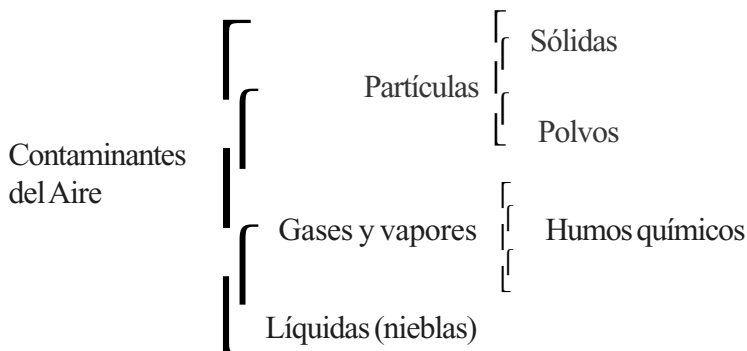
directamente a través de la piel a la corriente sanguínea, por la que pueden trasladarse a distintas partes del organismo y tener efectos dañinos.

- Hay que aplicar medidas eficaces de control a los productos químicos líquidos para eliminar o disminuir la posibilidad de inhalación, exposición de la piel y daños en los ojos.

Gases

- Algunas sustancias químicas están en forma de gas cuando se hallan a temperatura normal. Otras, en forma líquida o sólida, se convierten en gases cuando se calientan.
- Es fácil detectar algunos gases por su color o por su olor, pero hay otros gases que no se pueden ver ni oler en absoluto y que sólo se pueden detectar con un equipo especial.
- Los gases se pueden inhalar.
- Algunos gases producen inmediatamente efectos irritantes. Los efectos en la salud de otros gases pueden advertirse únicamente cuando la salud ya está gravemente dañada.
- Los gases pueden ser inflamables o explosivos. Se debe actuar con gran cautela cuando se trabaja en un lugar en el que hay gases inflamables o explosivos.
- Los trabajadores deben estar protegidos de los posibles efectos dañinos de los gases químicos mediante medidas eficaces de control en el lugar de trabajo.

Es el estado sólido el de mayor importancia práctica. El estado físico de los contaminantes condiciona el comportamiento en el aire y su modalidad de acción en el aparato respiratorio. Los principios de separación de los contaminantes son diferentes según el estado físico, y en consecuencia son también distintos los equipos de muestreo y de tratamiento del aire o las características de funcionamiento.



Los **polvos** son partículas sólidas, de tamaño relativamente grande (1/4 a 20 micrones) capaces de estar temporalmente suspendidas en el aire. Se generan en operaciones de manipulación, trituración, molienda, impacto, detonación o calcinación de materiales inorgánicos u orgánicos tales como rocas, minerales, metales, carbón, maderas, cereales, etc. Sedimentan por acción de la gravedad.

- Los polvos son pequeñas partículas de sólidos.
- Se puede estar expuesto en el lugar de trabajo a polvo procedente de sustancias que normalmente existen en forma de polvo (por ejemplo, sacas de cemento) o de procedimientos de trabajo que desprenden polvo (por ejemplo, la manipulación de fibra de vidrio puede producir polvo tóxico).
- El principal peligro de los polvos peligrosos es que se pueden respirar (inhalarlos) y penetrar en los pulmones. Cuando se respira, las partículas de polvo mayores quedan atrapadas normalmente por los pelos y el mucus y luego el organismo las elimina. Ahora bien, las partículas más pequeñas son más peligrosas porque pueden penetrar profundamente en los pulmones y tener efectos dañinos, o bien ser absorbidas en la corriente sanguínea y pasar a partes del organismo donde pueden ocasionar daños. También pueden lesionar los ojos.
- Puede ser difícil ver el polvo; a menudo, no se puede ver una nube de partículas de polvo salvo con una iluminación especial.
- En determinadas condiciones, los polvos pueden explotar, por ejemplo, en silos de cereales o en harineras.
- Hay que aplicar medidas eficaces de control para mantener el polvo en el lugar de trabajo a niveles "seguros".

Los **humos químicos** son partículas aerodispersadas generadas por condensación a partir del estado gaseoso, generalmente después de la volatilización de metales fundidos. Su tamaño es menor que el de los polvos, no sobrepasando el 1/2 a 3/4 de micrón. La mayoría están comprendidos entre 0.1 y 0.01 de micrón.

Las **nieblas** son gotas en suspensión en el aire que se generan sea por condensación a partir del estado gaseoso o por la dispersión mecánica de un líquido en operaciones que produzcan salpicaduras, espumas o atomizaciones.

Los **gases** son fluidos que en condiciones normales (25 ° C de temperatura y 760 mm de Hg de presión), se encuentran en estado gaseoso, no tienen forma, que ocupan el espacio del recipiente que los contiene y que pueden pasar al estado líquido o sólidos por efecto de variaciones de la presión y temperatura.

Los **vapores** son la forma gaseosa de sustancias que en condiciones normales, 25 ° C de temperatura y 760 mm de Hg de presión, se presentan líquidas o sólidas.

Otros términos de aplicación común:

Aerosoles: dispersión de partículas sólidas o líquidas en un medio gaseoso.

Humos: Partículas resultantes de la combustión incompleta, compuestas principalmente de carbono.

Fibras: las partículas cuya longitud es por lo menos tres veces su ancho.

Rocíos: se forman con frecuencia por el paso del aire o de gases a través de un líquido. La dispersión producida por el estornudo cabe considerarla como un rocío.

CLASIFICACIÓN SEGÚN SU COMPOSICIÓN QUÍMICA

Las clasificaciones varían según el aspecto de la composición que se quiera destacar. La mayor dificultad para establecer una clasificación racional radica en que no es posible establecer una correlación general entre la estructura química y los efectos biológicos de los contaminantes, si bien en ciertos casos pueden señalarse algunas tendencias a leyes cuya extrapolación a nuevas sustancias debe hacerse con cautela y sujeta a la posterior confirmación experimental.

La clasificación de los agentes químicos se puede realizar teniendo en cuenta el estado físico de las sustancias o según sus efectos.

Se considera que existe una contaminación en el aire, si cualquiera de los componentes normales está en una proporción mayor de 78.09 % de Nitrógeno, 0.03 % de Bióxido de carbono, 20.95 % de Oxígeno, 0.93 % de argón o si está presente cualquier otra sustancia.

Efectos que puede tener un producto químico tóxico

Hay distintos factores que determinan el tipo de efecto tóxico que puede provocar un producto químico:

- La composición química de la sustancia peligrosa (algunas sustancias son más peligrosas que otras, por su estructura química).
- La forma material del producto químico (polvo, vapor, líquido, etc.).
- La vía de penetración del producto químico en el organismo (los productos

químicos tienen distintas vías de penetración. Algunos pueden entrar en el organismo por más de una vía. Según la vía de penetración, se producen distintos efectos en la salud).

- Los tejidos y órganos concretos en los que el producto químico se acumula o localiza.
- La frecuencia, la concentración y la duración de la exposición; y
- La reacción de cada trabajador al producto químico, que puede variar mucho de una persona a otra.

En el cuadro muestra algunos de los tipos de efectos tóxicos que determinadas sustancias químicas industriales pueden provocar. En el cuadro se indica la propiedad tóxica del producto (por ejemplo, si es carcinógeno, venenoso, provoca una reacción alérgica, etc.), la parte del organismo a la que afecta, cuánto tarda en desarrollarse la afección, el tipo de efecto que el producto químico ocasiona y algunos ejemplos de productos que provocan esos efectos.

Tipos de efectos tóxicos provocados por sustancias químicas industriales

Propiedad tóxica	Parte del organismo afectada	Tiempo que tarda en aparecer la afección	Efecto	Ejemplo
Irritante o corrosiva	Cualquiera, pero normalmente los ojos, los pulmones y la piel	De unos minutos a varios días	Inflamación, quemaduras y ampollas de la zona expuesta. Con frecuencia se cura tras una exposición aguda. La exposición crónica puede provocar daños permanentes.	Amoniaco, ácido sulfúrico, óxido de nitrógeno, sosa cáustica.
Fibrógena	Normalmente los pulmones	Años	Pérdida gradual acumulada de la función de los pulmones que provoca discapacidad y muerte si hay una exposición crónica.	Polvo de bauxita, amianto, bagazo
Alérgica	Cualquiera, pero frecuentemente los pulmones y la piel.	De días a años	En los pulmones puede provocar enfermedades crónicas similares al asma e incapacidad permanente. En la piel puede producir dermatitis profesional.	Diisocianato de tolueno (DIT), endurecedores por aminas para resinas epóxido.

Dermatítica	Según la piel.	De días a años.	Sarpullidos con inflamación y descamación de la piel. Puede proceder de una exposición crónica a productos irritantes, agentes alergénicos, solventes o detergentes.	Ácidos muy ionizados, álcalis, detergentes, tetracloruro de carbono, tricloroetileno.
Carcinógena	Cualquier órgano, pero frecuentemente la piel, los pulmones y la vesícula.	De 10 a 40 años.	Cáncer en el órgano o el tejido afectado. A largo plazo, puede provocar muerte prematura.	2-naftilamina, algunos alquitranes y aceites, benzidina, amianto.
Venosa	Cualquier órgano, pero frecuentemente el hígado, el cerebro y los riñones.	De pocos minutos a muchos años.	Muerte de células de órganos vitales con imposibilidad del órgano de desempeñar importantes funciones biológicas. Puede ocasionar la muerte.	Tetracloruro de carbono, mercurio, cadmio, monóxido de carbono, cianuro de hidrógeno.
Asfixiante	Pulmones	Minutos	Los gases sustituyen el contenido normal de oxígeno del aire.	Acetileno, dióxido de carbono

Según sus efectos los contaminantes químicos se pueden clasificar en:

- **IRRITANTES**

Existe una gran variedad de gases y vapores clasificados en este grupo. El punto de acción está determinado de manera primordial por diferencia en las características físicas y en especial la solubilidad, el punto de ebullición y la volatilidad. Pueden producir acción irritante sobre la piel, los ojos, mucosas y sobre los órganos respiratorios.

Los gases irritantes se dividen en primarios, cuya acción sobre el organismo está limitada a la acción local; y secundarios, cuyo efecto irritante es reducido pero que permiten efectos tóxicos generalizados de importancia.

Son materiales corrosivos que atacan de preferencia las mucosas y en los que predomina el factor "concentración" sobre el factor "duración de la exposición". La irritación puede presentarse en el conducto respiratorio superior (aldehídos, álcalis, amoníaco, etc.). También ocurre tanto en los conductos superiores como en los pulmones (bromo, cloro, ozono, yodo, etc).

Sustancias de acción corrosiva, inflaman las superficies húmedas y mucosas. El factor concentración es más importante que el tiempo de exposición. Su acción depende principalmente de las propiedades físicas (volatilidad, solubilidad).

- a) *Irritantes del tracto respiratorio superior*: está constituido por compuestos químicos muy solubles en medios acuosos tales como ácidos y álcalis.
Ejemplos: aldehídos (acroleína, formaldehído, acetaldehído, paraformaldehído), nieblas y polvos, álcalis, amoníaco, ácido crómico, ácido clorhídrico, ácido fluorhídrico, dióxido de azufre, óxido de etileno.
- b) *Irritantes intermedios*: se encuentran en este grupo sustancias con una solubilidad moderada para los fluidos acuosos por lo que su acción abarca a la totalidad del sistema respiratorio.
Ejemplo: bromo, cloro, flúor, yodo, óxidos de cloro, ozono, bromuro de cianógeno, cloruro de cianógeno, sulfato de dimetilo, sulfato de dietilo, cloruro de azufre, tricloruro de fósforo y pentacloruro de fósforo.
- c) *Irritantes de los pasajes respiratorios terminales y espacios pulmonares*: se hallan en este grupo sustancias insolubles en medio acuoso tales como: tricloruro de arsénico, bióxido y trióxido de nitrógeno, fosgeno, hidrocarburos aromáticos.

Un gran número de gases irritantes puede producir daño agudo y en ocasiones crónico al sistema respiratorio.

La inhalación aguda puede ocurrir en una gran variedad de circunstancias, pero es más frecuente en el ámbito industrial. Los gases irritantes que usualmente alteran las vías respiratorias son: amonio, cloruro de hidrógeno, dióxido de sulfuro, cloro, dióxido de nitrógeno y fosgeno. Ocasionalmente producen lesiones por inhalación el formaldehído, el cianuro de hidrógeno, el sulfuro de hidrógeno y los vapores de mercurio.

Por otra parte, la inhalación masiva de humo proveniente de la combustión de materiales es la causante de aproximadamente el 50% de las muertes relacionadas con incendios.

Las alteraciones respiratorias producidas por la inhalación aguda de gases irritantes, depende de varios factores:

- a. Las concentraciones del gas depositado en el aparato respiratorio (vías aéreas superiores, árbol traqueobronquial y parénquima)
- b. La toxicidad específica del gas
- c. La respuesta de cada individuo

La concentración está determinada tanto por la cantidad del gas, como por su solubilidad en las mucosas.

La toxicidad y las características imitativas de un gas dependen de su composición química. Los gases más irritantes y solubles como el amonio y el ácido clorhídrico, producen con menor probabilidad lesión de vías aéreas inferiores y alvéolos, ya que su naturaleza irritante hace que el individuo escape rápidamente de su exposición; las lesiones se producen principalmente en las vías aéreas superiores, a menos que el individuo no pueda apartarse del ambiente contaminado por el gas. En contraste, los gases con menor poder irritante producen alteraciones tanto en las vías aéreas superiores como en las inferiores y los alvéolos.

La reacción de la persona ante el gas es un factor significativo para determinar el patrón de la lesión bronco pulmonar; igual importancia tiene el antecedente o previa existencia de enfermedad pulmonar aguda o crónica.

Los gases oxidantes como el óxido de nitrógeno, el ozono y el cloro, interfieren directamente con los sistemas enzimáticos celulares y mitocondriales formando radicales libres, los cuales pueden distorsionar la integridad de las proteínas.

Los gases ácidos y las bases como el cloruro de hidrógeno, dióxido de sulfuro, ácido sulfúrico y amonio alteran el pH intracelular produciendo cambios estructurales en las proteínas, destrucción celular y aumento de la permeabilidad capilar.

Independientemente del mecanismo, se puede producir inflamación severa de las vías aéreas, tanto de las superiores como de las inferiores y del parénquima pulmonar, lo cual puede ocasionar, en forma aguda, obstrucción de la vía aérea y ruptura de la membrana alvéolo-capilar con desarrollo de edema pulmonar e insuficiencia respiratoria aguda. Estos cambios agudos pueden ser seguidos de bronquiolitis obliterante, fenómenos de hiperactividad bronquial y, en algunos casos, de fibrosis pulmonar.

Los signos y síntomas varían según la sustancia. Con fines didácticos se pueden considerar tres síndromes clínicos, relacionados con el tipo de gas inhalado; una consideración especial merece el humo proveniente de los incendios (Cuadro No. 1).

Intoxicación por gases irritantes y solubles: los gases más representativos son el amonio y el ácido clorhídrico. Producen lesión inmediata; los pacientes desarrollan manifestaciones de obstrucción de las vías respiratorias altas caracterizadas por tos, disnea, sensación de asfixia y estridor por edema laríngeo,

acompañados de dolor y opresión esternal, irritación ocular, nasal, y orofaríngea. Se ha descrito, en casos muy severos, el desarrollo de edema pulmonar no cardiogénico. En algunos individuos se han producido bronquectasias y enfermedad obstructiva residual después de exposición accidental al amonio.

Intoxicación por Gases irritantes e insolubles: gases como el cloro, cadmio, cloruro de zinc, paraquat y vanadio suelen afectar tanto el tracto respiratorio superior, como el inferior y el epitelio alveolar. Se consideran cuatro fases en las alteraciones clínicas producidas por la exposición al cloro, las cuales pueden servir de prototipo para los otros gases irritantes de este grupo:

Fase 1 (0-6 horas) se presenta tos, disnea leve y sibilancias escasas con hiperemia nasofaríngea, que generalmente desaparecen al retiro de la exposición.

Fase 2 (6 hrs. - 10 días) se caracteriza por síntomas de obstrucción de las vías respiratorias altas, con retracciones inspiratorias y estridor. Se observa severo edema nasal, faríngeo y laríngeo que se extiende hasta la tráquea y los bronquios; igualmente se desarrolla bronquitis severa con taponamiento de los bronquios de mediano y pequeño calibre y aparición de bronquectasias. Algunos pacientes presentan síntomas y signos típicos de un síndrome de dificultad respiratoria del adulto con hipertensión pulmonar.

Fase 3 (1 a 4 semanas) se produce una gradual recuperación de la función pulmonar, aunque persiste la tos y cierto grado de broncoconstricción.

Fase 4 durante este período mejora aún más el estado clínico del paciente, aunque pueden persistir leves alteraciones en la distribución de la ventilación.

Intoxicación por Gases poco o nada irritantes: son los representados por el óxido de nitrógeno, el fosgeno y el mercurio los cuales producen daño y manifestaciones clínicas independientes de la solubilidad. La severidad de las lesiones depende de la concentración del gas y del tiempo de la exposición. El prototipo de este grupo es el óxido de nitrógeno, el cual produce las lesiones principalmente a nivel de los bronquios terminales. La inhalación de altas concentraciones conduce a la formación de metahemoglobina, fenómeno interfiere seriamente con el aporte de oxígeno a los tejidos.

El curso clínico de este tipo de exposición tiene varias fases. Inicialmente el paciente presenta tos, disnea y sibilancias, después de varias horas desarrolla edema pulmonar no cardiogénico el cual se resuelve en pocos días, dando inicio a la fase de recuperación que dura de dos a cinco semanas.

Inhalación de humo proveniente de incendios: aproximadamente la mitad de las muertes relacionadas con los incendios son secundarias a la inhalación del humo, el cual está conformado por una variedad de gases tóxicos de diversa constitución química, solubilidad y, además, de partículas.

El compromiso pulmonar y sistémico es causado por mecanismos térmicos, químicos e hipóxicos. La injuria térmica es ocasionada por la inhalación de gases calientes y otros productos de la combustión. Gran parte del daño térmico está limitado a la faringe, vía aérea superior y rara vez se extiende más allá de la región subglótica. La injuria química es determinada por los constituyentes contenidos en el humo, como el ácido hidroclorehídrico, acroleína, fosgeno, cianuro y nitratos. La hipoxia es la consecuencia inmediata, como resultado de la asfixia por obstrucción de la vía aérea o por la intoxicación con monóxido de carbono.

Clínicamente los pacientes presentan disnea, cianosis, disfonía, estridor, sibilancias y tos. Los síntomas producidos por la intoxicación por monóxido de carbono se relacionan con los niveles sanguíneos de carboxihemoglobina: cefalea cuando los niveles están entre 10 y 30% acompañada de dolor torácico y disminución de la agudeza visual. Si los niveles superan el 30% se presentan náuseas, vómito y pérdida de la destreza manual. Con niveles mayores del 50% hay confusión, ataxia, taquicardia, estupor, convulsiones y coma. La muerte sobreviene como consecuencia de niveles superiores a 60%.

- **ASFIXIANTES**

Se denominan gases asfixiantes a una serie de sustancias en estado gaseoso o de vapor que interfieren en una u otra forma en el ingreso, transporte o utilización del oxígeno en el organismo. Se clasifican en:

Simples o primarios: Gases fisiológicamente inertes, su acción es la de diluir o reducir la concentración del oxígeno en el aire respirable y por lo tanto, no existirá la suficiente presión parcial de oxígeno para mantener la vida humana. Ejemplos: el metano, el etano, el bióxido de carbono, el nitrógeno, el helio, hidrógeno.

Químicos o secundarios: se caracterizan porque interfieren con los procesos normales de intercambio y transporte de oxígeno en la sangre (anoxia anémica): Ejemplos: monóxido de carbono (produce carboxihemoglobinemia, cianuro de hidrógeno, anilina, y nitrobenzeno (produce metahemoglobinemia o ferrilhemoglobinemia).

Características clínicas de los principales gases y vapores tóxicos

Clase de sustancia tóxica	Tóxico	Fuente	Hallazgos clínicos	Tratamiento
Asfixiantes simples	Propano	Gas casero	Todos desplazan al aire normal y disminuyen la FIO ₂ . Síntomas de hipoxemia sin irritación de vías respiratorias	Retire al paciente de la fuente; administre oxígeno
	Metano	Gas casero		
	Bióxido de carbono	Todos los fuegos		
	Gases inertes (nitrógeno, argón)	Industria (especialmente soldadura)		
Asfixiantes químicos	Monóxido de carbono	Fuegos	Forma carboxihemoglobina; inhibe transporte de oxígeno. Cefalea es el primer síntoma	Oxígeno a 100%
	Acido hidrocianico	Industria; plásticos quemados, mobiliario, tejidos	Asfixiante celular muy tóxico	Use antídoto contra cianuro
Irritantes Muy hidrosolubles	Gas de cloro	Industria; sustancias para piscinas, blanqueador mezclado con ácido en el hogar	Inicio temprano de lagrimeo, ardor faríngeo, estridor, traqueo bronquitis en la exposición intensa puede progresar a edema pulmonar en 2 a 6 horas	Oxígeno humidificado, broncodilatadores, tratamiento de vías respiratorias
	Acido clorhídrico	Industria; tejidos quemados		
	Amoniaco			
Poco hidrosolubles	Bióxido de nitrógeno	Celulosa quemada; tejidos. Silos granos (gas rojo ácido)	Tiene olor dulce. Inicio tardío (12-24 horas) de traqueo bronquitis, neumonitis y edema pulmonar. Bronquitis crónica tardía	Oxígeno; observación por 24-48 horas; esteroides (discutible)
Alergénicos	Diisocianato de tolueno	Fabricación de poliuretanos	Constricción bronquial reactiva; puede haber efectos a largo plazo (enfermedad pulmonar obstructiva crónica) en personas propensas	Dilatadores bronquiales
Vapores de metales	Cinc Cobre Estaño Teflón	Soldadura (especialmente soldadura de metales galvanizados)	Escalofríos, fiebre, mialgias, cefalea, tos seca	Se limita por sí solo (12 a 24 horas)

Agentes que inhiben la oxidación combinándose con catalizadores celulares (anoxia histotóxica). Ejemplos: ácido cianhídrico, nitrilos.

Agentes que producen parálisis respiratoria (anoxia por éxtasis). Ejemplo: ácido sulfúrico.

- **ANESTÉSICOS Y NARCÓTICOS**

Producen anestesia sin efectos sistémicos serios, causan depresión del sistema nervioso central, determinada por su presión parcial en la sangre que afluye al cerebro. Este grupo incluye una gran variedad de compuestos orgánicos, la mayoría de amplio uso industrial y doméstico, sobre todo como solventes y combustibles. Ejemplo: hidrocarburos acetilénicos, hidrocarburos olefínicos, éter etílico, éter isopropílico, hidrocarburos olefínicos, hidrocarburos parafínicos, ésteres, cetonas alifáticas, alcoholes alifáticos.

- **TÓXICOS**

Tras inhalación, ingestión o absorción a través de la piel pueden presentarse en general, trastornos orgánicos de carácter grave e incluso la muerte. Ejemplo: mercurio.

- **TÓXICOS SISTÉMICOS**

Actúan sobre un sistema. Se clasifican con base en el órgano u órganos sobre los que actúan:

- a) *Sustancias que causan daño en una o más vísceras*: ejemplo: la mayor parte de los hidrocarburos halogenados.
- b) *Sustancias que atacan el sistema hematopoyético*: ejemplo: benceno, fenoles, tolueno, xileno, naftaleno.
- c) *Tóxicos del sistema nervioso*: ejemplos: plomo, bisulfuro de carbono, alcohol metílico, tiofeno.
- d) *Metales tóxicos*: ejemplo: plomo, mercurio, cadmio, antimonio, manganeso, berilio.
- e) *Tóxicos inorgánicos no metálicos*: ejemplos: compuestos de arsénico, fósforo, selenio, azufre y flúor.

También se pueden clasificar con el nombre o denominación del sistema afectado:

Neurotóxicos: son sustancias que se fijan en el sistema nervioso y producen síntomas tales como convulsiones, inconsciencia, hiperactividad, delirios, depresión del sistema nervioso central. Ejemplos: sulfuro de carbono, alcohol metílico, metales como el mercurio, manganeso talio, los derivados alquílicos del plomo, estaño y los insecticidas órganos fosforados.

Neumotóxicos: afectan principalmente a los pulmones. Producen obstrucción respiratoria, edema pulmonar, neumonía química. Ejemplo ciclohexanol.

Cardiotóxicos: afectan al corazón y a los grandes vasos. Producen insuficiencia cardiaca o paro cardíaco. Ejemplo: polipropilén glicol.

Nefrotóxicos: afectan el riñón y las vías urinarias. Producen insuficiencia renal, retención urinaria. Ejemplo: fenotiacina, los hidrocarburos halogenados (tetraclo-roetano y tetracloruro de carbono), las nitrosaminas.

Gastroenterotóxicos: afectan al aparato digestivo y al hígado. Produce vómitos, diarrea, parálisis del intestino, insuficiencia hepática. Ejemplo: arsénico.

Hematotóxicos: afectan la sangre y a los órganos donde se produce, la médula ósea. Ocasionalmente trastornos de la hemoglobina, pérdida de glóbulos blancos y destrucción de glóbulos rojos. Ejemplo: anilinas y nitrotolueno

Dermatotóxicos: afectan la piel y sus anexos (glándulas sudoríparas, cabello, etc). Producen dermatitis de contacto. Ejemplo tricloruro de fósforo.

CANCERÍGENOS

El constante desarrollo del mundo industrializado ha originado un incremento de ciertas patologías propias de la sociedad actual, entre ellas el cáncer.

Prácticamente la mitad de los cánceres que se producen en el mundo desarrollado, a pesar de que la población de éste constituye tan solo una cuarta parte de la existente en la tierra.

Las neoplasias, como cualquier otro proceso patológico que afecte al ser vivo, son el resultado final de la interrelación entre su constitución genética (factores endógenos) y el medio ambiente que lo rodea (factores exógenos). En el momento actual existen diversos factores exógenos, tabaco, alcohol, dieta, ambiente laboral, a los que, con mayor o menor seguridad, se consideran relacionados con el cáncer.

Los cánceres de origen laboral suponen la fuente de información más antigua y a la vez más productiva en relación al descubrimiento de agentes cancerígenos.

La historia comienza en 1775 cuando Sir Percival Pott señala la elevada incidencia de cáncer (epitelioma) de escroto entre los deshoilladores de Londres, debida seguramente a algún compuesto del hollín que impregnaba sus ropas, hoy se sabe que se trata de los hidrocarburos policíclicos aromáticos.

En 1822 se descubrió la asociación entre la exposición a arsénico en trabajadores de la fundición y cáncer.

En 1879, Heartig y Hesse observaron un sinnúmero de casos de cáncer de pulmón en los mineros que explotaban minas de uranio.

El cirujano alemán Rhen señaló en 1895 la gran incidencia de cánceres de vejiga urinaria entre los obreros de industrias dedicadas a la síntesis de colorantes artificiales. Rhen atribuyó estos casos a la anilina, pero posteriormente descubrió que no era la anilina sino otras aminas aromáticas las responsables del cáncer vesical, aunque hoy se reconoce a la anilina como inductora de sarcomas esplénicos en animales de experimentación.

En 1906, se aprobó en Inglaterra la primera ley que regulaba las indemnizaciones para los afectados por cáncer escrotal de origen laboral.

En 1915 Yamagiwa e Itchikawa indujeron cáncer por medios experimentales impregnando orejas de conejos con alquitrán de hulla. Diez años después, Kennaway aisló la sustancia responsable: 3,4-dibenzopireno.

En 1933 Gloyme describe por primera vez el riesgo oncogénico del amianto.

En 1967 se aprobó en Inglaterra la primera ley que prohibía el empleo de aminas aromáticas en los procesos de tinción.

Los tumores de origen ocupacional tienden a aparecer en edades más tempranas que los mismos tumores con distinta etiología.

En cuanto al sexo, la mayoría de los casos de cáncer ocupacional se presentan en los hombres. La razón de esto se debe principalmente a que la población laboral masculina trabaja sobre todo en industrias y actividades consideradas de riesgo, pero se sospecha además una susceptibilidad femenina diferente ante iguales exposiciones, determinada por factores hormonales, genéticos y hábitos personales.

La raza también interviene en la susceptibilidad frente a determinados factores cancerígenos. Así por ejemplo, la raza blanca es mucho más vulnerable que la negra al efecto oncogénico de los alquitranes, aceites minerales y radiaciones solares. Estas diferencias deberían tenerse en cuenta en la selección de trabajadores para ciertas ocupaciones con riesgo cancerígeno.

El efecto cancerígeno de un agente determinado aumenta con la duración de la exposición al mismo, puesto que la acción de las exposiciones individuales es acumulativa y sus efectos persisten durante largos períodos de tiempo. Por ello, los cánceres profesionales se manifiestan, con frecuencia, después de muchos años de haber cesado el contacto con el carcinógeno. Este período libre de exposición, se conoce con el nombre de "período de espera" y puede variar entre unos pocos meses y más de 30 años en algunos casos.

La suma del tiempo de exposición y del "período de espera", si lo hay, es el "período de latencia". Dicho período abarca pues desde el principio de la exposición hasta la manifestación del cáncer. En el caso de los cánceres de origen profesional el período de latencia oscila generalmente entre 10 y 30 años, dependiendo de la intensidad y potencia de la exposición.

Los cánceres de origen profesional se localizan preferentemente en aquellas zonas en donde la acción del carcinógeno es más intensa y prolongada. A pesar de lo anterior los agentes carcinógenos ocupacionales tienen unos órganos blanco que son pulmón, hígado, vejiga, piel, sistema linfático y hematopoyético. Desde el punto de vista histológico, los cánceres de origen ocupacional son principalmente epitelomas.

La gran mayoría de los cánceres de origen laboral son desencadenados por sustancias químicas.

Existen algunas excepciones como el cáncer cutáneo en personal expuesto largas horas a la luz solar, los cánceres hematológicos de personal expuesto a radiaciones ionizantes o el cáncer de colon observado en personas cuya ocupación obliga al sedentarismo o escaso ejercicio físico.

El número de agentes químicos utilizados en la actualidad es enorme, estimándose que unas mil sustancias nuevas son incorporadas al mercado cada año. En 1971 la Agencia Internacional para la investigación del cáncer (IARC) emprendió un programa para valorar el riesgo cancerígeno de sustancias químicas, grupos de sustancias, procesos industriales e industrias, con el fin de identificar posibles cancerígenos para el hombre y poder adoptar las medidas preventivas adecuadas.

Dicho organismo estudió más de 500 sustancias y procesos industriales y los clasificó en tres grupos según su poder cancerígeno:

1. Sustancias, grupos de sustancias o procesos industriales cancerígenos para el hombre por la evidencia de una relación causa-efecto entre exposición y cáncer, demostrada en estudios epidemiológicos.
2. Sustancias probablemente cancerígenas para el hombre. En este grupo, se consideran dos subgrupos: 2 a. sustancias con efecto cancerígeno casi demostrado en el hombre y 2 b sustancias con efecto cancerígeno sólo sugerido pero no demostrado.
3. Sustancias que no pueden considerarse cancerígenas para el hombre, según los datos analizados.

Sustancias cancerígenas para el hombre (Grupo I)

Sustancia	Ocupación	Tipo de cáncer
Arsénico	Extracción de arsénico, insecticidas, fungicidas, vidrio y esmalte, curtiembres, extracción de antimonio, anestésicos veterinarios.	Piel, pulmón, hígado.
Brea y derivados de alquitrán.	Embreado del cordaje de barcos, piel.	Labios.
Radón.	Extracción de hematina.	Pulmón.
Amianto (asbesto)	Extracción de amianto, trajes ignífugos, desguase y fabricación de barcos, frenos y embragues, fabricación de fibrocemento.	Pulmón, mesoteliomas (plurales, peritoneales), laringe, intestino.
Polvo de madera.	Producción de muebles y de cajas.	Senos nasales, pulmón, bronquios.
Cromo VI	Fabricación de vidrio y cerámica, industria galvánica, colorantes, tintura de cuero y pigmentación.	Pulmón, tráquea, bronquios y faringe.
Benceno.	Rotocalcografía, desengrase de pieles, industria del calzado, producción de alquitrán y hulla, manufacturas de caucho, refinado de petróleo y obtención de derivados.	Leucemias.
Bencidina.	Producción, tintes, endurecedor de caucho.	Vejiga urinaria.
2-Naftilamina	Producción, tintes, antioxidantes, trabajadores del gas.	Vejiga urinaria.
4-Aminodifenilo.	Producción, tintes, antioxidantes.	Vejiga urinaria.
Auramina.	Tintes.	Vejiga urinaria.
Aceites minerales.	Desinfección de pieles, desengrase de pieles, lubricación de pieles.	Piel, escroto, pulmón, laringe, intestino, vejiga urinaria.

Polvo de cuero	Industria del calzado, tenerías.	Mesoteliomas, senos nasales, pulmón, boca, faringe, estómago, vejiga urinaria, laringe, linfomas.
Cloruro de vinilo.	Soldadura de forros plásticos, producción de PVC.	Hígado, cerebro, pulmón, sistema hematopoyético y linfático, aparato digestivo, tracto urinario, mama.
Cloro-metil-éter.	Producción de resinas de intercambio iónico.	Aparato respiratorio.
Hollín.	Trabajadores de gas.	Piel.
Deshollinadores.		Pulmón, escroto, laringe.
Alquitrán.	Asfaltado.	Piel, escroto, pulmón, laringe, intestino, vejiga urinaria.

Sustancias con efecto cancerígeno casi demostrado en el hombre (Grupo 2^a)

Sustancia	Ocupación	Tipo de cáncer
Acilonitrilo.	Fumigación de silos, acabados de resinas sintéticas, aceites de lubricación, ignífugos y suavizantes, modificación del caucho, producción de PVC.	Pulmón, tráquea, bronquios, intestinos, estómago, próstata, cerebro, sistema linfático.
Níquel.	Extracción, industrias galvánicas.	Senos nasales, pulmón, laringe.
Berilio.	Preparación de pigmentos, esmaltado de cerámica, refinado de berilio.	Pulmón, huesos.
O-Toluidina.	Tintes, antioxidantes, producción.	Vejiga urinaria.
Benzopireno.	Quemado de pieles, acerías, producción de plomo, producción de carbón coque, asfaltado.	Pulmón, tráquea, bronquios, faringe, piel.
Hidrocarburos aromáticos.	Negro de humo, petroquímicas.	Pulmón, piel, escroto, cerebro, estómago.
Sulfato de dimetilo.	Producción de metasulfatos amónicos, producción de parasimpaticomiméticos.	Pulmón, bronquios, laringe.

Según su nivel de actuación, las sustancias químicas cancerígenas, pueden también clasificarse en dos grupos: genotóxicas y epigenéticas.

Cancerígenos químicos

Genotóxicos	Actúan sobre el DNA celular	Hidrocarburos aromáticos Arsénico Nitrosaminas
Epigenéticos	Citotóxicos Promotores Proliferación de fibroblastos Fisiología de órganos endocrinos Inmunosupresores	Ácido nitrilo triacético Organoclorados Asbestos y plásticos Herbicidas

Las genotóxicas actúan interaccionando con el DNA celular, suponen un riesgo cualitativo, carecen de nivel de "umbral", no existen para ellas niveles "seguros", actúan de forma acumulativa y suelen hacerlo junto a otros genotóxicos similares. Entre las sustancias típicas de este grupo, se destacan el arsénico, las nitrosaminas y los hidrocarburos aromáticos policíclicos.

Las epigenéticas pueden tener diferentes tipos de acción:

- a- Comportarse como citotóxicas al actuar directamente sobre la célula (ácido nitro-triacético).
- b- Actuar como sustrato para la proliferación de fibroblastos (fibras de asbesto y plásticos).
- c- Alterar la fisiología de órganos endocrinos (algunos herbicidas).
- d- Comportarse como promotores al facilitar el crecimiento de células neoplásticas (pesticidas organoclorados).
- e- Actuar como inmunosupresores.

El benceno y el dioxano son cancerígenos químicos que no interrelacionan con el DNA celular, pero que tampoco pueden ser clasificados como cancerígenos epigenéticos.

Actualmente se debate sobre la posibilidad de que exista una dosis umbral o límite por debajo de la cual, la exposición a agentes cancerígenos no sea peligrosa.

Numerosos argumentos defienden la postura de que dicha dosis o nivel límite debería ser cero y cualquier exposición a un cancerígeno supone un riesgo. Entre estos argumentos se deben destacar los siguientes:

1. La exposición a un cancerígeno concreto no suele producirse nunca en forma aislada, sino que mayoritariamente se produce en combinación con otros cancerígenos potenciales. Por ello, aún suponiendo que no se superase el umbral o límite para este cancerígeno concreto, la total seguridad para la salud se vería anulada por el efecto sinérgico o aditivo de los otros cancerígenos potenciales que le acompañan, muchos de ellos desconocidos y por lo tanto no controlados.
2. Numerosos experimentos demuestran que algunas sustancias a dosis mínimas no son peligrosas pero si acumulativas, por lo que una exposición deja ya "marcado" al trabajador, cuyo riesgo desde ese momento es superior al del resto de la población.

A pesar de lo anterior, la mayoría de países han optado por adoptar "concentraciones aceptables" para productos cancerígenos.

La Agencia Internacional contra el cáncer señala que "en ausencia de datos adecuados para el hombre, es razonable, a efectos prácticos, considerar las sustancias para las que existen suficientes evidencias de carcinogenicidad en animales como si presentasen un riesgo carcinógeno para el ser humano".

Para la prevención del cáncer laboral se proponen las siguientes medidas:

- Sustitución de materias primas y métodos de fabricación por otros sin riesgo.
- Separación entre el proceso de fabricación y/o manipulación, o el producto, y el trabajo.
- Ventilación, si el producto se vehiculiza en forma de humos o partículas. La ventilación debe hacerse en el punto de producción, pues aplicada de forma general a los locales resulta ineficaz.
- Equipos protectores, que deben quedar reservados a ciertos momentos, pues es una mala solución pretender su uso habitual.

En la prevención debe considerarse la gran importancia que tiene la educación sanitaria del trabajador como herramienta dirigida a modificar hábitos insanos. Esta acción debe iniciarse con una adecuada información, la cual incluirá los datos necesarios sobre el material con el que se está trabajando y los riesgos a los que se están expuestos. La información suministrada debe referirse a las fuentes de emisión de los productos problema, a las vías de exposición por las que dicho producto puede ser peligroso y a las vías de diseminación, puesto que los trabajadores deben conocer de que forma la sustancia cancerígena puede pasar a áreas de trabajo, incluso aquellas en las que su presencia no está prevista.

Una vez conocidos los riesgos y problemas que pueden generarse, la educación a los trabajadores buscará que éstos se familiaricen con ciertas acciones que pueden minimizar los riesgos. Entre las medidas de carácter general debe citarse el respeto a las indicaciones de áreas de distinto riesgo, pues esta señalización es la primera barrera de protección. En ellas existirán limitaciones o prohibiciones de circulación y ésta se hará, en determinadas situaciones, con ropa y calzado apropiados.

Otras medidas generales consisten en la utilización de ropa exclusivamente para el trabajo, que en ocasiones deberá quedar obligatoriamente en los locales de la empresa para su lavado. La ingestión de alimentos y bebidas quedará

restringida a determinadas áreas y siempre tras el lavado de las manos. Fumar en ciertas zonas puede representar un riesgo, no sólo por las razones derivadas del riesgo intrínseco del tabaco, sino por el peligro que representa llevarse a la boca un cigarrillo que puede estar impregnado de sustancias tóxicas.

Existe además la prevención secundaria del cáncer ocupacional, dirigida a la detección precoz de la enfermedad cuando aún puede ser tratada. La prevención de un cáncer ocupacional debe tener un carácter dinámico y si bien la identificación de riesgos cancerígenos es el aspecto más importante, la continua evaluación de medidas preventivas y la salud del trabajador es esencial para garantizar una protección eficaz.

Polvos productores de neumoconiosis

Son aquellas sustancias químicas o microorganismos que pueden originar a través de su deposición y acumulación en el pulmón, bien una generación de naturaleza fibrótica del tejido pulmonar o bien un conjunto de síntomas que por auscultación radiológica presentan cierto parecido con las neumoconiosis clásicas.

Sílice libre	Silicosis
Talco	Talcosis
Asbesto	Asbestosis
Hierro	Siderosis
Algodón	Bisinososis
Carbón	Antracosis
Carbón bituminosos	Neumoconiosis del Carbón
Bagazo de caña	Bagazosis
Cabuya o fique	Agavosis

Hay que tener en cuenta:

- La composición química.
- El tamaño de las partículas, mayores de diez micras con escasa posibilidad de ingreso al tracto respiratorio. De diez a cinco micras la gran mayoría son retenidas en el tracto respiratorio superior. De cinco a 0.5 micras con mayor posibilidad de ingresar a los alvéolos. Menores de 0.5 micras salen del organismo.
- Concentración en el aire.
- Tiempo de exposición.

- **TERATÓGENOS Y MUTÁGENOS**

Los agentes químicos mutágenos, denominación con la que se conoce a los tóxicos que producen alteraciones genéticas hereditarias, producen malformaciones congénitas. Ejemplo: dimetil acetamida.

En general conocemos como tóxicos para la reproducción a las sustancias y preparados que, por la respiración, por vía digestiva o a través de la piel, pueden producir alteraciones en la descendencia y también los que pueden afectar la capacidad reproductiva tanto del hombre como de la mujer.



También se pueden incluir, por su implicación en la reproducción y en la descendencia, los llamados disruptores endocrinos, capaces de producir una alteración del sistema hormonal con efectos sobre el desarrollo, crecimiento, reproducción y comportamiento del individuo. Los efectos de las sustancias químicas tóxicas para la reproducción dependen del momento en que se produzca la exposición. Si actúan sobre los espermatozoides del hombre o sobre los óvulos de la mujer, es decir antes del embarazo, pueden dar lugar a esterilidad o pueden producir alteraciones genéticas hereditarias. En este caso hablamos de sustancias mutagénicas.

Durante el embarazo, en general los efectos tóxicos van a ser mayores en los tres primeros meses y el resultado puede ser un aborto o una gran malformación en el feto. Son las llamadas sustancias teratogénicas. La exposición en el segundo y tercer trimestre del embarazo puede afectar al desarrollo y maduración del feto con posibles malformaciones de órganos de distinta gravedad.

La acción tóxica también se puede producir en la etapa de lactancia, al transmitirse a través de la leche materna al recién nacido. Las sustancias con capacidad de alterar el sistema hormonal (disrupción endocrina) pueden no manifestar sus efectos hasta la juventud o incluso la edad adulta.

¿Cómo identificar los agentes mutágenos en el trabajo?

Una sustancia o producto químico es un mutágeno reconocido, si su etiqueta contiene este símbolo y la frase de riesgo correspondiente.

Categoría	Definición	Símbolo	Frases "R"
Primera	Sustancia mutagénica para el hombre	"T" Tóxico 	R46: Puede causar alteraciones genéticas hereditarias
Segunda	Sustancia que pueden considerarse mutagénica para el hombre	"T" Tóxico 	R46: Puede causar alteraciones genéticas hereditarias

Agentes químicos reconocidos como mutágenos

Nombre	Clasificación	NºCas
Acrilamida	M2	79-06-1
Acrilamidoglicolato de metilo ($\geq 0.1\%$ de acrilamida)	M2	77402-05-2
Acrilamidometoxiacetato de metilo ($\geq 0.1\%$ de acrilamida)	M2	77402-03-0
Benzo[a]pireno	M2	50-32-8
1,3-Butadieno	M2	106-99-0
Cloruro de cadmio	M2	10108-64-2
Cloruro de cromilo	M2	14977-61-8
Cromato de potasio	M2	7789-00-6
1,2-Dibromo-3-cloropropano	M2	96-12-8
Dicromato de amonio	M2	7789-09-5
Dicromato de potasio	M2	7778-50-9
Dicromato de sodio	M2	10588-01-9
Dicromato de sodio, dihidrato	M2	7789-12-0
1,2,3,4-Diepoxibutano	M2	1464-53-5
Etilenimina	M2	151-56-4
Fluoruro de cadmio	M2	7790-79-6
Hexametiltriámina fosfórica	M2	680-31-9
Óxido de etileno	M2	75-21-8
Óxido de propileno	M2	75-56-9
Sulfato de dietilo	M2	64-67-5
1,3,5-Tris(oxiranilmetil) -1,3,5 triazina-2,4,6(1H,3H,5H)-triona	M2	2451-62-9

(*) Son considerados, además como cancerígenos

El hombre puede también ver afectada su función reproductora por exposición a tóxicos para fertilidad (etiqueta R60 "Puede perjudicar la fertilidad" y R62 "Posible riesgo de perjudicar la fertilidad") o que puedan producir daño genético (etiquetado R46 "Puede causar alteraciones genéticas hereditarias").

Principales sustancias con posible riesgo reproductivo (abortos, infertilidad, malformaciones congénitas) por exposición paterna.

Sustancias	Industrias
Cadmio	Aleaciones, soldadura, pigmentos, estabilizante en la industria del plástico, fabricación de acumuladores eléctricos
Citostáticos	Hospitales, industria farmacéutica, eliminación de residuos
Cloropreno	Fabricación de neopreno
Cloruro de vinilo	Plásticos, química, fabricación PVC
Dibromocloropropano (1)	Plaguicida para tratamiento de suelos
Disulfuro de carbono	Disolvente, rayón viscosa, celofán, producción
Epiclohidrina	
Estrógenos y Progestágenos sintéticos	Medicamentos, anticonceptivos, laboratorios de investigación
Eter glicídico	
Gases anestésicos (halotano, metoxifluorano)	Hospitales, industria farmacéutica, eliminación de residuos
Oxido de Etileno (1)	Fumigación, esterilización hospitalaria e industrial
PCBs	Sector eléctrico, cemento, química, plásticos, ferrocarril, instalaciones militares, laboratorios, componentes electrónicos, apuradoras de agua, talleres vehículos
Plaguicidas (Carbaril, Clordecone)	Agricultura, Industria química, fumigación
Plomo y derivados	Baterías de auto, aditivo gasolina, soldaduras, esmaltes cerámicos, aleaciones
Monóxido de Carbono	Parking subterráneo, motores de combustión, industria química y del petróleo, industria metalúrgica
Mercurio	Metalurgia del mercurio, fabricación, reparación de aparatos precisión (termómetros, barómetros, etc.) Industria eléctrica y química. Especialidades farmacéuticas. Dentistas.

Fuentes: Ministerios de Trabajo de Finlandia, Zenc C. (1980)

- **CORROSIVOS**

Por contacto con estas sustancias se destruye tejido vivo y también otros materiales. Ejemplo: ácido sulfúrico.

- **SENSIBILIZANTES**

Son sustancias que producen reacciones alérgicas. Efecto alérgico del

contaminante ante la presencia del tóxico, aunque sea en pequeñísimas cantidades, la forman polvos y fibras que en individuos sensibilizados originan reacciones de tipo alérgico. Su naturaleza puede ser muy diversa ya que la acción patológica depende más de una predisposición del individuo que de las características físico-químicas del agente tóxico. Ejemplo: madera, isocianatos, dióxido de azufre, polen, pelos orgánicos.

La exposición a diferentes sustancias que existen en el puesto de trabajo puede causar asma, rinitis, vasculitis, la neumonitis de hipersensibilidad, fiebre inespecífica, urticarias- angioedemas, y dermatitis alérgica de contacto.

- Las sustancias causantes de estos efectos se conocen como sensibilizantes.
- Estas sustancias se pueden encontrar dentro de un gran número de actividades laborales (en la Tabla adjunta se dan algunos ejemplos).
- La exposición a los sensibilizantes puede causar y causa, enfermedades importantes e incluso en algunos casos la muerte.
- En este folleto se expone la naturaleza del problema, la prevención y el control frente a los sensibilizantes.

SENSIBILIZANTES RESPIRATORIOS

Es una sustancia que al ser inhalada puede dar lugar a reacciones alérgicas en el sistema respiratorio. Una vez que esto ha ocurrido, la exposición posterior, aún a concentraciones muy bajas, puede producir enfermedades respiratorias como:

- ASMA. Ataques de ahogo (dificultad para respirar) con silbidos y opresión en el pecho que desaparecen al eliminar la exposición.
- ALVEOLITIS ALÉRGICA EXTRÍNSECA (AAE). Pérdida de la capacidad respiratoria y síntomas de gripe. La exposición continuada puede producir FIBROSIS, cuadro similar al que presenta la asbestosis en el pulmón (p.e. pulmón del granjero).
- RINITIS. Moquillo y congestión nasal.
- CONJUNTIVITIS. Lagrimeo, irritación ocular, habones, picores, hinchazón de cara o de todo el cuerpo.
- SÍNDROME DE DISFUNCIÓN DE LA VÍA REACTIVA (SDVR). Después de un accidente laboral o larga exposición a un sensibilizante puede aparecer crisis de asma ante diferente inhalante laboral y no laborales, irritantes, tóxicos o sensibilizantes que se conoce como SDVR.

Sensibilizantes más conocidos

(A)	PRODUCTO QUÍMICO	ACTIVIDAD TÍPICA
(1)	Aislados Azodicarbonamida.	Fabricación de plásticos, mejoradores de harina.
&	Diepoxi-butadieno (1, 2, 3,4 diepoxibutano).	Fabricación de polímeros.
&	2,3 epoxi-1-propanol (glycidol).	Formulación de aceites.
	Cimetidina.	Producción de fármacos.
*	Formaldehído.	Histología, fabricación de espumas.
(2)	Mezcla de compuestos.	
&,*	Isocianatos	Formulación de pinturas, fabricación de poliuretanos.
	Colorantes.	Industria textil.
	Antibióticos.	Producción de fármacos
	Aceites minerales y productos del refino del petróleo.	Refinerías y petroquímicas.
&	Anhídridos	Plásticos, resinas etc.
	Metales (Platino y sus sales, *Níquel, Cromo).	Refino. Recubrimiento y aleaciones especiales.
	Plaguicidas.	Producción y aplicación.
	Aceleradores.	Fabricación caucho.
	Antioxidantes.	Fabricación caucho.
	Humos de colofonia.	Uso como fundente de soldadura.

(B) SUSTANCIAS DE ORIGEN ANIMAL

Polvo y aerosoles producidos por:	
Animales e insectos.	Uso en investigación, enseñanza o laboratorios.
Pájaros, animales en general, orinas, suero de animales.	Cuidado y manejo.
Enzimas (tripsina, quimiotripsina).	Curtido de pieles.
Animalarios y estabularios.	Investigación e industria. farmacéutica.

(C) SUSTANCIAS DE ORIGEN VEGETAL

Polvo de semillas y harinas.	Cultivos, almacenaje, transporte, molienda, mezclado, utilización (panaderías, etc.).
Semilla de ricino, de lino, de café verde, de voacanga africana, de plantago ovata, etc.	Procesado.
Polvo de maderas.	Aserradero, carpintería.
Ipecacuana.	Producción de fármacos.
Enzimas proteolíticas.	Fabricación de detergentes.

(D) MICROORGANISMOS	
Actinomicetos termófilos.	Agricultura (pulmón del granjero).
Aspergillus, actinomicetos tennófilos, contaminaciones del compost, etc.	Cultivo del champiñón (pulmón del champiñonero).
Penicillium casei.	Elaboración de quesos (pulmón del quesero).
Enzimas:	
-proteasas de aspergillus orizae.	Mejorado de la harina.
-proteasas de bacilo Subtilis.	Fabricación de detergentes.

& Sustancia(s) asignada(s) con la frase de Riesgo R 42 "posibilidad de sensibilización por inhalación".

- Sustancia(s) asignada(s) con la frase de Riesgo R 43 "posibilidad de sensibilización en contacto con la piel".

Causas de los problemas respiratorios en el trabajo:

Las reacciones que se producen en las vías respiratorias y en los pulmones de los trabajadores que inhalan sustancias y partículas en el trabajo se dividen en tres categorías principales:

- Sustancias que se depositan en el conducto respiratorio, tales como el asbesto y la sílice, que provocan la asbestosis y la silicosis.
- Diversos tipos de agentes naturales y sintéticos utilizados en el lugar del trabajo pueden provocar enfermedades respiratorias de tipo alérgico, asma de origen laboral, rinitis o alveolitis, las cuales han aumentado de forma constante en los últimos años. Según los resultados de un estudio realizado en Francia, entre un 5% y un 10% de los casos de asma están relacionados con el trabajo. En el Reino Unido se producen cerca de 3.000 nuevos casos de asma laboral cada año. Esta cifra se eleva a 7.000 casos si se incluyen los casos de asma agravados por el trabajo.
- Las sustancias irritantes del aparato respiratorio, como el humo del tabaco en el ambiente, el cloro, el polvo en general e incluso el aire frío pueden provocar crisis en las personas que ya padecen asma. En estos casos, aunque la persona no muestra una hipersensibilización ante el agente específico, la crisis sigue estando relacionada con el trabajo.

La respuesta del sistema inmunológico humano a las amenazas externas que plantean los agentes químicos y biológicos puede ser una reacción alérgica en las vías respiratorias. Entre los síntomas se encuentran la tos, respiración agitada, el resuello y la falta de aliento, los estornudos, la congestión nasal, ojos irritados e inflamados, fiebre, dolores articulares y musculares.

Hay una serie de características importantes que se presentan cuando aparece la sintomatología:

- Para desarrollar la enfermedad se requiere una exposición repetida, ya sea a una baja dosis durante mucho tiempo o a una alta dosis en picos concretos. Durante este período no se observan síntomas.
- Tan sólo algunas de las personas expuestas se ven afectadas.
- Cuando una persona se sensibiliza, cada vez que entra en contacto con la sustancia, aunque sea en pequeñas cantidades, pueden desencadenarse los síntomas a niveles mucho más bajos de los que provocaron el estado de hipersensibilidad.

Los síntomas pueden desarrollarse de forma inmediata después de la exposición o varias horas más tarde, a menudo por la noche, por lo que el vínculo con el lugar de trabajo no resulta evidente. A menudo mejoran cuando el trabajador está fuera de su lugar de trabajo.

Los sensibilizantes respiratorios más extendidos en el lugar de trabajo, no están clasificados ni etiquetados. Muchos son de origen natural, generalmente se trata de proteínas y agentes biológicos presentes en el entorno vital pero son típicos de determinados procesos de trabajo.

Algunos sensibilizantes respiratorios y las profesiones relacionadas con ellas figuran en los siguientes cuadros:

Sensibilizantes respiratorios de origen natural

Sensibilizador	Ocupación/sector
Proteínas presentes en el tejido epitelial y en la orina de los animales	Agricultores, ganaderos, veterinarios, empleados de laboratorio.
Colofonia (Resina de pino)	Soldadura blanda, industria electrónica, procesadores metálicos o eléctricos, fabricantes o reparadores.
Plantas decorativas	Floricultores, jardineros y botánicos.
Algunos productos alimenticios, plantas y hortalizas (café en polvo, proteínas del huevo, harinas y semillas en polvo, frutas, hortaliza, pescado, marisco, semillas de soya en polvo, especias)	Agricultores, procesadores de alimentos, cocineros, empleados en cocina, encargados del despiece de animales, panaderos, molineros, cerveceros.
Proteínas de látex de caucho natural.	Sanidad, empleados de laboratorio, procesado de alimentos.
Mohos	Agricultores, panaderos, empleados de invernaderos y aserraderos.
Ácaros de almacenamiento.	Panaderos, molineros, agricultores, procesadores de alimentos, empleados de almacenes.
Fibras textiles (algodón, lino, cáñamo, yute, seda, sisal, lana)	Industria textil, sericultura.
Algunos aserrines, incluyendo planchas de aglomerado.	Carpinteros, ebanistas, aserraderos.

Productos químicos

Fuente	Ocupación/sector	Sensibilizador
Resinas, pigmentos y pinturas. Material dental, pinturas y barnices. Resinas y endurecedores de epoxi, molduras y adhesivos. Endurecedores de pinturas, pegamentos y resinas. Espumas de poliuretano.	Empleados de odontología, mecánicos, pintores que utilizan spray, laminadores, empleados de fundiciones, de empresas químicas y de productos plásticos, construcción, material aislante, procesadores metálicos o electrónicos/eléctricos, fabricantes y reparadores, procesado de resinas y de la madera.	Anhídridos ácidos, aminas alifáticas, ciclo alifáticas o aromáticas isocianatos, formaldehídos.
Conservantes.	Trabajadores del metal, limpiadores, empleados de empresas químicas, plásticas y textiles.	Dietanolamina. Formaldehído y liberadores de formaldehído.
Medicinas.	Industria farmacéutica, laboratorios, farmacias, sanidad.	Antibióticos.
Aditivos alimenticios, detergentes.	Panaderías. Procesado de alimentos, empleados de farmacias y laboratorios, industria textil y de detergentes.	Enzimas (papaína, alfa amilasas, proteasas).
Humo de soldadura, metales, productos químicos para galvanizado.	Soldadores, trabajadores del metal, chapistas, refinadores, amoladores, industria del vidrio.	Humos y sales metálicas, carburos metálicos.
Tintes para el cabello.	Peluquerías, esteticistas.	Parafenilamina, gena.
Agentes decolorantes.	Peluquerías, empleados de lavanderías, industria química, alimenticia y papelera.	Persulfatos, sulfatos y bisulfatos.
Productos químicos y fibras textiles, incluyendo el acabado.	Empleados de empresas textiles.	Tintes reactivos, fibras sintéticas (nylon, orión, rayón)

Para aplicar las medidas de prevención se debe seguir este orden:

- Evaluar los riesgos. Identificar los peligros: qué sustancias que puedan provocar asma se usan o se generan en la actividad laboral. Se debe recordar que las sustancias biológicas y químicas pueden dar lugar a enfermedades respiratorias de tipo alérgico. Determinar las personas que puedan sufrir daño y de qué forma.
- Eliminar o sustituir: La mejor opción es evitar el uso y la exposición a estos agentes sustituyéndolos por una sustancia menos peligrosa. Los agentes sensibilizantes pueden provocar una sensibilización de tipo alérgico en unas concentraciones inferiores a los valores límite de exposición profesional establecidos convencionalmente. Incluso una exposición muy baja a los sensibilizantes en el lugar de trabajo puede provocar síntomas respiratorios de tipo alérgico en los trabajadores ya sensibilizados.
- Prevenir la exposición: Si no es posible sustituir estas sustancias, debe reducirse al mínimo la concentración, el tiempo y la frecuencia de exposición, así como el número de trabajadores expuestos.
- Controlar las emisiones en su origen, mediante el diseño, instalación y puesta en marcha de sistemas eficientes de ventilación industrial, incluyendo programas de mantenimiento preventivo de los mismos.
- Elaborar un plan de protección del sistema respiratorio: si no se puede evitar la exposición por otros medios deberán utilizarse equipos de protección personal del sistema respiratorio.

SENSIBILIZANTES DÉRMICOS

Los sensibilizantes dérmicos son sustancias que se introducen en el organismo a través de la piel produciendo una hipersensibilidad, dependiendo de la susceptibilidad individual, que culmina con la aparición de un eczema cutáneo denominado dermatitis alérgica de contacto. La dermatitis alérgica de contacto se caracteriza por un enrojecimiento de la piel (eritema), una hinchazón de los tejidos cutáneos (edema) y la aparición de vesículas o ampollas repletas de líquido en una primera fase.

Los problemas de piel en el trabajo están causados por el contacto con determinadas sustancias en el puesto de trabajo. Suele afectar a las manos y a los antebrazos, zonas cuyo contacto con una sustancia es más probable, pero puede extenderse a otras partes del cuerpo. Los primeros signos del problema son la resequedad, el enrojecimiento y el picor de la piel. La piel puede hincharse, agrietarse, puede escamarse y volverse más gruesa y pueden aparecer ampollas.

La rapidez con que se produce una reacción cutánea depende de la fuerza o la potencia de la sustancia, de la duración y de la frecuencia del contacto con la piel. Estos cambios cutáneos a menudo mejoran cuando el trabajador no se encuentra en su puesto de trabajo, por ejemplo fines de semana. La severidad del efecto no guarda relación con la concentración y la duración de la exposición.

Esta sensibilización puede manifestarse tras un período de tiempo de varios meses o años, con casi ningún síntoma o incluso con ninguno, o puede ocurrir en pocos días. Sin embargo, una persona sensibilizada tendrá una reacción tardía la próxima vez que esté expuesta y en todas las exposiciones siguientes.

Los trabajadores expuestos a líquidos y agua que puedan atravesar la barrera natural de defensa de la piel son los que sufren el máximo riesgo. También puede contribuir a ello la exposición de la piel a temperaturas extremas, radiación solar y riesgos biológicos. Los agentes que provocan alergia en la piel reciben el nombre de alérgenos cutáneos.

En los materiales naturales existen dos clases distintas de sensibilizadores cutáneos: Los productos químicos y las proteínas. La alergia química en la piel suele desarrollarse a lo largo del tiempo, mientras que la alergia a las proteínas puede aparecer con gran rapidez. Los alérgenos que actúan por esta vía son sustancias muy variadas, indicándose algunas de ellas a continuación:

Proteínas en materiales naturales

Producto químico	Fuente	Ocupación
Proteínas de látex de caucho natural.	Guantes protectores, instrumentos médicos.	Trabajadores de la salud, peluquerías.
Proteínas animales.	Pelo, epitelios y orina animal.	Agricultores, personas que tratan con animales de laboratorio.
Productos alimenticios. Plantas decorativas.	Hortalizas, plantas, harinas, especies.	Agricultores, personal de floricultura, empleados de cocina, cocineros, industria alimenticia, panaderos.

Sensibilizantes y puestos de trabajo de riesgo

Producto químico	Fuente	Ocupación
Metales, incluyendo polvo y humo.		
Níquel	Metales, soldadura, instrumentos que contengan níquel como, por ejemplo tijeras, monedas.	Chapistas, industria electrónica, trabajadores del metal, peluquerías, cajeros.
Cromo	Cemento, guantes de piel, metales, materiales de curtido.	Trabajadores de la construcción, industria metálica, curtido de pieles.
Cobalto		Fundición de metales.
Resinas y plásticos.		
Colofonia.	Resinas, flux de soldadura electrónica, adhesivos.	Industria de la resina, músicos, bailarines, industria electrónica.
Resinas de epoxi.	Pinturas y barnices.	Pinturas, industria electrónica, fabricación, construcción.
Isocianatos.	Espumas aislantes, pinturas y barnices.	Construcción, pinturas, fabricación.
Acrilatos/metacrilatos	Plastificadores de pintura, materiales dentales, uñas sintéticas, plásticos, adhesivos.	Empleados de odontología, esteticistas, trabajadores del metal.
Formaldehído	Cosméticos, plásticos resinas.	Peluquerías, salud, fabricación, acabado textil, embalsamamiento.
Colorantes/tintes.		
Parafenildiamina	Tintes permanentes para el cabello.	Peluquerías.
Tintes y pigmentos textiles.		Trabajadores de empresas textiles.
Desinfectantes		
Glutaraldehído.		Salud, limpiadores, fabricación de papel, instalaciones marítimas.
Fragancias.	Agentes limpiadores.	Personal de limpieza, peluquerías.
Productos farmacéuticos, antibióticos.		Salud
Conservantes, cloracetamida, liberadores de formaldehído, isotiazolinones (Catón), parabenes.	Fluidos de corte de metal, cosméticos, conservantes de la madera, pinturas al agua, pegamentos.	Trabajadores del metal, esteticistas, masajistas, peluquerías, carpinteros.
Sustancias químicas derivadas del caucho, aceleradores Thiuram, derivados de la fenilendiamina.		
Disolventes, d-limonen, etilenodiamina	Pinturas, detergentes, desengrasantes.	Trabajadores de los metales, pintores, trabajadores de cadena de montaje, mecánicos, impresores.
Enzimas industriales.		Industria alimenticia y de detergentes, limpiadores.

CARACTERÍSTICAS DE LA SENSIBILIZACIÓN

Los síntomas pueden comenzar con sólo unos minutos de exposición o bien tardar en aparecer algunas horas (pueden ocurrir por la noche), en cuyo caso puede no establecerse su relación inmediata con el trabajo. Sin embargo, la disminución de los efectos durante los fines de semana o las vacaciones, permite establecer como posible causa el origen laboral.

Si se aparta rápidamente a la persona sensibilizada de la exposición, se evita una mayor probabilidad de daños serios para su salud. No obstante, la capacidad de reacción a los sensibilizantes dependerá de cada persona en particular. Si se permite que continúe la exposición, los síntomas respiratorios irán empeorando progresivamente y podrá dar lugar a una enfermedad crónica.

Es difícil predecir quién puede resultar sensibilizado. Si se conoce que un trabajador presenta algún problema alérgico, se recomienda disponer del criterio médico antes de que empiece a trabajar donde pueda haber exposición a sensibilizantes.

"Exposiciones previas sin ningún efecto no garantizan que no se desarrolle la sensibilización en un futuro".

DETECCIÓN DE LOS RIESGOS: Si en su trabajo maneja sensibilizantes debería hacerse las siguientes preguntas, para valorar de alguna manera su riesgo:

- ¿Qué potencial posee como sensibilizante?
- ¿Es posible que se transmita por el aire al manejarlo?
- ¿Se ha planteado su posible sustitución?
- ¿Quién puede estar expuesto, a qué concentración, durante cuánto tiempo y con qué frecuencia?
- ¿Qué modificaciones serán necesarias para:
 - Prevenir la exposición o ver si es posible a efectos prácticos;
 - Mantener un control adecuado de la exposición;
 - Automatización del proceso;
 - Vigilancia de la salud;
 - Formación e información

Control adecuado de la exposición

- El primer objetivo es hacer una prevención de la exposición. Esto es particularmente importante en sensibilizantes debido a los efectos adversos que tienen para la salud.

- Considerar medidas de control solamente cuando esté claro que la prevención no se puede llevar a cabo.
- El objetivo del control será prevenir el comienzo de la sensibilización.

Cuando no se pueda mantener la exposición dentro de los márgenes en los que no se observen efectos adversos y sea necesario un control, poner especial atención a:

- Control ambiental, observando si hay exposiciones pico a corto plazo especialmente accidentes, fugas y derrames.
- Cumplir las medidas de control en la rutina del trabajo.
- Asegurarse de que se utilizan adecuadamente.
- Prevenir la propagación de contaminante.
- Prevenir la acción sensibilizante del producto (encapsulamiento).
- Trabajos esporádicos tales como operaciones de mantenimiento.

"Instruir a los trabajadores en el manejo adecuado de este tipo de productos y respetar la metodología de trabajo adoptada, garantizan una mayor prevención".

Vigilancia médica

La vigilancia médica se requiere cuando existe exposición laboral a sensibilizantes respiratorios y dérmicos.

Hasta que no haya una legislación específica, los empresarios deberán consultar a un Médico del Trabajo experto en el tema, para que les aconseje sobre un programa de vigilancia adecuado.

Participación de los trabajadores

Se debe formar e informar a los trabajadores potencialmente expuestos a sensibilizantes de tal forma que conozcan y comprendan:

- Los riesgos para la salud;
- Los síntomas indicativos de sensibilización;
- La importancia de comunicar incluso los mínimos síntomas que aparecen desde el principio;
- El uso apropiado de las medidas de control;
- La necesidad de comunicar inmediatamente cualquier fallo en las medidas de control.

Acciones a realizar con personal sensibilizado

Es necesario realizar con urgencia lo siguiente:

- Separar al trabajador(es) afectado(s) de la fuente de exposición y aconsejarle que consulte al médico, dándole la información tanto del trabajo que realiza como de las sustancias a las que está expuesto y que le pueden haber producido la sensibilización.
- Si existen medidas de control, implantar algunos cambios que presumiblemente son necesarios.
- Si usted tuviera la sospecha o le informan de que sus síntomas pudieran estar relacionados con el trabajo que realiza, plantéelo ante el Servicio Médico o sus representantes habituales.

- **INTOXICACIÓN**

Por alcohol etílico o metílico, plaguicidas, plomo y sus derivados, solventes y combustibles, alcaloides, etc.

- **SUSTANCIAS PRODUCTORAS DE DERMATOSIS:**

Incluye numerosas sustancias que al entrar en contacto con la piel causan cambios en la misma a través de diferentes mecanismos. Se subdividen en:

- **Irritantes primarios:** son aquellas sustancias que al entrar en contacto con la piel en concentración y tiempo suficiente producen irritación.

Ciertos irritantes actúan casi de inmediato como los ácidos y los álcalis fuertes, mientras que otros, como los aceites minerales de corte y los disolventes desengrasantes requieren para ejercer su acción un contacto prolongado o repetido.

- **Sensibilizantes alérgicos:** la acción de estos compuestos se caracteriza por dos circunstancias. La primera de ellas que no afecta a la totalidad de los individuos, sino que se requiere una predisposición fisiológica. La segunda es que la dermatitis no aparece sin que previamente el sujeto haya estado en contacto con el alérgeno.

Dentro de este grupo se hallan los dicromatos alcalinos, resinas epoxi, gran número de monómeros y plásticos parcialmente polimerizados.

- **Fotosensibilización:** este tipo de dermatosis puede originarse bien como respuesta a un efecto tóxico consecuente con un exceso de luz solar o ultravioleta, o bien, como consecuencia de la reacción entre ciertos compuestos químicos y radiaciones electromagnéticas naturales o artificiales que originan una dermatitis fototóxica o fotoalérgica.

Compuestos industriales con esta peculiaridad son el alquitrán de hulla o petróleo, la creosota, colorantes como la acridina y la eosina, ciertos compuestos clorados de acción bactericida.

- **ALERGENOS**

Son tóxicos que producen efectos especiales en los individuos que están sensibilizados. Ejemplo: el polen.

- **POLVOS MOLESTOS**

Hay contaminantes que desencadenan uno solo de estos efectos, otros en cambio, engloban en su acción varios de ellos.

Otros aspectos que conviene destacar son los efectos producidos cuando en el medio ambiente existen varios contaminantes a la vez.

Se pueden considerar tres posibilidades:

Efectos simples: son los que producen cada uno de los contaminantes por separado debido a que actúan sobre órganos distintos.

Efectos aditivos: son los producidos por varios contaminantes que actúan sobre un mismo órgano o sistema fisiológico. En este caso el efecto total es la suma de los efectos parciales.

Efectos potenciadores: son los producidos cuando uno o varios productos (contaminantes, medicamentos, etc), multiplica la acción de otro u otros contaminantes. El efecto o agresividad total sólo se podrá calcular si se conoce la magnitud potenciadora.

- **PARTÍCULAS NO CLASIFICADAS COMO TÓXICAS SISTÉMICAS:**

Existen varios tipos:

- a) Polvos productores de fibrosis: Sílice, Asbesto.
- b) Polvos inertes: Carborundum, carbón.
- c) Enzimas proteolíticas: detergentes enzimáticos.
- d) Irritantes: ácidos, álcalis.
- e) bacterias y otros microorganismos.

Forma material, vía de penetración, órgano afectado y tipo de toxicidad de algunas sustancias químicas industriales habituales.

Sustancia química	Forma material	Método de penetración	Órgano (s) que puede(n) resultar afectado(s)	Tipo de toxicidad	Síntomas de enfermedad	Ejemplos de actividad industrial
Metal de cadmio y algunos de sus compuestos	Polvos, vapores	Inhalación	Pulmones, garganta, riñones	Venenosa, provoca daño en los pulmones y los riñones por exposición crónica.	Ardor y sequedad de garganta, dolores de pecho, vómitos, dolores de cabeza	Industria del metal, procedimientos de soldadura, productos químicos pesados
	Polvos	Ingestión				
Disocianato de tolueno	Vapor	Inhalación	Pulmones	Alergénica	Asma industrial provocada por sus consecuencias en los pulmones	Procedimientos industriales de la fabricación de poliuretano, pinturas y tintas
	Sólido	Derrame en la piel	Piel	Alergénica	Dermatitis	
Mercurio y muchos de sus compuestos	Vapor (el propio mercurio), polvo	Inhalación	Cerebro y sistema nervioso, riñones	Venenosa. A menudo, daño irreversible al sistema nervioso.	Pérdida de coordinación muscular, pérdida de capacidad mental.	Productos químicos pesados, operarios de laboratorios, mecánica
	Líquidos, polvos	Derrame sobre la piel, ingestión				
Cloroformo, tetracloruro de carbono Tricloroetileno	Vapor	Inhalación	Cerebro, hígado, riñones, piel	Venenosa. ¿Carcinógena? La exposición crónica puede provocar disfunción del hígado y los riñones.	Somnolencia	Mecánica ligera, productos químicos pesados, limpieza, trabajadores de oficinas
	Líquido	Derrame en la piel			Dermatitis	
Auramina	Polvos, vapor	Inhalación	Vesícula	Carcinógena para la vesícula	Sangre en la orina	Industrias de colorantes, productos cerámicos y alfarería, industrias de esmaltado
	Polvos	Derrame sobre la piel	Piel	Irritante	Inflamación, ardores	
Níquel y algunos de sus compuestos	Polvos	Absorción a través de la piel	Piel	Dermatítica	Escorzo, ardor en la zona afectada	Industrias metalúrgicas, productos químicos pesados, operarios de laboratorios
	Vapor	Inhalación	Pulmones, vías nasales	Irritante de los pulmones (carbonilo de níquel). Carcinógena por exposición crónica	Dificultades para respirar, fiebre	
2-naftil-amina	Polvo	Absorción a través de la piel	Vesícula	Carcinógeno para la vesícula	Sangre en la orina	Industrias de colorantes y caucho: está prohibido el uso de este producto en muchos países
Benceno	Vapor	Inhalación Absorción a través de la piel	Cerebro, médula espinal, piel	Venenosa. Posiblemente carcinógena (¿leucemia?)	Dolores de cabeza, náuseas, pérdida de apetito, anemia, dermatitis	Muchas actividades industriales, en particular de la industria química, las lacas, los adhesivos, las pinturas, etc.
Amianto	Partículas de polvo y fibras	Inhalación	Pulmones	Fibrogénica, carcinógena (amianto azul y blanco)	Dificultades de respiración, pérdida de función de los pulmones	Muchas actividades industriales de fabricación o utilización de materiales que contienen amianto

Por experiencia se ha observado que cualquier material extraño al ambiente natural tiene algún efecto sobre el hombre, variando desde un mínimo a un máximo. Se ha demostrado que todos los individuos no reaccionan de igual manera a los contaminantes en el mismo ambiente, pudiendo dar respuesta en cuatro niveles diferentes: severa, menos severa, moderada y nula.

Unos factores son medibles y otros no. Unos serán positivos y otros negativos según potencien o reduzcan la acción del agente sobre el organismo.

El único factor relacionado con la causa de la enfermedad que está sujeto a controles rígidos de ingeniería es la concentración del contaminante. El siguiente factor sobre el cual se puede ejercer control es la duración de la EXPOSICIÓN (concentración a la que el trabajador está sometido en un momento dado).

Para que ésta sea una cantidad significativa hay que referirla a una unidad de tiempo (por ejemplo horas/día).

La duración es también medida sobre un período de tiempo y es generalmente expresada en años.

DEFENSAS NATURALES

El sistema respiratorio tiene una serie bastante completa de mecanismos para eliminar los contaminantes. Los efectos de calentamiento y humectación de los conductos nasales y farínge (como defensa contra el aire frío o demasiado seco), la cubierta mucosa y las válvulas mecánicas de la garganta. Dado que la película mucosa tiene un papel importante en la eliminación de aerosoles de los pulmones, merece una mayor atención. Las células de la tráquea y bronquios producen mucus que es llevado en forma continua hacia la boca en delgadas proyecciones filiformes, llamadas cilias que se agitan en forma sincronizada. Esta película móvil actúa como un vehículo, transportando las sustancias extrañas hacia la garganta donde pueden ser expectoradas o deglutidas.

En un pulmón sano, los aerosoles que llegan a los bronquiolos, pueden ser expulsados del sistema en cuestión de horas. Si se dispone de un sistema de recuperación adecuado (16 horas) el pulmón sano puede limpiarse por sí mismo luego de una exposición de ocho horas.

Otro mecanismo de defensa incluye la contracción muscular de los conductos bronquiales luego de una irritación, lo que restringe el flujo de aire y disminuye la aspiración de la sustancia irritante, y la tos y el estornudo que tratan de eliminar los irritantes del tracto respiratorio superior.

En forma general solamente las partículas muy finas y los gases alcanzan los sacos alveolares. Debido a que el aire de los sacos alveolares está prácticamente inmóvil la mayoría de los aerosoles se depositará ya sea por difusión o por gravedad.

Los aerosoles que no son eliminados de los alvéolos pueden ser presa de las células fagocitarias móviles, que son del tipo de las células blancas de la sangre, capaces de ingerir partículas. Una vez cargadas con sustancias extrañas pueden:

- Migrar a los pequeños bronquiolos donde la película mucosa los lleva fuera del sistema;
- Atravesar la membrana alveolar y penetrar en los vasos linfáticos asociados a los capilares sanguíneos;
- Ser destruidos (si el contaminante es citotóxico) y romperse, liberando las partículas dentro del saco alveolar.

Si el aerosol no es eliminado por estos medios puede formar un depósito en el saco, el que podrá o no afectar la salud del pulmón en forma aguda.

Todos los mecanismos de defensa están sujetos a deterioro debidos a la edad o la enfermedad.

MATERIAL PARTICULADO

En la naturaleza, el material particulado se forma por muchos procesos, tales como el viento, polinización de plantas e incendios forestales, aunque su efecto se ve incrementado por actividades humanas que implican el cambio de uso de suelo. Las principales fuentes antropogénicas de pequeñas partículas incluyen la quema de combustibles sólidos como la madera y el carbón, las actividades agrícolas como la fertilización y almacenamiento de granos y la industria de la construcción.

Con la denominación de partículas totales en suspensión (PST) se reconoció a una amplia categoría de material particulado como contaminante criterio. Las PST son las partículas sólidas o líquidas del aire, donde se incluyen contaminantes primarios como el polvo y hollín y contaminantes secundarios como partículas líquidas producidas por la condensación de vapores. En los últimos se han especificado normas sobre el material particulado con menos de 10 micrómetros de diámetro aerodinámico (PM_{10}) y además al material particulado con menos

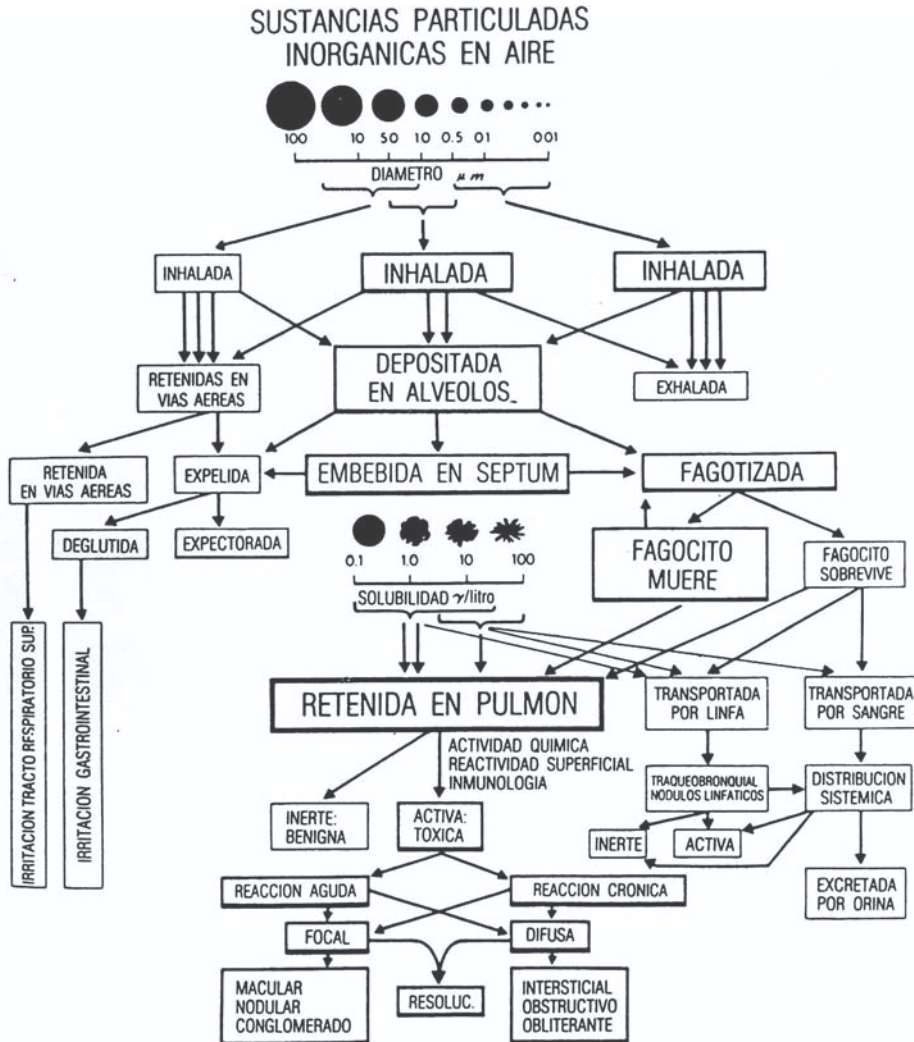
de 2.5 micrómetros de diámetro aerodinámico ($PM_{2.5}$). Estas partículas son comúnmente referidas como PM_{10} y $PM_{2.5}$, respectivamente. La razón fundamental de esta especificación se debe a que las partículas más pequeñas son más peligrosas para la salud de los seres humanos porque son capaces de alcanzar la zona inferior de los pulmones.

El material particulado puede tener efectos en la salud y bienestar del hombre. Puede contribuir a aumentar las enfermedades respiratorias como la bronquitis y exacerbar los efectos de otras enfermedades cardiovasculares y en general disminuir la esperanza de vida de adultos mayores y enfermos. Asimismo, afecta la visibilidad y velocidad de deterioro de muchos materiales hechos por el hombre.

El aire que respiramos contiene sustancias particuladas como polvos, y una parte de ese polvo es retenida por los pulmones, aunque no todos inhalan cantidad suficiente de polvo como para causar enfermedad, neumoconiosis vocablo griego con significado de neumo pulmón, conios polvo o sea «pulmón sucio». El humo, otra forma de sustancia particulada también puede causar neumoconiosis. El humo es una forma de materia particulada que difiere del polvo sólo en la forma en que se produce y en el tamaño de la partícula. El polvo contiene partículas que tienen un amplio ámbito de tamaño y que se originan por alguna acción mecánica, como trituración o molienda. Un humo está compuesto por partículas extremadamente pequeñas, un diámetro inferior a una micra y producido por procesos como combustión, condensación y sublimación.

Todo polvo, humos, vapores y gases producen algún grado de irritación y como resultado, casi todos los pulmones presentan algo de fibrosis.

Salvo para las enfermedades de la piel, la mayoría de las enfermedades ocupacionales se adquieren por inhalación de algunos de los materiales que se emplean en el lugar de trabajo. Las partículas de polvo que llegan a los pulmones y son solubles en los fluidos del cuerpo, tarde o temprano, pasan directamente a la corriente sanguínea. Otros polvos, que no son solubles, pueden permanecer en los pulmones y causar una acción nociva local e irritante.



Representación esquemática del destino biológico y los efectos de sustancias particuladas inorgánicas inhaladas.

Los polvos tóxicos e irritantes también pueden ser ingeridos en cantidades suficientes como para causar problemas. Si se ingiere un polvo tóxico, con la comida o saliva, que no es soluble en los fluidos del cuerpo, es directamente eliminado por el tracto intestinal, pero si es fácilmente soluble puede ser absorbido por el sistema digestivo, e incorporado a la sangre.

Sin embargo, comparados con la inhalación, la ingestión o el contacto con la piel tienen una importancia menor en lo que respecta a polvos en la toxicología industrial.

FACTORES CRÍTICOS DE EXPOSICIÓN:

Los problemas asociados con los diferentes tipos de neumoconiosis están influenciados por algunos factores críticos que se relacionan directamente con la exposición:

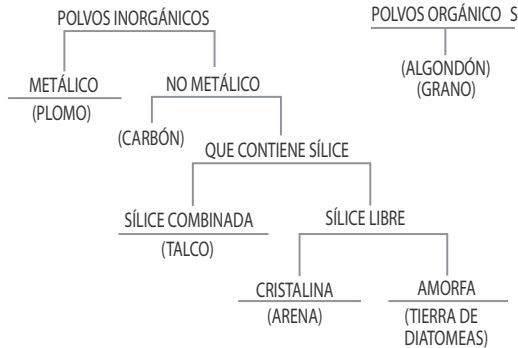
- Propiedades físicas y químicas de las partículas atmosféricas.
- Tipo de polvo al que se está expuesto.
- Duración de la exposición, a veces durante muchos años.
- Concentración del polvo a la que se está expuesto.
- Tamaño de las partículas.
- Solubilidad.
- Composición.

El comportamiento de las partículas en el aire y el cuerpo humano depende de las propiedades físicas y químicas que éstas tengan. El tamaño, la densidad y la forma de las partículas son de máxima importancia como factores que influyen no sólo en la velocidad con que se depositan y por lo tanto en el tiempo de permanencia en el aire sino también en su penetración y acumulación en el sistema respiratorio. Los efectos nocivos cuando los hay, dependen también de la composición química y mineralógica, la solubilidad y la actividad biológica de éstas.

Como cada uno de estos factores es crítico, es difícil decir cual de ellos es más importante. Los factores están tan interrelacionados que en la evaluación de exposiciones a polvo cada uno de ellos debe ser considerado. Por lo tanto, la importancia de cualquiera de los factores en su acción sobre la salud debe ser evaluada en función de los otros tres, sin despreciar la susceptibilidad individual que es determinante en los aspectos de salud-enfermedad.

TIPO DE POLVO:

Pueden ser clasificados en orgánicos e inorgánicos. Los inorgánicos se pueden a su vez clasificar en metálicos y no metálicos, y éstos últimos se subdividen según contengan o no sílice. Finalmente, los polvos conteniendo sílice, se clasifican en cristalinos y amorfos.



Clasificación para el muestreo y evaluación de polvos respirables

La reacción a la inhalación de materias particuladas suspendidas en el aire varía con el tipo de material y puede ser cualquiera de las siguientes:

- Cardiopulmonar.
- Sistémica.
- Fiebre por humos de metal.
- Alergias y sensibilización.
- Infecciones bacterianas y fúngicas.
- Irritación de la nariz y garganta.
- Lesión en tejidos internos.

DURACIÓN DE LA EXPOSICIÓN:

Las neumoconiosis del tipo silicosis, asbestosis y antracosilicosis, comienzan a producir su efecto incapacitante, sólo después de varios años de exposición. Los polvos de metales tóxicos, como plomo y manganeso, pueden causar problemas después de un tiempo de exposición más corto, dependiendo de la cantidad absorbida en un período específico. Los polvos capaces de provocar reacciones

alérgicas, o que pueden ser muy irritantes, pueden causar problemas serios después de un tiempo de exposición breve a concentraciones relativamente bajas.

CONCENTRACIÓN

Otro factor crítico para evaluar una exposición a polvos, es la concentración real del polvo presente en la zona de respiración.

Las mediciones de material particulado se realiza siguiendo procedimientos y métodos de análisis que se han establecido en reglamentos técnicos elaborados por el Ministerio de la Protección Social que se presentan más adelante en este documento.

TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS

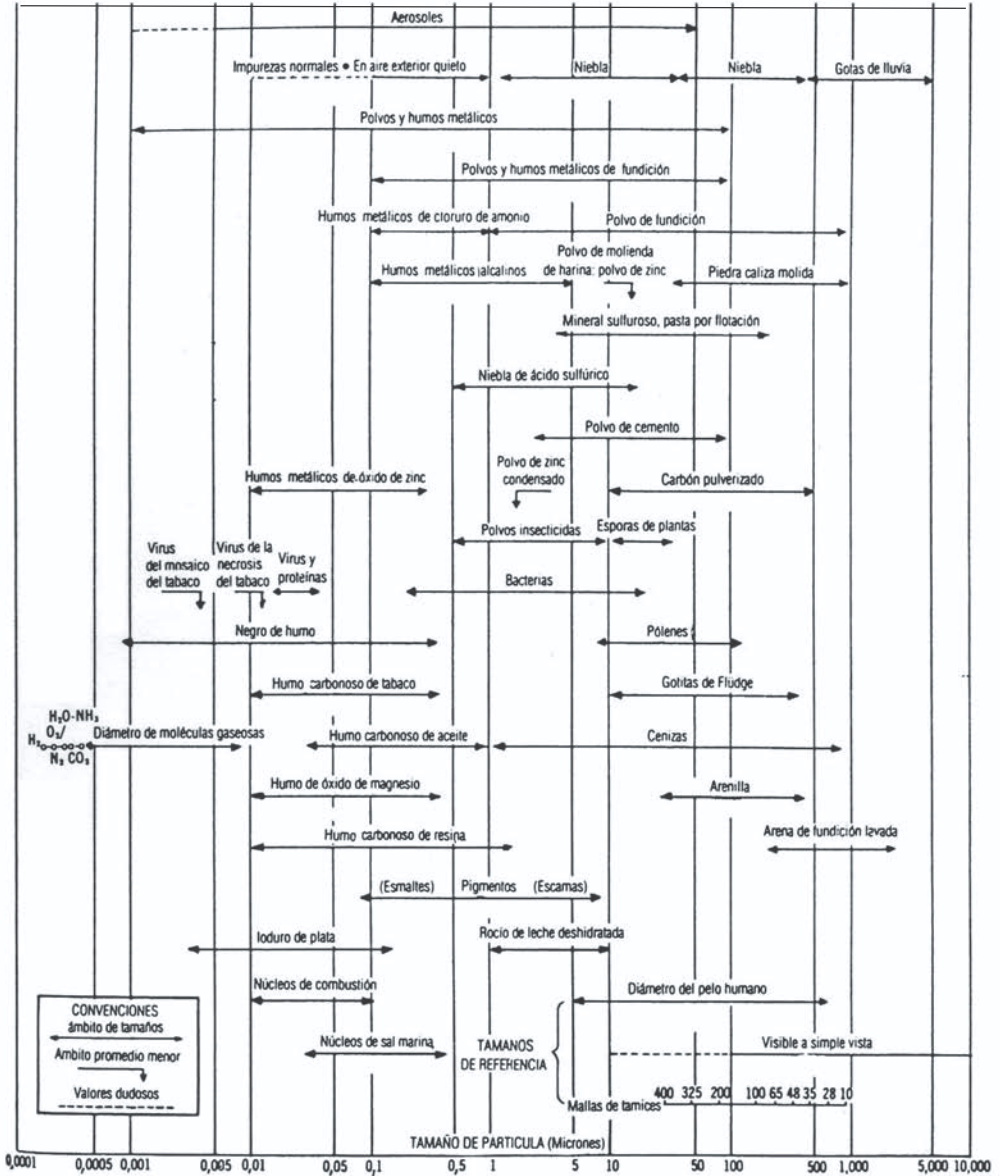
El último, pero igualmente importante, factor requerido para evaluar una exposición a polvo, es el tamaño real de las partículas contaminantes del aire. Empleando delante del filtro un dispositivo que selecciona el tamaño (ciclón), con una velocidad de flujo de aire de muestreo específico, es posible recoger sobre el filtro partículas con un tamaño respirable (menores de 10 micras).

Una persona que posea una vista normal puede detectar partículas individuales de polvo tan pequeñas como 50 micras de diámetro. Partículas de menor tamaño suspendidas en el aire, pueden ser detectadas individualmente por el ojo desnudo sólo cuando reflejan una luz fuerte. El polvo de tamaño respirable (por debajo de 10 micras) no puede ser visto como partículas individuales sin la ayuda de un microscopio. Sin embargo, altas concentraciones de partículas en suspensión pueden ser percibidas como una niebla o tener el aspecto de humo.

La mayoría de polvos industriales están constituidos por partículas que varían ampliamente en tamaño: las partículas más pequeñas superan ampliamente a las mayores. En consecuencia, con pocas excepciones, cuando en el aire alrededor de una operación es posible ver polvo, es probable que existan más partículas no visibles que visibles.

El polvo en el aire puede tener o no la misma composición que el material original. Los factores determinantes son el tamaño de la partícula y la densidad de cada uno de los distintos componentes en la mezcla original y la dureza de los materiales, pues los materiales duros resistirán la pulverización de un dispositivo mecánico.

Aunque las partículas de polvo están sujetas a la fuerza de la gravedad, su velocidad de sedimentación en el aire inmóvil variará con su tamaño, densidad y forma.



Tamaño de varios contaminantes atmosféricos. (1 Micron = 1 micra)

Las partículas microscópicas de menor tamaño sedimentarán más lentamente que las mayores, debido a su menor densidad relativa y por la influencia del movimiento Browniano. Las partículas minerales mayores de 10 micras sedimentarán relativamente rápido.

Con excepción de materiales fibrosos como el asbesto, las partículas de polvo deben ser en general menores de 5 micras para penetrar en los alvéolos o recesos interiores de los pulmones. Aunque ocasionalmente pueden penetrar en los pulmones unas pocas partículas de hasta 10 micras, prácticamente todas las partículas mayores quedan atrapadas en los conductos nasales, garganta, laringe, tráquea y bronquios, desde donde son expectoradas o deglutidas.

Cuando se inhala un aire cargado de polvo, algunas de las partículas mayores quedan atrapadas en los pelos de la nariz. Otras son retenidas al pasar sobre las membranas mucosas de la nariz, garganta y otras porciones del tracto respiratorio superior.

Los bronquios y otros conductos respiratorios están recubiertos por un gran número de pequeños cilios filiformes o flagelos microscópicos, que colaboran en la eliminación del polvo atrapado sobre estas superficies húmedas. Los cilios, todos curvados en la misma dirección, realizan un movimiento rápido hacia la boca y uno más lento en sentido inverso. Este movimiento tiende a empujar hacia arriba en la dirección de la boca el mucus y el polvo depositado, de manera que las partículas puedan ser expectoradas o tragadas.

SOLUBILIDAD

La solubilidad de las partículas sólidas en un medio acuoso o en lípidos tiene gran importancia biológica por influir en el organismo. Esta característica puede influir en la elección del método de muestreo y análisis.

En el caso de sustancias irritantes susceptibles de producir intoxicación sistémica puede ser importante la velocidad a que se disuelven en los humores tisulares, que disminuye, por otra parte, cuando se trata de partículas fibrogénicas con acción directa en los espacios pulmonares.

COMPOSICIÓN

La composición química de material formado por partículas tiene una influencia directa en los efectos sobre la salud y en general depende de los materiales

usados en el proceso de producción, que también pueden ser modificados por ese mismo proceso.

En general, la necesidad de análisis químico se determina según las presuntas sustancias nocivas existentes. Las muestras de material pueden no ser representativas de la composición del polvo; en consecuencia, hay que analizar muestras del aire, ya que constituyen el mejor exponente de los riesgos para los trabajadores. Puede ser preciso obtener muestras de aire de gran volumen a fin de contar con material suficiente para el análisis químico necesario.

El volumen de las partículas higroscópicas puede variar considerablemente en atmósferas de distinta humedad relativa.

POLVOS INORGÁNICOS FIBRÓGENOS

GENERALIDADES:

En Higiene Industrial se da el nombre genérico de polvos a todas aquellas partículas finas, mecánicamente generadas, como resultado de las operaciones de perforación, molienda, tamizado, transporte y otras que se presentan en las diferentes industrias. En estas operaciones se producen trozos de tamaños muy variados, pero aquellas cuyo diámetro es igual o mayor de 50 micras, sedimentan con relativa facilidad. Las de tamaño menor se mantienen en suspensión por largo tiempo, ayudados por las corrientes de aire mecánicas y térmicas que existen en el ambiente industrial y pueden por lo tanto ser inhaladas y dar lugar a efectos adversos sobre el organismo.

CLASIFICACIÓN DE LOS POLVOS SILÍCEOS.

Los polvos silíceos se pueden presentar en dos formas a saber:

- a) Como sílice libre u óxido de silicio (SiO_2);
- b) Combinada, formando silicatos.

La sílice libre se puede clasificar en las siguientes formas:

- | | |
|---------------|------------------------------|
| | a. Cuarzo (hexagonal) |
| A. Cristalina | b. Cristobalita (tetragonal) |
| | c. Tridimita (romboédrica) |

- B. Criptocristalina, formando la calcedonia, el Trípoli y el pedernal.
- C. Amorfa, como sílice coloidal, gel de sílice y ópalo.

Entre los silicatos de importancia en Higiene Industrial, se tiene: Asbesto, Talco, mica, etc.

Frecuencia de aparición

La sílice es el constituyente más abundante de los minerales y rocas que forman la corteza terrestre. En la forma libre, el cuarzo es el mineral más conocido y abundante (forma casi el 60% de la corteza terrestre) y entre los comunes en su forma combinada, se tiene el feldespato, la arcilla y la mica.

Se encuentra la sílice con frecuencia en la arena, el granito, en las materias primas de la alfarería, en los respaldos pizarrosos de las minas de carbón y en general en la minería de muchos metales.

Industrias de mayor riesgo

La exposición al polvo de sílice en la industria no solamente ocurrirá en el uso de materiales silíceos, sino también en la obtención o preparación de materiales silíceos tales como: molienda de piedra arenisca, mica, granitos, molienda de arena, piedra pedernal u otras sustancias que contengan sílice; el tallado y grabado en granito y en cualquier ocupación que produzca polvo; donde el contacto con material silíceo es inevitable tal como pasa en las minas, en la construcción de túneles, excavaciones en roca dura donde el polvo de sílice está presente incidentalmente, funciones en las que entra la arena como elemento principal en varios procesos, en la fabricación de vidrio, etc.

Factores de importancia fisiológica

La evaluación del carácter peligroso de un polvo o su potencialidad silicótica, se lleva a cabo considerando los siguientes factores:

- a. Concentración del polvo.
- b. Tamaño de las partículas.
- c. Composición química.

En la historia ocupacional, hay que tener en cuenta que para la aparición de una enfermedad profesional originada por el polvo de sílice, se debe considerar además de los factores anteriores: "tiempo de exposición", "susceptibilidad individual" y "presencia de otras enfermedades respiratorias".

Concentración de polvo

La determinación de la concentración o la cantidad de partículas de polvo suspendidas en un volumen dado de aire, es el primer paso a seguir en el estudio de un polvo industrial. Generalmente la concentración está expresada en número de partículas por pie cúbico o metro cúbico. Recientemente con la difusión de los métodos gravimétricos de muestreo se emplea la expresión en miligramos por metro cúbico para polvo de tamaño respirable y para polvo total.

Tamaño de partículas

Para la determinación del tamaño de partículas de polvo, conviene seguir la clasificación hecha por Drinker, en la que las partículas se dividen en tres grupos, según el diámetro que presentan:

1. Tamizables: mayores de 40 micras.
2. Microscópicas: de 0.5 a 40 micras.
3. Submicroscópicas: menores de 0.5 micras.

Desde el punto de vista de Higiene Industrial, el punto más importante es el microscópico y dentro de éste las partículas menores de cinco (5) micras. Las de mayor tamaño son retenidas en el tracto respiratorio y eliminado por la acción ciliar. En cuanto a las partículas sub microscópicas, trabajos experimentales llevados a cabo en personas y animales prueban que la retención en los pulmones es pequeña. De lo expuesto, se deduce que las partículas menores de cinco (5) micras son las peligrosas por ser las únicas capaces de llegar a los alvéolos pulmonares y quedar retenidas.

Contenido de S_iO_2 :

De entre todos los tipos de polvo, la sílice libre, es la que presenta mayores problemas para la salud.

Existen varios métodos para la determinación de sílice libre, estando la mayoría de ellos dedicados al cuarzo, por ser ésta la forma más abundante.

Valores límites en el aire:

Dependiendo del sistema de muestreo se tienen los siguientes valores límites para concentración de polvo silíceo en el aire de los lugares de trabajo, según lo establecido por la ACGIH:

Cuarzo	0,05 mg/m ³
Cristobalita	0,05 mg/m ³
Tridimita	0,05 mg/m ³
Trípoli	0,10 mg/m ³
Tierras diatomáceas (no calcinadas < 1% SiO ₂)	3,0 mg/m ³
Sílice Humos	2,0 mg/m ³
Sílice Fundida	0,1 mg/m ³

ACCIÓN BIOLÓGICA DE LOS POLVOS QUE AFECTAN EL APARATO RESPIRATORIO

No se hace referencia en este título a los efectos de polvos de acción irritante, tóxica sistémica o alergénica. Se reduce la presente descripción a la acción de polvos capaces de producir neumoconiosis en general, y posteriormente algunos de los cuadros específicos causados por sílice libre cristalina, asbesto y talco.

En 1950 la tercera Conferencia Internacional sobre Neumoconiosis definió a la neumoconiosis como aquellas "enfermedades pulmonares causadas por la inhalación de polvo. Entendiéndose como polvo, a material particulado en fase sólida, excluyendo microorganismos".

Más recientemente la Cuarta Conferencia Internacional sobre Neumoconiosis, 1971, redefinió la neumoconiosis como "la acumulación de polvo en los pulmones y las reacciones titulares consecutivas". Par fines de esta definición "polvo" significa un aerosol compuesto por partículas sólidas inanimadas.

Desde un punto de vista patológico las neumoconiosis pueden dividirse en colágenas y no colágenas. Estas últimas son causadas por polvos no FIBRÓGENOS y tienen las siguientes características:

- 1- La arquitectura alveolar permanece conservada.
- 2.- La reacción del estroma es mínima y consiste principalmente en fibras de reticulita.
- 3.- La reacción al polvo es potencialmente reversible.

Ejemplos de neumoconiosis no colágenas son las causadas por polvos puros de óxido de estaño (Estanosis), sulfato de bario (Baritosis).

Las neumoconiosis colágenas se caracterizan por:

- 1.- Alteración permanente o destrucción de la arquitectura alveolar.
- 2.- Reacción colágena del estroma de moderada a máxima.
- 3.- Reacción cicatricial permanente (no reversible)

Son causadas por polvos fibrogénicos o por respuestas alteradas de los tejidos a polvos no fibrogénicos. Ejemplo del primer caso son las silicosis y la asbestosis en tanto que la neumoconiosis del carbón o fibrosis progresiva es una respuesta alterada del tejido al polvo de carbón bituminoso.

La diferencia en la práctica entre neumoconiosis colágenas y no colágenas es a veces difícil como en el caso de la exposición continuada de polvo de carbón donde puede producirse una transición de la forma de no colágena a la colágena.

Adicionalmente es raro encontrar en la realidad la exposición a polvos puros y lo común es la presencia de polvos mixtos (fibrógenos y no fibrógenos) que pueden producir una gama de formas entre las dos clases de neumoconiosis.

Por otra parte, se encuentran enfermedades pulmonares crónicas incapacitantes que aunque son debidas a la inhalación de polvo no caben dentro de la última definición de neumoconiosis, por no producirse acumulación de polvo en el pulmón. Ejemplos de tales enfermedades son: bisinosis, beriliosis, pulmón del granjero y otras similares. Estas afecciones tienen como denominador común, que el polvo causante sensibiliza los tejidos pulmonar o bronquial, de tal manera que si el primero de ellos responde, se produce una inflamación con tendencia granulomatosa o si el que responde es el tejido bronquial se produce crisis de broncoconstricción.

Conducta del polvo en el pulmón: El aparato respiratorio tiene mecanismos muy eficientes para evitar la acumulación de polvo. Los procesos de filtración y sedimentación se inician en las fosas nasales donde la anfractuosidad causada por los cornetes, la red de vellosidades y la película mucosa que cubre el epitelio capturan las partículas de gran tamaño.

A nivel faringeo-traqueal se retienen todas las partículas de 40 – 60 micras. En el árbol traqueo-bronquial se retienen las partículas mayores de 20 micras y gran parte de las mayores de 10 micras. La eficiencia es superior al 95% para > 10 micras. En los bronquios se depositan las partículas mayores de 5 micras (entre 6 y 20). En general sólo las partículas menores de cinco (5) micras son capaces de llegar al alvéolo. Al parecer únicamente partículas de tres (3) micras

en promedio llegan en cantidad significativa a depositarse en el saco alveolar. Los cambios bruscos de dirección a nivel de faringe y laringe así como las ramificaciones arborizadas del sector bronquial contribuyen a la deposición del polvo, el cual es atrapado por la capa de mucus que baña las superficies de estas vías.

La mayoría de las partículas que se depositan en la membrana del alvéolo son fagocitadas por los macrófagos, los que, junto con las partículas son transportadas hacia el bronquio terminal por una capa fluida móvil de 0.2 micras de espesor. Esta capa se continúa con la capa mucilaginosa de cinco (5) micras de espesor que cubre el interior de todo el árbol respiratorio desde los bronquios hasta la faringe y que sigue movimiento continuo en esa dirección impulsado por los movimientos vibrátiles de las vellosidades o cilias de las células que cubren el interior de la tubería bronco-traqueal. Las cilias vibran a razón de 20 veces por minuto e impulsan la capa de mucosa a una velocidad de un (1) centímetro por minuto en la tráquea. En consecuencia, puede afirmarse que la deposición de polvo en el pulmón sólo ocurre cuando la cantidad inhalada es superior a la que las defensas pueden filtrar, sedimentar o eliminar.

Los bronquiolos respiratorios forman el centro anatómico de los acinos pulmonares. La superficie de estos bronquiolos guarda una relación de 1:500 con la superficie respiratoria que ellos drenan. Por tanto el bronquiolo puede asimilarse a la porción angosta de un gran embudo en la cual tiende a detenerse el polvo inhalado.

Ésta es la razón por la cual en las etapas tempranas de la neumoconiosis el polvo se encuentra depositado en focos bien definidos. Las áreas alveolares entre estos focos permanecen indemnes, sin embargo a medida que continúa la exposición más y más alvéolos alrededor de los focos se obstruyen y los focos aumentan de tamaño hasta fusionarse unos con otros. Cuando tal aglomeración es extensa la neumoconiosis deja de ser multifocal para convertirse en difusa.

La presencia excesiva de polvo en la superficie alveolar inhibe la producción de las secreciones tenso-activas en la membrana lo que a su vez disminuye la expansión del alvéolo durante la inhalación produciendo el colapso del saco y por tanto secuestro del polvo en su interior.

En general la reacción del tejido pulmonar a la presencia de polvo se manifiesta por proliferación celular en las paredes, asociada con aparición de fibras en el tejido intersticial de soporte. La intensidad de la reacción tisular depende de la naturaleza química de las partículas. Con base en esa reacción se dividen los polvos en fibrógenos y no fibrógenos.

SILICOSIS

La silicosis es una enfermedad pulmonar causada por sobreexposición a la sílice cristalina respirable. Es irreversible y puede causar invalidez física o la muerte. La sílice es el segundo mineral más abundante en la corteza terrestre y es un componente mayor de arena, piedra, y minerales metalíferos. La sobreexposición al polvo que contiene partículas de sílice cristalina puede causar la formación de tejidos de cicatrización en los pulmones. Eso disminuye la capacidad de los pulmones de extraer oxígeno del aire que respiramos. El divertirse o jugar en una playa de arena no constituye un riesgo de silicosis.

Además de silicosis, la inhalación de partículas de sílice cristalina ha sido asociada con otras enfermedades, como bronquitis y tuberculosis. Algunos estudios indican también una asociación con cáncer pulmonar.

El trabajo en un ambiente polvoriento donde existe la sílice cristalina puede aumentar el riesgo de silicosis. Si varias personas trabajan en un tal lugar y una es diagnosticada con silicosis, las otras deben hacerse un examen para averiguar si ellas también la han contraído.

Los siguientes son ejemplos de industrias y actividades en mayor riesgo de exposición:

- Construcción (el limpiar con un chorro de arena, el trabajo con un martillo neumático, y la construcción de socavones).
- La minería (el cortar o taladrar arenisca y granito).
- El trabajo en una fundición (el moler moldura)
- La fabricación de vidrio.
- Cerámica y arcilla.
- La agricultura (condiciones polvorientas por el distribuir la tierra, como durante el arar o la cosecha).
- La fabricación de jabón y detergentes.
- La construcción naval.
- El cortar piedras (el aserrar, limpiar abrasivo con un chorro, astillar, y moler).
- Tender vías férreas.
- La fabricación y el uso de abrasivos.

Más de 100.000 trabajadores están en alto riesgo de exponerse a la sílice por limpiar con un chorro de arena, taladrar piedras, y la minería. Los trabajadores

que hacen las siguientes labores también corren el riesgo de sobreexposición a la sílice cristalina: el quitar pintura y óxido de los edificios, puentes, tanques, y otras superficies; el limpiar fundiciones; el trabajo con piedra o arcilla; el grabar vidrio; y la construcción.

Tipos, síntomas, y complicaciones de silicosis

Hay tres tipos de silicosis. Son clasificados según la concentración en el aire de sílice cristalina a la que un trabajador estuvo expuesto:

Silicosis crónica ocurre normalmente después de 10 años o más de sobreexposición.

Silicosis acelerada resulta de la exposición a altas concentraciones de sílice cristalina y se desarrolla de 5 a 10 años después de la exposición inicial.

Silicosis aguda ocurre donde las exposiciones son las más altas y puede causar el desarrollo de síntomas entre algunas semanas y 5 años.

Es posible que no se detecte la silicosis crónica (la forma más común de la enfermedad) por varios años durante las fases tempranas. Es posible que una radiografía no indique ninguna anomalía hasta 15–20 años después de la exposición. El polvo de sílice en los pulmones puede dañar la capacidad del cuerpo de evitar infecciones. Con esa condición, los trabajadores son más susceptibles a algunas enfermedades, como tuberculosis.

Como consecuencia de la silicosis los trabajadores pueden tener los síntomas siguientes:

- Falta de aliento después de algún esfuerzo físico.
- Tos grave.
- Fatiga.
- Pérdida del apetito.
- Dolores en el pecho.
- Fiebre.

La única manera segura de determinar si una persona tiene silicosis es un chequeo médico que incluye documentación completa de los trabajos hechos, una radiografía pulmonar, y una prueba de la función pulmonar. Los trabajadores que creen estar sobre-expuestos a la sílice deben ir a un médico que conoce las enfermedades pulmonares. El Instituto Nacional de Salud y Seguridad

Ocupacional (NIOSH) de los Estados Unidos, recomienda que se hagan los chequeos médicos antes que se empiece un nuevo tipo de trabajo, y cada 3 años después.

La silicosis es una enfermedad caracterizada por fibrosis pulmonar consecutiva a la inhalación de S_iO_2 libre. Es la más maligna de las neumoconiosis y la más común. Su carácter es permanente progresivo, crónico y produce severa incapacidad. La cristobalita y la tridimita son más patogénicas que el cuarzo.

La sílice tiene un marcado efecto sobre los macrófagos encargados de la depuración del polvo causando autólisis de la célula después de la fagocitosis. La destrucción del macrófago se debe a la formación de enlaces por puente de hidrógeno entre los grupos S_iOH de la superficie de la partícula y los átomos receptores de hidrógeno (O_2 , N y sulfuro) de la estructura lipo-proteica de la membrana celular, lo cual aumenta su permeabilidad, este efecto ya es notorio aún antes de la fagocitosis cuando la partícula entra en contacto con la membrana celular; pero cuando la partícula es incorporada dentro en el saco fagolisosómico la situación empeora a causa de que la impermeabilidad aumentada de la membrana del saco permite a las enzimas hidrolíticas del lisosoma extenderse por todo el citoplasma celular con autodigestión del fagocito.

La destrucción del macrófago inicia una serie de reacciones biológicas que conducen a la formación del módulo silicótico característico. La lisis celular libera un "factor fibrogénico" que produce proliferación de fibroblastos y consecuentemente formación de fibras de colágeno. Al mismo tiempo otros macrófagos sean monolitos o histiocitos se acumulan alrededor del depósito de sílice en el espacio intersticial dando origen a granulomas en cuyo centro continúa la autólisis. Los focos se constituyen pues en áreas de acumulación y destrucción de macrófagos.

Esta destrucción produce además de la liberación de «factor fibrogénico» con proliferación de fibroblastos y formación de fibras colágenas, la liberación también del material antigénico fagocitado y probablemente auto antígenos dando lugar a la aparición de células plasmáticas (inmunogénicas) y a la producción de anticuerpos que al formar complejos con su antígeno se precipitan en la red colágena. El examen histológico demuestra estos complejos antígeno-anticuerpo precipitados como un material amorfo eosinófilo que da una apariencia transparente, hialina, al tejido fibroso neo-formado. La presencia de gammaglobulinas en el nódulo silicótico puede ser demostrada usando técnicas de fluorescencia para anticuerpos.

Las lesiones silicóticas tienen un aspecto nodular característico que las distingue de otras formas de fibrosis pulmonar. Los nódulos están habitualmente colocados en áreas peribronquiales y periarteriales. Su apariencia histológica es inconfundible; pueden ser esféricos o estrellados con un centro verticilado o enrollado de tejido fibrohialino dentro de un halo celular claramente delimitado que contiene fibras reticulares, macrófagos fibroblastos y plasmocitos en distintos estados de madurez. El tamaño del halo celular guarda relación con el estado de progresión de la lesión. Nódulos esclero-halinos pueden considerarse inactivos. Cuando los nódulos coalescen y se unen en grandes masas hialinas se habla de silicosis masiva o complicada (TB, factores reumáticos). El parénquima entre las masas fibrosas muestra invariablemente un alto grado de enfisema el cual aún en mayor proporción que la fibrosis, es responsable de las alteraciones funcionales de la enfermedad.

Tiene habitualmente una evolución lenta dependiendo de la severidad de la exposición. En casos de sobre exposición masiva de individuos probablemente susceptibles se ha desarrollado silicosis temprana en uno a tres años. Otros pacientes por el contrario pueden tomar de 15 o más años de evolución.

En las etapas iniciales es habitualmente asintomática, pero entre nosotros es frecuente la repetición de episodios de traqueo bronquitis con tos productiva debida a sobre infecciones y a menudo evoluciona a bronquitis crónica. La manifestación característica es la disnea que inicialmente pasa inadvertida por el trabajador y que sólo se hace notoria al esfuerzo cuando la fibrosis y el enfisema han afectado suficientes áreas pulmonares para agotar la reserva funcional requerida para el ejercicio, sin embargo es muy común observar disnea a pequeños esfuerzos sin que el paciente formule quejas al respecto y solo durante el exámen es apreciada por el médico.

Lo habitual en los estados incipientes es que el diagnóstico se haga durante el examen radiológico de control o cuando por otras razones se practique radiografía de tórax. Las alteraciones radiológicas aparecen antes de cualquier síntoma o signo pero no siempre guardan relación con el compromiso funcional.

El curso de la enfermedad lleva a: silico- tuberculosis; insuficiencia respiratoria seguida de cor pulmonare e infecciones pulmonares agudas.

La Tuberculosis es causa de la muerte en más de la tercera parte de los casos, aún en países donde esta enfermedad no es frecuente, debido a la enorme susceptibilidad del Silicótico demostrada experimentalmente.

La insuficiencia respiratoria causada por el enfisema generalizado y la fibrosis lleva pronto a cor pulmonare debido a la destrucción de gran parte del lecho vascular y al espasmo de los capilares pulmonares por hipoxia.

Las infecciones respiratorias son epifenómenos frecuentes, más severos cuanto más avanzada la silicosis.

El diagnóstico se basa en:

- Exposición cierta y suficiente a sílice libre cristalina. Se debería determinar siempre que fuera posible y la severidad de la exposición (proporción de S_iO_2 en el polvo respirable y la concentración de éste en el aire).
- Exámen clínico: Es más útil para reconocer otras enfermedades y facilitar el diagnóstico diferencial que para el hallazgo de silicosis. Un examen negativo es perfectamente compatible con silicosis incipiente e inclusive puede inclinar el diagnóstico a favor de ésta al no encontrarse evidencia clínica de bronquitis, TB, enfermedades cardio vasculares primarias, sarcoidosis, etc.
- Radiografía torácica con técnica apropiada. A pesar de ser el más importante elemento diagnóstico, no puede hacerse un diagnóstico de silicosis con la radiografía como única base ya que existen más de 40 enfermedades que pueden dar un cuadro radiológico similar. Ninguna placa es suficientemente característica para garantizar un diagnóstico positivo si no se apoya en la historia ocupacional y el examen clínico.

Para la interpretación de las imágenes radiológicas se emplea hoy la clasificación internacional (ILO/UICC) de radiografías de neumoconiosis que integró en 1971 previas clasificaciones Europeas y Americanas.

- Diagnóstico diferencial: las principales enfermedades que deben tenerse en cuenta son:
- Tuberculosis: especialmente la forma miliar diseminada que radiológicamente es muy similar, pero cuyo cuadro clínico con acentuada toxico-infección es bien distinto, que puede haber dificultades en casos de granulosis de infección aguda.

Hemosiderosis endógena: debida a estenosis mitral se reconoce por los signos auscultatorios, hemoptisis y células de siderosis en el esputo.

Sarcoidosis de Boeck: La forma nodular que afecta el tejido intestinal peribronquial de lugar a dudas pero responde bastante bien a la terapia con corticoesteroides y la adenopatía hiliar es habitualmente muy marcada.

Carcinomas metastásicos: las imágenes radiográficas presentan bordes bien definidos y habitualmente no son tan numerosas como los nódulos silicóticos.

Fibrosis pulmonar e intersticial idiopática (tipo Hamman Rich) muy similar por su iniciación insidiosa, lenta evolución, presencia de disnea, lividez y cor pulmonale. En ella hay una hiperplasia difusa intersticial y sobre todo hay trastornos tempranos de difusión alveolo-capilar.

Enfermedades del colágeno: escleroderma, artritis reumatoidea presentan habitualmente manifestaciones en otros sistemas.

No hay ninguna droga disponible para curar la enfermedad y en la actualidad la única forma efectiva de combatirla es aplicando medidas preventivas para evitar su aparición o lograr un diagnóstico precoz.

Existen perspectivas promisorias basadas en pruebas con un polímero de vinil piridina en el que se ha oxidado el átomo de nitrógeno: el P-204 (poli-2-vinil piridina-N-óxido). Los átomos de oxígeno establecen puentes de hidrógeno con los grupos OH presentes en la superficie de la partícula de sílice impidiendo así la acción de ésta sobre los macrófagos. Los resultados experimentales para prevenir el desarrollo de la enfermedad son muy alentadores, además parece que es capaz de causar regresión de la enfermedad.

ASBESTOSIS

Asbesto es el término genérico que se aplica a una variedad de silicatos minerales hidratados, con una característica común, su estructura filamentosa. Estos silicatos se dividen en dos grupos minerales:

A. Piroxenos: Crisotilo.

B. Anfíboles: Crocidolita, Amosita, Tremolita, Actinolita y Antofilita.

La utilidad tecnológica del asbesto se deriva de su estado fibroso y de sus propiedades entre otras, resistencia a la tracción, resistencia al ataque de ácidos y álcalis, y resistencia al calor.

Tabla N° 1
Propiedades de las fibras de asbesto

PROPIEDADES	Crisotilo	Crocidolita	Amosita	Antofilita	Tremolita	Actinolita
Fórmula química	$Mg_3Si_2O_5(OH)_4$	$Na_2Fe_3Si_8O_2(OH)_2$	$(FeMg)_6Si_8O_2(OH)_2$	$(FeMg)_7Si_8O_2(OH)_2$	$Ca_2Mg_3Si_8O_2(OH)_2$	$(CaMgFe)_6Si_8O_2(OH)_2$
Color	Verde, gris, ámbar a blanco	Azul	Gris, amarillo, a pardo oscuro.	Pardo amarillento, blanco grisáceo	Gris-blanco, verdoso amarillento azulado.	Verdoso
Flexibilidad	Muy flexible	Mediana a buena	Buena	Quebradizo a flexible	Quebradizo	Quebradizo
Longitud	Corta hasta 3"	Corta hasta 3"	¼" a 6"	Corta	Corta a larga	Corta a larga
Textura	Rígida, sedosa también suave	Áspera a suave	Gruesa pero flexible	Rígida	Rígida a suave	Rígida
Resistencia tensión	Muy alta	Muy alta	Mediana	Débil	Débil	Muy débil
Resistencia a ácidos	Medianamente soluble	Muy buena	buena	Mediana a buena	Medianamente resistente	Alta resistente
Resistencia calor	Buena, quebradizo a alta temperatura	Pobre	Buena, quebradizo a alta temperatura	Muy buena	Mediana, a buena	
Hilado	Muy bueno	mediano	Mediano	Pobre	Pobre	Pobre.

Se ha podido observar lo siguiente:

1. Que Norte América es el mayor productor de Asbesto en relación con la producción total mundial. Estando representada en su mayoría por asbestos tipo Crisotilo; que proviene casi por completo del Canadá.
2. Europa ocupa el segundo lugar dentro de la producción total mundial. La mayor producción proviene de Rusia, con asbesto del tipo Crisotilo. Rusia es el segundo productor mundial de Crisotilo.
3. La producción de Africa proviene principalmente de tres países: Rodesia del sur, Suazilandia y Africa del Sur.

Rodesia es el tercer productor de Crisotilo. La República de Africa del Sur es importante por la producción de Crocidolita y Amosita. Suazilandia explota asbesto tipo Crocidolita.

4. Referente a Asia, se observa que la mayor producción proviene de China.
5. Australia ocupa el segundo lugar como productor de asbesto Crocidolita.

Con base en la producción mundial de 1963, se estimó la producción total por tipo de asbesto, que se presenta en la tabla N° 2.

Tabla N° 2

Producción total mundial por tipo de asbesto

Tipo de asbesto	Producción mundial	
	Toneladas	Porcentaje
Crisotilo	2.995.456	93.0
Crocidolita	112.700	3.5
Amosita	77.600	2.4
Antofilita Tremolita	35.000	1.1
Total	10.00	

Se aprecia en esta tabla:

A. Que el 93 % de la producción mundial de asbesto, es del tipo Crisotilo. A su vez las Industrias que consumen mayor cantidad de Crisotilo son: la industria de asbesto- cemento, la industria de textiles de asbesto, materiales de fricción y empaque, plásticos, pinturas.

B. El asbesto Crocidolita representa el 3.5 % de la producción total y se usa principalmente en la industria de asbesto- cemento.

- C. El asbesto amosita representa el 2.4 % de la producción total. Se usa principalmente en el campo de productos aislantes.
- D. La antofilita y la tremolita se aplican en la industria química como medio de filtración y de relleno.

USOS:

El asbesto es definido como "el material de propiedades sin paralelo", y como "el mineral de los mil usos". Estos términos son casi adecuados, puesto que el asbesto es un constituyente prioritario para una gran variedad de productos.

La tabla 2 enumera las categorías de mayor uso de fibras de asbesto, con una aproximación en toneladas y % de asbesto para cada categoría. Aunque los datos que se presentan incluyen todos los tipos de asbesto, es conveniente señalar que el 93 % es del tipo Crisotilo.

Tabla N° 3

Mayores usos del asbesto

Usos	Toneladas	Porcentaje
Textiles de asbesto	66.000	2.05
Productos de asbesto cemento	2.190.000	68.00
Materiales de fricción y empaques	111.000	3.45
Papel asbestino	220.000	6.83
Baldosas para pisos	307.000	9.53
Pinturas, recubrimientos de techos	85.000	2.63
Plásticos	21.000	0.65
Misceláneas	220.700	6.86
TOTAL	3.220.700	100.00

De dicha tabla se puede concluir lo siguiente:

- A. Que la industria de asbesto cemento, es el principal consumidor de asbesto, especialmente de asbesto tipo Crisotilo. Dependiendo del producto, la proporción de asbesto a cemento, varía del 15 al 90% generalmente.

- B. La industria de baldosas para pisos es el segundo consumidor de asbesto tipo Crisotilo. La producción en que se usa el asbesto Crisotilo es del 10 al 30%.
- C. Una gran variedad de productos de papel son hechos con asbesto Crisotilo. El contenido de asbesto de estos productos es del 80 al 90 %.
- D. En la industria de materiales de fricción y empaques se emplea básicamente asbesto Crisotilo. Se usa del 30 al 80 % de Crisotilo para materiales de fricción y del 40 al 75 % en empaques.

EXPOSICIÓN OCUPACIONAL Y NO OCUPACIONAL A ASBESTO

Numerosas investigaciones coinciden en el hecho de que la inhalación ocupacional y no ocupacional a asbesto de diferentes clases y composición química, produce en los pulmones la aparición de la asbestosis.

Por otra parte, y a partir de 1935 el incremento de evidencia epidemiológica, clínica y patológica, señala este riesgo como una de las posibles fuentes ambientales productora de cáncer en el pulmón, y recientemente de la aparición de mesoteliomas en la pleura y peritoneo.

No obstante estos riesgos causados por la inhalación de fibras de asbesto, las personas ignoran la existencia de estos peligros. Esta falta de conocimientos es evidente porque en las dos últimas décadas, en varios países se ha presentado un crecimiento marcado y progresivo del número de casos de asbestosis y cánceres de pulmón, pleura y peritoneo.

Para que las medidas de control ambiental, preventivas y de protección, sean racionales y efectivas contra agentes ambientales peligrosos para la salud es necesario que se basen en una adecuada información sobre los grupos de población afectados.

Es así como para la evaluación del grado potencial de un agente ambiental, es conveniente determinar:

- A. El patrón de distribución del riesgo, desde el sitio en que se presenta originalmente, en la producción mediante los sitios y tipos de usos industriales y comerciales, hasta el domicilio de los últimos consumidores.
- B. Establecer las varias clases de productos en los cuales el agente causante está incorporado, como los propósitos para los que estos productos podrían usarse.

- C. Investigar la existencia y grado de contaminación ambiental en las zonas de la planta, en su vecindad y a lo largo de las vías de transporte.

La asbestosis y los riesgos de cáncer que pueden presentarse por la inhalación de asbesto, existen no sólo para trabajadores encargados directamente de la producción, procesamiento, manejo y uso de materiales que contienen asbesto, sino también existe para un gran número de personas que pueden tener contacto con este material sobre una base ocasional. Estas personas pueden estar empleadas permanente o temporalmente en actividades u operaciones próximas donde el asbesto y los productos a base de asbesto se producen, manejan, y donde por lo tanto estas personas tienen que inhalar aire contaminado con asbesto.

La gran cantidad de ocupaciones y productos asociados con la producción y utilización de asbesto suministra una visión muy clara de la magnitud del problema de salud industrial que presenta.

Los principales grupos de población expuesta ocupacionalmente a inhalación de asbesto corresponden, a las industrias de minas y molienda, producción y uso comercial de asbesto-cemento, producción y aplicación de asbesto para fines aislantes, y manufactura de textiles.

EFFECTOS BIOLÓGICOS DE LA EXPOSICIÓN A ASBESTO

Estudios sobre la respuesta biológica a diferentes tipos de asbesto, indican que la inhalación a concentraciones suficientes puede producir una fibrosis pulmonar y pleural y que además podría producir algunos tipos de cáncer principalmente en el pulmón, pleura y peritoneo. También se ha sugerido alguna asociación con características gastrointestinales y posibles tumores ováricos.

Patogénesis: Se han propuesto un número de hipótesis que podrían explicar la patogénesis de la asbestosis, sin embargo ninguna ha sido totalmente aceptada. Se enumeran a continuación las más importantes:

- La teoría original de la irritación física: La presencia de fibras de asbesto en los espacios terminales causan irritación y daño en las paredes de los alvéolos.
- La teoría de la solubilidad: La fibrosis es debida a los efectos del ácido silícico e iones metálicos presentes en las fibras de asbesto.
- La teoría inmunológica, en la cual se presentan dos conceptos:

- A. La presencia de asbesto en los pulmones y su reacción dentro de los fagocitos alveolares o fibroblastos, produciéndose una globulina anormal, la que puede ser reconocida por la presencia del «factor reumatoide» en la sangre circulante, y en los tejidos usando técnicas de inmunofluorescencia. Sin embargo, hay poca evidencia positiva en las investigaciones realizadas a este efecto. El suero de asbestóticos sólo contiene muy ligeras elevaciones del factor reumatoideo, y eso puede ser una consecuencia de la fibrosis, más que su causa. Además la inmunofluorescencia no ha demostrado la evidencia de complejos antígeno-anticuerpo en asbestosis.
- B. Que el efecto de la fibra sobre los fagocitos pulmonares combinado con su retención en los bronquiolos, puede ser un factor en la iniciación de la fibrosis. El modo de acción sugerido ha sido que la lisis de los fagocitos libera in situ, una sustancia que no es aceptada como propia por los tejidos. Una sugerencia importante presentada en la Conferencia sobre Efectos biológicos del Asbesto, convocada por la Academia de Ciencias de New York en Octubre de 1.964 es que la fibra de asbesto produce aparentemente una estimulación directa en el metabolismo del fibroblasto, y éste efecto es bastante específico para asbesto, y no es producido por otros polvos por lo menos en tejidos de cultivo. Además, la ausencia de un efecto sobre el metabolismo de los fagocitos por el asbesto, sugiere que éste puede actuar en una manera diferente al cuarzo.
- La teoría de la paralización de los fagocitos: Esta teoría es similar a la hipótesis de la autoinmunidad, pero no involucra un mecanismo inmunológico en la destrucción del tejido y en la fibrosis. Se asume que los fagocitos atrapados se desintegran in situ y esto hace que se liberen agentes esclerosantes, que probablemente son lípidos o lipoproteínas.

MIGRACIÓN DE FIBRAS

Poco se conoce sobre la migración de fibras a partir de los pulmones como consecuencia de la inhalación, o a partir del intestino como resultado de la ingestión.

Sin embargo, se han observado fibras de varios tejidos, incluyendo pleura parietal, mucosa gástrica y bazo. El mecanismo de estas migraciones ofrece un importante campo de investigación, especialmente como ayuda para explicar algunos tumores malignos extra-pulmonares asociados con exposición a asbesto.

NEUMOCONIOSIS ASBESTÓSICA

De los diferentes efectos patogénicos asociados con la inhalación de asbesto el primer efecto adverso claramente demostrado fue la fibrosis pulmonar. O neumoconiosis asbestósica. Existe un acuerdo general con respecto a que todas las formas de asbesto de uso comercial pueden producir efectos fibróticos en los pulmones.

La neumoconiosis asbestósica está caracterizada por:

- A. Cambios radiológicos que consisten en fibrosis intersticial difusa de grado variable, algunas veces asociada con fibrosis pleural o calcificación.
- B. Signos clínicos que incluyen estertores finos, dedos en palillo de tambor y disnea.
- C. Cambios fisiológicos que consisten en una alteración de la función pulmonar, disminución de la capacidad vital forzada y capacidad de difusión.
- D. En general, se presenta un lapso considerable entre el comienzo de la exposición al agente y la aparición de signos y síntomas clínicos de la enfermedad.

Murphy, Ferris y Burgess estudiaron trabajadores recubridores de tubería, expuestos principalmente a Crisotilo y amosita. Observaron que la asbestosis se presentaba a una concentración aproximada de 60 millones de partículas por pie cúbico de aire-años, después de trece (13) años de exposición.

La prevalencia fue del 38% después de 20 años de exposición.

El hábito de fumar debe considerarse en relación con la exposición a asbesto y el desarrollo de la fibrosis pulmonar.

Weiss encontró una prevalencia de fibrosis pulmonar del 40 % en fumadores y del 20 % en no fumadores.

Calcificación pleural: Se ha informado sobre la presencia de placas pleurales calcificadas entre trabajadores expuestos a Antofilita, Crisotilo, amosita y tremolita, o mezclas de éstos.

Considerando personas ocupacionalmente expuestas, la calcificación pleural rara vez se presenta antes de 20 años de exposición, y no necesariamente se correlaciona con fibrosis pulmonar.

No se puede concluir que la presencia de calcificación pleural es un indicador de una previa exposición a asbesto (también se produce por otras causas), por el contrario la ausencia de placas no excluye una exposición a asbesto.

CARCINOMA BRONCOGÉNICO

En la información hasta ahora disponible hay evidencia de una asociación entre la exposición ocupacional a asbesto y la incidencia de cáncer pulmonar, no existe información concluyente sobre si una variedad de fibras de asbesto sea particularmente causada de producir tumores bronquiales.

En algunos estudios se ha demostrado que existen diferencias en el grado de riesgo entre diversos grupos expuestos ocupacionalmente, probablemente relacionadas al tipo y concentración de fibras, naturaleza del trabajo realizado, y otros factores, tales como hábito de fumar y la presencia de metales e hidrocarburos en el polvo de asbesto.

En un estudio de la mortalidad por cáncer pulmonar en relación con la exposición ocupacional en la industria de asbesto, Enterline, De Coufle y Hemderson observaron diferentes tasas de mortalidad entre los trabajadores de servicio de mantenimiento y los trabajadores de producción. Se dieron dos posibles explicaciones a estas diferencias, una que la exposición intermitente a asbesto en los operarios de servicio de mantenimiento probablemente a un nivel muy alto, producía mayor número de casos de cánceres respiratorios y no así en la aparición de asbestosis. Otra explicación se basó sobre los tipos de asbesto al cual los dos grupos de trabajadores estuvieron expuestos. El 64 % de los operarios de mantenimiento habían estado expuestos a concentraciones altas de Crocidolita, mientras que sólo el ocho (8%) de los operarios de producción estuvieron expuestos a altas concentraciones de Crocidolita, indicándose que la Crocidolita es más carcinogénica que otros polvos de asbesto, como el Crisotilo y la amosita, y a los cuales los trabajadores también estuvieron expuestos.

Un factor adicional y de gran importancia es el hábito de fumar. En la investigación realizada por Selikoff y Churg, en una industria de aislantes, observaron un riesgo de mortalidad por cáncer pulmonar de 92 veces superior entre los trabajadores con hábitos de fumar, comparados con los no fumadores. Wagner, Wilson, Berry y otros comentaron que el riesgo de carcinoma-broncogénico está claramente asociado a la intensidad de la exposición anterior al riesgo de asbestosis.

Wagner indica que todavía no es conocido, si el tipo de asbesto inhalado influye en el riesgo de cáncer broncogénico.

Sin embargo, el papel que tienen los diferentes tipos de asbesto en el aumento de la incidencia de cáncer broncogénico parece estar relacionado con la dosis y puede depender de la categoría específica de la fibra.

TUMORES MESOTELIALES

Investigaciones de varios países sugieren una relación entre la exposición a asbesto y la presencia de mesotelioma. Los mesoteliomas en la pleura y peritoneo parecieron inicialmente estar relacionados con la exposición a polvo de Crocidolita, sin embargo se han presentado casos de tumores en que hay evidencia para sugerir la implicación del Crisotilo y posiblemente antofilita. Existe entonces una urgente necesidad de investigaciones comparativas en lugares y fábricas en las que se utiliza un tipo de asbesto. Wagner informó sobre 33 casos de tumores mesoteliales en una región del Africa del Sur, importante por la explotación de Crocidolita; también otros investigadores han examinado la distribución de los mesoteliomas en la población general y en los trabajadores ocupacionalmente expuestos a asbesto. Los resultados indican una relación entre la exposición a diferentes polvos de asbesto principalmente Crocidolita, Crisotilo y amosita y mezclas de éstos. Wagner señala que las fibras de anfíbol, las que son rectas tienen más probabilidad de alcanzar la periferia del pulmón; y que por el contrario las fibras de Crisotilo que asemejan delgadas espirales son fácilmente interceptadas en el bronquio y bifurcaciones. El menor riesgo en el desarrollo de mesoteliomas por inhalación de Crisotilo, se basa en la forma espiralada que hace que la mayor parte de las fibras no alcancen los alvéolos adyacentes a la pleura.

Timbrell, Griffiths y Pooley indican la importancia del diámetro de la fibra con relación con el desarrollo de mesoteliomas. Comparan la frecuencia de aparición de tumores, en dos regiones de África del Sur, Transvaal, donde se explota Crocidolita y amosita, y el Noreste del Cabo donde se explota Crocidolita. En Transvaal la aparición de mesoteliomas es muy escasa. Además los diámetros promedios de las fibras de asbesto Crocidolita son de tres veces superiores a las fibras de la región del Cabo.

Timbrell y otros señalan que las diferencias en el diámetro podrían influir en la facultad de las partículas para penetrar hasta la periferia del pulmón y a los alvéolos adyacentes a la pleura. Las fibras de Crocidolita de la región de Transvaal

(gran tamaño), se depositan en los conductos respiratorios por la acción de la gravedad, una pequeña porción correspondiente a las fibras de diámetro más pequeño a la región del Cabo, llegan a la periferia del pulmón.

La mayor penetración de las fibras más pequeñas a los alvéolos adyacentes a la pleura, podría explicar las diferencias en la incidencia de mesoteliomas entre los trabajadores de las dos regiones.

Un factor importante sobre la presencia de mesoteliomas, es el largo tiempo transcurrido, generalmente más de 30 años, entre la primera exposición y la aparición del tumor.

Otro factor destacado es que, a diferencia en el carcinoma broncogénico, parece no ser importante el hábito de fumar.

OTROS TUMORES

Se han presentado indicaciones de que tumores gastrointestinales pueden ser secuela de la exposición a asbesto.

También debe considerarse la posibilidad de tumores en el ovario.

POLVOS NO FIBRÓGENOS

No se incluyen en esta sección polvos con efectos sistémicos, irritantes o carcinogénicos. Se tratará de aquellos materiales pulverulentos distintos de sílice libre y silicatos capaces de causar neumoconiosis.

Polvos inorgánicos:

En su mayoría los polvos inorgánicos no silíceos ejercen sus efectos a través de una acción masiva sobre el pulmón por inhalación de grandes cantidades de polvo que sobrecargan el sistema linfático de drenaje, pero no causan apreciable reacción fibrótica distinta a una muy moderada formación de reticulita, apenas necesaria para retener y aislar el polvo en pequeñas masas focales. El compromiso de la circulación linfática favorece el desarrollo de infecciones sobre agregadas, catarros, gripas y bronquitis frecuentes que evolucionan a bronquitis crónica y enfisema. Se destacan entre estos agentes algunos capaces de originar neumoconiosis causadas por polvos altamente fibrógenos. Son de importancia en el medio industrial: la neumoconiosis de los mineros del carbón, la antracosis, siderosis, estannosis y baritosis.

Ciertos polvos no silíceos tales como el berilio tienen también algunas propiedades proliferativas. Se hará adicionalmente alguna corta referencia a la enfermedad de Shavers por cuya etiología probablemente silícea pueda englobarse más adecuadamente en las neumoconiosis fibróticas.

NEUMOCONIOSIS DE LOS TRABAJADORES DEL CARBÓN

La exposición a polvo de carbón puro, no acompañado de cantidades substanciales de sílice libre, parece ser una situación rara, por lo cual la observación radiográfica de modulaciones y de masas conglomeradas en tejido pulmonar en mineros de carbón, se ha interpretado como silicosis modificadas por exposición mixta. Sin embargo, desde que un grupo de investigadores del sur de Gales encabezados por Gough en Ceudiff, llamó la atención sobre casos de neumoconiosis en mineros de carbón bituminosos desarrollados a partir de materiales con casi nulo contenido de sílice, se ha prestado mayor atención a la probable existencia de una enfermedad causada exclusivamente por carbón finamente dividido y por completo distinta de la silicosis. Actualmente existe una tendencia entre los expertos en neumoconiosis a reconocer esta entidad como una enfermedad "perfectamente individualizada".

En las etapas del transporte de las partículas por los fagocitos y su acumulación en las bifurcaciones linfáticas peribronquiales y perivasculares, no hay diferencia entre la silicosis y la neumoconiosis por carbón, en ambos casos la lesión inicial es un nódulo microscópico. Pero la similitud termina aquí, pues tanto en su aspecto como en su composición difieren los dos tipos de nódulos, el silicótico está formado por colágeno mientras el del carbón lo está por reticulita. En este último caso las nodulaciones están unidas entre sí por una especie de red de reticulita. Al engrosarse estas fibras forman bandas que probablemente alteran la circulación capilar y comprimen o afectan a los bronquiolos terminales produciendo atrofia de su tejido muscular, e imposibilitándolos para elongarse y retraerse con los movimientos respiratorios. Así mismo se produce una dilatación constante de los bronquiolos y de los alvéolos. Esta situación da lugar al llamado enfisema focal observado al microscopio en forma de rosetas aéreas alrededor de los micronódulos de polvo.

Con el proceso de la enfermedad se presentan los fenómenos de enfisema obstructivo con compromiso de la función respiratoria, mayor de la que sería de esperarse a juzgar por las radiografías. Esta primera etapa, denominada neumoconiosis simple, por los autores ingleses, se caracteriza anatomo-

patológicamente por pequeños focos de depósito de polvo con diámetro siempre menor de cinco (5) mm. Distribuidos en el pulmón, preferiblemente alrededor de los bronquiolos y asociados con la proliferación de reticulita y ocasionalmente de tejido colágeno. Las alteraciones citadas dan origen a imágenes radiológicas consistentes en opacidades puntiformes de un (1) milímetro de diámetro en promedio, que se agrupan por pequeñas zonas. Se agregan opacidades lineales que unen entre sí a las imágenes granulares dando un aspecto de malla de finos lazos.

En una etapa ulterior se sobrepone un cuadro de fibrosis generalizada progresiva o fibrosis masiva progresiva caracterizada anatomopatológicamente por fibrosis nodular de tipo colágeno que puede dar origen a masas opacas de varios centímetros de diámetro, y que radiológicamente se presentan como opacidades progresivamente crecientes hasta formar grandes sombras masivas que coexisten con enfisemas bullosos.

Las manifestaciones clínicas consisten en tos crónica, disnea progresiva, inicialmente de esfuerzos y posteriormente en reposo, signos de enfisema y cor pulmonare con emanación final.

La neumoconiosis simple tiende a progresar mientras existe exposición elevada, esta progresión se traduce en aumento del tamaño y el número de focos. Suspendida la exposición se detiene la neumoconiosis y aún sufre alguna regresión. La repercusión de la forma simple sobre las pruebas de función ventilatoria traduce en muy moderada disminución, otro tanto ocurre con las pruebas de intercambio gaseoso. Por el contrario las formas complicadas progresan aún después de suspendida la exposición a polvo, aunque hay grandes variaciones individuales en la tasa de evaluación progresiva. En las formas avanzadas de fibrosis masiva hay muy severa reducción de todas las pruebas de función pulmonar y serio compromiso hemodinámico.

En las neumoconiosis complicadas hay siempre enfisema compensatorio con reducción del lecho vascular e insuficiencia cardíaca respiratoria. El tratamiento es sintomático y de soporte.

ANTRACOSIS

Corresponde a la acumulación del polvo de carbón en los pulmones que se observa comúnmente en habitantes urbanos y que en el examen anatomopatológico se manifiesta con pigmentaciones negras a lo largo de los

vasos intersticiales linfáticos y sanguíneos y en los ganglios hiliares y bronquiales. Además de la pigmentación y de la acumulación de polvo no hay evidencia de alteraciones anatomopatológicas o funcionales que den origen a incapacidad.

Como ya se ha insinuado, la exposición a polvos mixtos compuestos por sílice y carbón como la que comúnmente ocurre en las minas donde es necesario perforar roca y manto carbonífero da origen a formas de silicosis modificada, denominada antraco-silicosis o bituminosilicosis.

SIDEROSIS

Pertenece al grupo de las neumoconiosis benignas del cual es uno de los ejemplos típicos. Se presenta en trabajadores de fundiciones de hierro y acero, en soldadores (de arco y oxiacetileno), en mineros de hierro, en ocupaciones de pulido de plata por uso de pastas limpiadoras con óxido férrico, en pulidores de acero y en todos aquellos oficios en que se produzcan humos y polvos de hierro o de sus óxidos. En minería es frecuente la exposición combinada a polvos con sílice libre y hierro con riesgo de neumoconiosis mixta: sidero-silicosis.

La anatomía patológica muestra depósitos de óxidos de hierro en los vasos linfáticos, los espacios perivasculares peribronquiales rara vez mayores de dos (2) milímetros de diámetro. No se observan nódulos claramente circunscritos. Puede encontrarse algún grado de enfisema bulloso apical, paraseptal o basal. Más frecuente y de mayor intensidad es el enfisema perifocal.

En casos de exposición masiva se encuentran macrófagos con partículas de hierro en las paredes alveolares. Puede presentarse fibrosis a base de una malla reticular de fibrosis colágena pero sin los nódulos fibrohialinos típicos de las silicosis. Ocasionalmente se observan lesiones en el endotelio arterial y desaparición de capilares. En los bronquios puede observarse frecuentemente reacción inflamatoria.

Las alteraciones se presentan sólo después de largo tiempo de exposición más de diez (10) años y frecuentemente alrededor de los 25 años. Los conglomerados de polvo son fácilmente apreciables a los Rayos X gracias a la elevada densidad del óxido de hierro y se presenta como opacidades micronodulares de gran densidad y claramente definidas, regularmente distribuidas en todas las áreas de la imagen pulmonar, sin mostrar ninguna tendencia a la coalescencia. En otros casos solamente se observa reticulación inespecífica con algunas opacidades puntiformes. Rara vez se observan grandes masas aisladas

en cuyo caso tienen preferencia por los vértices. Las manifestaciones clínicas iniciales son las debidas a bronquitis crónicas, hay disnea de esfuerzos que se acentúa gradualmente si hay exposición a irritantes. Algunos casos (10%) terminan en cor pulmonare. Las alteraciones funcionales son de un síndrome obstructivo moderado. Durante el ejercicio se observa aumento de la ventilación sin la consiguiente elevación del cociente respiratorio mostrándose la falta de respuesta ventilatoria a los cambios. Hay indicaciones de restricción del lecho vascular.

BARITOSIS

Es también una neumoconiosis benigna consecutiva a la inhalación de grandes concentraciones de barita (sulfato de bario) utilizado en la fabricación de pinturas, plásticos, papel, etc.

Las imágenes radiográficas consisten en la rápida aparición de pequeñas opacidades (tres milímetros en promedio) más densas aún que las de siderosis, distribuidas por toda el área pulmonar. En este caso existe un marcado contraste entre la benignidad de las manifestaciones clínicas subjetivas u objetivas y de severidad, del cuadro radiológico. Como hallazgo además de algunos síntomas respiratorios parece existir cierta tendencia a la aparición de frecuentes infecciones pleuro-bronco-pulmonares.

Los datos experimentales confirman lo anterior, Paucheri concluye:

1. Los cambios radiológicos aparecen después de pocos meses de exposición.
2. La afección no produce muertes.
3. No hay asociación con la tuberculosis (otro autor italiano sugiere que aún daría cierta protección contra el Bacilo de Koch).
4. Las alteraciones a los Rayos X, remiten al suspender la exposición.

ENFERMEDAD DE SCHAYER

En 1947 Schayer y Diddell estudiaron casos de una enfermedad pulmonar en trabajadores empleados en la fabricación de Coridón o corundum un abrasivo a base de aluminio. El proceso industrial consiste en la fusión de bauxita (óxido de aluminio hidratado) con hierro y coque en un horno eléctrico a 4.000 grados centígrados. Hay producción de abundantes humos ricos en sílice libre y aluminio. Aunque la bauxita no es silicato (tiene de 5 a 7% de sílice como impureza), hay un alto contenido de SiO amorfo en el humo (30 a 40%) en partículas ultra microscópicas de tamaño entre 0.02 y 0.5 micras.

La etiología no ha sido completamente aclarada, sin embargo, la influencia de la sílice submicrónica parece jugar un papel que justifica la inclusión de esta enfermedad dentro de las neumoconiosis por sílice, con preferencia a su clasificación como enfermedad por aluminio.

Consiste en una fibrosis difusa al parecer precedida de bronquiolitis irritativa que se desarrolla con rapidez mucho mayor que la silicosis pura. En el pulmón se observa una fibrosis reticular que afecta principalmente las porciones centrales e inmoviliza las paredes alveolares. El desarrollo de bolsas enfisematosas subpleurales da origen, por ruptura, a neumotórax espontáneos. La afección pleural puede ser motivo de adherencias y distorsión en el mediastino.

BERILIOSIS

Además del efecto irritativo agudo causante de neumonitis que acompaña la exposición al berilio, se han descrito efectos crónicos consistentes en el desarrollo de un proceso granulomatoso generalizado que afecta principalmente al pulmón. No se le considera como una neumoconiosis pero se le describe brevemente aquí por el importante compromiso respiratorio que causa. Los efectos crónicos se inician después de varios meses o años de exposición y con frecuencia meses o años después de que ésta ha cesado.

El comienzo es insidioso con malestares vagos, debilidad e infecciones respiratorias persistentes. Los más destacados síntomas son: disnea intensa y pérdida de peso. En los casos avanzados hay signos auscultatorios, cianosis, dedos en palillo de tambor, hepatomegalia, taquicardia y sudores nocturnos. El curso es irregular con períodos de remisión y exacerbación; se encuentran también cálculos urinarios y dermatosis con piel seca, descamación y eritemas.

Los signos radiológicos preceden en varios meses la aparición de los síntomas, en un principio se observa una apariencia finamente granular uniformemente distribuida en ambos pulmones y descrita como «vidrio esmerilado», al progresar la enfermedad aparecen nodulaciones que con el tiempo aumentan en número y tamaño acumulándose hacia los vértices donde tienden a confluir, pero sin llegar a formar las grandes masas opacas de la silicosis avanzada. Hay enfisema lobular que puede enmascarar algo las lesiones y se hace más aparente hacia las bases.

En la autopsia los pulmones son voluminosos, enfisematosos, han perdido elasticidad, presentan abundantes nódulos y fibrosis difusa intersticial. Los nódulos están constituidos por granulomas resultantes de la organización de exudados en

el espacio alveolar, también se observan en el tejido conjunto peribronquial, perivascular y septal. Se destaca la presencia de células gigantes de Langhans y cuerpos de Schaumann.

SOLVENTES

Los solventes son uno de los grupos de productos químicos industriales de mayor uso, producidos y utilizados en grandes cantidades bajo una gran variedad de denominaciones comerciales y químicas en casi todas las industrias.

La mayoría son inflamables y prenden fuego fácilmente. Son muy volátiles pudiendo formar con gran rapidez una mezcla explosiva aire/vapor del disolvente.

Algunos solventes pueden ser sumamente peligrosos para la salud y hasta mortales si se utilizan sin las precauciones adecuadas.

El conocimiento de los riesgos constituye la mejor prevención y protección del trabajador contra esos riesgos.

Aplicaciones múltiples:

- Para limpiar, quitar la suciedad de superficies metálicas, procesos de extracción selectiva (lubricantes, grasas y productos medicinales de semillas, etc.).
- Como vehículo para la aplicación de determinados productos tales como pinturas, lacas, barnices, etc.

Aplicaciones específicas:

- Medio de reacción en síntesis química.
- Plaguicidas

Industrias en las que se utilizan

Los disolventes se pueden encontrar en casi todos los sectores industriales, como ejemplo se pueden citar:

- Refinerías de petróleo
- Industria de los plásticos
- Industria textil
- Industria química y farmacéutica

- Imprentas
- Tintorerías
- Industria de la madera
- Industria del caucho
- Industria del calzado
- Formulación de pinturas, lacas y barnices.

Entre los riesgos industriales de exposición a agentes químicos, los solventes se sitúan entre los más frecuentes.

SOLVENTES INDUSTRIALES

Se llaman solventes a las sustancias químicas que tienen la capacidad para disolver muchas otras sustancias. Con la introducción del uso del petróleo y sus derivados durante el siglo XX, cada vez son más los productos comerciales que contienen estos psicoactivos: diluyentes, pegamentos, limpiadores, gasolinas, engrasantes, etc. Algunos investigadores aseguran que su utilización con fines recreativos comenzó a partir de la década de los sesenta con la diseminación de los pegamentos para aeromodelismo.

Los solventes también son considerados como compuestos orgánicos basados en el elemento químico Carbono, ellos producen efectos similares a los alcoholes, anestésicos, los efectos generalmente se producen a través de la inhalación de vapores. Los solventes orgánicos se constituyen en una fuente de exposición doméstica y ocupacional, ya que entre ellos se incluyen artículos de uso habitual como removedores de esmalte, pinturas, lacas, gasolina, alcoholes, etc.

Los solventes más comunes que afectan la salud laboral son los siguientes:

BENCENO, ACS
 CICLOHEXANO, ACS
 CLOROBENCENO, ACS
 CLOROBENCENO DI-, (p), REACTIVO
 CLOROFORMO ACS
 ÉTER DE PETRÓLEO ACS
 ÉTER DIETÍLICO ANHÍDRO ACS
 ÉTER DIETILICO USP
 ÉTER PETRÓLEO GRADO ANÁLISIS
 HEPTANO, REACTIVO
 HEXANOS, ACS
 CLORURO DE METILENO, ACS
 TETRACLOROETILENO, REACTIVO

TRICLOROETANO 1,1,1, ACS
TRICLOROETILENO, ACS
TRIMETILPENTANO 2,2,4 (ISOCTANO), ACS

Constituyen un grupo heterogéneo de hidrocarburos volátiles derivados del petróleo y del gas, cuyo punto de ebullición es bajo por lo que se evaporan al entrar en contacto con el aire. Su importancia y patrón de uso determinan su clasificación en: solventes activos, solventes latentes, y diluyentes.

Existen algunos solventes determinados como hidrocarburos, los cuales se dividen en serie alifática y aromática, alcoholes, fenoles y éteres, compuesto carbonílico, aldehído, cetona.

CLASIFICACIONES DE LOS SOLVENTES

El término "solvente" significa material usado para disolver otro material, e incluye sistemas acuosos o no acuosos.

Los sistemas acuosos son aquellos que tienen como base agua; como ejemplo se tiene soluciones acuosas de ácidos, álcalis, detergentes y otras sustancias. En general, estos sistemas tienen presiones de vapor bajas y, por tanto, su peligrosidad potencial por inhalación y subsecuente toxicidad sistémica no es muy elevada.

Una "solución" puede definirse como una mezcla de dos o más sustancias. Tienen propiedades químicas y físicas uniformes. También puede ser definida como un sistema cuyas partes componentes son dos o más especies moleculares, no existiendo superficies límites entre esas partes mayores que las moléculas. Cada solución tiene dos componentes, el solvente y el soluto. Por conveniencia llamamos solvente a la parte de una solución que está en exceso; el soluto es el componente que está en menor proporción. Por tanto, tenemos una solución gaseosa cuando una sustancia está disuelta en un gas, una solución líquida cuando está disuelta en un líquido y una solución sólida cuando está disuelta en un sólido.

Sin embargo, con el objeto de abreviar y simplificar, el término solvente se referirá sólo a líquidos orgánicos usados comúnmente para disolver otros materiales orgánicos. Los solventes orgánicos incluyen materiales como nafta, alcoholes minerales, trementina, bencina, benceno, alcohol, percloroetileno y tricloroetileno.

Los solventes orgánicos comunes pueden ser clasificados como hidrocarburos alifáticos, cíclicos, aromáticos y halogenados, cetonas, ésteres, alcoholes y éteres. Cada clase tiene una estructura molecular característica.

Un buen conocimiento de la nomenclatura, las características de la estructura molecular y las diferentes toxicidades, será de gran ayuda para hacer una evaluación adecuado de un problema ocasionado por un solvente.

La nomenclatura puede, con frecuencia, ser causa de un error para el profesional de prevención de accidentes. Por ejemplo bencina y benceno son dos solventes diferentes que con frecuencia se confunden y que tienen efectos tóxicos muy distintos. Algunas clases de bencina comercial contienen benceno como un contaminante, el que debe ser tenido en cuenta.

SISTEMAS ACUOSOS

Son conocidos por sus efectos irritantes luego de una exposición prolongada. Es bastante común la dermatitis de contacto producida por soluciones acuosas, por ejemplo la común «manos de lavandera».

Una concentración excesiva de niebla en el aire (producida por el calentamiento, agitación y pulverización de líquidos) puede causar irritación de garganta y bronquitis. Si se producen reacciones entre los productos químicos involucrados y el recipiente, pueden presentarse numerosos efectos y peligros adicionales. Como regla, los sistemas acuosos, debido a su baja presión de vapor y facilidad de control, no constituyen un problema, pero deben ser considerados como de peligro potencial.

SOLVENTES ORGÁNICOS

Presentan un tipo de problemas diferentes. Las presiones de vapor son generalmente mayores y la posibilidad de inhalar cantidades tóxicas es superior.

Todos los solventes orgánicos afectan de alguna medida el sistema nervioso central porque actúan como depresores y anestésicos y producen además otros efectos. Dependiendo del grado de exposición y del solvente involucrado, estos efectos pueden variar desde una narcosis suave a la muerte por paro respiratorio.

Todos los solventes que tocan y mojan la piel producirán dermatitis-inflamación de la piel, que puede variar desde una simple irritación a un daño sistémico de la misma. Los solventes disuelven la barrera protectora natural de las grasas y aceites y dejan a la piel susceptible a mayor irritación y daño.

VIAS DE INGRESO AL ORGANISMO

- Por inhalación: Es la vía más importante. El vapor del disolvente en el aire es respirado y pasa fácilmente a través de los pulmones hasta entrar en la sangre.
- Contacto con la piel: Muchos disolventes pasan directamente a través de la piel y entran en el torrente sanguíneo.
- Ingestión: Los disolventes pueden ser ingeridos a través de la boca por contacto con las manos, bebidas, alimentos y cigarrillos contaminados.

No comer o fumar en áreas donde estén presentes los disolventes.

¿CÓMO LOS DISOLVENTES AFECTAN LA SALUD?

A corto plazo:

Efectos causados por una sola exposición a una cantidad de disolventes:

- Irritación de ojos, nariz y garganta.
- En contacto con la piel pueden provocar eczema e irritación, ya que los disolventes disuelven las propias grasas de la piel.
- Actuación sobre el sistema nervioso central (SNC) con efecto narcótico (sensación de somnolencia).
- Náuseas, vómitos, mareos
- Dolores de cabeza

A largo plazo:

Efectos causados por exposiciones frecuentes y largo período de tiempo:

- Lesiones en SNC (Sensación de embriaguez).
- Lesiones en riñón (insuficiencia renal en casos graves).
- En hígado (síntomas digestivos como pérdida de apetito, náuseas, mal sabor de boca, incluso algún disolvente puede producir cáncer de hígado).
- Lesiones en corazón: alteración del ritmo cardíaco.
- Lesiones en pulmones: Dificultad respiratoria.
- Lesiones en médula ósea (anemias y leucemias).
- Lesiones en piel: Casi todos los disolventes pueden ser absorbidos por la piel normal, produciendo enrojecimiento, urticaria y sequedad.

No use disolventes para eliminar pintura o grasa de su piel.

SOLVENTES MÁS REPRESENTATIVOS

HIDROCARBUROS ALIFÁTICOS:

Pentano

Hexano

Heptano

Otros hidrocarburos saturados

Los aceites derivados del petróleo son una mezcla muy compleja de compuestos que están formados principalmente por carbono e hidrógeno. También están presentes pequeñas cantidades de derivados hidrocarbonados complejos que tienen oxígeno, azufre, nitrógeno y metales. Los productos del petróleo refinado empleados como solventes son todos hidrocarburos puros (o mezclas), es decir, compuestos solamente por carbono e hidrógeno, que se conocen como solventes alifáticos. El vocablo alifático proviene de la palabra griega «aliphe», que significa grasa, dado que las grasas derivan de esta clase de hidrocarburos.

Los hidrocarburos y el gas natural son las fuentes más importantes de alcanos, alquenos y cicloalcanos. El alquitrán es una fuente importante de aromáticos. Los alcanos de alto peso molecular se rompen catalíticamente para aumentar la producción de gasolina del petróleo. Un producto derivado importante del resquebrajamiento es el etileno (H_2CCH_2) y se lo emplea para fabricar plástico y etanol.

Los hidrocarburos alifáticos saturados, conocidos como alcanos o parafinas son aquellos que tienen todas las ligaduras saturadas con unión con hidrógeno. Son bioquímica y químicamente inertes. Aún como contaminantes del aire se encuentran entre los menos reactivos y nos constituyen un problema importante. A las parafinas se les ha asignado el sufijo «ano», para denominar a sus compuestos.

Los hidrocarburos alifáticos no saturados, alquenos y los alquinos, con uniones dobles y triples respectivamente, son también inertes para el organismo. Sin embargo, son químicamente más reactivos que los hidrocarburos saturados. Como contaminantes del aire, son reactivos y crean un problema de control. El problema primario con los alifáticos es la dermatitis.

El petróleo crudo es una mezcla de compuestos orgánicos muy compleja, principalmente compuesto por hidrocarburos. Contiene alcanos, alquenos, cicloalquenos y aromáticos, así como pequeñas cantidades de compuestos con nitrógeno y azufre, que varían dependiendo de la fuente de origen.

Por destilación fraccionada el petróleo se separa en mezclas de hidrocarburos. La gasolina es la fracción que hierve entre la temperatura ambiente y los 200°C, y está constituida principalmente por hidrocarburos de C5 a C11, predominando los que tienen C 8. Los expertos estiman que solamente en la gasolina existen alrededor de 500 hidrocarburos diferentes. Alrededor de 175 de estos hidrocarburos han sido ya separados e identificados.

- Los hidrocarburos alifáticos consisten en moléculas de carbono e hidrógeno en cadenas rectas o ramificadas.
- Se dividen además en alcanos, alquenos y alquinos.

Alcanos (parafinas)

- Los alcanos son hidrocarburos alifáticos con carbonos de una unión (Saturados)
- El estado físico de un alcano depende de su número de carbonos

Carbonos	Estado	Nombre
1 a 4	Gas	Etano, metano, propano, butano
5 a 16	Líquido	Pentano, hexano, heptano, octano, nonano
> 16	Sólido	Cera parafina

Los gases son en esencia inodoros, en tanto que los vapores de los líquidos tienen un ligero olor a «hidrocarburo». Los alcanos líquidos son ingredientes importantes en la gasolina, que es en lo que se emplea la mayor parte de pentano y el hexano en Estados Unidos. El hexano (en general una mezcla de isómero que incluyen n-hexano) es un solvente de uso general no costoso que se emplea como solvente de gomas, cementos para secado rápido de caucho, barnices, tintas y extracto de aceites de semillas.

Se absorben bien por inhalación y en menor grado, pero aún importante, por piel. Ninguno tiene designaciones TLV para piel. El 75% de casi todos los alcanos inhalados se absorben en reposo, y disminuye a 50% con una labor física moderada.

Alquenos (olefinas) y alquinos

Los alquenos son hidrocarburos alifáticos con dobles uniones de carbono.

Los dienos son alquenos con dos dobles enlaces. Los alquinos son hidrocarburos alifáticos con triples enlaces de carbono. El estado físico de los alquenos y alquinos depende del número de carbonos, igual para los alcanos.

Los alquenos líquidos no se utilizan mucho como solventes, pero son intermediarios químicos usuales.

Los alquenos son más reactivos que los alcanos, una propiedad que determina su uso como monómeros en la producción de polímeros, como polietilenos a partir de etileno, polipropileno del propileno y caucho sintético y copo linero de resina a partir de 1,3-butadieno.

Se dispone de poca información sobre la absorción o metabolismo de alquenos y alquinos. La absorción de estos compuestos debe ser similar a los alcanos correspondientes. Ninguno tiene designaciones TLV para piel.

EFFECTOS SOBRE LA SALUD

Efectos agudos:

- a) Producen anestesia, mareos, cefalea, náuseas, vómito, somnolencia, fatiga, embriaguez, desequilibrio, disartria, desorientación y pérdida del conocimiento.
- b) Irritación del aparato respiratorio que se traduce en ardor nasal, faríngeo y tos.

Efectos crónicos

- a) Dermatitis: Caracterizada por piel seca, eritematosa y agrietada.
- b) Disfunción Neuroconductual: Se manifiesta por cefalea, labilidad emocional, fatiga, pérdida de la memoria a corto plazo, dificultad para la concentración y anomalías en las pruebas neuroconductuales.
En la escenografía cerebral se evidencia atrofia cortical cerebral y en el electroencefalograma se presentan ondas lentas difusas.
- c) Neuropatía Periférica: (n- hexano). Se producen entumecimientos, parestesias, debilidades de ascenso lento, velocidad de conducción nerviosa normal o un tanto deprimida y en la electro miografía se evidencia denervación.

Los alcanos generalmente son de baja toxicidad. El metano, propano y el etano son asfixiantes inertes simples cuya toxicidad solo se relaciona con la cantidad de oxígeno restante en el ambiente y su inflamabilidad – explosividad.

Los vapores de los líquidos más volátiles y ligeros, pentano a nonato, son irritantes y anestésicos.

Un isómero del hexano, el n-hexano, causa neuropatía periférica. Se han descrito varios casos de este trastorno en especial en industrias caseras como en la elaboración de calzado y sandalias, en donde se utilizan gomas que tienen el n-hexano como solvente. La neurotoxina es el metabolito 2,5 hexanediona.

Los alquenos tienen una toxicidad similar a los alcanos. Las uniones de carbonos insaturados aumenta su liposolubilidad y en consecuencia su potencia irritante y anestésica en comparación con los alcanos.

El 1,3 butadieno es un carcinógeno en humanos y animales. Se relaciona con índices elevados de leucemia y linfosarcomas en la exposición ocupacional.

HIDROCARBUROS ALICÍCLICOS:

(Hidrocarburos cíclicos, cicloparafinas, naftenos)

Los hidrocarburos alicíclicos consisten en alcanos o alquenos dispuestos en estructuras cíclicas o anulares.

El ciclohexano es el único hidrocarburo alicíclico que se usa en gran medida como solvente industrial. Casi toda la producción en Estados Unidos se utiliza en la síntesis de nylon. El ciclopropano se utiliza como anestésico general, pero su uso es limitado por su inflamabilidad y explosividad.

En consecuencia los hidrocarburos alicíclicos se absorben bien por inhalación, en tanto que su absorción percutánea es menos importante. Casi el 70% del ciclohexano que se inhala se absorbe y elimina.

Los hidrocarburos cíclicos actúan de manera muy parecida a los alifáticos, aunque no son tan inertes. Un porcentaje significativo de los hidrocarburos cíclicos es metabolizado a compuestos que poseen una toxicidad menor. Los hidrocarburos cíclicos no saturados son generalmente más irritantes que los saturados.

Derivados del petróleo (solventes – refinados)

Los solventes destilados del petróleo son mezcla de derivados del petróleo y destilados del petróleo crudo en un límite particular de puntos de ebullición. Cada uno es una combinación de hidrocarburos alifáticos (en especial alcanos),

alicíclicos y aromáticos, cuya concentración relativa depende de la fracción particular destilada del petróleo. Tiene un olor a «hidrocarburo» o «aromático» según las concentraciones relativas de hidrocarburos alifáticos y aromáticos.

Los destilados del petróleo se encuentran entre los solventes de uso general más usuales, ya que se dispone de ellos a bajo costo en grandes cantidades. El éter de petróleo (nafta de petróleo) representa un 60% estimado del uso total de solventes industriales. El queroseno se utiliza como combustible y también como agente limpiador y adelgazador.

La farmacocinética de los solventes destilados del petróleo es similar a la de los constituyentes individuales alifáticos, alicíclicos y aromáticos.

Nitroderivados de los hidrocarburos

Varían en sus efectos tóxicos dependiendo de si son alifáticos o aromáticos. Las nitroparafinas son más conocidas por sus efectos irritantes acompañados por náuseas, con acción sobre el sistema nervioso central e hígado que se hacen significativos durante exposiciones agudas. Por otra parte, los nitroderivados aromáticos, como el nitrobenceno, son mucho más peligrosos; provocan la formación de metahemoglobina y actúan sobre el sistema nervioso central, hígado y otros órganos.

EFECTOS SOBRE LA SALUD

Efectos agudos:

- a) Anestesia, mareos, cefalea, náuseas, vómito, somnolencia, fatiga, embriaguez, disartria, desequilibrio, desorientación, depresión y pérdida de conocimiento.
- b) Irritación de las vías respiratorias con ardor nasal, faríngeo y tos.

Efectos crónicos:

- a) Dermatitis: Se caracteriza por piel seca, eritematosa y agrietada.
- b) Disfunción neuroconductual: Se manifiesta por cefalea, labilidad afectiva, fatiga, pérdida de la memoria a corto plazo, dificultad para la concentración y anormalidades de las pruebas neuroconductuales. En la escenografía cerebral se evidencia atrofia cerebral cortical y en el electroencefalograma ondas lentas difusas.

La toxicidad de los hidrocarburos cíclico es similar a su contraparte los alcanos y alquenos en cuanto a irritación y depresión del sistema nervioso central.

Ciclohexano

Terpenos (trementina)

Pinenos

HIDROCARBUROS AROMÁTICOS

GASOLINA

La gasolina es un irritante para la piel, mucosas y ojos, por lo cual puede desarrollarse dermatitis y fenómenos de hipersensibilidad cutánea.

Los vapores de la gasolina actúan como depresores del sistema nervioso central y en la exposición aguda pueden presentarse fenómenos hemorrágicos en el páncreas, inflamación y degeneración grasa del hígado, en el riñón provoca albuminuria, cristaluria, degeneración grasa de los túmulos renales proximales, glomérulos y congestión del bazo.

En la aspiración de gasolina se evidencian efectos respiratorios como neumonía química, edema pulmonar y hemorragia.

Los efectos agudos y crónicos son los mismos que para los grupos de hidrocarburos alifáticos y alicíclicos anteriormente mencionados.

Los hidrocarburos aromáticos suelen ser irritantes y anestésicos más potentes que los alifáticos. La sustitución en el benceno (tolueno, xileno, etilbenceno, estireno) aumenta la liposolubilidad y toxicidad.

Efectos del benceno

El benceno es notable por sus efectos en la médula ósea produciendo pancitopenia reversible, anemia aplásica con progresión a leucemia, de manera predominante la leucemia linfocítica aguda.

El vapor de los hidrocarburos aromáticos causa depresión del SNC u otros efectos típicos y, según el compuesto, trastornos hepáticos, renales o de la medula ósea. El vapor se absorbe a través de los pulmones y el líquido puede absorberse a través de la piel. El contacto cutáneo repetido y prolongado puede provocar eliminación de la capa grasa y producir dermatitis.

El Benceno produce depresión del sistema nervioso central, precedida por una fase de euforia. La exposición crónica provoca atrofia cortical con proliferación de micróglías (Demencia). La aspiración por vía pulmonar se traduce en irritación local, neumonitis química hemorrágica, y sobre infección.

Las alteraciones hematológicas son inicialmente linfopenia, seguido de anemia, luego puede seguir Leucemia (Mieloblástica aguda y Linfocítica crónica), aplasia medular y otras neoplasias.

Tanto en exposición aguda como crónica se produce nefropatía y hepatopatía atribuido al potente efecto precipitante de proteínas que tienen las elevadas concentraciones tisulares de fenol, a la formación de aductos (epóxidos-A.D.N.) y peroxidación de la membrana. Traduciéndose todo lo anterior con alta frecuencia en esteatosis hepática y renal, y en Glomerulonefritis rápidamente progresiva.

Se considera potencialmente abortivo y teratogénico por sus propiedades mutagénicas. La ACGIH ha propuesto en la última clasificación de los TLV clasificar al Benceno como A1 (cancerígeno demostrado en humanos).

Se absorbe bien por vía respiratoria y digestiva, siendo escasa su absorción a través de la piel. Es muy liposoluble, por lo que se acumula con facilidad en tejido graso, incluida la médula ósea.

La mayor parte de la dosis absorbida se elimina en las primeras 48 horas tras la exposición. Más del 50% de la misma se excreta sin transformar por el pulmón, metabolizándose el resto a nivel hepático a través del sistema citocromo.

TOLUENO

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

El tolueno causa irritación de los ojos, de las vías respiratorias y de la piel.

El contacto prolongado con este solvente causa remoción de los lípidos naturales de la piel y causa dermatitis de contacto.

A nivel sistémico, la exposición aguda al tolueno causa depresión del sistema nervioso central, presentando cefalea, náuseas, mareo, fatiga, debilidad muscular, falta de coordinación, parestesias, colapso y coma.

Efectos del xileno

El vapor del xileno causa irritación ocular, nasal y faríngea. El contacto prolongado causa remoción de los lípidos cutáneos naturales causando dermatitis.

La aspiración de unos pocos milímetros puede causar neumonía química, edema pulmonar y hemorragia

La exposición aguda a los vapores del xileno puede producir depresión del sistema nervioso central y efectos menores de carácter reversible en el hígado y riñón. A concentraciones muy altas puede ocasionar edema pulmonar, náuseas, anorexia y dolor abdominal.

Benceno
Tolueno
Xilenos
Etilbenceno

HIDROCARBUROS HALOGENADOS

A temperatura ambiente están en estado líquido, pero son extremadamente volátiles.

Se trata de compuestos extraordinariamente liposolubles y se absorben rápidamente después de su ingestión en forma líquida a través de la piel, o tras la inhalación de sus vapores.

Efectos del Tetracloruro de Carbono

La vía de entrada del tóxico puede ser respiratoria, por inhalación de vapores, digestiva o a través de la piel, concentrándose posteriormente en el tejido adiposo. Aproximadamente el 50% de la dosis absorbida se excreta a través de los pulmones sin metabolizar, y la mayor parte del otro 50% restante se metaboliza en el hígado.

Es un potente anestésico y depresor del sistema nervioso central. Además es un potente tóxico hepático y renal.

Produce su toxicidad hepática por dos mecanismos:

- a) Por alteración de la capacidad de los hepatocitos para ligar los triglicéridos a las lipoproteínas transportadoras, con la siguiente acumulación intracelular de lípidos y degeneración grasa del hígado.
- b) Por la formación de metabolitos altamente tóxicos, mediado por el sistema microsomal P450, que causan muerte celular y necrosis hepática centrolobulillar.

La lesión renal ocurre por efecto directo del tetracloruro de carbono sobre el túbulo renal y el asa de Henle.

En la exposición crónica al tetracloruro de carbono se presentan dermatitis, polineuritis, déficit visual, parkinsonismo, depresión de médula ósea, disfunción hepática, renal y cirrosis hepática.

En trabajadores con exposiciones agudas se observa el desarrollo de la lesión hepática y/o renal en las siguientes 24 a 72 horas de dárseles de alta de la hospitalización. Las enzimas hepáticas se elevan a las 48 horas post exposición.

En los primeros siete días post exposición al tetracloruro de carbono se presenta la insuficiencia renal aguda causada por necrosis tubular aguda.

Efectos del Cloroformo

En la exposición aguda causa depresión del sistema nervioso central y anestesia, debido a su estrecho margen de seguridad puede causar insuficiencia cardíaca y respiratoria.

Según la dosis absorbida puede producir alteraciones de la función cardíaca, hepática y renal. En la exposición crónica puede causar dermatitis e irritación ocular.

Efectos del Diclorometano

Produce efectos directos sobre el sistema nervioso central que van desde cefalea, náuseas, letargia, estupor y coma. Cuando los niveles de carboxihemoglobina son altos aparece la sintomatología de la intoxicación por monóxido de carbono.

Efectos del Tricloroetileno

En la exposición aguda se presenta depresión del sistema nervioso central, irritación de piel y mucosas. En la exposición crónica se evidencia neuritis del trigémino, vértigo, cefalea, irritabilidad y ansiedad.

Efectos del Tetracloroetileno

Los síntomas que produce están relacionados con la depresión del sistema nervioso central, entre ellos mareos, náuseas y vómito. En la exposición aguda causa irritación de la piel, ojos y aparato respiratorio.

En la exposición crónica se observa dermatitis y efectos a nivel de hígado y riñón.

Efectos del Tricloroetano

El principal efecto es la depresión respiratoria secundaria depresión del sistema nervioso central, presentando síntomas como ataxia, fatiga, cefalea, temblores, convulsiones y coma.

Efectos del Cloruro de Vinilo

La toxicidad aguda se manifiesta por narcosis y puede ocasionar la muerte por paro respiratorio. Es sensibilizante del miocardio a las catecolamina, por lo que puede inducir un efecto arritmogénico.

La exposición crónica puede llevar a neuropatías, daño hepático permanente, reacciones inmunológicas y cáncer hepático, especialmente el angiosarcoma hepático.

Además se han visto lesiones dérmicas como esclerosis cutánea, alteraciones del colágeno y fenómeno de Raynaud, en trabajadores expuestos a reactores de polimerización de PVC. También osteólisis y necrosis de las falanges distales de las manos.

En la exposición a cloruro de vinilo de presentan alteraciones de las pruebas hepáticas (GPT, GOT), con la consecuente fibrosis hepática e hipertensión portal.

El efecto neoplásico es característico por la producción del angiosarcoma hepático en los trabajadores expuestos al tóxico.

Alcoholes

Efectos del Alcohol Metílico

La ingestión de metanol causa intoxicación aguda con una serie de síntomas que aparecen de horas a días de la exposición.

Los síntomas aparecen de horas a días después de la exposición, presentándose síntomas neuropsíquicos tales como la cefalea, vértigo, astenia y delirio que puede llevar a coma y la muerte.

Trastornos oculares como midriasis, edema de la papila oftálmica al fondo de ojo, abolición del reflejo de la luz y disminución de la agudeza visual que puede progresar a la ceguera.

También se presenta hipotensión arterial, acidosis metabólica, acetonuria y acumulación de ácido fórmico y ácido láctico.

Así como los otros solventes ya mencionados, causan efectos irritativos en piel, ojos y de mucosas respiratorias.

En la intoxicación crónica por metanol causa cefalea, vértigo, náuseas, alteraciones de la visión y de la piel.

Efectos del Alcohol Etilico

Los efectos debidos a la intoxicación por etanol varían de euforia, excitación, estupor, coma y hasta la muerte que sobreviene por paro respiratorio. Se manifiestan síntomas de cambios del comportamiento con una concentración sanguínea de etanol mayor de 0,5g/L.

METANOL

Cuando se ingiere, se absorbe rápidamente a partir del tracto gastrointestinal, y los niveles en sangre alcanzan su pico a los 30-60 minutos de la ingestión, dependiendo de la ausencia o presencia de comida.

El metabolismo del metanol comprende la formación de formaldehído por una oxidación catalizada a través del alcohol deshidrogenasa. El formaldehído es 33 veces más tóxico que el metanol, pero es rápidamente convertido a ácido fórmico, que es 6 veces más tóxico que el metanol.

El metanol se absorbe por vía oral, a través de la piel, y por vía respiratoria. Se distribuye en el agua corporal y es prácticamente insoluble en la grasa. El hígado lo metaboliza en su mayor parte a través del alcohol-deshidrogenasa. El 3-5% se excreta por pulmón y el 12% por vía renal.

ISOPROPANOL

Se absorbe fácilmente a partir del tracto gastrointestinal, alcanzando el nivel

pico en plasma, una hora después de la ingestión. También hay absorciones importantes a través de la piel y por vía inhalatoria en estancias poco ventiladas.

Es más tóxico que el etanol pero menos que el metanol.

El 20-50% se excreta sin transformar por el riñón.

ACETONA

La acetona se absorbe rápidamente a través de los pulmones y el tracto gastrointestinal, y más lentamente a través de la piel. Se excreta sin transformar por orina y también en la mucosa respiratoria, teniendo una vida plasmática de 20 a 30 horas.

Alcohol metílico

Alcohol etílico

Alcohol isopropílico

GLICOLES

Al igual que los celosolves y los carbitoles, son líquidos incoloros de olor suave. Son miscibles con la mayoría de los líquidos, debiendo esta amplia solubilidad a la presencia de grupos de hidróxilo, éter y alquilo en la molécula. Los éteres di-alquil glicol son éteres puros con un olor suave y agradable. Los mejores solventes para resinas y aceites son los monoéteres. Como regla, estos compuestos son más volátiles que los monoéteres al mismo punto de ebullición. Los glicoles éteres tienen efecto sobre el cerebro, sangre y riñones. De éstos el más tóxico es el monometil éter del etilen glicol, que es rápidamente absorbido por la piel y se destaca por provocar síntomas neurológicos que incluyen alteraciones en la personalidad. Por otra parte, el monoetil éter del etilen glicol es definitivamente menos tóxico que el monometil éter del etilen glicol o el monobutil éter del etilen glicol, existiendo escasa evidencia de enfermedad industrial o daño provocado por el uso de monoetil éter del etilen glicol.

Los glicoles tienen vapores de presión bajas y, por lo tanto no han constituido desde el punto de vista de su inhalación, un problema industrial. Aquellas intoxicaciones que han ocurrido se debieron en general a la ingestión, siendo el riñón el principal órgano afectado.

Sin embargo, debido a las bajas presiones de vapor, las exposiciones por inhalación no se producen a menos que el material sea calentado o pulverizado.

En estas circunstancias las nieblas y vapores son irritantes.

Etilenglicol
Propilenglicol

ÉTERES

Los éteres se absorben rápidamente por vía respiratoria y sus efectos por intoxicación aguda están relacionados con la irritación de las vías respiratorias superiores, irritación ocular y de la piel. Además presenta efectos sobre el sistema nervioso central manifestándose con euforia, anestesia, cefalea, vértigo, insomnio y trastornos psíquicos.

Éter etílico
Éter isopropílico
Dioxano

ÉTERES DE GLICOLES:

Éter monoetílico de etilenglicol (cellosolve)
Éter monometílico de etilenglicol (metilcellosolve)

ÉSTERES

Se producen por la esterificación de un ácido con un alcohol. Por lo tanto, las propiedades particulares de los ésteres estarán parcialmente determinadas por el alcohol del que derivan. Son buenos solventes para revestimientos superficiales.

A los ésteres se los conoce por sus efectos irritantes sobre superficies expuestas de la piel y tracto respiratorio. También son anestésicos potentes. Los efectos acumulativos de los ésteres comunes que se emplean como solventes no son importantes, salvo por aquellos estados que resulten de una irritación.

Los éteres son hidrocarburos derivados de un acodo orgánico y un alcohol.

Se denominan así por sus alcoholes y ácidos originales, de modo respectivo, por ejemplo metilacetato para el ester del alcohol metilito y ácido acético.

Los ésteres, en particular los más bajos, suelen utilizarse como solventes para recubrimientos de superficie. El acetato de vinilo se utiliza en la producción de acetato de polivinilo y alcohol polivinílico. Otros ésteres más bajos se utilizan para elaborar acrilatos y metacrilatos poliméricos. Los más elevados como plastificantes.

Los ésteres se metabolizan con gran rapidez por esterazas del plasma a sus ácidos y alcoholes orgánicos originales.

Efectos del Acetato de Etilo

En la intoxicación aguda ejerce su efecto irritativo a nivel de piel y mucosas. En concentraciones altas causa efectos nivel de sistema nervioso central y hepatorenal, manifestándose con cefalea, convulsiones, congestión hepática y renal.

En la exposición crónica causa oscurecimiento corneal.

Efectos del Cloruro de Acetilo

En la exposición aguda se presentan las siguientes manifestaciones, tos, jadeo, y sensación de quemazón laríngea.

A nivel cutáneo se manifiesta con piel seca, eritematosa, quemaduras cutáneas graves, dolor y ampollas. Además se produce irritación ocular, dolor y quemaduras oculares.

Acetato de etilo

Acetato de metilo

CETONAS

Han aumentado su importancia como solventes para revestimientos de rayón acetato y de resina vinílica. Son solventes estables y tienen un alto índice de dilación respecto de los hidrocarburos. Son totalmente miscibles con la mayoría de los solventes y diluyentes de barnices y su compatibilidad con los ingredientes de los mismos otorga una buena resistencia al "velado". Las cetonas son en general buenos solventes para ésteres, éteres de celulosa y para muchas resinas sintéticas y naturales.

Las cetonas comunes producen en general una acción narcótica. Todas son irritantes para los ojos, nariz y garganta, y por esta razón no son en general toleradas en concentraciones altas. Se ha comunicado que el metal etil cetona en conjunto con el tolueno o xileno produce vértigo y náusea. Concentraciones tolerables menores pueden menoscabar la capacidad de razonamiento y, por lo tanto, crear peligros secundarios. Las cetonas alifáticas saturadas de cadena más corta son excretadas rápidamente, y por esta razón producen sólo efectos sistemáticos menores.

Las cetonas son hidrocarburos con un grupo carbonilo unido a dos grupos hidrocarburo (El carbonilo no es terminal).

Se producen por la deshidroxilación u oxidación de alcoholes. Las cetonas tienen un olor característico a menta que algunas personas encuentran agradable y otras no.

Las cetonas se utilizan mucho como solventes para recubrimientos de superficie con resinas naturales o sintéticas; en la preparación de tintas, adhesiva y colorante en la extracción y manufactura química y, en menor grado, como agentes limpiadores. Casi una cuarta parte de las cetonas producidas se emplea en la manufactura de metacrilatos y un tercio como solvente.

Las cetonas absorben bien por inhalación de vapores y en menor grado por contacto de la piel con líquido. Sólo la ciclohexanona tiene una designación TLV para piel. Se estima que la retención pulmonar de acetona en reposo es de casi 45%. Casi todas las cetonas se eliminan con rapidez sin modificar por orina, por aire expirado y por reducción a sus alcoholes respectivos.

Acetona
Metil etil cetona

Existen, por otra parte, mezclas complejas de solventes que por su composición muy variable no se encuadran en las familias anteriormente indicadas y que son de uso frecuente en la industria:

Disolvente stoddard
Gasolina
White spirit
Naftas

ALDEHÍDOS

Son bien conocidos como irritantes de la piel y mucosas y por su acción sobre el sistema nervioso central. Es común la dermatitis por aldehídos. Los aldehídos se caracterizan también por sus propiedades sensibilizantes, siendo comunes las respuestas alérgicas.

Nota: las afirmaciones anteriores sólo señalan los efectos tóxicos generales con el objeto de ayudar a la determinación del peligro potencial y para establecer un marco de referencia. Los efectos reales producidos por un solvente específico

o por una mezcla de solventes puede variar en forma considerable. Dentro de cada clase parecen existir uno o más solventes específicos que son, sin ninguna duda, más peligrosos que sus homólogos.

En general, la mayoría de los solventes presentan las siguientes características tóxico cinéticas comunes:

- **Alta volatilidad:** capacidad de una sustancia de vaporizarse o permanecer en estado gaseoso.
- **Alta tensión de vapor:** describe la adherencia o cohesividad de las moléculas con la superficie líquida.
- **Muy liposolubles:** se caracterizan por tener un marcado carácter apolar y por tanto ser altamente solubles en lípidos
- **Altamente lipofílicos:** Su afinidad por los lípidos permite que tengan tendencia a acumularse en los tejidos grasos.
- **Baja constante de ionización:** Permite que la fracción no ionizable produzca toxicidad.

EFFECTOS EN LA SALUD DE LOS SOLVENTES

Trastornos cutáneos

Casi todos los solventes orgánicos son irritantes para la piel por el desengrasamiento o la disolución de los lípidos de la piel.

- La capacidad de desengrase se relaciona directamente con la liposolubilidad e inversamente con su absorción percutánea y volatilidad.
- Depende también la concentración del solvente, tiempo de exposición y la oclusión de la piel por la ropa.

Los solventes causan los siguientes efectos a nivel de piel:

- a) Dermatitis alérgica, por contacto
- b) Esclerodermia, en la que se ha visto una relación importante en la exposición a solventes.

Las actividades relacionadas con la dermatitis por solventes son: pintura, mecánica, impresión y tintorería.

Efectos agudos:

Por lo general las sustancias químicas orgánicas liposolubles volátiles causan depresión del sistema nervioso central, general e inespecífica o anestesia general.

Varios solventes industriales se han utilizado como anestésicos generales desde el etil éter, que se usó como anestésico quirúrgico en la antigüedad.

El tejido nervioso excitable se deprime en todos los niveles del sistema nervioso central, tanto a nivel de cerebro como de médula espinal.

La liposolubilidad como la potencia de los solventes aumenta con la longitud de la cadena de carbonos, con la sustitución de grupos halógenos o grupos de alcoholes y la presencia de uniones de carbonos insaturados

Efectos crónicos sobre el sistema nervioso central

Diversos estudios epidemiológicos en trabajadores con exposición crónica a solventes orgánicos demuestra una mayor frecuencia de efectos neuroconductuales adversos, los cuales se han demostrado en grupos de trabajadores con exposiciones altas como son los fabricantes de embarcaciones, pintores con pulverizadores y en los expuestos a disulfuro de carbono.

Los síntomas incluyen síntomas subjetivos, cambios de personalidad, alteraciones del estado de ánimo, deterioro de las funciones intelectuales valorables por pruebas neuroconductuales.

La intoxicación aguda con solventes puede originar trastornos vestibulo-oculomotores por su efecto en el cerebelo. El tolueno causa disfunción vestibular en los trabajadores con alta exposición a este solvente.

Se han publicado una mayor frecuencia de alteraciones de la visión cromática en trabajadores expuestos a solventes, con pruebas que sugieren un daño más central que periférico.

Efectos sobre el sistema nervioso periférico y nervios craneales

Todos los solventes orgánicos causan y contribuyen a la aparición de neuropatías periféricas.

Sin embargo, sólo unos pocos son tóxicos para el sistema nervioso periférico e incluyen al disulfuro de carbono, n-hexano, y metil n-butil cetona. Causando una neuropatía sensoromotora mixta, simétrica, ascendente, tipo axonopatía distal.

La metil etilcetona potencia la neurotoxicidad de los hexacarbonos (n-hexano, metil n-butil cetona).

El tricloroetileno se relaciona con anestesia aislada del nervio trigémino.

Otros solventes orgánicos como el metil cloroformo producen neurotoxicidad periférica.

Las pruebas epidemiológicas y los informes de casos de quienes tienen una alta exposición a solventes, relacionan la exposición de los mismos con pérdida neurosensorial de la audición. El tolueno causa disfunción vestibular a quienes presentan alta exposición a este solvente.

Se han publicado una mayor frecuencia de alteraciones cromáticas en trabajadores expuestos a solventes con pruebas que sugieren un daño más central que periférico. Además se observan alteraciones de la función olfatoria tales como hiposmia, parosmia en casos de personas expuestas a solventes como pintores de muchos años de ocupación.

Efectos sobre el aparato respiratorio

Todos los solventes irritan el aparato respiratorio en diferente grado. La irritación es una consecuencia de la acción desengrasante de los solventes.

Al adicionar carbonos o grupos funcionales a la molécula del hidrocarburo se aumenta la potencia del solvente como irritante (aminas orgánicas y ácidos orgánicos).

La mayor parte del efecto es el aparato respiratorio superior, principalmente en nariz y senos paranasales. Algunos solventes muy potentes como el formaldehído llegan a las vías respiratorias inferiores, previamente presentando su efecto corrosivo en las vías respiratorias superiores.

Los irritantes menos potentes llegan a los alvéolos después de exposiciones agudas en extremo elevadas, como en escapes y en espacios limitados, causando edema pulmonar grave.

El edema pulmonar sin efectos en el sistema nervioso suele deberse a la exposición (suele deberse a la exposición) al gas fosgeno durante el calentamiento extremo (como al soldar) de solventes hidrocarburos clarificados.

Efectos en el sistema cardiovascular

El principal efecto por los solventes es la sensibilización adrenérgica cardíaca,

estado de aumento de la sensibilidad del miocardio a los efectos arritmogénicos de la adrenalina.

La exposición al Disulfuro de Carbono se manifiesta con el riesgo aumentado para enfermedad coronaria en varios estudios epidemiológicos.

Efectos en el hígado

Es posible que un solvente cause daño hepatocelular en dosis suficiente por una duración específica, algunos son más hepatotóxicos en particular los sustituidos con grupos halógenos o nitros.

Otros como los hidrocarburos alifáticos (cicloparafinas, éteres, ésteres, aldehídos y cetonas) sólo son hepatotóxicos débiles.

Los hidrocarburos aromáticos (benceno, tolueno, xileno) son hepatotóxicos leves.

Algunos solventes como la cetona potencian los efectos del alcohol en el hígado.

Efectos en los riñones

En la intoxicación aguda por tetracloruro de carbono se observa insuficiencia renal grave debida a necrosis tubular aguda.

En los trabajadores con alta exposición a solventes, en particular al tolueno, se observa acidosis tubular renal.

Los estudios de control de casos sugieren una relación entre la exposición a solventes y glomerulonefritis primaria, en particular la glomerulonefritis de progresión rápida, acompañada de anticuerpos antimembrana basal.

Efectos en el aparato reproductor

Casi todos los solventes orgánicos cruzan con facilidad la barrera lipídica de la placenta y en menor grado, los testículos. En estudios de control de casos se sugiere una relación entre la exposición materna a solventes orgánicos y defectos congénitos en el sistema nervioso central, cardiovascular y urinario.

En trabajadores con exposición crónica a ésteres de glicol presentan una prevalencia aumentada de oligospermia y azoospermia, en comparación con trabajadores no expuestos.

EXPOSICIÓN E INTOXICACIÓN

Un trabajador expuesto al contacto con solvente, como consecuencia de esa exposición, puede desarrollar un daño en su organismo. Ese daño será proporcional a una serie de factores como son:

- Los propios de la naturaleza humana.
- Los característicos de los disolventes (su toxicidad).
- La velocidad de absorción por el organismo.
- La concentración en el ambiente.
- Tiempo de exposición.

ABSORCIÓN

Los solventes orgánicos son sustancias que a temperatura ambiente se encuentran en estado líquido y pueden desprender vapores, por lo que la vía de intoxicación más frecuente es la inhalatoria, aunque también se puede producir por vía digestiva y cutánea.

RESPIRATORIA

Todos los solventes orgánicos son tóxicos, aunque su toxicidad varía de unos productos a otros.

Los vapores que desprenden son más pesados que el aire, por lo que su mayor concentración estará cerca del suelo. Estos vapores son rápidamente absorbidos a través de los pulmones, cruzan con gran facilidad las membranas celulares, y debido a su gran solubilidad en grasas, alcanzan concentraciones especialmente altas en el SNC.

DÉRMICA

La segregación de las glándulas (sebáceas, sudoríparas y mamarias) forma una película superficial, que es una emulsión de lípidos y agua, lo que supone una estupenda protección frente a muchos tóxicos. En el caso de los disolventes, al presentar una gran lipofilia reaccionan en la fase lipídica de la emulsión y se disolverán. Que penetren o no en el interior dependerá del número de átomos de las cadenas. Los de cadena corta (volátiles) se evaporarán y los de cadena demasiado larga permanecerán en la zona lipídica porque su viscosidad no permitirá la penetración.

También hay que considerar que el contacto con los disolventes destruye las proteínas que forman la membrana celular y las fibras de queratina. Esta alteración modifica la capacidad de protección de la piel, que se verá afectada con sucesivas agresiones.

METABOLISMO

Los solventes que penetran al organismo exclusivamente por vía inhalatoria, no se transforman y tampoco se almacenan. Una vez absorbido se difunde rápidamente por pulmón, sangre y otros tejidos.

Sin embargo aquellos que alcanzan a metabolizarse por oxidación hepática, forman compuestos solubles en agua que pueden ser excretados por el riñón.

ELIMINACIÓN

La principal vía de eliminación de los hidrocarburos del organismo es el riñón. La vía respiratoria a través del aire exhalado en forma libre sin modificación, es la segunda vía en frecuencia y de marcada importancia para algunos hidrocarburos como el benceno (50%-60%), el tolueno (16%), el xileno (10%-15%), el etano (60%). La volatilidad y la polaridad de la sustancia, influyen en el grado de eliminación y en el aire exhalado; entre mayor volatilidad tenga una sustancia, mayor será su eliminación respiratoria y por consiguiente disminuirá la absorción pulmonar.

MECANISMO DE ACCIÓN

Hidrocarburos de cadena larga (C5-C8).

Se caracterizan por una volatilidad intermedia y una baja viscosidad. En general tienen un bajo poder tóxico y se necesitan altas concentraciones en el ambiente para que produzcan depresión central.

DESTILADOS DEL PETRÓLEO

Estudios realizados en animales han demostrado que la lesión pulmonar después de la ingestión se debe a absorción gastrointestinal. La aspiración puede ocurrir inicialmente cuando la sustancia es ingerida, o posteriormente durante el vómito. La potencial aspiración de un hidrocarburo dependen de sus características físicas, y el riesgo de que se produzca se incrementa con la baja

viscosidad, alta volatilidad y baja tensión superficial. Los destilados del petróleo producen inhibición del surfactante pulmonar, que da lugar a colapso alveolar, alteraciones en la relación ventilación/perfusión y subsecuente hipoxemia.

Aunque los destilados del petróleo se absorben mal a través del tracto gastrointestinal, pueden producir sin embargo, inflamación y ulceración de las mucosas e infiltración grasa del hígado.

MEDIDAS DE PREVENCIÓN Y CONTROL CON LOS SOLVENTES

Prevención

Se debe hacer presencia en la fuente o foco contaminante, en el medio de propagación y en las personas.

Medidas de prevención en la fuente o foco contaminante

En lo concerniente a generar la sustitución de la materia prima por altos costos, agresividad o toxicidad es importante determinar que sería conveniente usar un disolvente por ejemplo más acuoso, pero no todos los procesos lo permiten. Las modificaciones que sobre el disolvente pueden hacerse van encaminadas siempre a la sustitución de un producto por otro de menor toxicidad. Por ejemplo, sustituir el tricloroetileno por el 1,1 tricloroetano, disolvente menos tóxico, es un cambio eficaz.

Se debe desarrollar estudios para que en los procesos se den los cambios oportunos en sustancias que primero den las condiciones y características a los productos terminados en calidad y generan seguridad a los trabajadores, para que no afecten su salud.

Entre más toxicidad generen algunos productos en su transformación o aplicación en los procesos productivos, mayores medidas de intervención se deben tomar como encerramiento para que no tengan ni contacto con el trabajador ni afecte el medio de propagación.

Dentro de las medidas de prevención se pueden aplicar modelos de intervención como campanas o extractores, puertas flexibles y ventanas de observación de la aplicación del solvente en el proceso productivo.

Medidas de prevención en el medio de propagación

Ventilación general

Proporcionada por extractores, con entradas de aire, colocados de una forma uniforme; su caudal de extracción debe ser el adecuado en función de la cantidad de contaminante generado. Puede tenerse una ventilación localizada en aquellos puntos con mayor concentración o toxicidad media, como el tricloroetileno o tolueno.

Extractores

Puntuales en el puesto de trabajo que recogen la cantidad de solvente que se evapora y llevarlo a unos filtros especiales.

Limpieza

Los disolventes vertidos en el suelo o las máquinas, los trapos impregnados o los equipos que pierden disolvente originan zonas donde en contacto con la atmósfera, se evaporan y se mezclan con el aire. La limpieza se realizará por procedimientos húmedos o de aspiración.

Sistemas de alarma

Muy útiles en las zonas próximas al foco emisor o donde por diferencias de temperatura, pueden acumularse más vapores. Cuando se detecta una concentración elevada de contaminante se activa la alarma, y paralelamente, se ponen en funcionamiento ventiladores secundarios.

Medidas de prevención en las personas

La sensibilización, la capacitación, el compromiso y la aplicación son las herramientas más eficaces para conseguir una mejora de las condiciones de trabajo. Es imprescindible que los trabajadores sean conscientes de los riesgos que entraña su labor diaria. Todos los productos deben estar correctamente etiquetados con los riesgos que generan y las medidas preventivas que se deben adoptar.

Higiene personal

El trabajador debe disponer de servicios adecuados, con una correcta situación para tener fácil acceso a ellos. Esto evitará que el operario se limpie un resto de grasa con un disolvente, por no ir hasta el lavado. También debe estar prohibido

manipularlos, comer y beber en el área donde se manipulan los alimentos. No permitir fumar debido a la gran volatilidad de los disolventes.

Rotación de personal

Es un método muy aplicado en la manipulación y trabajo con solventes puesto que disminuye el tiempo de exposición al contaminante. Se utiliza cuando no es posible reducir la concentración de solvente o cambiar de producto, la concentración en el aire para que la dosis de alta concentración no afecte al trabajador.

El encerramiento de los lugares de trabajo en los cuales se utilizan solventes muy tóxicos.

La forma más importante para prevenir la inhalación de solvente es mantenerlos fuera del área de respiración. Esto se consigue empleando sistemas cerrados y ventilación extractiva local. Los recipientes, una vez abiertos, deben mantenerse tapados, excepto cuando están en uso. Los sistemas deben diseñarse para prevenir y contener el solvente en el caso que esto ocurra.

Ventilación

Debe tenerse en cuenta para todo proceso en que se empleen solventes. También las áreas de almacenado requieren de una ventilación general adecuada para evitar la acumulación y formación de concentraciones inflamables o tóxicas.

El almacenamiento de solventes inflamables o tóxicos sólo debe hacerse en refrigeradores diseñados o preparados para tal fin y éstos deben tener etiquetas en forma destacada indicando cual es su uso.

Medidas de prevención en las personas en cuanto al uso de los elementos de protección personal.

Se debe crear un compromiso con el trabajador de utilizar los elementos de protección, que son fundamentales para la manipulación de los solventes.

Equipos de Protección Individual. Se usarán cuando los riesgos no se puedan evitar o limitar lo suficiente, con otras medidas preventivas que pueden ser:

Contacto con la piel

Otro peligro importante debido a los solventes es el contacto con la piel. Este contacto se produce por inmersión directa, salpicaduras, derrames, contacto

con una prenda de vestir empapada con solvente, uso de guantes inadecuados y contacto con objetos mojados son solventes. Es muy importante la utilización de caretas o gafas para protección de la cara en general ver figura 9. Algunos solventes como: benceno, tetracloruro de carbono y alcohol metílico pueden provocar daño fisiológico.

La forma más efectiva y frecuentemente la única para prevenir el daño es evitar el contacto del solvente con la piel. Esto puede realizarse mediante el uso de dispositivos mecánicos para el manipuleo como pinzas y empleando ropa protectora impermeable como delantales, máscaras y guantes, trajes, gorros y botas.

Merecen atención los guantes, que deben ser impermeables y resistentes a los disolventes.

Filtros

Se encuentran en el mercado caretas de dos vías con doble cartucho de carbón activado para la purificación del medio ambiente y evitar que los gases afecten la salud del trabajador. Se produce absorción del solvente sobre el carbón y se logra sucesiva regeneración del filtro con lavado de vapor de agua que lo desabsorbe.

Respiradores

No deben ser usados como único medio de protección, debido a que existen demasiados factores que limiten su uso. El equipo respiratorio protector especialmente el tipo purificador de aire, está limitado a los escapes alrededor de la máscara, contaminación de superficies, deterioro de la eficiencia con el uso y necesidad de oxígeno adecuado. A menos que sea usado en forma correcta y manteniendo en forma apropiada, puede constituirse en un peligro más grande para el trabajador que si no tuviera ninguna protección.

La protección respiratoria, que puede ser dependiente del medio ambiente o independiente del medio.

Los primeros utilizan el aire del ambiente de trabajo, reteniéndolo o transformándolo para que sea respirable. Constan de un adaptador facial y un filtro. Dentro de los adaptadores faciales, en el campo de los disolventes, el más adecuado es la máscara porque protegerá la zona ocular frente a posibles salpicaduras.

Los segundos son aquellos que no utilizan el aire del medio laboral y son los equipos semi autónomos o autónomos.

Reciclado

En la actualidad existen métodos de reciclado de disolventes que son capaces de recuperar aproximadamente el 90% del volumen original de los líquidos. De esta forma se reutilizan los disolventes y se produce una menor contaminación.

El funcionamiento de la máquina de reciclado es relativamente sencillo: se coloca el disolvente sucio en un tanque de teflón cubierto con tapa de acero inoxidable. Mediante un termostato se hace subir la temperatura del disolvente por encima del punto ebullición. El líquido se volatiliza y pasa a un condensador, que se enfría con aire, donde concentra el disolvente y se vuelve a reutilizar.

Conductas en salud y prevención de accidentes

Se deben conocer todas las condiciones y prácticas que contribuyen a una exposición excesiva y llamar la atención al personal responsable. Los usuarios deben ser entrenados en el manejo de los solventes en forma adecuada para prevenir exposiciones nocivas. Se deben fijar guías de manipulación. Los solventes muy tóxicos, muy inflamables o aquellos que la experiencia ha demostrado que son extremadamente peligrosos, deben ser prohibidos para el uso general sin una evaluación o autorización especial.

Medidas de intervención y control

Por lo que respecta a la potencial peligrosidad ambiental de los solventes clorados, recordemos que se trata de sustancias no biodegradables y escasa o modestamente acumulables en el ambiente de cuyos efectos negativos se pueden resentir los niveles atmosféricos e hídricos

La concentración medida desde la atmósfera al suelo es muy variable, según el grado de industrialización de la zona considerada, mientras que la relativa a la troposfera evidencia un ligero aumento año tras año. Esta contaminación del aire además de resultar peligrosa para la salud, en el caso de elevadas concentraciones locales (las cuales se pueden encontrar dentro o en inmediaciones de instalaciones inadecuadas o mal gestionadas), se sabe que contribuye a la destrucción de la capa de ozono y al fenómeno de la lluvia ácida.

Respecto al proceso de degradación a través de la acción del oxígeno y de las radiaciones U.V. lleva a la rotura de la molécula con formación de H_2O , CO_2 , y

HCI, conduciendo al fraccionamiento en la atmósfera de la concentración de los solventes clorados en un tiempo variable; de algunas semanas (tricloroetilero) algunos meses (percloroetileno) o años (tricloroetano).

Pasando a analizar el problema de la contaminación de las aguas superficiales, se puede evidenciar como la concentración de solventes clorados es elevada sólo en correspondencia a las fuentes de contaminación o a breve distancia de éstas. Dado que las características químico-físicas de estos productos (baja solubilidad) alta tensión de vapor, elevado coeficiente de repartición aire-agua hacen que estén sujetos a una rápida evaporación en la atmósfera.

Más grave es el problema relativo a la presencia de solventes clorados en las aguas subterráneas en áreas de elevada industrialización, atribuible sin lugar a dudas a descargas indiscriminadas de los residuos de las operaciones de desengrase y/o regeneración del solvente.

Por último, pero no menos importante, se halla el aspecto legislativo, para terminar con la problemática de la contaminación por solventes clorados, y en relación a la eliminación de los residuos derivados de la regeneración por destilación de estos solventes.

Notables evoluciones desde el punto de vista técnico han permitido respetar los límites legislativos entre las cuales destacamos:

- Construcción de instalaciones de lavado herméticas, que trabajan a cielo cerrado con bajo consumo de solventes.
- La adopción de instalaciones de destilación al vacío o en corriente de vapor para la regeneración del baño agotado.
- La utilización de filtros de carbón activado.

Todas estas técnicas de probada eficacia tienen el único inconveniente de la inversión económica que suponen y, por otro lado, de un futuro incierto, visto un mas que probable endurecimiento legislativo comunitario.

Esto permite motivar la actual revalorización de los procesos de desengrase alternativo, basados en el uso de detergentes de base acuosa o hidrocarburos no halogenados.

De hecho la formulación de productos mejorados desde el punto de vista químico y de la adopción de nuevas tecnologías de recuperación ha determinado una inversión en las tendencias por lo que concierne a los productos empleados. Por ejemplo limpieza de piezas, que salen de procesos industriales.

Por lo tanto la mayoría de los solventes son inflamables. En caso de incendio o explosión se debe evacuar y aislar el área de peligro, restringir el acceso a personas sin la debida protección, usar guantes, extintores apropiados: de espuma, y dióxido de carbono o polvo químico seco. El uso de agua puede resultar inefectivo y contraproducente.

Medidas de control en la fuente

Se aplican básicamente dos medidas: la sustitución y el aislamiento de los procesos con solventes.

En la sustitución del solvente por otro menos tóxico, se debe elegir el que tenga mayor concentración permitida o sea mayor TLV y menor presión de vapor.

El aislamiento debe impedir que en el proceso industrial existan escapes contaminantes a la atmósfera, efectuando el manejo del solvente en sistemas herméticamente cerrados.

Medidas para la manipulación

Existen etiquetas o placas para marcar e identificar los riesgos y el peligro de cada uno de los solventes, que deben conocer todos los trabajadores que los manipulen, almacenen o transporten.

El nivel del peligro en una escala de 0 a 4 siendo 4 el nivel de más alta peligrosidad. El tipo de riesgo se indica por medio de colores.

Rojo:	Inflamabilidad
Azul:	Toxicidad
Amarillo:	Reactividad
Blanco:	Peligros especiales

Otras etiquetas clasifican los materiales por clases de peligros: explosivos, gases inflamables, líquidos inflamables, venenos, radiactivos.

Para obtener una información completa de los solventes asegúrese de revisar y conocer la hoja de datos químicos (Ficha toxicológica). Estas hojas contienen información sobre el nombre del químico, del fabricante y de los peligros que presenta. Se presenta como modelo la Ficha internacional de seguridad química del Benceno elaborada por el Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales de España.



1 Fichas Internacionales de Seguridad Química

BENCENO

ICSC: 0015





Ciclohexatrieno
Benzol
C₆H₆
Masa molecular: 78.1

Nº ICSC 0015
Nº CAS 71-43-2
Nº RTECS CY1400000
Nº NU 1114
Nº CE 601-020-00-8

TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICIÓN	PELIGROS/ SÍNTOMAS AGUDOS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Polvo, AFFF, espuma, dióxido de carbono.
EXPLOSIÓN	Las mezclas vapor/aire son explosivas. Riesgo de incendio y explosión: véanse Peligros Químicos.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular. Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas. Evitar la generación de cargas electrostáticas (por ejemplo, mediante conexión a tierra).	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

EXPOSICIÓN		¡EVITAR TODO CONTACTO!	
€ INHALACIÓN	Vértigo. Somnolencia. Dolor de cabeza. Náuseas. Jadeo. Convulsiones. Pérdida del conocimiento.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
€ PIEL	¡PUEDE ABSORBERSE! Piel seca. Enrojecimiento. Dolor. Para mayor información, véase Inhalación.	Guantes protectores. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse. Proporcionar asistencia médica.
€ OJOS	Enrojecimiento. Dolor.	Pantalla facial, o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
€ INGESTIÓN	Dolor abdominal. Dolor de garganta. Vómitos. (Para mayor información, véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
<p>Eliminar toda fuente de ignición. Recoger, en la medida de lo posible, el líquido que se derrama y el ya derramado en recipientes herméticos. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verterlo al alcantarillado. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. (Protección personal adicional: traje de protección completa incluyendo equipo autónomo de respiración).</p>	<p>A prueba de incendio. Separado de alimentos y piensos, oxidantes y halógenos.</p>	<div style="display: flex; align-items: center;">   <div style="margin-left: 10px;"> <p>NU (transporte): Ver pictograma en</p> <p>cabecera. No transportar con alimentos y piensos. Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: II</p> <p>CE: Nota: E símbolo F símbolo T R: 45-11-48/23/24/25 S: 53-45</p> </div> </div>

VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE

ICSC: 0015

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2003

1 Fichas Internacionales de Seguridad Química

BENCENO**ICSC: 0015**

D A T O S I M P O R T A N T E S	<p>ESTADO FÍSICO: ASPECTO: Líquido incoloro, de olor característico.</p>	<p>VIAS DE EXPOSICIÓN: La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.</p>
	<p>PELIGROS FÍSICOS: El vapor es más denso que el aire y puede extenderse a ras del suelo; posible ignición en punto distante. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.</p> <p>PELIGROS QUÍMICOS: Reacciona violentamente con oxidantes, ácido nítrico, ácido sulfúrico y halógenos,) originando peligro de incendio y explosión. Ataca plásticos y caucho.</p> <p>LÍMITES DE EXPOSICIÓN: TLV: 0.5 ppm como TWA; 2.5 ppm como STEL; (piel); A1; BEI disponible; (ACGIH 2003). MAK: H (absorción dérmica); Cancerígeno categoría: 1; Mutágeno categoría: 3A; (DFG 2003).</p>	<p>RIESGO DE INHALACIÓN: Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar muy rápidamente una concentración nociva en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN: La sustancia irrita los ojos, la piel y el tracto respiratorio. La ingestión del líquido puede dar lugar a la aspiración del mismo por los pulmones y la consiguiente neumonitis química. La sustancia puede causar efectos en sistema nervioso central, dando lugar a disminución del estado de alerta. La exposición muy por encima del valor límite de exposición profesional puede producir pérdida del conocimiento y muerte.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA: El líquido desengrasa la piel. La sustancia puede afectar a la médula ósea y al sistema inmune, dando lugar a una disminución de células sanguíneas. Esta sustancia es carcinógena para los seres humanos.</p>
PROPIEDADES FÍSICAS	<p>Punto de ebullición: 80°C Punto de fusión: 6°C Densidad relativa (agua = 1): 0.88 Solubilidad en agua, g/100 ml a 25°C: 0.18 Presión de vapor, kPa a 20°C: 10 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.7</p>	<p>Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.2 Punto de inflamación: -11°C c.c. Temperatura de autoignición: 498°C Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1.2-8.0 Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 2.13 Energía mínima de ignición: 0.2 mJ (no en la ficha)</p>
DATOS AMBIENTALES	La sustancia es muy tóxica para los organismos acuáticos.	
NOTAS		

El consumo de bebidas alcohólicas aumenta el efecto nocivo. Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. La alerta por el olor es insuficiente.
 Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-30S1114/30GF1-II
 Código NFPA: H 2; F 3; R 0;

INFORMACIÓN ADICIONAL

Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección:
<http://www.mtas.es/insht/practice/vlas.htm>

Última revisión IPCS: 2003
 Traducción al español y actualización de valores límite y etiquetado: 2003
 FISQ: 3-029

ICSC: 0015

BENCENO

© CE, IPCS, 2003

**NOTA LEGAL
 IMPORTANTE:**

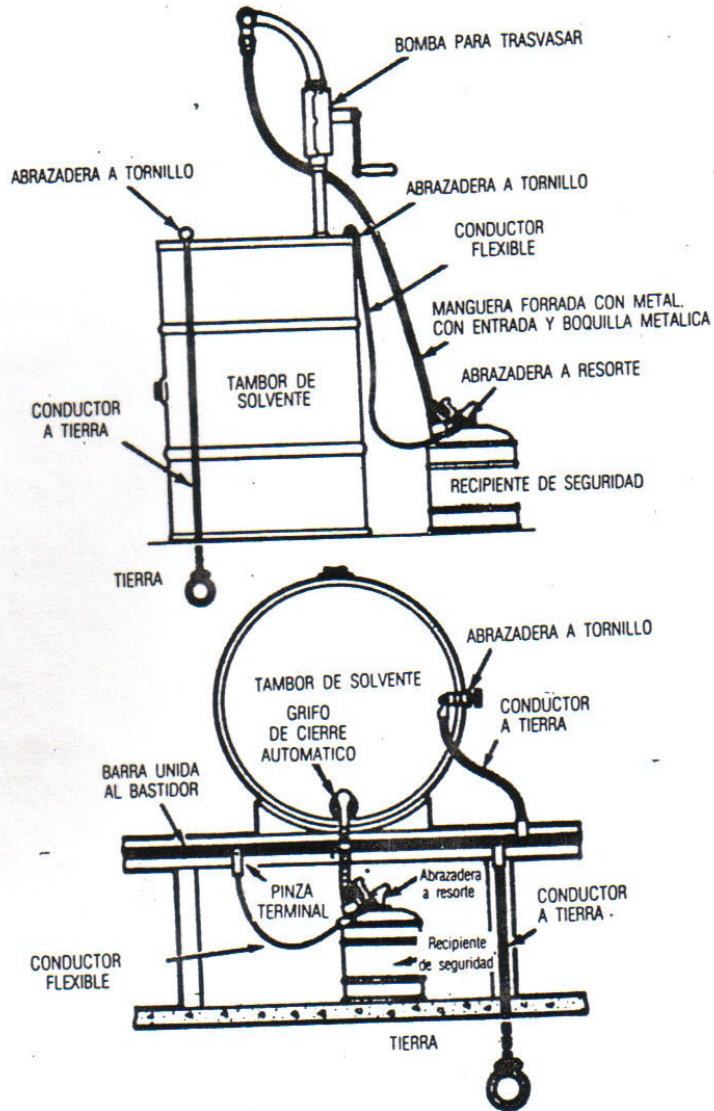
Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.

Si el químico es transferido a un nuevo contenedor, éste también debe estar etiquetado. Estas hojas también deben usarse en el lugar de almacenamiento.

Se deben usar las menores cantidades posibles de solvente y conocer dónde se encuentra el equipo de emergencia y de primeros auxilios.

Utilizar herramientas que no produzcan chispas, emplear envases de metal, no son recomendables los vidrios. En caso de daños en los envases, informar de inmediato al jefe ya que las reparaciones provisionales son un peligro.

Para las labores de trasvasar se debe hacer uso de la puesta a tierra según se muestra en los siguientes diagramas.



Métodos para trasvasar líquidos desde un tambor de 200 litros a un recipiente portátil. En la parte inferior: tambor horizontal Si de esta manera no puede mantenerse una unión eléctrica continua se deberán unir los recipientes por medio de un conductor flexible.

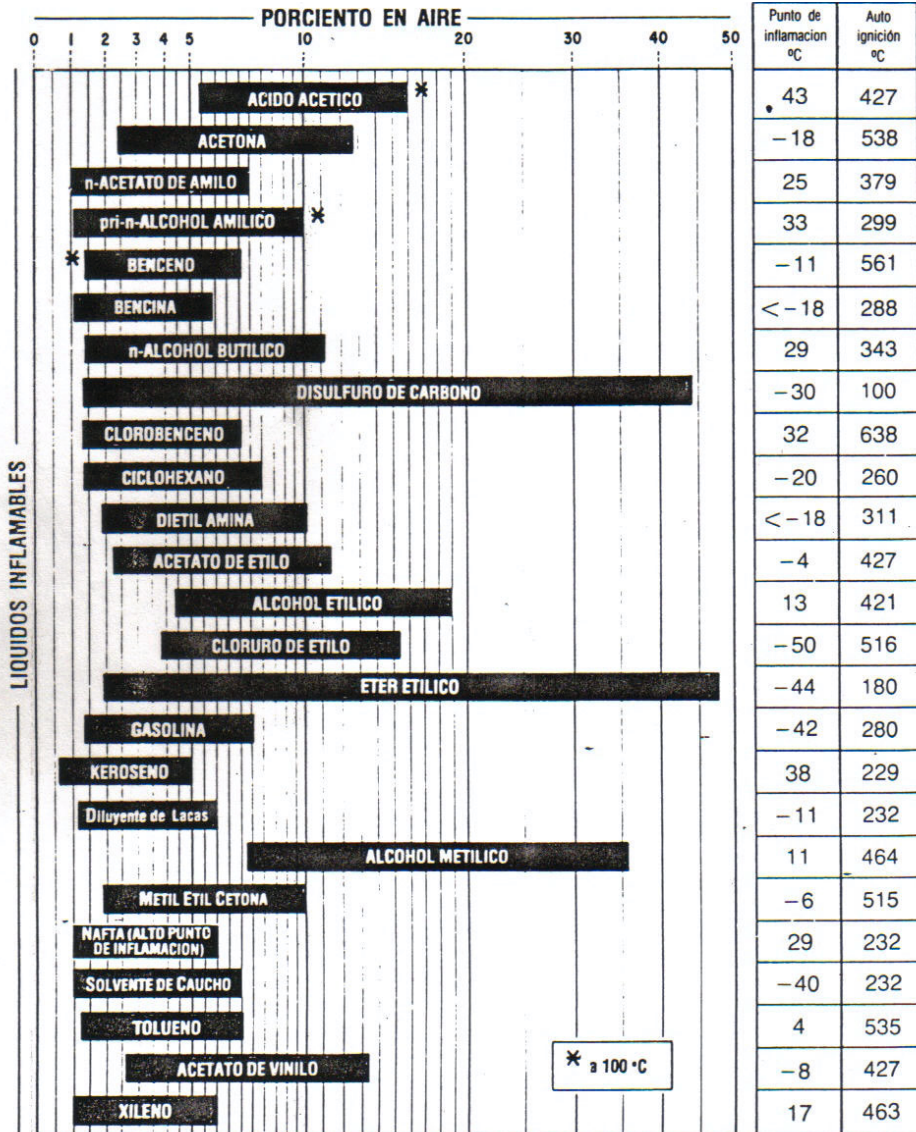
Medidas para el almacenamiento.

Almacenar en lugares ventilados a nivel del piso, lejos de fuentes de calor o combustión y construidos con materiales a prueba de incendio.

Colocar avisos de no fumar, señalización adecuada y salidas de emergencia. Los equipos eléctricos y de iluminación deben ser a prueba de explosión. Conectar a tierra los recipientes para evitar descargas electrónicas.

Muchos líquidos inflamables (y combustibles) son volátiles por naturaleza y sus vapores combinados con el aire, no los mismos líquidos por sí mismos son los que entran en ignición y se queman. La velocidad de evaporación varía mucho entre un líquido y otro y se incrementa con la temperatura. En muchas circunstancias, un incremento de la temperatura crea una situación más peligrosa debido al incremento de la velocidad de evaporación. Los líquidos inflamables se evaporan y pueden formar mezclas inflamables en recipientes abiertos o cerrados, cuando se producen pérdidas o se derraman y cuando son calentados. El grado de peligro está determinado principalmente por el punto de inflamación del líquido, la concentración de la mezcla aire-vapor y la proximidad a una fuente de ignición que produzca energía calórica suficiente como para encender la mezcla.

ÁMBITOS DE INFLAMACIÓN



Ámbitos de inflamabilidad de algunos líquidos seleccionados

Medidas de control en el ambiente de trabajo

Se compone esencialmente de una campana colocada en el foco del contaminante, un ventilador que genera el movimiento del aire para aspirar el contaminante, un conducto por el cual debe circular al aire contaminado y un depurador de aire que logre sacar al exterior un aire no contaminante. La extracción localizada del foco en el que se produce la evaporación del solvente es la más usada y de mayor efectividad.

La ventilación general, debe considerar los siguientes aspectos: la naturaleza del contaminante, las fuentes de calor o emisión del producto químico, la concentración en el ambiente, el volumen del taller o de bodega a ventilar, la naturaleza del trabajo que se realiza (esfuerzo – fatiga) y la dilución del contaminante por el sistema de ventilación que se instale.

La medición permanente de la atmósfera para conocer la magnitud de la contaminación.

Asegurar una buena ventilación general para el área de trabajo.

Manejo de desechos

El manejo de desechos ácidos y alcalinos es realizado mediante la disolución de agua, o si la cantidad lo exige, mediante una previa neutralización

Debe ser realizado mediante técnicas que involucren la disolución, neutralización, inactivación o incineración del producto.

Evitar la salida al ambiente de vapores, humos y gases con reconocida toxicidad o que generen malos olores.

Medidas de control en el trabajador

En lo concerniente a las medidas de control en el trabajador se debe tener especial cuidado en la selección de los elementos de protección personal.

Protección e higiene personal

El trabajador siempre debe usar protección personal así sea corta la exposición o actividad que realice con el solvente.

Es necesario el uso de mascarillas respiratorias, ropa resistente e impermeable,

botas y guantes de material apropiado para el solvente que se va emplear, pues la mayoría de los materiales utilizados pueden ser disueltos y destruidos por el solvente. Por ejemplo, se deben utilizar batas y delantales plásticos o de PVC cuando se manejen químicos corrosivos. Las prendas de protección personal deben mantenerse limpias y cuidadas escrupulosamente.

Es esencial conservar estrictas normas de higiene, lavarse con frecuencia con agua y jabón, utilizar la ducha y cambiarse de ropa, mantener las manos limpias, no fumar, ni comer en el sitio de trabajo.

La higiene personal es un factor importante en la disminución de los efectos tóxicos de los solventes.

Medidas complementarias.

El proceso de capacitación y educación del trabajador debe ser continuo, es importante recalcar la formación en el conocimiento de la ficha toxicológica, la cual tiene datos para actuar ágil y rápidamente en el momento en que se presente un evento grave. Las fichas epidemiológicas deben contener:

- Identificación del producto
- Componentes peligrosos
- Información química y física
- Información sobre peligros en la salud
- Tratamiento de primeros auxilios
- Información sobre protección personal
- Precauciones para manipulación y almacenamiento
- Procedimientos a seguir en caso de escapes o derrames
- Bibliografía y referencias.

En la Resolución 2400 de 1979 en el capítulo XI, artículos 166 168 a se establecen algunas normas para el manejo de las sustancias inflamables y explosivas.

GASES Y VAPORES

La toxicidad de los gases y vapores varía enormemente desde un mínimo hasta los que producen una muerte instantánea cuando se encuentran aún en pequeñas concentraciones en el aire inhalado como en el caso del monóxido de carbono y el gas cianhídrico. Los gases y los vapores poseen generalmente un efecto tóxico de mayor rapidez de aparición y gravedad que los manifestados por otros estados de agregación de la materia. Ello se puede explicar puesto que la vía de ingreso al organismo es la inhalatoria y el tóxico se disuelve en sangre arterial, mientras que por otras vías se incorpora a la circulación venosa.

En diversos procesos industriales se pueden producir intoxicaciones por gases o vapores procedentes de su incorrecta utilización o cuando se liberan al mezclarse dos o más sustancias entre sí.

Desde el punto de vista de intoxicaciones colectivas por gases y vapores, hay que destacar las situaciones de guerra cuando se han utilizado como armas químicas, en algunas fuentes naturales como la ocurrida en agosto de 1986 en el lago Nyos, en Camerún debido al dióxido de carbono y por catástrofes industriales.

Entre las catástrofes industriales se destaca la ocurrida en diciembre de 1984 en Bhopal, India, donde la emisión de vapores de metil-isocianato a la atmósfera ocasionó más de dos mil muertes y más de veinte mil intoxicados.

En higiene industrial tienen interés una serie de gases frecuentemente utilizados en la industria o generados en procesos y que por su especial toxicidad, su inhalación puede presentar peligros para la salud aún en concentraciones inferiores al límite máximo permisible.

En cuanto a los vapores, los más frecuentes en los lugares de trabajo proceden de los disolventes utilizados en los múltiples procesos industriales: operaciones en tanques abiertos, desengrase, pintura, barnizado, etc.

Con anterioridad se habían definido los dos términos correspondientes al presente capítulo de la siguiente manera:

Los **gases** son fluidos que en condiciones normales (25 ° C de temperatura y 760 mm de Hg de presión), se encuentran en estado gaseoso, no tienen forma, ocupan el espacio del recipiente que los contiene y que pueden pasar al estado líquido o sólidos por efecto de variaciones de la presión y temperatura.

Los **vapores** son la forma gaseosa de sustancias que en condiciones normales, 25 ° C de temperatura y 760 mm de Hg de presión, se presentan líquidas o sólidas.

Están constituidos por partículas de tamaño molecular las cuales pueden moverse bien por transferencia de masa o difusión, como el flujo de un gas a lo largo de una conducción, o bien por la influencia de la fuerza gravitacional existente entre las moléculas.

Como quiera que de las dos variables la primera es de efecto máximo y la segunda de valor mínimo, los gases y vapores permanecerán en la atmósfera durante largos períodos de tiempo, pudiendo además alcanzar lugares distantes del foco de emisión.

Uno de los factores más importantes que gobierna el lugar de acción de un tóxico, su distribución y saturación en el organismo, es la solubilidad del agente tóxico, en los diferentes sistemas fisiológicos. Así, si el gas posee una alta solubilidad en los fluidos que recubren las mucosas del sistema respiratorio, la mayor parte del tóxico inhalado se absorberá en las vías del tracto respiratorio superior, y consecuentemente la cantidad de tejido atacado dependerá de la concentración del tóxico en el aire inhalado, antes que del tiempo de exposición del sujeto.

En cuanto a sus efectos fisiológicos los gases y vapores se clasifican en: asfixiantes, irritantes, sensibilizantes y anestésicos.

Gases asfixiantes

Son sustancias que causan una deficiencia de oxígeno sin interferir con la mecánica de la respiración. Estos se dividen en asfixiantes simples y asfixiantes químicos.

Asfixiantes simples

De los asfixiantes simples se debe destacar el dióxido de carbono (CO_2), el metano, los gases inertes (argón, nitrógeno, helio, etc) que pueden producir muerte inmediata debido a un colapso cardio-circulatorio cuando consiguen desplazar el oxígeno de la atmósfera a concentraciones inferiores al 10%.

El CO_2 se produce en incendios, en minas mal ventiladas, en cuevas naturales (lago de Camerún), en fermentación de cavas.

El metano se encuentra en las minas de carbón.

El nitrógeno es el componente mayoritario del aire, de la misma forma que el dióxido de carbono desplaza el oxígeno del lugar donde se contacta. La fuente contaminante clásica es la de los buceadores.

Asfixiantes químicos

Están comprendidos por el monóxido de carbono (CO), los agentes metahemoglobinizantes y los compuestos cianógenos volátiles.

Monóxido de Carbono

Gas incoloro, inodoro, no irritante, de densidad inferior a la del aire (0.96). Las fuentes contaminantes principales provienen de la combustión incompleta de materias carbonadas orgánicas (carbón, papel, madera, aceites, gasolina, etc), los fogones a gas, al carbón donde el residuo de la nafta constituye una principal fuente contaminante, el gas procedente de los motores de explosión contiene hasta un 8 % de CO (riesgo en los parqueaderos).

En la industria metalúrgica el gas de los altos hornos contiene alrededor del 30 % de Co, producción de gas de calefacción, incendios y explosiones, en espacios confinados y como etiología no profesional el consumo de tabaco también es una fuente contaminante de CO.

La principal acción tóxica del CO resulta de la anoxia provocada por la conversión de la oxihemoglobina en carboxihemoglobina. La afinidad de la hemoglobina por el CO es de unas 210 veces más que por el oxígeno. También el CO tiene una mayor afinidad que el O₂ en unirse a la mioglobina (puede inhibir la entrada de O₂ a las mitocondrias de las células musculares, sobresaliendo el miocardio). También se cree que la exposición crónica al CO puede favorecer el desarrollo de aterosclerosis por modificación de la permeabilidad endotelial y estimulación de depósitos de colesterol.

Dependiendo de las concentraciones de carboxihemoglobina la sintomatología varía desde cefaleas y disnea a esfuerzos intensos con concentraciones del 10 %, hasta concentraciones por encima del 60% que pueden desencadenar paro cardio-respiratorio y la muerte. Las secuelas que pueden aparecer posteriormente en las personas que sobreviven son secundarias a la anoxia prolongada y son principalmente de dos tipos; cardíacas y / o neurológicas.

En las alteraciones cardíacas pueden aparecer alteraciones en el electrocardiograma e infartos del miocardio.

Las neurológicas pueden manifestarse en forma de cuadros de tipo Parkinsoniano, sordera, síndrome de Meniere, reducción de las capacidades intelectuales, alteraciones del comportamiento y de la personalidad, desorientación temporo-espacial, demencia, polineuritis.

La exposición prolongada al monóxido de carbono puede ocasionar alteraciones del sistema cardio-vascular, alteraciones neuro-siquiátricas y excepcionalmente puede producir ampollas en la piel y hemorragias retinianas.

La prevención depende de una ventilación adecuada con dispositivos de extracción del gas de combustión hacia el aire exterior.

Compuestos cianógenos volátiles

Los compuestos cianógenos volátiles son: el ácido cianhídrico, el cianógeno (C_2N_2), cloruro cianógeno, bromuro cianógeno, los nitrilos (acetoniitrilo y acriloniitrilo). Los compuestos sólidos como los cianuros de sodio, calcio y potasio pueden ocasionar intoxicaciones graves y mortales.

El gas cianógeno se utiliza como fumigante, está presente en los altos hornos. El cloruro y bromuro cianógeno son utilizados como intermediarios de síntesis de compuestos orgánicos.

El acetoniitrilo como disolvente e intermediario de diversos procesos químicos y el acriloniitrilo para fabricación de fibras sintéticas y materias plásticas.

Diversos cianuros (sodio, potasio, etc) se utilizan en el tratamiento de metales preciosos, para aumentar la dureza de ciertos aceros y en gran parte de los baños galvánicos.

Puede producir la muerte rápidamente por paro respiratorio. En la intoxicación aguda se presentan cuatro fases, la inicial con excitación intensa (cefalea, sabor a almendras amargas, vértigos, náuseas, vómitos, polipnea), luego depresión (disnea, estupor, ansiedad y los tegumentos se vuelven de color rosáceo), sigue un cuadro de tipo convulsivo y finalmente la fase de parálisis, coma profundo, colapso cardio-respiratorio y paro respiratorio.

Los trabajadores expuestos crónicamente pueden presentar cefaleas, fatiga, faringitis, vómitos, disnea de esfuerzo, disminución de los sentidos del olfato y del gusto y disminución de la función tiroidea.

GASES IRRITANTES

Se pueden clasificar en los que producen colapso y diferentes grados de irritación y en corrosivos y altamente irritantes.

Gases que producen colapso con diferente grado de irritación

Arsina (AsH₃)

Gas incoloro, más pesado que el aire (d: 2.7), de olor aliáceo y se caracteriza por su gran poder hemolítico.

Se puede desprender arsina cuando se realiza el decapado con ácidos sobre la superficie de diversos metales (antimonio, cobre, estaño, oro, plata, plomo y zinc) que pueden contener arsénico como impureza. También se puede formar en las fundiciones de metales ferrosos y en la industria electrónica.

Las manifestaciones clínicas ocasionadas por arsina pueden ser: cefaleas, vértigos, náuseas, vómitos, dolores abdominales, ictericia, hemoglobinuria, anemia severa, irritación de las vías respiratorias, alteraciones cardíacas y si hay recuperación puede aparecer una polineuropatía periférica con afección de las extremidades inferiores.

Concentraciones ambientales superiores a 250 ppm de arsina pueden producir la muerte en forma inmediata.

Se considera que la exposición crónica no induce a hemólisis pero puede desencadenar un cuadro clínico compatible con la intoxicación arsenical.

Es esencial la protección de los cilindros metálicos para transportar y almacenar el gas. Se deben preparar por adelantado planes de desastre para la exposición ambiental.

Sulfuro de hidrógeno

El sulfuro de hidrógeno (SH₂) es un gas incoloro, más pesado que el aire y de olor característico a «huevo podrido». Es un subproducto de la descomposición del material orgánico proveniente principalmente de cloacas, letrinas, pozos negros,

alcantarillas, estiércol, mataderos, curtido y manufactura de pieles, de la producción y refina del petróleo, vulcanización del caucho, fabricación de pasta de papel, celofán, colas, fibras sintéticas, fieltros, productos depilatorios, seda, sulfuro de carbono, tintes, colorantes y más de setenta actividades diferentes.

Los efectos que produce en el hombre el sulfuro de hidrógeno se presentan en la siguiente tabla:

Concentraciones en ppm.	Efectos
< 1	Se detecta por el olfato
50	Conjuntivitis
150	Parálisis del olfatorio
250	Alteraciones digestivas (náuseas, vómito, diarreas). Alteraciones respiratorias (bronquitis, edema agudo del pulmón). Alteraciones neuro- síquicas (cefaleas, vértigo, somnolencia, amnesia).
400-700	Alteraciones respiratorias (edema agudo del pulmón). Alteraciones neurológicas (hiperexitabilidad, convulsiones y muerte por asfixia).
> 1000	Colapso rápido, paro respiratorio, coma y muerte.

Las secuelas que pueden aparecer en las personas que sobreviven a una intoxicación aguda son generalmente de tipo neurológicas post-anóxicas.

La exposición crónica puede ocasionar cuadros de bronquitis crónica y cuadro neuro síquicos (fatiga, cefaleas, vértigos, irritabilidad, depresiones y pérdida de la libido).

Metil- mercaptano

Es un gas a temperatura ambiente que se utiliza como aditivo de ciertos combustibles, para la síntesis de la metionina y como fungicida.

La toxicidad aguda es similar a la del sulfuro de hidrógeno, pudiendo producir la muerte por paro de los centros respiratorios. En las intoxicaciones agudas pueden manifestarse en forma de un edema agudo del pulmón.

Fosgeno

Gas sofocante, incoloro, más pesado que el aire, se detecta por el olfato a partir de las 0.4 ppm y se deja de percibir cuando las concentraciones ambientales sobre pasan las 5 ppm.

Se emplea en la síntesis orgánica (producción de resinas policarbonadas), fue utilizado como gas de combate en la Primera Guerra Mundial, y puede liberarse

cuando se utilizan disolventes clorados en presencia de calor o de radiaciones ultravioletas.

Es un gas irritante que afecta a los alvéolos y bronquiolos. La lesión pulmonar se inicia a concentraciones superiores de 30 ppm y a partir de 150 ppm ocasiona edema agudo del pulmón.

Dióxido de nitrógeno

Gas a temperatura ambiente, más denso que el aire, sus principales fuentes de exposición son la fabricación de ácido nítrico, decapado de metales al ácido, liberación durante el proceso de diversos compuestos químicos: explosivos, colorantes, lacas, celuloide, nitrocelulosa, ácido sulfúrico. Se libera sobre todo en la detonación de explosivos y en la combustión de la nitrocelulosa (films y radiografías), está presente en varios combustibles, se forma en los silos debido a los procesos de fermentación de cereales (enfermedad de los silos), se puede desprender en la soldadura con arco y llama de oxiacetileno. Puede liberarse al medio ambiente a través de las centrales eléctricas alimentadas por gas natural y fuel. También está presente en el humo del tabaco.

Es oxidante. Inicialmente produce tos, laringitis y conjuntivitis, después de varias horas puede aparecer edema agudo del pulmón. Como secuelas posteriores pueden aparecer una bronquiolitis obliterante, enfisema, fibrosis pulmonar.

La exposición crónica favorece la aparición de enfisema pulmonar. A concentraciones bajas favorece la aparición de infecciones pulmonares.

Ácido Fluorhídrico

Puede encontrarse en forma de gas o de un líquido muy volátil, muy soluble en agua. Se utiliza para decapado de metales y para gravar en vidrio. Es muy corrosivo, penetra rápidamente a través de la piel, llega al tejido subcutáneo ocasionando necrosis de los tejidos blandos, descalcificación y corrosión del hueso.

Altas concentraciones pueden ocasionar disnea, dolor torácico, edema agudo del pulmón y aún la muerte por fallo respiratorio.

La exposición crónica puede ocasionar osteosclerosis de características similares a las ocasionadas por la exposición crónica a otros compuestos inorgánicos del flúor (fluorosis).

Bromuro de Metilo

Gas a temperatura ambiente más denso que el aire, utilizado como insecticida y neumatocida en forma de fumigación, rodenticida, refrigerante y agente de mutilación en la industria química.

Es un vesicante que produce lesiones cutáneas en forma de eritema, vesículas, ampollas. También es irritante ocular. Si las concentraciones inhaladas son elevadas, horas después puede aparecer edema agudo del pulmón. Las alteraciones neurológicas centrales son de predominio cerebeloso.

La exposición crónica puede ocasionar alteraciones cutáneas en forma de acné, alteraciones neuro-síquicas parecidas al alcoholismo crónico.

Ozono

Gas inestable que se descompone rápidamente, el calor y algunos catalizadores aceleran esta degradación. En condiciones normales es incoloro o con cierta tonalidad azulada, el olor es perceptible 0.01 ppm (olor a pescado podrido). Se utiliza como bactericida en esterilización de material quirúrgico, purificación de las aguas de consumo, saneamiento de piscinas, tratamiento de aguas residuales para eliminación del contenido de cianuros y fenoles. Además es utilizado en los procesos de blanqueamiento de papel y fibras textiles.

Se presenta También riesgo de intoxicación durante la fabricación de agua oxigenada, en la soldadura con arco, secado de pinturas en que se utilizan lámparas ultravioletas y en descargas eléctricas.

Irritante de las vías respiratorias superiores presentando sintomatología respiratoria importante (hipersecreción bronquial, tos y disnea), dolores retroesternales, tos persistente y llegando a producir edema agudo del pulmón. Exposiciones prolongadas podrían desencadenar fibrosis pulmonar.

También es irritante ocular, puede ocasionar una disminución de la visión nocturna, aumento de la visión periférica y modificaciones del equilibrio muscular periorbitario.

Se han descrito casos aislados de glomerulonefritis aguda.

Óxido de Etileno

Es un gas de densidad superior al aire, pertenece al grupo de los epoxi

compuestos, grupo muy reactivo, combinándose con los grupos carboxilo, amino, sulfhidrilo e hidróxilo de las proteínas bacterianas. Se utiliza principalmente como agente esterilizante de material médico quirúrgico.

Es irritante de la piel y las mucosas. Causa disnea, cianosis y edema agudo del pulmón. Las alteraciones digestivas son náuseas y vómitos, a nivel neurológico cefaleas, somnolencia, debilidad muscular, convulsiones e incoordinación motora. Se han descrito casos de dermatitis alérgica, polineuropatías de extremidades inferiores mixtas de predominio sensitivo. Es clasificado como una sustancia mutagénica, presenta una mayor incidencia de abortos espontáneos en las trabajadoras embarazadas, y una mayor incidencia de cáncer gástrico y leucemias en trabajadores expuestos respecto a los no expuestos.

Amoníaco

Gas incoloro menos denso que el aire y muy soluble en agua. Es subproducto de destilación del carbón. Se utiliza en diversas industrias químicas, en la industria del frío y en la petroquímica.

Es un importante irritante de la piel y mucosas (vías respiratorias y oculares). En intoxicaciones agudas puede desencadenar edema agudo del pulmón, pudiendo llegar a causar la muerte.

Formaldehído

Gas incoloro, soluble en agua. Se utiliza en la síntesis de materias plásticas, esterilización y conservación de materias biodegradables, disolvente de lacas y resinas, industria textil y se puede liberar a través de la pirolisis de numerosas materias orgánicas.

Es muy irritante de la piel, ojos y vías respiratorias. El formol es sensibilizante (dermatitis alérgicas y asma bronquial). Se considera actualmente como probable cancerígeno para el hombre, cavidades oro-faríngeas y de pulmón.

Cloro

Es un gas de color amarillo verdoso, sofocante y más denso que el aire. Se utiliza como desinfectante y como decolorante en la industria del papel y textil, como intermediario de síntesis de (ácido clorhídrico, hipocloritos, cloruros y compuestos orgánicos de cloro). Existe riesgo de intoxicaciones en las plantas de electrólisis donde se obtiene cloro (debido principalmente a las fugas de gas).

También existe riesgo en los trabajadores de limpieza que puedan mezclar lejía (hipoclorito sódico) con ácido clorhídrico (ácido muriático) puesto que en esta mezcla se libera cloro.

Debido a la acción irritante produce tos, disnea, dolor de garganta, cianosis y puede ocasionar edema agudo del pulmón. El contacto crónico con vapores de cloro puede ocasionar acné clórico, bronquitis crónica, conjuntivitis, blefaritis, queratitis, erosiones dentarias, alteraciones digestivas (anorexia, pirosis, vómitos) anemia, cefaleas, vértigos y malestar general.

Fosfamina

Gas incoloro y más denso que el aire. Se utiliza en la industria electrónica, puede encontrarse como impureza en el acetileno y se forma cuando reaccionan diversos fosfuros con el agua.

Produce alteraciones neurológicas (vértigos, cefaleas, náuseas, vómitos, temblores de extremidades, convulsiones y coma), respiratorias (tos, disnea y edema agudo de pulmón) y miocárdicas (miocarditis tóxica). En altas concentraciones puede producir la muerte.

GASES CORROSIVOS Y ALTAMENTE IRRITANTES

Ácido Clorhídrico

Gas incoloro, más pesado que el aire. Utilizado principalmente para el proceso de decapado del hierro. Es un potente irritante de las vías respiratorias superiores, de la piel y de los ojos. La exposición crónica puede ocasionar erosiones en el esmalte de los dientes.

Flúor

Es un gas muy corrosivo que no existe de forma libre en la naturaleza pero proviene de la descomposición electrolítica del fluoruro sódico. Es muy irritante de piel y mucosas. Produce irritación de las vías respiratorias superiores, ocular y úlceras en la piel.

Dióxido de azufre

Es un gas incoloro más pesado que el aire, soluble en agua, es uno de los principales responsables de la contaminación atmosférica de las grandes ciudades industrializadas. Se desprende de la combustión de aceites y derivados del

petróleo, se utiliza como agente blanqueante (industria del papel y azúcar), en la producción de ácido sulfúrico, agente refrigerante, fumigante y antioxidante. Produce rinitis, laringitis, bronquitis, en concentraciones elevadas puede ocasionar la muerte debido a edema hemorrágico pulmonar. La exposición crónica aumenta la incidencia de rinofaringitis y bronquitis crónica.

Otros gases tóxicos

Hay otros gases menos conocidos y utilizados que son altamente tóxicos como el germano (GeH_4) y el silano (SiH_4), son utilizados en la manufactura de semiconductores, son gases muy hemolizantes pudiendo producir un cuadro similar a la arsina. El diborano (B_2H_6) se utiliza en microelectrónica, puede ocasionar edema agudo del pulmón, alteraciones del sistema nervioso central (cefaleas, vértigos, convulsiones y coma) y un cuadro parecido a la fiebre de los metales.

GASES Y VAPORES ANESTÉSICOS

Este grupo incluye una gran variedad de compuestos orgánicos, la mayoría de amplio uso industrial y doméstico, sobre todo como solventes y combustibles.

Su característica esencial es que ejercen su mayor acción fisiológica después de ser absorbidos por la sangre que los distribuye y por último los elimina.

La acción anestésica varía en intensidad. Su efecto anestésico causa disturbios en diferentes órganos del cuerpo, con efectos tóxicos que se pueden manifestar acto seguido de una simple exposición aguda, pero que también se desarrollan después de exposiciones continuas que no producen anestesia.

De acuerdo con sus propiedades físicas, químicas y especialmente fisiológicas, los anestésicos se pueden clasificar en cinco grupos:

- a) Anestésicos primarios: sustancias que no producen otro efecto fuera de la anestesia, ni efectos generalizados serios por exposición prolongada a concentraciones subanestésicas: Hidrocarburos alifáticos, ésteres, aldehídos y acetonas.
- b) Anestésicos de efectos sobre las vísceras: hidrocarburos clorados.
- c) Anestésicos que actúan sobre el sistema hematopoyético: hidrocarburos aromáticos.
- d) Anestésicos que dañan el sistema nervioso: alcoholes, ésteres de ácido orgánico y sulfuro de carbono.
- e) Anestésicos que afectan la sangre y el sistema circulatorio: compuestos nitro y amino orgánicos.

PLAGUICIDAS

Introducción

Los plaguicidas presentan riesgos de diversa índole en sus fases de producción, transporte, almacenamiento, pero es quizá en el momento de la aplicación cuando estos riesgos se acentúan, diversificándose y siendo más difíciles de controlar, ya que, por una parte, cuando el plaguicida sale del equipo de aplicación (por ejemplo: nube de aspersión) queda expuesto al viento, la temperatura y la humedad relativa que pueden generar la evaporación, y adicionalmente en muchos casos la aplicación es realizada por personas que no tienen ninguna capacitación y desconocen los riesgos.

La historia de los plaguicidas se puede resumir y dividir en tres grandes etapas: la primera a principios del siglo XIX, cuando se descubrió accidentalmente la acción plaguicida de algunos elementos naturales como el azufre, cobre, arsénico, piretrinas (sustancias obtenidas de los pétalos del crisantemo -*Chrysanthemum cinerariifolium*-) y fósforo; así mismo se inicio el uso de los derivados del petróleo. La segunda etapa en 1922, cuando se emplearon diferentes aceites insecticidas y poco más tarde los primeros productos sintéticos. La tercera etapa, en la que Müller, en 1940 descubre las propiedades insecticidas del dicloro-difenil-tricloroetano, mejor conocido como DDT. A partir de esa fecha ese nuevo compuesto se utilizó para la eliminación de algunos parásitos como el piojo que transmitían enfermedades como el tifo; es así como se origina la industria de los plaguicidas órganos sintéticos.

Sin embargo, el uso intensivo de estos compuestos empezó a producir enormes problemas de contaminación ambiental y daños a la salud, tal es el caso del DDT que se desarrolló como el más conocido entre los organoclorados y fue usado extensivamente para el control de plagas hasta su prohibición en 1979, sus metabolitos (productos secundarios de su degradación) se han encontrado contaminando el suelo y el agua, así como en tejidos animales y en humanos. Otros ejemplos de este tipo de plaguicidas son el Dieldrin, Heptacloro, Hexaclorido, Benceno, Clordano, entre otros, los cuales han causado también una grave contaminación de los ecosistemas.

Estos componentes producen susceptibilidad a la toxicidad, mutagenicidad y carcinogenicidad y este hecho ha levantado un interés público por la salud. Esto ha llevado al desarrollo de otros plaguicidas «menos tóxicos» como son los carbamatos (Estructura química basada en un alcaloide de la planta *Physostigma*

venenosum) y componentes organofosforados. Estos últimos se empezaron a sintetizar en 1948. Los nuevos compuestos desarrollados han reemplazado gradualmente a la mayoría de los plaguicidas clorados. En el presente los organofosfatos y carbamatos son los ingredientes activos de la mayoría de los insecticidas y algunos de los herbicidas en uso.

El problema de los plaguicidas, no se limita a las personas que tiene contacto con él, sino que involucra también a otras personas que nada tienen que ver con su manejo, como los consumidores de los productos tratados, comunidades cercanas a las áreas de aplicación o de depósito y el medio ambiente, en sus componentes bióticos (flora y fauna) y abióticos (agua, aire, suelo).

Para Salud Ocupacional existe amplia preocupación por el uso indiscriminado de plaguicidas debido al efecto que éstos puedan causar a corto, mediano y largo plazo sobre la salud humana y el medio ambiente. Una de las mayores incertidumbres es el riesgo que representan estas sustancias químicas no sólo para los operarios expuestos directamente, sino por la probabilidad de ocurrencia de efectos adversos sobre la población expuesta indirectamente.

Mirando este panorama, se deduce la gran importancia que tiene, cualquier acercamiento que se realice, en primer lugar en pro de conocer el real impacto del problema en nuestro medio y luego, en el diseño de programas serios de promoción y prevención que lleven al manejo seguro de los químicos.

DEFINICIÓN

Los plaguicidas son productos químicos o biológicos utilizados para prevenir, controlar o destruir plagas. La definición incluye también otras sustancias como atrayentes, repelentes, reguladores fisiológicos, defoliantes.

Se denominan también agroquímicos, productos fitosanitarios y en el lenguaje común del agricultor venenos o remedios. Erróneamente se les denomina también pesticidas.

Los plaguicidas pueden obtenerse de distintas fuentes así:

- **Productos inorgánicos:** muy comunes a finales del siglo 19 y hasta los mediados del 20. Se trata de compuestos de diferentes elementos como el mercurio, arsénico, cobre, boro, azufre, que tuvieron un amplio uso. La mayoría han caído en desuso o han sido prohibidos pero aún se utilizan algunos tales como el oxiclورو de cobre y el azufre.

- **Productos orgánicos:** son aquellos que tienen carbono en su molécula y pueden dividirse en:
- **Derivados de plantas:** las piretrinas naturales, la nicotina, la rotenona, la sabadilla y el extracto de neem son ejemplos de plaguicidas obtenidos de plantas.
- **Orgánicos de síntesis:** son sustancias creadas por el hombre gracias a la química, la mayoría de los plaguicidas usados actualmente pertenecen a este grupo, ejemplo los organofosforados, los carbamatos y los piretroides.
- **Productos biológicos:** son microorganismos como bacteria, virus, hongos nemátodos, que atacan y matan diversas clases de plagas y que el hombre está utilizando en su lucha contra ellas; desde hace varios años hay un interés creciente por estudiar y utilizar este método de control. Los mayores éxitos se han obtenido en el control de insectos y ácaros. Bacterias como el *Bacillus thuringiensis*, hongos como el *Beauveria Bassiana* son ejemplos de estos organismos.

USO DE LOS PLAGUICIDAS

En agricultura: para evitar o reducir las pérdidas causadas por insectos, enfermedades, malezas, o disminuir los costos de producción. Se estima que actualmente se pierde una tercera o cuarta parte de la producción potencial de productos agrícolas en el mundo, por ataques de diferentes plagas.

Productos cosechados: además de la pérdida que ocurre en el campo, un 10 a 15% adicional se pierde después que los productos han sido cosechados debido al ataque de insectos, ácaros, hongos, ratas, ratones, arroz o frijoles con gorgojo, frutas o verduras dañadas por hongos, madera atacada por comején, son ejemplos comunes de estos daños.

En ganadería y zootecnia en general: para evitar o disminuir las pérdidas causadas por parásitos como garrapatas y nuchas, vectores (transmisores) de enfermedades como la rabia, maleza de los potreros, maleza tóxica al ganado.

En salud humana: tanto a nivel casero como en programas estatales, los plaguicidas tienen un amplio uso para controlar los animales que transmiten o diseminan enfermedades. Cucarachas, moscas, zancudos, piojos, pulgas, ratas y ratones, son ejemplos animales que transmiten enfermedades como la hepatitis, disentería, cólera, paludismo, fiebre amarilla, dengue, tifo, peste bubónica, rabia.

Otros usos: en carreteras, carrileras, oleoductos, patios de subestaciones eléctricas y zonas industriales para eliminar y/o controlar la vegetación indeseable que dificulta la visibilidad y puede originar accidentes o incendios. Para controlar maleza en canales de riego o drenaje, lagos, represas. Para eliminar cultivos ilícitos como amapola, coca o marihuana.

CLASES DE PLAGUICIDAS

De acuerdo con el tipo de problema que controlan, los plaguicidas se clasifican en:

- Insecticidas: usados para controlar insectos.
- Funguicidas: para controlar hongos causantes de enfermedades.
- Herbicidas: para controlar malezas.
- Acáricidas: para controlar ácaros.
- Nematicidas: para controlar nemátodos.
- Molusquicidas: para controlar babosas y caracoles.
- Rodenticidas: para controlar roedores como ratas y ratones.
- Desinfectantes de suelo: son productos que controlan casi todos los organismos que habitan en el suelo, como hongos, malezas, insectos y nemátodos
- Atrayentes: usados para atraer las plagas. (Generalmente a trampas)
- Repelentes: usados para ahuyentar las plagas
- Defoliantes: provocan la caída de las hojas sin matar las plantas.
- Reguladores fisiológicos: acelera o retardan el crecimiento, estimulan la floración o fructificación o cambian en alguna forma el comportamiento normal de las plantas.

Algunos pocos plaguicidas pueden tener más de un tipo de actividad, por ejemplo el azufre es funguicida y acaricida.

CARACTERÍSTICAS DE LOS PLAGUICIDAS MÁS COMUNES

De las distintas clases de plaguicidas antes mencionados, los más utilizados son los insecticidas, los herbicidas y los funguicidas.

Veamos algunas de sus características más importantes:

Insecticidas: pueden agruparse en la siguiente forma

- A-Por su vía de acción: de contacto, de ingestión y de inhalación. Generalmente tienen más de una vía de acción. El contacto se puede generar en el momento de la aplicación (le cae el plaguicida al insecto) o después el insecto llega y camina o se posa en una superficie tratada con el insecticida. La ingestión se puede dar al insecto comer (masticar) hojas u otra parte de la planta tratada o al chupar en plantas tratadas con insecticidas translaminares o sistémicos. La inhalación se presenta con algunos insecticidas que se evaporan fácilmente y los insectos al respirar absorben esos vapores.
- B-Por su movimiento en la planta: de superficie, translaminares y sistémicos. Los insecticidas de superficie al ser aplicados sobre las plantas quedan formando una película superficial; los translaminares, llamados también «con efecto de profundidad», pueden penetrar en las hojas u otras partes de la planta y los sistémicos penetran y además circulan dentro de la planta. Los sistémicos pueden ser absorbidos por el follaje o por las raíces. Desde el punto de vista de la seguridad estas características son muy importantes: es fácil entender por ejemplo que si una fruta ha sido tratada con un producto de superficie, puede ser lavada para eliminar cualquier residuo del producto; pero si fue tratada con un producto sistémico y el residuo está dentro de la fruta no es posible eliminarlo. Por esta razón se deben respetar los tiempos, entre la última aplicación y la cosecha, recomendados en la etiqueta.
- C-Por su selectividad a la fauna benéfica: se dice que un insecticida tiene selectividad cuando afecta más a la plaga que va a controlar, que a sus enemigos naturales. La selectividad depende de varios factores como vía de acción del insecticida, forma de aplicación, formulación, dosis utilizada, hábitos de la plaga y sus enemigos. Cuando el insecticida es más tóxico a la plaga que a sus enemigos, la selectividad es un concepto relativo y, con excepción de algunos insecticidas biológicos, nunca se logra una selectividad total.

Herbicidas. Pueden clasificarse por:

- A- Su selectividad: no selectivos son aquellos que afectan todo tipo de plantas y selectivos son los que solamente afectan ciertas familias o especies de plantas.
- B- La época de aplicación:

Presiembra: se aplican sobre la vegetación existente en un terreno, preparado o sin preparar, antes de la siembra. Se usan en sistemas de labranza cero o labranza reducida, en ciertas modalidades de cultivo del arroz.

Presiembra incorporados: se aplican sobre el terreno convenientemente preparado y se incorporan o mezclan con el suelo, mediante rastrillos. Desde la incorporación se siembra la semilla del cultivo.

Pre-emergencia: Se aplican sobre el terreno preparado y sembrado, pero antes de que el cultivo y/o las malezas hayan nacido.

Post-emergencia: se aplican después de que el cultivo y/o las malezas han nacido. La aplicación en post emergencia pueden ser temprana (malezas recién germinadas) o tardía. Puede además ser total (sobre todo el cultivo) y en ese caso el herbicida debe ser selectivo al cultivo, o dirigida entre las calles de manera que se cubran las malezas pero sin tocar el cultivo.

- C- El punto de aplicación: de aplicación al suelo y de aplicación al follaje. Los de aplicación al suelo inhiben la germinación de las semillas de malezas o las matan en el proceso de germinación. Los de aplicación al follaje se aplican sobre malezas ya nacidas (pos-emergentes).
- D- Su movimiento en la planta: sistémicos, penetran en la planta y la afectan totalmente (Ejemplo: Glifosfato, 2,4-D) y de contacto, solamente afectan la parte que tocan (Ejemplo: Paraquat, Propanil).
- E- Por la clase de maleza que controla: gramícidas, de hoja ancha y de ciperácidas. Un herbicida puede controlar una o varias clases de malezas.

Funguicidas: pueden clasificarse en la siguiente forma:

- A- Por su movimiento en la planta: de superficie, translaminares y sistémicos.
- B- Por su modo de acción: protectantes (o preventivos), curativos y erradicantes.

Generalmente los funguicidas de superficie únicamente dan un control preventivo y por tanto deben ser aplicados antes de que se presente la enfermedad o al presentarse los síntomas iniciales. Los funguicidas translaminares y sistémicos pueden penetrar el tejido de las plantas y matar el hongo que ha invadido el tejido y por eso se denominan «curativos». Además pueden evitar la formación de esporas, lo cual constituye la acción erradicante.

- C- Su aplicación puede ser preventiva (antes de que se presenten los síntomas de la enfermedad) o curativa (cuando ya los síntomas se han presentado).

CLASIFICACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS SEGÚN SU EFECTO Y COMPOSICIÓN

Las sustancias químicas que se usan como plaguicidas cubren una amplia gama de compuestos. La clasificación más universalmente aceptada es teniendo en cuenta el efecto que producen sobre las plagas: insecticidas, herbicidas, fungicidas y rodenticidas.

Cada uno de los cuatro grupos está compuesto por sustancias de naturaleza diferente, por lo tanto es útil clasificarlos teniendo en cuenta su origen: plaguicidas inorgánicos, fabricados a partir de minerales, actualmente poco usados; plaguicidas vegetales, especialmente insecticidas extraídos de diversas partes de vegetales, ejemplo: piretrinas; microorganismos vivos, como virus, bacterias y hongos utilizados en el control biológico de plagas; y plaguicidas órgano sintéticos, sintetizados por el hombre en el laboratorio, contienen carbono, hidrógeno y otros elementos como cloro, fósforo, nitrógeno .

Más del 90% de los plaguicidas utilizados en nuestro país son órganos sintéticos, los cuales se clasifican según la naturaleza química del grupo funcional que caracteriza el compuesto y le imparte todas las propiedades físico-químicas y toxicológicas al plaguicida, en: organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides.

Insecticidas Organoclorados

Son agresores ecológicos potentes, ya que tienen la capacidad de resistir la influencia de los factores ambientales (temperatura, humedad, rayos solares), permaneciendo inalterados por años en diferentes ecosistemas, o si se metabolizan, el metabolito formado será más estable que el plaguicida original.

En Colombia los Organoclorados fueron prohibidos siendo los últimos el Lúndano para uso agrícola y el DDT que se utilizaba para el control de la malaria.

Son neurotóxicos para el hombre y demás vertebrados, sospechosos de producir a largo plazo cáncer, mutagénesis y teratogénesis.

Se cree que el sitio primario de acción tóxica son las fibras sensitivas, motoras y la corteza motora; evidencias recientes sugieren que pueden alterar el transporte de sodio y potasio a través de las membranas de los axones.

Insecticidas Organofosforados

Son ésteres del ácido fosfórico o sus homólogos. Estos ésteres fosforados, como cualquier otro éster, se hidroliza en mayor o menor proporción dependiendo de su estructura química, biodegradándose y desapareciendo rápidamente del ecosistema.

Su volatilidad es muy variable; la mayoría viene en forma de líquidos volátiles. Esta propiedad es muy importante desde el punto de vista toxicológico, ya que implica ingresar al organismo por la vía respiratoria, la de acción más rápida que se conoce.

Son de alta toxicidad por ser inhibidores permanentes y muy potentes de la enzima colinesterasa, impidiendo la separación de la acetilcolina (transmisor nervioso), presentándose acumulación de esta sustancia y como consecuencia, el cuadro colinérgico típico de la intoxicación.

Carbamatos

Son derivados del ácido carbámico. Son biodegradables, no bioacumulables, menos volátiles que los insecticidas organofosforados, y por lo tanto no son residuales, son de mediana a baja toxicidad, con excepción del Aldicarb (Temik) y Carbofurán (Furadan) que son de toxicidad alta.

Son inhibidores transitorios de la enzima colinesterasa, y por lo tanto el cuadro clínico agudo es más leve que el presentado por los insecticidas organofosforados.

La inhibición de la acetilcolinesterasa es reversible, por lo que el uso de los reactivadores de colinesterasa se encuentra contraindicado.

Manifestaciones neurológicas del envenenamiento por carbamatos:

- Depresión, ansiedad, cambios de personalidad.
- Neuropatías retardadas: similar a la descrita para los organofosforados, usualmente, de curso más benigno.
- Síndrome intermedio: entre el primero y cuarto días de la fase aguda de intoxicación, no es usual.

PIRETRINAS Y PIRETROIDES

Su toxicidad está dada básicamente por reacciones de hipersensibilidad y manifestaciones agudas de hipocalcemia. Finalmente, existen reportes en la literatura de algunos casos de neuropatía retardada asociada a piretroides, aunque hasta la fecha son casos anecdóticos y no existe claridad sobre el mecanismo por el cual estos compuestos pudieran producir tal efecto.

Son insecticidas sintéticos similares a las piretrinas naturales, a las cuales han reemplazo ampliamente por tener gran estabilidad y ser menos volátiles, además son de mayor acción insecticida.

Tienen baja toxicidad aguda; pocos persistentes, no acumulables; sensibilizantes, en el hombre, las lesiones causadas por los piretroides resultan más frecuentemente de las propiedades alergénicas de la sustancia, que de su toxicidad directa (dermatitis, asma, rinitis); son neurotóxicas a dosis altas; principales signos clínicos: temblores.

ÓRGANOS O SISTEMAS QUE SE PUEDEN AFECTAR POR EL MANEJO INADECUADO DE LOS PLAGUICIDAS

Los plaguicidas pueden afectar diversos órganos o sistemas del cuerpo humano, en mayor o menor grado, dependiendo de los factores como el propio plaguicida, la dosis, uso o aplicación. Por ejemplo los plaguicidas órgano fosforados pueden afectar varios órganos y sistemas.

- Sistema respiratorio. Se presenta tos, opresión del pecho, dificultad para respirar, edema pulmonar.
- Sistema digestivo se manifiesta con náuseas, vómito, dolores calambres abdominales, diarrea o incontinencia fecal.
- Sistema nervioso Aparecen cuadros de tensión ansiedad, dolor de cabeza confusión mental, depresión, dificultad para coordinar los movimientos.
- Sistema cardio circulatorio. Se presenta baja de la tensión arterial y trastornos que pueden provocar paro cardíaco.
- Glándulas exocrinas. Lagrimales, salivales y sudoríferas. Se presenta lagrimeo, salivación abundante (babeo) y sudoración.
- Ojos. Se presenta visión borrosa y pupilas contraídas.
- Vejiga. Se manifiesta con estimulación frecuente e incontinencia.

OTROS RIESGOS

Inflamación, combustión, explosión

Algunos plaguicidas pueden ser inflamables, especialmente debido a la formulación. En este caso las cajas de cartón o los recipientes mayores de 20 litros, vienen identificados con un rombo rojo que trae dibujada una llama y la leyenda "líquido inflamable"; si el producto es inflamable y su formulación es sólida el rombo tiene rayas verticales rojas y blancas, el dibujo y la leyenda "Sólido inflamable".

Algunos pueden ser explosivos, especialmente cuando están como polvos en suspensión en el aire, pero en general este riesgo sólo tiene importancia en las plantas de producción o formulación.

Los humos que se producen en las combustiones de plaguicidas son generalmente tóxicos.

Irritación corrosión

Algunos plaguicidas pueden irritar la piel, los ojos o las vías respiratorias. Por ejemplo los piretroides tienen esta característica en mayor o menor grado: si caen en la piel producen picazón y sensación de hormigueo (los párpados y alrededor de la boca son especialmente sensibles) y si se aspira la nube de aspersión provocan abscesos de tos y estornudos. Esta característica puede ser aprovechada para valorar rápidamente la eficacia de las medidas de protección. Por ejemplo: Si una persona está realizando una fumigación con piretroide y está utilizando un respirador, pero comienza a toser o estornudar, esto significa que el respirador no está funcionando adecuadamente y deben suspender la actividad para revisar la máscara media cara y los filtros, identificando las causas.

Ciertos plaguicidas pueden ser corrosivos a la piel, a los ojos y provocar dermatitis o daños graves en la visión. En caso de exposición accidental lo ideal ante exposiciones a contaminaciones es verificar los elementos de protección que estén utilizando y la descontaminación del área afectada de inmediato.

Daños en el ambiente

Varios factores pueden alterar y deteriorar el ambiente las inundaciones, las sequías, la tala de bosques, la construcción de las carreteras, las aguas residuales de las ciudades y la misma agricultura son ejemplos de ello.

Los plaguicidas, si traen beneficios y son indispensables para producir nuestros alimentos, también pueden causar daños al ambiente, en sus componentes aire, suelo, agua, plantas y animales, en mayor o menor grado. El daño puede ocurrir por diversas causas como las siguientes:

- Accidentes durante las fases de producción, formulación, almacenamiento, transporte y aplicación de los plaguicidas. Estos accidentes pueden causar derrames, fugas o incendios.
- Derivados de la aplicación. La mayoría de las aplicaciones de plaguicidas se hacen en forma de aspersión. La nube de aspersión está formada por gotas que pueden ser arrastradas por el viento y caer fuera de su objetivo (el cultivo a tratar). Lo mismo puede ocurrir con los espolvoreos.
- Aplicación fuera del objetivo. Es común en la aplicación aérea que el piloto abra la llave de salida de la aspersión antes de estar sobre el campo a tratar y / o que la cierre después de haber salido, por lo cual parte de la aplicación cae fuera del objetivo.
- Evaporación. Algunos productos son muy volátiles y pueden evaporarse, bien sea durante la aplicación, o de envases mal cerrados o derrames y ser arrastrados por el viento.
- Sobredosis del plaguicida. Esta se puede presentar por varias causas como son:
 - Desconocimiento o error en la prescripción o en la preparación de la mezcla.
 - Mal cálculo del área a tratar.
 - Mala calibración del equipo de aplicación.
 - Repases en la aplicación.
 - Sedimentación del producto por falta de agitación.
- Disposición inadecuada de desechos de plaguicidas. Por ejemplo: lavar equipos de aplicación en fuentes de agua o arrojar en ellas los envases vacíos.
- Erosión por el viento. Los plaguicidas aplicados al suelo o al follaje pueden ser lavados por la lluvia y arrastrados a fuentes de agua. El viento puede arrastrar partículas de suelo impregnadas de plaguicidas.
- Lixiviación (percolación). Algunos plaguicidas se fijan fuertemente en los primeros centímetros del suelo pero otros pueden ser arrastrados hacia las capas más profundas, por el agua de riego o la lluvia y llegar a contaminar las aguas subterráneas.

Las causas y efectos más comunes de la contaminación de los diferentes componentes del ambiente son los siguientes:

Aire. El aire puede contaminarse por la aspersión o su deriva, por humos o vapores de quemaduras o incendios o por la evaporación de los productos, los cuales pueden llegar a ser inhalados por el hombre o los animales a afectar las plantas. La deriva de aspersión puede caer sobre el suelo, agua, plantas o animales y afectarlos de alguna manera. La contaminación del aire es más crítica en ambiente cerrado que al aire libre ya que en el primer caso se pueden concentrar mayores cantidades de una sustancia y por mayor tiempo. Al aire libre las cantidades se diluyen rápidamente.

Agua. El agua puede ser contaminada por la aspersión o por su derivado, aplicación fuera del objetivo, escorrentía, lixiviación o mala disposición de desechos. El agua contaminada puede afectar al hombre o a los animales que la consumen y a cultivos susceptibles que sean regados con ella, si la contaminación es con herbicidas. También pueden ser afectados animales o plantas acuáticas.

Suelo. El suelo puede ser afectado por deriva, aplicación fuera del objetivo, sobredosis y mala disposición de desechos. Cuando la contaminación es con herbicidas pueden resultar afectados los cultivos que se siembren posteriormente.

Plantas. Las silvestres o cultivadas pueden ser afectadas por deriva, aplicación fuera del objetivo, sobredosis o riego con agua contaminada con herbicidas.

La deriva y aplicación fuera del objetivo de herbicidas puede causar la muerte o daño grave a cultivos susceptibles; con otros plaguicidas puede dar lugar a niveles de residuos mayores que los límites establecidos, en los productos cosechados. También pueden afectar animales que se alimenten de las plantas contaminadas. (Derivadas de insecticidas que caen en los potreros).

La sobredosis de un plaguicida cualquiera puede causar fototoxicidad al cultivo o dejar niveles de residuos no permitidos. Sobredosis de herbicidas pueden causar daños, no solamente al cultivo tratado si no incluso al cultivo de rotación.

Animales. Los animales domésticos o silvestres pueden ser afectados por la deriva o la aplicación fuera del objetivo o por el consumo de plantas o animales contaminados por cualquier causa. La fauna benéfica, parásitos, depredadores o polinizadores, pueden ser afectada por la aplicación o su deriva. Los peces y demás fauna acuática pueden ser afectados por las causas señaladas en el punto referente al agua.

"La mayor o menor gravedad de una contaminación está dada por la toxicidad del plaguicida a los organismos que impacta, la cantidad de plaguicida, su grado de persistencia y su capacidad acumulativa".

CÁNCER

Ninguno de los pesticidas usados en la actualidad es cancerígeno humano reconocido, salvo el arsénico inorgánico. Hay cierta controversia para los conservadores de la madera, creosota o ácido crómico, y para el fumigante óxido de etileno. Casi todos los cancerígenos laborales se han identificado en poblaciones de trabajadores empleados en la manufactura química no es intensiva, el número de empleados requeridos para producir plaguicidas químicos es relativamente pequeño y los estudios epidemiológicos de estos trabajadores con exposiciones únicas a plaguicidas individuales se limitan, por necesidad, a números pequeños. Por tanto, para los plaguicidas los estudios clásicos de cohortes ocupacionales de este tipo logran identificar a los cancerígenos humanos muy potentes. En fechas recientes se vio que la 4-cloro-orto-tulidina, el principal metabolito del insecticida clordimeform, era cancerígena en un estudio hecho en 120 trabajadores en el área de manufactura en Alemania, produciendo una incidencia de cáncer de vejiga 72 veces mayor de lo esperado. En 1986 se retiró del mercado el clordimeform y a la 4-cot como cancerígenos a finales del decenio 1970-79.

RIESGOS DE LOS PLAGUICIDAS

El riesgo se puede definir como la probabilidad de sufrir un daño al realizar una actividad. Todas las actividades que realizamos, aún las más simples como salir a la calle, viajar en algún tipo de vehículo, hacer deporte, tienen riesgo. Esto no significa que todas las actividades tengan el mismo grado de riesgo, la experiencia y el sentido común nos muestran que hay actividades que presentan mayores riesgos que otras.

Los riesgos se derivan de diferentes factores que pueden ser de tipo físico, (ruido, vibraciones, radiaciones, calor, frío), químico, (polvos, líquidos, humos, gases, vapores, nieblas,) biológico (hongos, virus, bacterias,) ergonómico, (postura, esfuerzos) o sicosocial, (rutinas, tensiones,). Los factores de riesgo de los plaguicidas son de tipo químico. Los riesgos asociados con el uso y manejo de plaguicidas son:

Intoxicaciones; Irritación o corrosión; inflamación, combustión o explosión y daños al ambiente.

En Colombia tienen licencia de venta 1.370 plaguicidas comerciales formulados con base en 400 ingredientes activos. De éstos, 28 ingredientes activos (123 formulaciones comerciales) pertenecen a las categorías 1a y 2b de la OMS y se encuentran entre los agrotóxicos más usados en Colombia y América Latina. Se hace un llamado hacia la prohibición y el no uso de estos plaguicidas.

FORMULACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS

Formulación es la forma como se presenta una sustancia sólida, líquida o gaseosa para su uso práctico. En nuestra vida diaria usamos formulaciones de muchos productos, como pasta para dientes, desodorantes, líquidos para limpiar el piso.

En muy pocos casos una sustancia de acción plaguicida se utiliza pura. La casi totalidad de las veces un plaguicida es un mezcla de varias sustancias que tienen una función determinada. Éstas son:

Ingrediente activo:

Es la sustancia responsable del efecto biológico del plaguicida. (Acción insecticida, herbicida, funguicida). Generalmente un plaguicida tiene un ingrediente activo, pero en algunos casos puede tener dos o más de ellos. En estos casos lo más común es que los ingredientes activos tengan la misma clase de acción, por ejemplo: que ambos sean insecticidas pero también se encuentran productos en los cuales los ingredientes activos tienen distinta clase de acción, por ejemplo: que uno de ellos sea insecticida y el otro sea funguicida.

Generalmente un ingrediente activo posee una acción biológica, pero unos pocos pueden presentar dos acciones diferentes, por ejemplo insecticidas y acaricidas.

Para identificar con alguna facilidad cuál es el ingrediente activo de un plaguicida, a cada uno de ellos se le ha asignado un nombre común genérico que es aceptado internacionalmente. Con esto se evita tener que usar el nombre químico que usualmente es muy largo y difícil de recordar. Tanto el nombre común como el nombre químico son diferentes del nombre comercial, que es el que cada compañía fabricante usa para su producto.

El contenido de ingrediente activo de los plaguicidas se expresa como porcentaje en peso en las formulaciones sólidas (o secas) y en gramos por litro en las formulaciones líquidas.

Ingredientes aditivos

Son varias clases de sustancias que, aún cuando no tienen acción plaguicida por sí mismas, se agregan al ingrediente activo para facilitar su aplicación, mejorar su acción, para evitar su descomposición, disminuir el riesgo de uso. En la etiqueta aparecen también como «ingredientes inertes».

Existen varias clases de ingredientes aditivos. Los más comunes son:

Solventes: muchos ingredientes activos no se disuelven bien en agua y por eso se utilizan como solventes. Productos tales como hidrocarburos, cetonas, alcoholes. Desde el punto de vista de la seguridad, los solventes son muy importantes por tres razones:

- Generalmente son inflamables
- Penetran fácilmente por la piel
- En caso de ingestión de un plaguicida que los contenga, generalmente es contraindicado provocar el vómito, por el riesgo de aspirar el solvente y provocar una neumonitis química, usualmente fatal. Debe consultarse la etiqueta.

Los solventes tienen también su propio grado de toxicidad, a veces mayor que el del ingrediente activo, pueden penetrar en los elementos de protección y además pueden causar deterioro en ciertas partes de los equipos de aplicación, tales como diafragmas, mangueras y empaques.

Protectores: son sustancias que se emplean en las formulaciones, como rellenos, diluyentes o portadores del ingrediente activo. Se trata de polvos como el caolín, o el talco, gránulos de carbonato de calcio, piedra pómez u otro material, aceites vegetales o minerales.

Surfactantes: llamados también tensoactivos, se usan para mejorar la acción del ingrediente activo o para facilitar su aplicación. Los más usados son:

- A- Humectantes. Llamados también hipotensores. Reducen la tensión superficial y permiten que las gotas de aspersión al caer sobre una superficie se extiendan, lo cual mejora el cubrimiento.

- B- Adherentes o pegantes. Hacen que el plaguicida se pegue a las hojas o a la superficie tratada y resista mejor el lavado por lluvia o rocío.
- C- Dispersantes. Evitan la floculación (agrupación de las partículas) para retardar la sedimentación de ciertas formulaciones que se mezclan con agua.
- D- Detergentes. Lavan la cutícula cerosa de las hojas y facilitan el contacto del plaguicida.
- E- Emulsificantes. Posibilitan la mezcla con agua de productos que normalmente no se mezclan con ella, como el aceite. Su molécula tiene un extremo polar hidrofílico, soluble en agua y un extremo no polar lipofílico, soluble en aceites. Una sustancia puede tener una o varias propiedades surfactantes.

Otros: existen otras sustancias no tenso activas, que se utilizan en ciertas formulaciones con fines específicos. Entre ellas se pueden citar:

- A- Odorizantes: son sustancias de olores repulsivos que se agregan a algunos plaguicidas de uso agrícola, para evitar ingestión accidental.
- B- Colorantes: se agregan a algunos plaguicidas para diferenciarlos del agua o alimentos y evitar ingestión accidental o, también, para identificar lo que se ha tratado con el plaguicida.
- C- Agentes amargos: confieren un mal sabor al plaguicida, para evitar ingestión accidental.
- D- Anticompactantes: evitan la formación de terrones.
- E- Estabilizantes: evitan y retardan la descomposición del ingrediente activo.
- F- Otros como espumantes, antiespumantes, tamponadores de ph, espesantes, fluidificantes, preservativos compactantes, antievaporantes, aglomerantes, atrayentes.

De acuerdo con los componentes usados y la forma de presentación, sólida o líquida, las formulaciones de plaguicidas se clasifican en la siguiente forma:

FORMULACIONES SÓLIDAS (O SECAS):

Las más comunes son:

Polvos para espolvoreo. Se identifican con las letras DP. Son formulaciones que vienen listas para su aplicación, la cual se hace con espolvoreadoras manuales o mecánicas. (A veces con una tela rala). Se componen del ingrediente activo en baja concentración (generalmente menor del 10%) un portador como el caolín

y pueden llevar también estabilizante y fluidificante. Esta formulación se pone fácilmente en suspensión en el aire al momento de cargar el quipo de aplicación o al aplicarlas y pueden ser aspiradas o caer en la piel o los ojos. Son abrasivas para los equipos de aplicación y son arrastradas fácilmente por el viento. No deben mezclarse con agua. Han caído en desuso por el costo y efecto ambiental pero aún se utilizan para ciertos usos, como control de hormigueros.

Polvos mojables: Se identifican con las letras WP. Son formulaciones que se aplican mezcladas con agua, en la cual forman suspensiones. Se componen de un ingrediente activo generalmente insoluble en agua, en concentración variable (entre 20 y 80%), un portador como el caolín pero más fino, (partículas más pequeñas 44 a 74 micras) que el usado para polvos de espolvoreo, dispersantes, pegantes y humectantes. Se ponen en suspensión en el aire y pueden ser aspirados o caer en los ojos y la piel. Se recomienda hacer una premezcla con un poco de agua antes de mezclarlos con el resto del agua. Son abrasivos para los equipos de aplicación y requieren un sistema de agitación en el equipo de aplicación, para evitar que se sedimenten.

Tienden a ser reemplazados por suspensiones concentradas o gránulos dispensables.

Polvos solubles: Se identifican con las letras SP. Son formulaciones para aplicar en agua, en la cual forman verdaderas soluciones, transparentes o translúcidas. Se componen del ingrediente activo, normalmente muy concentrado (80% o más), humectantes, adherentes y anticompactantes. Se ponen en suspensión en el aire y pueden ser aspiradas o caer en los ojos y la piel. Una vez diluidos en el agua, no requieren agitación durante la aplicación. Pueden presentar problemas de compatibilidad con concentrados emulsionables y fertilizantes foliares. Generalmente son higroscópicos (absorben humedad).

Gránulos dispersables: Se identifican con las letras WG. Es un tipo de formulación moderna, similar en su composición a los polvos mojables, pero en la cual el producto no viene en polvo, sino en gránulos, los cuales se mezclan fácilmente con el agua, en la cual forman una suspensión. No se ponen en suspensión en el aire. Su medición volumétrica es confiable. Requieren agitación y son abrasivos.

Granulados: Se identifican con las letras GR. Se aplican sin diluir, al follaje, al suelo o cerca de las raíces de las plantas. Constan del ingrediente activo en baja concentración, un portador como arena, piedra pómez molida, ladrillo molido

o gránulos de carbonato de calcio, con un tamaño de partícula entre 0,4 y 1 milímetro, lo cual les da un aspecto de arenas adherentes, colorantes y fluidificantes. No se ponen en suspensión en el aire y presentan riesgos mínimos de deriva (arrastre en el viento) aún en aplicaciones aéreas. Las aplicaciones de insecticidas granulados tienen poco efecto sobre los insectos benéficos.

Cebos tóxicos: Se identifican por las letras GB. Constan del ingrediente activo en baja concentración, un portador atrayente, que generalmente es una sustancia comestible como el salvado, pulpa de cítricos, torta de soya, melaza, aceite. Pueden tener también aglomerantes, preservantes y colorantes. Se utilizan para el control de insectos, moluscos y roedores. Por ser atrayentes hacen que la plaga busque el tóxico y evitan aplicaciones generalizadas.

FORMULACIONES LÍQUIDAS

Concentrados emulsionables: Se identifican con las letras EC. Se aplican en mezcla con agua. Es el tipo de formulación más utilizado. Consta del ingrediente activo que es insoluble o de muy baja solubilidad en agua pero soluble en otras sustancias. Un solvente que generalmente es un hidrocarburo y emulsificantes, los cuales permite mezclar el producto formulado con el agua, en la cual forma una lechada blanca y opaca llamada emulsión. Por contener solventes los concentrados emulsionables se absorben fácilmente por la piel y generalmente son inflamables. Los solventes también pueden afectar algunos materiales de los equipos de aplicación como empaques, mangueras y diafragmas y elementos de protección como guantes, botas. En condiciones apropiadas de almacenamiento un concentrado emulsionante se conserva en buen estado al menos dos años. Temperatura extremas (bajo cero o mayores de 40 °C) afectan su estabilidad o composición. Cuando se envasan en canecas metálicas y éstas sufren golpes o abolladuras durante el transporte, cargue o descargue, la laca que recubre el interior de las canecas puede desprenderse, lo cual puede ocasionar descomposición del ingrediente activo, fallas en la estabilidad de la emulsión y obstrucciones en los equipos de aplicación con pedazos de la laca desprendida.

Formulaciones ULV: Son formulaciones que vienen listas para su aplicación sin diluirlas en agua. Se aplican con equipos especiales en volúmenes de 5 litros o menos por hectáreas y de allí su nombre de Ultra Bajo Volumen. Exigen una calibración muy precisa del equipo, para aplicar la dosis correcta. La concentración de ingrediente activo es muy variable: desde casi puros, hasta unos pocos gramos por litro. Dependiendo de las propiedades físicas y

concentración del ingrediente activo, pueden llevar también un solvente y un aceite vegetal o mineral como portador. Son pegajosas y difíciles de limpiar ya que no son solubles en agua.

Concentrados solubles: Llamados también líquidos solubles o soluciones concentradas. Se identifican por las letras SL. Se componen de un ingrediente activo que es soluble en agua, o en solventes que se mezclan con el agua, como alcoholes o acetonas (y en este caso se presentan los riesgos de los solventes), adherentes y humectantes. Una vez disueltos en agua no requieren agitación adicional. No son abrasivos. Pueden tener problemas de precipitación cuando se mezclan con aguas duras (salobres) o fertilizantes.

Suspensiones concentradas: Se han conocido también como flowables. Se identifican con las letras SC. Tienen los mismos componentes de los polvos mojables, molidos muy finamente en molinos especiales, más agua y emulsificante. La finura de las partículas mejora la eficacia biológica en comparación con el mismo producto formulado como polvo mojable. Además tiene ventajas sobre los WP de no ponerse en suspensión en el aire y de facilitar la medida de la dosis.

Tiene el aspecto de una crema espesa de coloración variable, la cual, al echarla en agua, forma una suspensión. Debe agitarse en el envase antes de mezclarlos con el agua ya que tienden a sedimentarse durante el almacenamiento. Requiere agitación durante la aplicación y son abrasivas.

MICROENCAPSULADOS

Se identifican con las letras CS. En un tipo de formulación en la cual el ingrediente activo, insoluble en agua, se recubre de un polímero especial, formando «cápsulas» microscópicas (menores de 30 micras de diámetro) estas cápsulas se suspenden en el agua. Como el ingrediente activo es insoluble en agua no puede salir de las cápsulas, pero una vez la aspersion ha secado, el activo sale por los microporos que tienen las cápsulas y ejerce su acción biológica. Los micros encapsulados no contienen solventes por lo cual se evitan los riesgos derivados de ellos. La toxicidad oral y dermal es menor, así como los riesgos de fitotoxicidad. La liberación gradual se traduce en efecto más prolongada.

Requiere agitación durante la aplicación. Presentan riesgos para las abejas ya que éstas pueden recoger los micros cápsulas y llevarlas a la colmena. La producción de esta formulación es compleja y por lo tanto costosa, por lo cual no se ha popularizado.

OTRAS

Existen otras tales como las suspensiones oleosas, emulsiones invertidas, micro emulsiones, gases licuados, aerosoles de uso domésticos.

FORMAS DE APLICACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS

Dependiendo el tamaño de la superficie que se va a tratar, el tipo de formulación del plaguicida y, en muchos casos del problema fitosanitario que se va a controlar los plaguicidas pueden ser aplicados de diferentes maneras y con diferentes equipos, entre las más importantes están:

Aspersión: el plaguicida se aplica sin diluir en agua o diluido en agua o aceite, con equipos que producen una nube de gotas de tamaño variable. Este tipo de aplicación es el más común.

Espolvoreo: el plaguicida formulado como un polvo, se aplica sin diluir, con equipos manuales o mecánicos, la aplicación produce una nube de polvo que se deposita sobre las plantas o suelo.

Granular: es similar al espolvoreo, pero el plaguicida formulado vienen en partículas más grandes llamadas gránulos, los cuales se le aplican al suelo o al follaje de la planta, o se colocan cerca de las raíces de las plantas en bandas o coronas.

Termonebulización: se hace de varias maneras, todas las cuales incluyen un suministro de calor al plaguicida para producir vapores o humo.

Gasificación: el plaguicida produce gases debido a reacciones químicas o por que se trata de un gas licuado a presión. El tratamiento se hace utilizando cámaras herméticas o carpas, para evitar que los gases se escapen.

Drench o inundación: el plaguicida se mezcla con agua, se aplica al suelo y luego se riega en forma abundante, para hacerlo penetrar en el suelo.

Inmersión: el plaguicida se diluye en agua u en otro líquido y en él se sumerge parcial o totalmente el producto que va a ser tratado.

Según el equipo utilizado la aplicación puede ser:

Aérea: se hace con aviones o helicópteros

Terrestre: puede ser mecanizada, con equipos autopropulsados o acoplados a tractor o manual con equipos accionados por la fuerza del operador.

Según el área cubierta:

Total: se aplica sobre toda el área

En bandas: la aplicación se hace en hileras o franjas a lo largo del cultivo.

Dirigidas: cuando se aplica a una parte de la planta.

En parches o focos: se aplica solamente donde está la plaga

Tópica: se aplica en un área reducida o localizada de la planta como los cicatrizantes en ramas podadas.

Según el ambiente donde se aplican:

Al aire libre

En ambiente cerrado: bodegas, silos, invernaderos, vehículos.

CONCEPTOS BÁSICOS DE TOXICOLOGÍA DE LOS PLAGUICIDAS

Un veneno es una sustancia que al ingresar al organismo, alterará su funcionamiento normal, provocando un estado de enfermedad o la muerte, por medios no mecánicos.

Vías de intoxicación

Para que un tóxico afecte los organismos ya sean plantas, animales o personas debe ingresar a él. En los seres humanos el plaguicida ingresa por varias vías, siendo las usuales la vía oral (por la boca), la vía inhalatoria (por la nariz), la vía dérmica (la piel) y los ojos. Usualmente los agricultores y las personas del campo piensan que se pueden intoxicar solamente ingiriendo o bebiendo el veneno o tóxico.

La causa de la intoxicación con plaguicidas puede ser voluntaria (intentos de

suicidio), criminal (homicidios) accidental (por errores, confusiones o desconocimiento) y ocupacional (en actividades de uso y manejo de plaguicidas).

Vía oral conocida también como vía de ingestión, y la que generalmente produce mas consecuencias graves.

Vía inhalatoria. A través de las vías respiratorias.

La contaminación de los tóxicos por la vía inhalatoria es aquella que presenta los efectos más rápidamente y generalmente son graves. Si las partículas suspendidas en el aire son pequeñas, a si mismo ingresan por esta vía; si las partículas son menores a 10 micras pueden llegar hasta el alvéolo pulmonar. Partículas de 50 a 100 micras son retenidas por la cavidad nasal y se absorben por las mucosas. La superficie de absorción de los alvéolos es de unos 70 metros cuadrados y el alvéolo pulmonar, donde se produce el intercambio del gas carbónico y el oxígeno en la sangre, sólo presenta una capa de células, de modo que los gases, vapores humos o partículas en general, que logren llegar al alvéolo se incorporen en la sangre.

Vía dérmica. Es la vía mas frecuente de intoxicación ocupacional con plaguicidas. Se estima que el 90% de las intoxicaciones ocupacionales, se presentan por esta vía.

Ensayos realizados con productos organofosforados se encontró que el antebrazo tiene menor absorción; a comparación de la cara y el cuero cabelludo es unas cuatro veces mayor, por el abdomen unas dos veces mayor y en la región genital se encontró que su absorción es doce veces mayor.

Las heridas, raspaduras e infecciones en la piel, así como el sudar, aumentan la capacidad de absorción.

Destino del tóxico

El tóxico lo pueden eliminar las personas afectadas sin descomponerse en el organismo, pueden ser descompuestos en otras sustancias llamadas metabolitos, las cuales pueden ser tóxicas o más tóxicas que la sustancia original o puede depositarse en órganos y tejidos.

La descomposición o metabolización ocurre en el hígado por procesos de oxidación, reducción o conjugación.

La eliminación se produce por varias vías siendo la más común la vía renal (por orina) para los tóxicos o metabolitos solubles en agua y la vía digestiva para los insolubles. Otras vías son la respiratoria, el pelo, la leche y la placenta.

EFECTOS SOBRE LA SALUD

Los efectos de un tóxico pueden clasificarse de varias maneras así:

- **Locales** cuando el tóxico afecta solamente el sitio donde se aplica o sistémicos cuando comprometen todo el organismo.
- **Reversibles** cuando los efectos son temporales o **irreversibles** cuando dejan lesiones permanentes o producen la muerte.

Agudos los que resultan de una exposición única o **crónica** que resultan de la exposición repetida a dosis más bajas que la dosis aguda, pero en forma continua y por tiempo prolongado.

Los efectos agudos se manifiestan poco tiempo después de que el tóxico ha ingresado al organismo. Generalmente pocas horas y a veces pocos minutos. En las intoxicaciones agudas con plaguicidas los síntomas más comunes son: dolor de cabeza, debilidad general, náuseas, vómitos dolores o calambres abdominales, diarrea, visión borrosa, sudoración, lagrimeo, salivación dolores musculares, dificultad para respirar. En casos graves pueden presentarse convulsiones, pérdida del conocimiento, coma y la muerte. Cabe aclarar que no todas las veces se presentan todos los síntomas.

Los efectos crónicos se demoran muchos años en aparecer, es difícil detectarlos a tiempo, afectan órganos o sistemas vitales, como el hígado, los pulmones, el sistema nervioso, etc, y sus efectos son generalmente irreversibles. De ahí la importancia de la que la persona que trabaja con plaguicidas u otras sustancias tóxicas se le realicen exámenes médicos periódicamente.

Los tóxicos de acuerdo al sistema u órgano que estén afectando así reciben el nombre:

- Neurotóxicos afectan el sistema nervioso.
- Hepatotóxicos afectan el hígado.
- Nefrotóxicos afectan los riñones.
- Embriotóxicos o Fetotóxicos afectan al embrión o el feto, mutagénico potencial para producir alteraciones en el material genético de las células de un organismo.

Los efectos que presentan las sustancias pueden ser de diferente clase entre las más comunes encontramos las siguientes:

- Irritantes producen una inflamación temporal del tejido que tocan, como la piel, los ojos o las vías respiratorias.
- Corrosivos producen destrucción del tejido (quemaduras) como la piel y los ojos.
- Sensibilizantes producen reacciones de tipo alérgico después de varias exposiciones. Por ejemplo: Una persona que lleva algún tiempo trabajando con un producto empieza a sentir irritaciones o picazón en la piel cuando entra en contacto con el producto, o sufre accesos violentos de tos cuando aspira sus vapores, polvos o la nube de aspersión.
- Anestésicos reduce la sensibilidad y provocan mareo, adormecimiento, confusión mental, o incluso la muerte.

EFFECTOS EN EL MEDIO AMBIENTE

Es importante aclarar que dentro de los agroquímicos, solamente los plaguicidas se clasifican según categorías toxicológicas; de ahí su relevancia desde el punto de vista ambiental. El análisis persistencia/ degradabilidad de los plaguicidas es clave para análisis específicos de impacto sobre los recursos naturales, biota y población. Para entenderlo, se aborda el tema partiendo de la naturaleza química de los productos.

Los organoclorados, con enlaces entre átomos de carbono y cloro, que por ser tan escasos en la naturaleza los seres vivos no están adaptados para descomponerlos. Por esta razón y por ser altamente lipofílicos tienden a acumularse a través de las cadenas alimenticias. Tienen características de gran persistencia y acumulación. Al respecto, estudios realizados por Invemar en la Ciénaga de Santa Marta, en 1986, muestran apreciables concentraciones de plaguicidas organoclorados que han sido prohibidos desde 15 años atrás: Aldrín, DDT, Dieldrín, Heptacloro, Endrín, Lindano, entre otros.

Los organofosforados son moléculas orgánicas que contienen fósforo, se hidrolizan fácilmente y han venido reemplazando a los organoclorados, porque son menos persistentes en el ambiente y no se acumulan en los organismos. Sin embargo, la velocidad de degradación en estas sustancias es muy variable y en algunos casos, el producto degradado es más tóxico que el producto original.

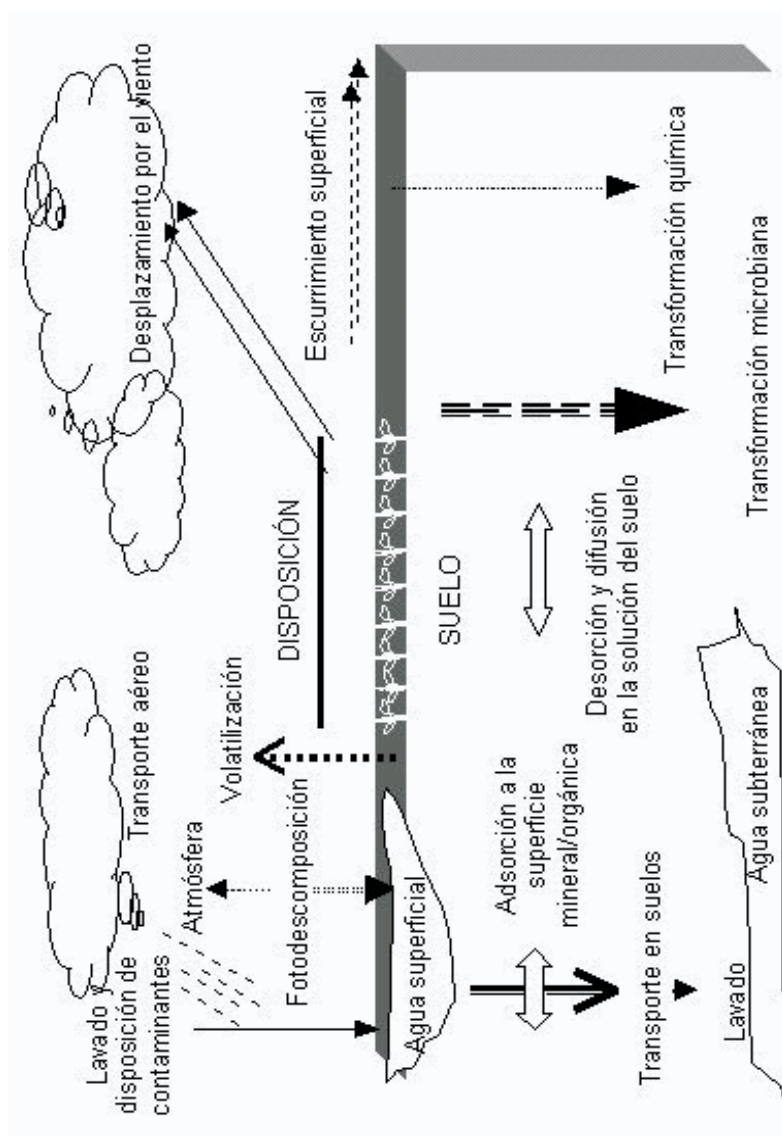
Dentro de los compuestos comerciales incluidos en esta categoría se encuentran el Carbofenotión, Cloropirifox, Diacinón, Dimetoato, Fosfamidón, Malatión, Mercabam, Paratión, Triclorofón, entre otros.

Los carbamatos son menos tóxicos porque se degradan fácilmente en el medio ambiente, pero presentan una acción potenciada cuando se combinan con organoclorados y/o organofosforados (mezclas/bombas). En algunos casos, son inhibidores del crecimiento celular y de la fotosíntesis. Dentro de los compuestos comerciales que han sido utilizados en esta categoría se hallan el Aldicarb, Benomilo, Butilato, Carbaril, Carbofurano, Carbosulfán, Mancozeb, Maneb, Metamsodio, Pirimicarb, Zineb.

Los piretroides son insecticidas de origen vegetal, con baja toxicidad para mamíferos, poco solubles en agua, quedan retenidos en las capas superficiales del suelo antes de desaparecer, por ello es poco probable que alcancen aguas subterráneas. Tienen uso doméstico. Algunos productos de esta clase son Cipermetrín, Deltametrín, Fenvalerato, Permetrín, Rotenone.

Adicionalmente se consideran dentro de la clasificación otras categorías con efectos menores sobre el medio ambiente y la población, como plaguicidas inorgánicos, ácidos orgánicos -no se acumulan en animales y en elevada proporción se eliminan por la orina, normalmente son herbicidas o fitoreguladores-, derivados de la urea -presentan toxicidad aguda relativamente baja para mamíferos, normalmente son herbicidas-, derivados de la amida y otros.

El uso de herbicidas de amplio espectro como el Roundup (glifosato + POEA) aplicados por vía aérea, en los intentos fallidos por erradicar a la fuerza los cultivos de uso ilícito, causa graves e innecesarios problemas de salud en personas y animales, contamina el suelo, el aire, el agua y los alimentos, y destruye cultivos de pancoger, animales de cría y peces, los cuales constituyen la base de la sobre vivencia de comunidades campesinas e indígenas, y atenta contra la biodiversidad de flora y fauna.



CÓMO SE DETERMINA LA TOXICIDAD DE UN PLAGUICIDA

No se puede establecer un límite entre lo que es veneno y lo que no es; lo que se puede establecer son grados o categorías de toxicidad. Esto se hace con base en estudios realizados con animales tales como ratas, ratones conejos.

La toxicidad aguda para la vía oral y la vía dermal se expresa como dosis letal media (DL 50) que es la dosis que produce la muerte de la mitad (50%) de los animales en estudio. La DL 50 se expresa en miligramos por kilo de peso del animal (MG/Kg.). Cuando se trata de la vía inhalatoria se habla de concentración letal media (CL 50) y se expresa en miligramos de la sustancias por litro de aire, por un tiempo de exposición determinado. (Usualmente 4 horas). Cuanto más pequeño sea el valor de la DL 50 (o la CL 50) más tóxica será la sustancia. Algunos valores DL 50 de referencia (por vía oral en ratas) son:

Botulina	0,00005 mg/kg
Cianuro de Potasio	1
Paration etílico	3,6
Adrenalina	10
Nicotina	50
DDT	120
Paracuat	157
Aspirina	500
Sal de cocina	3.750
Glifosato	4.320

Los resultados de estudios obtenidos en animales permiten estimar la toxicidad para el hombre. Por ejemplo: si la DL 50 de un plaguicida en ratas es de 50 mg/kl. Se estima que para un hombre de 60 kilos esto equivaldría a $60 \times 50 = 3.000$ miligramos (3 gramos) de dosis total. Este valor no es igual en el organismo del hombre.

Interpretación de los valores de toxicidad aguda

Para poder interpretar los valores de toxicidad de los plaguicidas decidieron agruparlos por categorías toxicológicas teniendo en cuenta las dosis letales medias.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido cuatro categorías así: (valores DL 50 en ratón).

Categoría	DI 50 Oral		DI 50 Dermal	
	Sólidos	Líquidos	Sólidos	Líquidos
I a	5 o menos	20 o menos	10 o menos	40 o menos
I b	5 a 50	20 a 200	10 a 100	40 a 400
II	50 a 500	200 a 2000	100 a 1000	400 a 4000
III	500 a 2000	2000 a 3000	sobre 1000	sobre 4000

En Colombia el Ministerio de Salud se guía por las recomendaciones de la OMS pero es necesario aclarar que aún cuando la DL 50 es una dosis que sirve de guía importante, no es el único factor que se tiene en cuenta para la clasificación toxicológica.

Las categorías establecidas en Colombia son las siguientes:

Categoría	I	Extremadamente tóxicos
Categoría	II	Altamente tóxicos
Categoría	III	Medianamente tóxicos
Categoría	IV	Ligeramente tóxicos

Se puede tener una idea aproximada de dosis mortal de los plaguicidas por cada categoría, tomando como ejemplo para la vía oral (producto sin diluir).

Categoría I: Unas cuantas gotas a una cucharadita de tinto

Categoría II: Una cucharadita de tinto a una cucharadita sopera

Categoría III: Una cucharadita sopera a un pocillito de tinto

Categoría IV: Mas de un pocillo de tinto

IDENTIFICACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS DE CADA CATEGORÍA

Los plaguicidas se identifican a través de la etiqueta, allí se encuentra la banda de color y la categoría toxicológica a la cual pertenecen.

Categoría	Denominación	Color de la banda
I	Extremadamente tóxico	Rojo
II	Altamente tóxico	Amarillo
III	Medianamente tóxico	Azul
IV	Ligeramente tóxico	Verde

El riesgo depende de la toxicidad del plaguicida y la exposición al mismo y se puede resumir de la siguiente manera:

RIESGO = TOXICIDAD x EXPOSICIÓN

Factores a tener en cuenta para conocer la toxicidad de las sustancias:

- Sus propiedades físicas y químicas, tales como la solubilidad en grasas y la volatilidad.
- Su mecanismo toxicológico (Toxicocinética).

La toxicidad de los plaguicidas no se puede modificar, por tanto se debe minimizar la exposición para disminuir el riesgo.

Se tendrá más probabilidad de recibir dosis tóxica cuando:

- Se usan productos más tóxicos.
- Se trabaja por más tiempo.
- Se manejan productos concentrados.
- Se manejan mayores cantidades de plaguicidas.
- No se utilizan elementos de protección personal, se usan mal o se usan elementos inapropiados, deteriorados o contaminados.
- Los hábitos de higiene no existen o son deficientes.

Es importante tener en cuenta que los riesgos pueden variar por otros factores como son:

- Susceptibilidad personal. Hay individuos que son, de por sí, más susceptibles (o menos susceptibles) a los tóxicos.

- Estado de salud. La susceptibilidad personal puede aumentar por causas tales como mala nutrición, enfermedades y, en ciertos casos, por exposición previa a plaguicidas.

Por eso la importancia de los exámenes de ingreso cuando las personas van a empezar a laborar en una empresa. Y los exámenes periódicos.

- Condiciones ambientales tales como la temperatura, presión atmosférica, humedad.

EQUIPOS DE PROTECCIÓN PERSONAL

El equipo de protección personal para el manejo de plaguicidas está compuesto de diversos elementos destinados a evitar la exposición por vía dermal e inhalatoria. Los elementos más comunes son: ropa (permeable o impermeables) guantes, botas, gorro, casco o sombrero, gafas o protector facial y respirador.

El grado de protección de los elementos de protección depende de los siguientes factores:

- A. Su calidad, la cual está relacionada con el material, el diseño y su estado de conservación.
- B. Su uso correcto.
- C. Su adecuado mantenimiento.

Aspectos a tener en cuenta para el uso de los diferentes elementos de protección personal.

ROPA DE PROTECCIÓN

Permeable. Puede ser de una sola pieza o de camisa y pantalón separados. Se utiliza de algodón o algodón poliéster. Deben tener manga larga en brazos y piernas. Las mangas no deben recortarse ni remangarse. Se debe tener cerrado la cremallera o botones. No debe presentar desgarres: estos deben remendarse. El almidonar la ropa ofrece mayor resistencia a la penetración de los plaguicidas y facilita la descontaminación al lavarlos. Deben suministrarse al trabajador en cantidad suficiente que garantice el recambio diario, o en caso de contaminación accidental. (Decreto 1843, artículos 179 y 181). En el caso de los agricultores, la ropa de trabajo debe lavarse separada del resto de la ropa. Si está demasiado contaminada debe ser lavada con guantes.

Impermeable. En ciertas aplicaciones la ropa permeable no es suficiente para una adecuada protección y debe ser complementada o sustituida por ropa impermeable la cual es fabricada en diversos materiales como neopreno, PVC o caucho o revestido con PVC.

Como complemento de la ropa se utilizan delantales de neopreno, los cuales deben cubrir el pecho y los lados del cuerpo. Deben tener una longitud que alcance por lo menos la altura de las botas de caucho.

El los invernaderos deben tener la precaución de realizar la actividad verificando tener un traje en buen estado para evitar la penetración. Utilizar sobretodo una buena higiene personal antes y después de tener contacto con el plaguicida.

Guantes

Se utilizan de diversos materiales impermeables, como caucho, PVC, nitrilo, neopreno o vitón. Los de caucho presentan poca resistencia a la penetración de los solventes por lo cual deben cambiarse frecuentemente. Los de PVC deben tener un grosor de 1 mm. Los de nitrilo y neopreno son los más recomendados y deben tener un grosor de 0,5 mm. Los de vitón son los que presentan mayor resistencia a los solventes, pero presentan poca resistencia mecánica (desgarros) y son costosos.

Los guantes no deben llevar forro de tela por dentro, ya que su forro se impregna fácilmente de los plaguicidas. La longitud del guante debe ser tal que cubra por lo menos hasta la mitad de antebrazo.

Cuando están usando los guantes deben evitar el contacto con la cara o el respirador. Antes de quitárselos se deben lavar, cuando se contaminan con plaguicidas lavarse lo antes posible.

En general las mangas de la camisa deben cubrir los guantes, pero cuando se está aplicando en cultivos altos y es necesario levantar los brazos los guantes deben ir por encima de las mangas.

Al terminar el trabajo del día lavar los guantes por dentro y por fuera y verificar que no estén rotos.

Botas

Las botas generalmente son de neopreno, PVC o caucho revestido en PVC. No deben tener forro de tela en su interior. Dependiendo de la actividad que se

realice su altura puede variar (tobilleras, media caña o caña altas) los colores claros en las botas son favorables cuando las personas trabajan expuestas al sol ya que se calientan menos y le permiten visualizar mejor su estado de limpieza. Las botas o zapatos de cuero o tela (tenis) no ofrecen adecuada protección para plaguicidas.

Debe verificarse el estado de las botas que no estén con rajaduras o perforaciones y utilizar los calcetines o medias.

Las mangas del pantalón deben cubrir las botas y no ir dentro de ellas para evitar que un derrame accidental que caiga se introduzca en ellas.

Las botas se deben lavar al terminar el trabajo, pero esto se debe hacer con los guantes puestos para evitar la contaminación de las manos.

Protección de cabeza: puede hacerse por medio de los gorros de tela, cascos de plástico, sombrero, capucha o capuchones impermeables. Previenen la contaminación por salpicaduras, nube de aspersion que pueden caer en el cabello y luego, por el sudor, entrar en contacto con el cuero cabelludo. Deben lavarse a diario.

Gafas y protectores faciales: se fabrican en acetato, PVC y otros materiales. Previenen la contaminación por salpicaduras o por la nube de aspersion, especialmente al aplicar cultivos altos.

Las gafas deben ser cerradas, con ventilación indirecta. Los protectores faciales, llamados también visores, protegen no sólo los ojos sino la cara y se empañan menos, especialmente en climas calientes y húmedos. Deben lavarse diariamente.

Respiradores: llamados comúnmente máscaras, se obtienen en diferentes modelos y tipos (o cartuchos) que se ajustan a diversas necesidades. (Polvos, o vapores y gafas de distinta clase).

Los respiradores para polvos o material particulado pueden ser desechables, o estar compuestos por una pieza facial construida en PVC u otro material, con un filtro reemplazable. Ofrecen diferente clase de filtrado de partículas. Las de **tipo A** filtran por lo menos un **98 %** de partículas menores de 10 micras, las de **tipo B** un **95 %** y las de **tipo C** un **90%**. Algunos modelos poseen una válvula que facilita la salida del aire expirado. Las máscaras o el filtro se deben cambiar si están en mal estado, pero el respirador se puede identificar que no está sirviendo como filtro cuando se siente el olor de la sustancia o contaminante y la persona comienza a tener dificultad para respirar.

Los respiradores para vapores constan de una pieza facial provista de uno o dos filtros y una o dos válvulas de exhalación. La pieza facial se ajusta a la cara, cubriendo boca y nariz, mediante bandas elásticas o resortes y un arnés o cabezal. Esta pieza se puede obtener en diferentes tallas.

Los filtros y cartuchos están constituidos por un recipiente plástico o metálico, provisto en uno de sus lados de una rejilla y en el otro de un acople que encaja en la pieza facial. En su interior llevan carbón activado en medio de los filtros de material particulado. Generalmente en el acople que encaja en la pieza facial trae incorporada una membrana de caucho llamada válvula de inhalación, la cual permite el paso del aire filtrado, pero se cierra para evitar que el aire expirado entre al cartucho. También en algunos casos se puede encontrar filtros con prefiltrado removible, que se ajusta al cartucho mediante un aro plástico cubriendo la rejilla.

Las máscaras de "FULL FACE" (de cara completa) cubren totalmente la cara y están provistas de un plástico o acetato transparente, que reemplaza al visor y las gafas. Pueden estar provistas de cartuchos normales o uno de mayor tamaño llamado "Canister". Son útiles cuando se manejan sustancias que producen vapores irritantes.

Importante tener en cuenta cuando se usan los respiradores las siguientes recomendaciones:

Es indispensable que el respirador ajuste herméticamente a la cara: para ello debe buscarse la talla y diseño apropiados y el usuario no debe tener barba o patillas largas. Debe verificarse que la válvula de exhalación perfectamente. Para comprobar el ajuste del respirador se tapa el filtro o los filtros con las manos y se inhala: la persona debe sentir que el respirador se pegue a la cara; se contiene la respiración por unos segundos: si la pieza facial se afloja, es señal de que está entrando aire y es importante verificarse la causa. No debe buscar el ajuste apretando excesivamente la banda elástica ya que ello produce dolor de cabeza que puede confundirse con los síntomas de una intoxicación.

Evite utilizar trapos o papel higiénico dentro del respirador ya que esto no mejora la protección y dificulta la respiración.

No manipular los respiradores con los guantes contaminados o con las manos para evitar la recontaminación.

Los filtros tienen una vida útil, de acuerdo a la actividad que se realice y al

tiempo de exposición durante las diferentes tareas donde se apliquen plaguicidas. El fabricante debe proporcionar la asesoría sobre la vida útil del filtro teniendo en cuenta la sustancia y el tiempo de exposición a la que va ser sometido. Al momento de la adquisición de los filtros se debe especificar que van a ser utilizados para actividades con plaguicidas ya que hay variedad de filtros para diferentes tareas.

La banda elástica debe remplazarse cuando pierde su elasticidad.

Importante limpiar el filtro cuando se termina la tarea con un trapo húmedo. El prefiltro puede limpiarse golpeándolo con la mano o con un chorro de aire, si es el caso, cambiarlo. El resto del respirador se debe lavar con abundante agua caliente a una temperatura de 65 °C y detergente y secarlo al aire libre. Los cartuchos deben ser guardados en una bolsa plástica debidamente cerrada.

Los elementos de protección no deben guardarse en el mismo sitio donde se almacenan o manipulan plaguicidas.

Deben renovarse de acuerdo con el tiempo y condiciones de uso y estado de conservación.

Las recomendaciones para el almacenamiento, distribución y expendio, transporte, aplicación, autorizaciones, licencia sanitaria, registros, permisos, conceptos, rotulación, envase, desechos, atención y controles médicos publicidad y propaganda, vigilancia epidemiológica, control sanitario, medidas sanitarias, sanciones y procedimientos se encuentran consignadas en el Decreto 1843 de julio 22 de 1991 el cual debe ser consultado.

ETIQUETA DE LOS PLAGUICIDAS

Los plaguicidas en sus empaques o envase deben traer su correspondiente etiqueta, impresa o adherida. Cuando el envase es muy pequeño y no permite plasmar la información básica exigida para su expendio entonces la información complementaria debe ir en un folleto o plegable adjunto. La etiqueta contiene un folleto que tiene resumida las experiencias obtenidas en el proceso de investigación y desarrollo de los plaguicidas, para evitar errores leer la información antes de su utilización.

En Colombia el contenido y distribución de la información de la etiqueta está regulado por la Norma ICONTEC 200 (sexta revisión). La etiqueta debe contener tres cuerpos o secciones:

Cuerpo central

- Logotipo de la empresa fabricante.
- Marca o nombre comercial del plaguicida.
- Clase de plaguicida (insecticida, herbicida, fungicida)
- Uso registrado (agrícola, pecuario).
- Formulación (concentrado emulsionable, polvo mojable)
 - a) Composición garantizada del plaguicida donde identifique el nombre genérico o común y el nombre químico del ingrediente activo. El contenido garantizado se expresado como porcentaje en peso en los productos sólidos y en gramos por litro de formulación a 20 °C, en los productos líquidos. Se debe identificar también los compuestos relacionados con el ingrediente activo.
 - b) El contenido del empaque o envase. En los plaguicidas líquidos se expresa en litros o centímetros cúbicos y en los sólidos en kilos o gramos.
 - c) Número de licencia de venta o registro expedida por el ICA.
 - d) Número del lote de producción cada vez que el fabricante produce una cantidad de plaguicida, le asigna un número que lo identifica y conserva una muestra del mismo.
 - e) Fecha de la formulación y vencimiento. La fecha de formulación aparece como un mes y un año. La fecha de vencimiento puede aparecer también. Como un mes y un año, como una leyenda que dice "vence tantos meses o años después de la fecha de formulación". Generalmente el vencimiento de de las formulaciones líquidas es de dos años y en las sólidas de tres, pero el fabricante la coloca de acuerdo con el conocimiento que tiene de la estabilidad de cada producto formulación en particular.
 - f) Nombre y dirección del fabricante.
 - g) En los plaguicidas de categoría I y II la leyenda "venta por prescripción de un Ingeniero Agrónomo"

El cuerpo central se subdivide en dos cuerpos: cuerpo derecho y cuerpo izquierdo

Cuerpo derecho

El cuerpo derecho de la etiqueta está orientado hacia el uso eficaz del plaguicida. Antes de utilizar el producto, buscar la asesoría de un agrónomo, para conocer las informaciones del producto, los cultivos, plagas y dosis para los cuales se han obtenido el concepto de eficacia, informaciones complementare tales como compatibilidad, fototoxicidad, volúmenes de mezcla que se

recomiendan, momento oportuno para aplicación, teniendo en cuenta el intervalo entre la última aplicación y la cosecha.

"El fabricante garantiza que las características físico – químicas del producto corresponden a las anotadas en esta etiqueta y que mediante concepto de eficacia se verificó que es apto para los fines recomendados de acuerdo con las indicaciones de empleo, pero no asume responsabilidad por el uso que de él se haga porque su manejo y empleo está fuera de su control".

Cuerpo izquierdo

Está orientado al uso seguro del producto. Contiene las siguientes leyendas obligatorias:

Lea la etiqueta antes de usar el producto; "Manténgase fuera del alcance de los niños"; "En caso de intoxicación llame al médico inmediatamente o lleve el paciente al médico y muéstrela la etiqueta del producto". "Después de usar el contenido enjuague el envase tres veces, vacíe el agua de lavado en la mezcla de aplicación. Luego proceda a destruir el envase" (no reutilice el envase que han contenido plaguicidas para echar agua potable o alimentos).

ETIQUETA DE PLAGUICIDAS

STOP!!
READ THE LABEL BEFORE USE

SAFETY PRECAUTIONS

- When handling this product use rubber boots, long pants, long sleeved shirt, rubber gloves, goggles.
- Thoroughly wash face and hands before eating, smoking and drinking.

FIRST AID TREATMENT

- If swallowed: Do not induce vomiting. Seek medical assistance immediately.
- If on skin: Wash with plenty of water.

NOTE TO PHYSICIAN

Malathion is a cholinesterase inhibitor.

ENVIRONMENTAL HAZARD

- This pesticide is toxic to birds, fish

MALATHION
57 EC

Active Ingredient
Malathion 57%

Inert Ingredient..... 0%

Total 100%

Contains 570 grams of malathion.

WARNING
Do not store in dwelling houses.
Keep out of the reach of children.
Net Contents

INTRODUCTION
Malathion is a slightly toxic or poor insecticide and acaricide.

CROP USES
Avocado, banana, cabbage, corn

INSECTS CONTROLLED:
Aphids, scales, mites, white flies.

GENERAL DOSAGE
1-2pt per acre
1-2pt per 50 yds water

PRE-HARVEST INTERVAL
VEGETABLES
7 DAYS

Expiration date: 000

COMPATIBILITY

SLIGHTLY TOXIC

The pesticide label contains important information, read it!
La etiqueta de pesticidas contiene información importante. ¡Léala!

Banda de color

La categoría toxicológica de los plaguicidas se puede identificar fácilmente por la banda de color que aparece en la parte inferior de la etiqueta. En ésta aparecen también textos y símbolos en la siguiente forma:

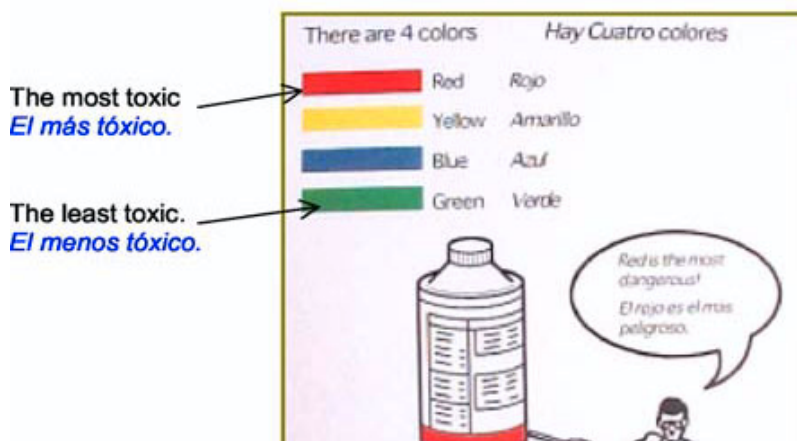
CATEGORÍA I. Color de la banda rojo, texto "Categoría I". Extremadamente Tóxico. Símbolo calavera con tibias cruzadas en medio de las palabras. Peligro veneno. El texto y la calavera van en color blanco.

CATEGORÍA II. Color de la banda amarillo; texto "Categoría II". Altamente Tóxico. Símbolo calavera con tibias cruzadas en medio de las palabras Cuidado Veneno. El texto y la calavera van en color negro.

CATEGORÍA III. Color de la banda azul; texto "Categoría III". Medianamente Tóxico. Cuidado. El texto va en color blanco.

CATEGORÍA IV. Color de la banda verde, "Categoría IV". Ligeramente Tóxico. Precaución. El texto va en color blanco.





Pictogramas

Éstos se encuentran dentro de la banda de color. Son dibujos o símbolos de fácil comprensión que indican las precauciones que deben tomarse cuando se está manejando el producto concentrado, ejemplo: al medir la dosis, preparar la mezcla o cargar el equipo de aplicación, como al hacer la aplicación. Los pictogramas están hechos de forma fácil para que el campesinado que no sabe leer lo aprenda a entender, ya que estos también ayudan a indicar la agresividad de un producto formulado, pero no se encuentran en todos los productos.

Los pictogramas relacionados con precauciones al manejar el producto concentrado, aparecen al lado izquierdo de la banda y los referentes a la aplicación, al lado derecho.

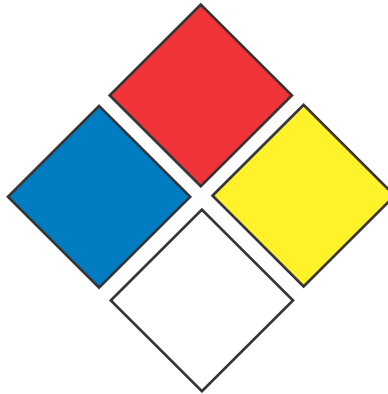
Rotulado de sustancias químicas

Mediante el uso del CÓDIGO NFPA 704 se rotulan e identifican los productos peligrosos con los siguientes objetivos:

- Hacer que los productos peligrosos puedan ser fácilmente reconocidos, a distancia, por las características del rótulo.
- Proporcionar una fácil identificación de la naturaleza del riesgo que se puede presentar durante la manipulación y almacenamiento de las mercaderías.
- Facilitar por medio del color de los rótulos, una primera guía para la manipulación y estiba o almacenamiento.

El Código NFPA 4040 establece un sistema de identificación de riesgos para que en un eventual incendio o emergencia, las personas afectadas puedan reconocer los riesgos de los materiales respecto del fuego, aunque éstos no resulten evidentes. Este código ha sido creado para la utilización específica de los cuerpos de bomberos. Consiste en una etiqueta que consta del nombre del material y cuatro secciones con un color asignado en cada caso:

Salud	Azul	
Inflamabilidad	Rojo	
Reactividad	Amarillo	
Riesgo especial	Blanco	



En cada una de las secciones se coloca el grado de peligrosidad: 0, 1, 2, 3,4, siendo en líneas generales, 0 el menos peligroso, aumentando la peligrosidad hasta llegar a 4, nivel más alto.



Los criterios para establecer los grados de peligrosidad en cada una de las secciones son los siguientes:

Riesgos para la salud:

- Se considera la capacidad del material para producir lesiones por contacto con la piel, ingestión o inhalación. Sólo se considerarán los riesgos que pongan de manifiesto alguna propiedad inherente del material. No se incluyen las lesiones causadas por el calor del incendio ni por la fuerza de explosiones.
- El riesgo para la salud en la lucha contra el fuego u en otra condición de emergencia es mortal, de modo que una explosión simple puede variar desde unos pocos segundos hasta más de una hora. Además, es de esperar que el despliegue físico que demanda combatir un incendio y las condiciones de emergencia intensifiquen los efectos de cualquier exposición.
- Hay dos fuentes de riesgo para la salud. Una tiene que ver con las propiedades inherentes del material y la otra con los productos de la combustión o de su descomposición. El grado de riesgo se asignará sobre la base del mayor riesgo que pueda existir bajo el fuego o en otras situaciones de emergencia. No se incluyen los riesgos comunes derivados de la combustión de los materiales combustibles comunes.

- La valoración del riesgo para la salud indicará al personal de bomberos o emergencia alguna de las informaciones siguientes:
 - Que puede trabajar con seguridad con el equipo de protección especializado.
 - Que puede trabajar en forma segura con el equipo de protección respiratoria adecuado.
 - Que puede trabajar con seguridad en el área con ropa ordinaria.
- La graduación del riesgo para la salud se efectuará de acuerdo con la severidad probable de éste hacia el personal y será la siguiente:

Grado 4: Materiales que con una explosión muy corta pueden causar la muerte o lesiones residuales mayores, aún cuando se haya dado pronto tratamiento médico, incluyendo aquellos que son demasiado peligrosos para aproximarse sin el equipo de protección.

Este grado incluye: Materiales que puedan penetrar a través de la ropa de protección ordinaria de caucho. Materiales que bajo condiciones normales o bajo condiciones de incendio desprendan gases que son extremadamente peligrosos (tóxicos, corrosivos, etc.), por inhalación, contacto o por absorción a través de la piel.

Grado 3: Materiales que en una exposición corta pueden causar lesiones serias, temporarias o residuales, aún cuando se haya dado pronto tratamiento médico, incluyendo aquellos que requieran protección total contra contacto con cualquier parte del cuerpo.

Este grado incluye: Materiales cuyos productos de combustión son altamente tóxicos. Materiales corrosivos para los tejidos vivos o que son tóxicos por absorción por la piel.

Grado 2: Materiales que en una exposición intensa o continuada pueden causar incapacidad temporaria o posibles lesiones residuales si no se suministra pronto tratamiento médico, incluyendo aquellos que requieren el uso de equipos de protección respiratoria con suministro de aire independiente.

Este grado puede incluir: Materiales que originen productos de combustión tóxicos. Materiales que liberan productos de combustión altamente irritantes. Materiales que, sea bajo condiciones normales o en un incendio, originen vapores que son tóxicos para quien carece de los elementos de protección adecuados.

Grado 1: Materiales que por su exposición pueden causar irritación, pero solamente producen lesiones residuales menores si no se administra tratamiento médico, incluye a aquellos que requieren el uso de una máscara de gas aprobada.

Este grado puede incluir: Materiales que en condiciones de incendio pueden originar productos de combustión tóxicos. Materiales que en contacto con la piel pueden causar irritación sin destrucción de los tejidos.

Grado 0: Materiales que en una exposición en condiciones de incendio no ofrecen riesgos mayores que los que dan los materiales combustibles corrientes.

Riesgo por inflamabilidad

- Se considera la capacidad de los materiales para quemarse. Muchos materiales que se quemarían bajo ciertas condiciones, no queman bajo otras. La forma o condición del material, como así también las propiedades inherentes, afectan al riesgo.
- La graduación de los riesgos se efectuará de acuerdo con la susceptibilidad de los materiales a quemar, como sigue:

Grado 4: Materiales que se vaporizan completa o rápidamente a la presión atmosférica y a las temperaturas ambiente normales, y que están bien dispersos en el aire y se quemarán con mucha facilidad.

Este grado incluye: Gases. Materiales criogénicos. Todo material líquido o gaseoso que, sometido a presión, está en estado líquido o tiene un punto de inflamación menor a 23 °C y un punto de ebullición menor a 38 °C. Materiales que según su forma física o su estado de agregación puedan formar con el aire mezclas explosivas y que están efectivamente dispersas en el aire, tal como polvos de combustibles sólido y nieblas de líquidos combustibles o inflamables.

Grado 3: Líquidos y sólidos que se pueden encender bajo todas las condiciones de temperatura ambiente. Este grado de materiales produce atmósferas riesgosas con el aire a cualquier temperatura o si bien no resultan afectadas por la temperatura ambiente, son igníferos bajo cualquier condición.

Este grado incluye: Líquidos que tengan un punto de inflamación menor a 23 °C y un punto de ebullición igual o mayor a 38 °C, y aquellos líquidos que tengan un punto de inflamación igual o mayor a 23 °C y menor a 38 °C.

Materiales sólidos en forma de polvos gruesos que pueden quemarse rápidamente pero que generalmente no forman atmósferas explosivas con el aire.

Materiales sólidos que queman con extrema rapidez, usualmente debido a que contienen su propio oxígeno.

Materiales sólidos en estado fibroso o de pelusa que pueden quemar rápidamente (algodón, sisal, etc.).

Materiales que expuestos al aire se encienden instantáneamente.

Grado 2: Materiales que para encenderse requieren ser previamente calentados con moderación o estar expuesto a temperaturas ambientes relativamente altas. Los materiales de este grado en condiciones normales con el aire no forman atmósferas peligrosas, pero bajo altas temperaturas ambientes o ante calentamiento moderado pueden desprender vapores en cantidades suficientes para producir, con el aire, atmósferas peligrosas.

Este grado incluye: Líquidos que tengan un punto de inflamación mayor a 38 °C hasta 93 °C.

Sólidos y semisólidos que emitan vapores inflamables

Grado 1: Materiales que para encenderse necesitan ser calentados previamente. Los materiales de este grado requieren un considerable precalentamiento bajo cualquier temperatura ambiente antes que ocurran el encendido y la combustión.

Pueden incluirse: Materiales que queman en el aire cuando se exponen a temperaturas de 815 °C por un período de 5 minutos o inferior.

Líquidos y sólidos semisólidos que tengan un punto de inflamación mayor que 93 °C.

Grado 0: Materiales que se queman en el aire cuando se los expone a temperaturas de 815 °C por un período de 5 minutos.

Riesgo por reactividad

- En esta parte se considera la capacidad de los materiales para liberar energía. Algunos materiales son capaces de liberar energía rápidamente por sí mismos, como ser por auto reacción o por polimerización, o pueden

desarrollar una violenta reacción eruptiva o explosiva cuando toman contacto con el agua, con otro agente extintor o con otros dados materiales.

- La violencia de la reacción o de la descomposición de los materiales puede verse incrementada por el calor o por la presión, por otros materiales debido a la formación de mezclas combustible-oxidantes, o por contacto con sustancias incompatibles, contaminantes, sensibilizantes o catalíticas.
- Los grados de riesgo por reactividad se valoran de acuerdo con la facilidad, velocidad y cantidad de liberación de energía como sigue:

Grado 4: Materiales que, a temperatura y presiones corrientes, en sí mismos son fácilmente capaces de detonar o descomponerse o reaccionar en forma explosiva. Esta graduación incluirá los materiales que a presión y temperaturas normales son sensibles a los golpes mecánicos y a los choques térmicos localizados.

Grado 3: Materiales que en sí mismos son capaces de detonar o de reaccionar o de descomponerse en forma explosiva, pero que requieren una fuente de ignición fuerte, o antes de la iniciación calentarse bajo confinamiento.

Pueden incluirse: Materiales que son sensibles al choque térmico y mecánico a temperatura y presiones elevadas o que reaccionan en forma explosiva con el agua, sin requerir calentamiento ni confinamiento.

Grado 2: Materiales que en sí mismos son normalmente inestables y que fácilmente experimentan cambios químicos violentos pero no detonan.

Pueden incluirse: Materiales que a temperatura y presión corrientes, pueden experimentar cambios químicos con rápida liberación de energía, o que a presiones y temperaturas elevadas pueden experimentar cambios químicos violentos.

Además se incluirán aquellos materiales que puedan reaccionar violentamente con el agua o aquellos que puedan formar mezclas potencialmente explosivas con agua.

Grado 1: Materiales que, en sí mismos, son normalmente estables pero que pueden tornarse inestables a temperaturas y presiones elevadas, o que pueden reaccionar con el agua con alguna liberación de energía, pero no violentamente.

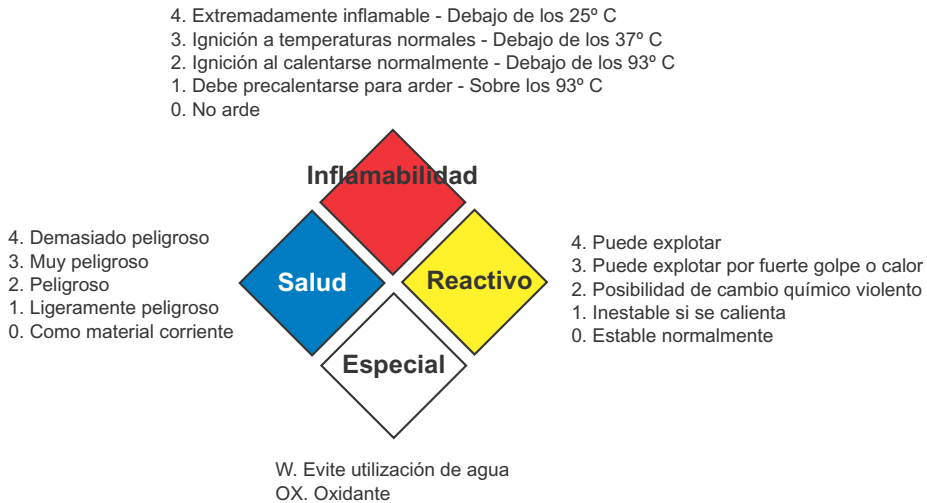
Grado 0: Materiales que, en sí mismos, son normalmente estables, aún expuestos en las condiciones de un incendio y que no reaccionan con el agua.

Riesgo especial

En este cuadro se indica los siguientes riesgos especiales:

- Una letra W atravesada por una raya indica que el material puede tener reacción peligrosa al entrar en contacto con el agua. Esto implica que el agua puede causar ciertos riesgos, por lo que deberá utilizarse con cautela hasta que se esté debidamente informado.
- La letra OX indica si la sustancia es oxidante.
- Aunque son símbolos no reconocidos por la NFPA 704, algunos usuarios utilizan las letras ALK para indicar sustancias alcalinas y ACID para ácidos.

A continuación se muestra un resumen de lo anteriormente explicado:



LÍMITES MÁXIMOS PERMISIBLES

T.L.V_s

(Threshold Limit Values)

Los agentes agresivos del ambiente que pueden actuar sobre la salud de los trabajadores son de tres tipos: químicos (polvos, humos, gases, vapores, neblinas), físicos (ruido, vibraciones, presiones anormales, temperaturas anormales, radiaciones ionizantes y no ionizantes) y biológicos (virus, bacterias, hongos, parásitos).

Por experiencia se ha observado que cualquier material extraño o forma de energía al ambiente natural, tiene algún efecto sobre el hombre, variando desde un mínimo a un máximo. La siguiente observación lógica ha sido que cierto tipo de materiales o formas de energía ejercen un efecto primario sobre un sistema biológico en particular, por ejemplo los polvos sobre los pulmones y sistema respiratorio, los disolventes sobre el sistema hematopoyético y renal, el ruido sobre el sistema auditivo, etc. Además, se ha demostrado que todos los individuos no reaccionan de igual manera a los contaminantes en el mismo ambiente. Así, en un ambiente donde todos los trabajadores están expuestos a un nivel constante razonable de un contaminante común, pueden observarse cuatro niveles de respuesta biológica: severa, menos severa, moderada y respuesta nula.

En tan amplias variaciones de la respuesta biológica influyen una serie de factores que se pueden clasificar en intrínsecos (sobre los que el hombre no puede ejercer ningún control, como sus características inherentes y adquiridas: edad, sexo, código genético, capacidad de desintoxicación del cuerpo, susceptibilidad) y extrínsecos (sobre los que el hombre tiene algún grado de influencia, como la concentración del contaminante, los hábitos de trabajo y tensiones derivadas de él, la duración de la exposición, el uso de otras sustancias tóxicas (alcohol, drogas, tabaco), el estado nutricional.

El único factor relacionado con la causa de la enfermedad que está sujeto a controles de ingeniería rígidos es la concentración del contaminante. El siguiente factor más significativo sobre el que puede ejercerse un control es la duración de la exposición.

Estas dos variables sobre las que el profesional de Salud Ocupacional puede ejercer un alto grado de control, constituyen los elementos claves de la prevención y los que servirán para la fijación de los niveles máximos permisibles.

De conformidad con la Resolución 2400 de Mayo 22 de 1979, Título III, Capítulo VIII, Artículo 154,» En todos los establecimientos de trabajo en donde se lleven a cabo operaciones y procesos con sustancias nocivas o peligrosas que desprendan gases, humos, neblinas, polvos, etc, y vapores fácilmente inflamables, con riesgo para la salud de los trabajadores, se fijarán los niveles máximos permisibles de exposición a sustancias tóxicas, inflamables o contaminantes atmosféricos industriales, en volumen en partes de la sustancia por millón de partes de aire (PPM), en peso en miligramos de la sustancia por metro cúbico de aire (mg/m³), o en millones de partículas por pie cúbico de aire (MPPP3) de acuerdo con la tabla establecida por la Conferencia Americana de Ingenieros Higienistas Americanos A.C.G.I.H o con los valores límites permisibles fijados por el Ministerio de Seguridad Social.

El Límite Máximo Permissible es el valor de una sustancia, en su concentración, en el ambiente de un lugar de trabajo, por debajo de la cual existe una razonable seguridad de que una persona podrá desempeñar sus labores indefinidamente, con ocho horas diarias de exposición y cuarenta horas semanales, sin sufrir molestias ni daños en su salud. Para los factores de riesgo físicos es la concentración de un nivel de energía en el ambiente de trabajo por debajo del cual existe una razonable seguridad de que una persona podrá desempeñar sus labores indefinidamente, cumpliendo jornada de trabajo de 40 horas semanales y ocho horas diarias, durante su vida laboral, sin sufrir molestias ni daños en su salud.

Debido a que la susceptibilidad individual varía ampliamente, la exposición ocasional de un individuo a los umbrales límites (o aún a valores menores), puede no prevenir malestar, empeoramiento de una condición preexistente o una enfermedad ocupacional.

El control del ambiente de trabajo se basa en la suposición de que para cada sustancia existe un nivel de exposición tolerable y seguro por debajo del cual no ocurren efectos adversos significativos.

La ACGHI plantea el uso de tres tipos de valores límites permisibles que se aplican de acuerdo con cada sustancia específica.

TLV-TWA (límite máximo permissible- media ponderada en el tiempo)

Es la concentración media ponderada en el tiempo para una jornada laboral normal de ocho (8) horas diarias y cuarenta (40) horas semanales, a la cual pueden estar expuestos casi todos los trabajadores repetidamente, día tras día, sin sufrir efectos adversos en la salud.

TLV-STEL (límite máximo permisible de corta duración)

Es la concentración a la que los trabajadores pueden estar expuestos de manera continua durante un corto período de tiempo, quince (15) minutos, no más de cuatro (4) veces por día y con un período de por lo menos sesenta (60) minutos entre exposiciones sucesivas a este valor, sin sufrir irritación, daños crónicos o irreversibles en los tejidos o narcosis en grado suficiente para aumentar la probabilidad de lesiones accidentales, menoscabar la auto recuperación o reducir sustancialmente la eficacia en el trabajo y siempre que no se supere el TLV-TWA.

TLV-C (Límite máximo permisible techo)

Es la concentración que no se debe sobrepasar en ningún momento.

Valor Límite Permisible Corregido por Tiempo de exposición

Cundo se trabaja en jornadas prolongadas de más de ocho (8) horas diarias o más de cuarenta (40) horas a la semana, se requiere ajustar el TLV por un mayor tiempo de exposición, lo cual se hace mediante las siguientes fórmulas:

Factor de reducción para aplicar al TLV para jornadas de más de ocho (8) horas diarias

$$Fr = \frac{8}{Hd} \times \frac{24 - Hd}{16}$$

Factor de reducción para aplicar al TLV para más de cuarenta (40) horas de trabajo en la semana

$$Fr = \frac{40}{Hs} \times \frac{168 - Hs}{128}$$

Esta fórmula se aplica siempre para reducir el TLV por más tiempo en la jornada de ocho (8) horas diarias o cuarenta horas semanales y en ningún caso para aumentar el TLV:

$$TLV_c = TLV * Fr$$

En donde:

TLV_c es el límite máximo corregido.

TLV es el límite máximo de las tablas.

Fr es el factor de reducción.

Hd = Horas de turno diario.

Hs = Horas de trabajo durante la semana.

Cuando el tiempo de exposición es inferior a ocho horas diarias y cuarenta semanales no se debe realizar corrección del TLV y su valor será el de las tablas.

En otros casos se requerirá ponderar las concentraciones encontradas y estos valores serán la base de comparación con los TLVs

Como consecuencia del análisis de los resultados obtenidos de las concentraciones y el análisis de laboratorio y su comparación con las normas, se determinará la existencia o inexistencia de un problema higiénico.

Es necesario aclarar que si bien los TLVs no indican barreras fijas de peligro y no peligro, si constituyen elementos de juicio que posibilitan la toma de decisiones, a falta de mejor información y superados estos límites (TLVs) cabe pensar en la existencia del problema higiénico que será más o menos grave según la separación que exista con los valores de referencia.

La ACGIH somete a revisión anualmente los valores límites permisibles y puede introducir modificaciones sustanciales para algunos de ellos, en caso de existir investigaciones, generalmente realizadas a través de muchos años que sustenten tales cambios.

Valor límite permisible corregido por Temperatura y Presión

Cuando se muestrea a una temperatura y presión significativamente diferente a la calibración deberá corregirse los volúmenes de muestreo, para lo cual se aplica la fórmula:

$$\frac{V_m \times P_m}{T_m} = \frac{V_c \times P_c}{T_c}$$

Donde.

V_m = Volumen muestreado.
 P_m = Presión de muestreo.
 T_m = Temperatura de muestreo.
 V_c = Volumen corregido.
 P_c = Presión de calibración.
 T_c = Temperatura de calibración.

Cuando los lugares de trabajo están a alturas diferentes a los que vienen referidos los valores límites permisibles expresados en miligramos por metro cúbico (mg/m³) para polvos, se deberá hacer la corrección de éstos mediante la fórmula:

$$F_c = \frac{P}{760}$$

Donde:

F_c = Factor de corrección.
 P = Presión atmosférica del lugar de trabajo, medida en mg de Hg.

GRADO DE RIESGO

Cuando se trate de riesgos químicos, para los cuales existan técnicas de evaluación que permitan su valoración y valores límites permisibles para la ponderación de su severidad debe tenerse en cuenta el concepto de grado de riesgo y no el grado de peligrosidad.

El grado de riesgo es un indicador de la severidad de la exposición al riesgo y se expresa como el resultado numérico de la relación entre la concentración de un contaminante dado y el valor límite permisible para dicho contaminante, multiplicado por la relación entre el tiempo de exposición durante la jornada y la duración de la misma para la cual se estableció el TLV (8 horas / día).

$$\text{Grado de riesgo GR} = \frac{\text{Concentración}}{\text{TLV de tablas}} \times \frac{\text{Tiempo de exposición}}{8 \text{ horas / día}}$$

Interpretación:

Si $GR > 1$: Alta exposición. Requiere control inmediato.

Si $0.5 < GR < 1$: Mediana exposición. Se requiere control, es una decisión de riesgo que debe tomar el personal de salud ocupacional.

Si $GR < 0.5$: Baja exposición, se deben vigilar las condiciones de trabajo para que permanezcan.

ALMACENAMIENTO DE PRODUCTOS QUÍMICOS

La presente norma de seguridad tiene como objetivo fundamental, disponer de un sitio seguro para la conservación y guarda de productos químicos.

Como objetivos específicos:

- Evitar la combinación accidental de sustancias químicas con otras incompatibles que pudiera dar lugar a reacciones peligrosas o violentas, con la posibilidad de generar incendios, explosiones y/o emanaciones de gases venenosos o corrosivos que pudieran comprometer la salud de las personas, las instalaciones y / o el medio ambiente.
- Prevenir situaciones graves que pudieran presentarse por derrames, fugas o roturas de envases.

Estrategias - Criterios de Incompatibilidad

Resulta de suma importancia que los productos químicos sigan criterios claros de almacenamiento según incompatibilidad. Consideramos nueve grupos que pueden llegar a generar riesgos de importancia en su almacenamiento:

1. Inflamables
2. Oxidantes
3. Reductores
4. Ácidos y bases fuertes concentrados
5. Productos reactivos con el agua
6. Tóxicos
7. Peroxidantes
8. Pirofóricos
9. Gases comprimidos

Los cinco primeros grupos dan lugar a reacciones fuertemente exotérmicas, liberándose cantidades importantes de calor en forma violenta, incluso explosiva, si entra en contacto con productos incompatibles.

Los productos reactivos con el agua, además de producir reacciones violentas o de liberar productos altamente tóxicos, dificultan las tareas de extinción en caso de incendio. Los tóxicos requieren zonas de almacenamiento ventiladas, en especial los de alta volatilidad.

Los peroxidables son productos que pueden formar peróxidos inestables, debiéndose almacenar en ambientes frescos y oscuros.

Los pirofóricos entran en combustión en contacto con el aire y en ocasiones con el agua; son necesarias medidas especiales de confinamiento. Por último los gases plantean, además de los riesgos inherentes al producto, riesgos por la elevada energía cinética que poseen al estar comprimidos en un recipiente.

Se debe tener siempre presente que las sustancias químicas deben almacenarse en sus envases originales, en lugares seguros, considerando sus riesgos inherentes, la incompatibilidad con otros productos químicos y las condiciones del ambiente (calor, fuentes de ignición, luz y humedad).

Formas de Almacenamiento

La forma más correcta de almacenarlos sería separar estos grupos y aplicarles las medidas de seguridad adecuadas a cada uno de ellos.

En muchos casos, esto no se puede aplicar debido a que es común encontrar un producto que se clasifica en dos o más grupos simultáneamente. Esta situación, implica que se deben establecer criterios adicionales. Para este aspecto, es importante realizar una estimación de la severidad del riesgo, teniendo en cuenta cantidades totales almacenadas, el material y tamaño de los recipientes.

Un criterio universalmente adoptado para establecer la Severidad del Riesgo, de mayor a menor, es:

1. Productos Explosivos
2. Productos Comburentes
3. Productos Inflamables
4. Productos Tóxicos
5. Productos Corrosivos
6. Productos Nocivos.

- En lo que atañe al Criterio de Segregación, en un almacén de productos químicos el accidente que se da con mayor frecuencia es el incendio y el que puede desencadenar otros riesgos: explosión y toxicidad entre otros. Al respecto, se debe tener siempre presente que el agua es el agente extintor más adecuado y efectivo en la mayoría de los incendios por su eficacia, abundancia, economía y fácil localización. Para su utilización en el caso de productos químicos existen limitaciones impuestas por la presencia de productos químicos que en contacto con el agua liberan productos inflamables, tóxicos o corrosivos. En este caso el uso del agua es extremadamente peligroso, debiéndose resguardar estos productos de lugares donde haya zonas húmedas y disponer de agentes extintores especiales
- La presencia de productos químicos inflamables insolubles y de menor densidad que el agua fría. Aquí la limitación viene dada por el hecho de que el agua, puede extender el incendio; por lo tanto el agua preferentemente pulverizada debe ser aplicada por personal entrenado.

Consecuentemente, bajo este marco probabilístico el criterio debería realizarse atendiendo en primer término a la inflamabilidad, y en segundo lugar la incompatibilidad del producto con el agua.

Separaciones entre Grupos de Productos

Grupo 1: Productos Inflamables compatibles con el agua

Los sólidos como el azufre y líquidos como el metanol, etanol, acetona, ácido acético son algunos ejemplos de este grupo. El volumen de estos productos almacenado determinará si es necesario disponerse de un almacén exclusivo o simplemente bastará un tabique de material incombustible. Es recomendable la instalación de cubetas para evitar derrames.

Si un producto de este grupo posee características de toxicidad acentuadas (acrilamida, epíclorhidrina, disulfuro de carbono), debería colocarse en otra zona u armario con buena ventilación.

Igualmente si se cuenta con productos peroxidables como el tetrahidrofurano o el dioxano deberíamos separarlos del resto, almacenándolos en lugares frescos y preferentemente oscuros llevando control del tiempo de permanencia.

Grupo 2: Inflamables incompatibles con el agua

Los mismos criterios y normativas serán aplicables en este grupo, excepto, lógicamente, en la presencia de agua.

La incompatibilidad con el agua se puede dar de dos formas:

1. Con base en una reactividad peligrosa
 - a. Metales alcalinos y alcalinos térreos sobre todo finamente divididos que reaccionan vigorosamente con el agua, (calcio, litio, magnesio, sodio) liberando hidrógeno, gas capaz de inflamarse por el calor liberado en la reacción.
 - b. Metales como el aluminio, cinc o boro en estado pulverulento, también liberan hidrógeno en contacto con el agua.
 - c. Carburo como el de berilio, calcio o aluminio producen gases inflamables, tales como el metano o el acetileno los cuales se inflaman con el calor liberado.
2. Con base en la inmiscibilidad y menor densidad que el agua. Este hecho puede dificultar las tareas de extinción. En este caso el criterio de almacenamiento será muy parecido al grupo 1 pudiéndose incluso almacenar junto a ellos si las cantidades son pequeñas con la precaución de colocar extintores de espuma, polvo o incluso de agua pulverizada.

Ejemplo de estos productos son: tolueno, hexano, ciclohexano, éter de petróleo, etc.

Grupo 3: No inflamables compatibles con el agua

Este es un grupo heterogéneo, donde se incluyen ácidos, bases, tóxicos, oxidantes o reductores que tienen en común su compatibilidad con el agua.

- Los tóxicos deben ser almacenados en lugares ventilados. Si alguno de ellos tiene una toxicidad muy manifiesta o es cancerígeno es aconsejable almacenarlos bajo llave como el cianuro sódico o el potásico, cloruro de bario, trióxido de arsénico, óxido de cadmio, etc.
- Los ácidos, bases, oxidantes y reductores deben almacenarse por separado, algunos ácidos inorgánicos tienen un efecto oxidante muy marcado; en estos casos deberemos almacenarlos como oxidante y alejarlos de productos y materiales combustibles.
- Conviene separar sólidos y líquidos para evitar las mezclas en casos de roturas y derrames.

Grupo 4: No inflamables incompatibles con el agua.

Este grupo como el anterior es heterogéneo, con el agravante que el contacto con agua producen reacciones peligrosas.

Los subgrupos se constituirán como en el grupo 3, separando bases, ácidos, oxidantes, reductores y tóxicos.

Grupo 5: Productos inestables a temperaturas superiores a las ambientales

Este grupo lo componen productos químicos que se tornan inestables a temperaturas moderadamente superiores a la temperatura ambiente. Por ejemplo el peróxido de hidrógeno es una sustancia oxidante fuerte, soluble en agua, que puede descomponerse violentamente al estar expuesto a calor excesivo.

Para el almacenamiento de estas sustancias deberá asegurarse el alejamiento de fuentes de calor. Así los productos de este grupo podrán asimilarse al resto, en función de sus riesgos y compatibilidad con el agua.

Grupo 6: Productos inestables o muy volátiles a temperaturas ambiente que necesitan un ambiente refrigerado.

Este grupo requiere para su almacenamiento un frigorífico o una habitación fría, que posean las siguientes características: Interior libre de posibles focos de ignición y disposición de sistemas alternativo de suministro energético para el caso de fallo de la fuente principal de energía.

No almacenar productos inflamables estables en refrigeradores domésticos o asegurarse que este no posea ningún elemento eléctrico en su interior.

Grupo 7: Pirofóricos

Los pirofóricos arden espontáneamente en contacto con el aire y normalmente en contacto con el agua.

Cada compuesto pirofórico debe almacenarse en recipientes especiales, requiriendo, en muchas ocasiones atmósferas inertes y secas. Un ejemplo es el fósforo blanco.

Grupo 8: Gases comprimidos, licuados o disueltos contenidos en botellas o botellones

Deben estar:

1. Almacenados en lugares ventilados
2. Ubicados en el exterior
3. Libres de toda fuente de ignición
4. Colocados en posición vertical
5. Debidamente protegidos para evitar su caída
6. Separando físicamente los gases inflamables del resto y las botellas llenas de las vacías.

Almacenamiento de pequeñas cantidades

La estrategia de almacenamiento expuesta anteriormente es válida para todo tipo de almacenamiento aunque está orientada, fundamentalmente, a almacenamiento de un número variado de productos químicos en cantidades importantes. No obstante, existen almacenes de productos químicos que posean cantidad variada de ellos, pero siendo estas pequeñas.

En esta situación podemos simplificar la estrategia anteriormente presentada de esta manera:

Los inflamables compatibles o incompatibles con el agua (en término de inmiscibilidad) separado del resto y almacenada en un armario de seguridad en una zona ventilada y libre de focos de:

- Ignición.
- Ácidos fuertes
- Bases fuertes
- Oxidantes fuertes
- Reductores fuertes
- Tóxicos que no posean ninguna de los riesgos anteriores. En tal caso se almacenarán con el grupo de riesgo correspondiente. Los muy tóxicos carcinogénicos, bajo control.
- Gases, aparte, preferiblemente en el exterior.
- Productos químicos de especial peligrosidad (incompatibles con el agua, pirofóricos, etc.), almacenados en las condiciones preventivas necesarias.
- Resto de productos sin riesgo específico.

Algunos criterios de seguridad en este campo son:

1. Disponer de instrucciones escritas de las prácticas de almacenamiento

Contar con Hojas de:

- 1 Seguridad
2. La ubicación correspondiente a los distintos tipos de productos químicos debe ilustrarse en un plano del depósito o sector de almacenamiento.
3. En un registro químico figurará la máxima cantidad permitida de todos los productos químicos en general y por clases.
4. Los protocolos químicos almacenados serán examinados periódicamente, al menos una vez al año.
5. Aquellos cuya vida útil hubiera expirado, estuvieran deteriorados o se encontraran en recipientes con fugas, deberán ser descartados en condiciones de seguridad.
6. Se utilizará un sistema de gestión de existencias: «primero en entrar, primero en salir»

Requisitos en materia de etiquetado

La etiqueta es un elemento esencial para la organización de los productos químicos almacenados.

Cuando ciertos productos peligrosos se recibieran en bidones o bolsas y volvieran a ser embalados, los nuevos envases deberán ser etiquetados de manera que el usuario pueda identificar la sustancia química y reconocer de inmediato sus riesgos.

Para el etiquetado y señalización existe el sistema de frases R y S que se debería implementar.

R1	Explosivo en estado seco.
R2	Riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.
R3	Alto riesgo de explosión por choque, fricción, fuego u otras fuentes de ignición.
R4	Forma compuestos metálicos explosivos muy sensibles.
R5	Peligro de explosión en caso de calentamiento.
R6	Peligro de explosión en contacto o sin contacto con el aire.
R7	Puede provocar incendios.
R8	Peligro de fuego en contacto con materias combustibles.
R9	Peligro de explosión al mezclar con materias combustibles.
R10	Inflamable.
R11	Fácilmente inflamable.

R12	Extremadamente inflamable.
R14	Reacciona violentamente con el agua.
R15	Reacciona con el agua liberando gases extremadamente inflamables.
R16	Puede explosionar en mezcla con sustancias comburentes.
R17	Se inflama espontáneamente en contacto con el aire.
R18	Al usarlo pueden formarse mezclas aire-vapor explosivas/inflamables.
R19	Puede formar peróxidos explosivos.
R20	Nocivo por inhalación.
R21	Nocivo en contacto con la piel.
R22	Nocivo por ingestión.
R23	Tóxico por inhalación.
R24	Tóxico en contacto con la piel.
R25	Tóxico por ingestión.
R26	Muy tóxico por inhalación.
R27	Muy tóxico en contacto con la piel.
R28	Muy tóxico por ingestión.
R29	En contacto con agua libera gases tóxicos.
R30	Puede inflamarse fácilmente al usarlo.
R31	En contacto con ácidos libera gases tóxicos.
R32	En contacto con ácidos libera gases muy tóxicos.
R33	Peligro de efectos acumulativos.
R34	Provoca quemaduras.
R35	Provoca quemaduras graves.
R36	Irrita los ojos.
R37	Irrita las vías respiratorias.
R38	Irrita la piel.
R39	Peligro de efectos irreversibles muy graves.
R40	Posibles efectos cancerígenos.
R41	Riesgo de lesiones oculares graves.
R42	Posibilidad de sensibilización por inhalación.
R43	Posibilidad de sensibilización en contacto con la piel.
R44	Riesgo de explosión al calentarlo en ambiente confinado.
R45	Puede causar cáncer.
R46	Puede causar alteraciones genéticas hereditarias.
R48	Riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada.
R49	Puede causar cáncer por inhalación.
R50	Muy tóxico para los organismos acuáticos.
R51	Tóxico para los organismos acuáticos.
R52	Nocivo para los organismos acuáticos.
R53	Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
R54	Tóxico para la flora.
R55	Tóxico para la fauna.
R56	Tóxico para los organismos del suelo.
R57	Tóxico para las abejas.
R58	Puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente.

R59	Peligroso para la capa de ozono.
R60	Puede perjudicar la fertilidad.
R61	Riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.
R62	Posible riesgo de perjudicar la fertilidad.
R63	Posible riesgo durante el embarazo de efectos adversos para el feto.
R64	Puede perjudicar a los niños alimentados con leche materna.
R65	Nocivo: Si se ingiere puede causar daño pulmonar.
R66	La exposición repetida puede provocar sequedad o formación de grietas en la piel.
R67	La inhalación de vapores puede provocar somnolencia y vértigo.
R68	Posibilidad de efectos irreversibles.

COMBINACIÓN DE FRASES R

R14/15	Reacciona violentamente con el agua, liberando gas extremadamente inflamable.
R15/29	En contacto con el agua, libera gases tóxicos y extremadamente inflamables.
R20/21	Nocivo por inhalación y en contacto con la piel
R20/22	Nocivo por inhalación y por ingestión.
R20/21/22	Nocivo por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.
R21/22	Nocivo en contacto con la piel y por ingestión.
R23/24	Tóxico por inhalación y en contacto con la piel.
R23/25	Tóxico por inhalación y por ingestión.
R23/24/25	Tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.
R24/25	Tóxico en contacto con la piel y por ingestión.
R26/27	Muy tóxico por inhalación y en contacto con la piel.
R26/28	Muy tóxico por inhalación y por ingestión.
R26/27/28	Muy tóxico por inhalación, por ingestión y en contacto con la piel.
R27/28	Muy tóxico en contacto con la piel y por ingestión.
R36/37	Irrita los ojos y las vías respiratorias.
R36/38	Irrita los ojos y la piel.
R36/37/38	Irrita los ojos, la piel y las vías respiratorias.
R37/38	Irrita las vías respiratorias y la piel.
R39/23	Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación.
R39/24	Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel.
R39/25	Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por ingestión.
R39/23/24	Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación y contacto con la piel.
R39/23/25	Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación e ingestión.
R39/24/25	Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel e ingestión.
R39/23/24/25	Tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión.
R39/26	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación.
R39/27	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel.
R39/28	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por ingestión.
R39/26/27	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación y contacto con la piel.
R39/26/28	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación e ingestión.

R39/27/28	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por contacto con la piel e ingestión.
R39/26/27/28	Muy tóxico: peligro de efectos irreversibles muy graves por inhalación, contacto con la piel e ingestión.
R42/43	Posibilidad de sensibilización por inhalación y en contacto con la piel.
R48/20	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación.
R48/21	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel.
R48/22	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión.
R48/20/21	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación y contacto con la piel.
R48/20/22	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación e ingestión.
R48/21/22	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel e ingestión.
R48/20/21/22	Nocivo: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación, contacto con la piel e ingestión.
R48/23	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación.
R48/24	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel.
R48/25	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por ingestión.
R48/23/24	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación y contacto con la piel.
R48/23/25	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación e ingestión.
R48/24/25	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por contacto con la piel e ingestión.
R48/23/24/25	Tóxico: riesgo de efectos graves para la salud en caso de exposición prolongada por inhalación, contacto con la piel e ingestión.
R50/53	Muy tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
R51/53	Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
R52/53	Nocivo para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático.
R68/20	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación.
R68/21	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por contacto con la piel.
R68/22	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por ingestión.
R68/20/21	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación y contacto con la piel.
R68/20/22	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación e ingestión.
R68/21/22	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles en contacto con la piel e ingestión.
R68/20/21/22	Nocivo: posibilidad de efectos irreversibles por inhalación, contacto con la piel e ingestión.

SUGERENCIAS DE SEGURIDAD

FRASES "S"

- S 1 Guardar bajo llave.
- S 2 Mantener fuera del alcance de los niños.
- S 3 Conservar en sitio fresco,
- S 4 Guardar fuera de espacios habitados.
- S 5 Conservar bajo ... (Líquido apropiado: véase etiqueta)
- S 6 Conservar bajo... (Gas inerte: véase etiqueta).
- S 7 Tener el recipiente bien cerrado.
- S 8 Tener el recipiente en sitio seco.
- S 9 Tener el recipiente en sitio ventilado.
- S 10 Mantener el producto en estado húmedo.
- S 11 Evitar contacto con aire
- S 12 No cerrar herméticamente el recipiente.
- S 13 Mantener lejos de alimentos, bebidas y piensos.
- S 14 Conservar lejos de. . . (Sustancias incompatibles: véase etiqueta).
- S 15 Mantener lejos del calor.
- S 16 Mantener lejos de fuentes de ignición - No fumar.
- S 17 Mantener lejos de materiales combustibles.
- S 18 Manipular y abrir el recipiente con cuidado.
- S 19 —
- S 20 No comer ni beber durante la manipulación.
- S 21 No fumar durante la manipulación.
- S 22 Evitar respirar el polvo.
- S 23 Evitar respirar las gases/humos/vapores/aerosoles.
- S 24 Evitar contacto con la piel.
- S 25 Evitar contacto con los ojos.
- S 26 En caso de contacto con los ojos, lavar inmediatamente y abundantemente con agua y acudir al médico.
- S 27 Quitarse inmediatamente la ropa contaminada o empapada.
- S 28 En caso de contacto con la piel, lavarse inmediatamente y abundantemente con... (Productos adecuados: véase etiqueta).
- S 29 No tirar residuos por los desagües.
- S 30 Nunca verter agua sobre este producto.
- S 31 Mantener lejos de materiales explosivos.
- S 32 —
- S 33 Evitar la acumulación de cargas electrostáticas.
- S 34 Evitar choque o frote.
- S 35 Eliminar los residuos del producto y sus recipientes con todas las precauciones posibles.
- S 36 Llevar ropa de protección durante la manipulación.
- S 37 Llevar guantes de protección apropiados.
- S 38 En caso de ventilación insuficiente, llevar máscara adecuada.
- S 39 Protegerse los ojos / la cara.
- S 40 Para limpiar el piso y los objetos contaminados por este producto, utilizar... (Véase datos en la etiqueta).
- S 41 En caso de incendio y/o de explosión, no respirar los humos.
- S 42 Durante las fumigaciones/pulverizaciones, utilizar máscara adecuada.
- S 43 En caso de incendio utilizar... (Los medios de extinción: véase etiqueta).
- S 44 En caso de malestar acudir al médico (si es posible, mostrarle la etiqueta).

- S 45** En caso de accidente o de malestar acudir inmediatamente al médico (si es posible, mostrarle la etiqueta).
- S 46** En caso de ingestión visitar inmediatamente al médico y mostrar el envase o la etiqueta.
- S 47** No conservar a temperaturas superiores a... °C (véase etiqueta).
- S 48** Conservar húmedo con... (Véase etiqueta).
- S 49** Conservar sólo en el recipiente original.
- S 50** No mezclar con... véase etiqueta).
- S 51** Utilizar sólo en zonas bien ventiladas.
- S 52** No utilizar en grandes superficies para cuartos y salas de descanso.

Combinación de las Frases «S»

- S 1/2 Guardar bajo llave y fuera del alcance de los niños
- S 3/7/9 Tener el recipiente bien cerrado en lugar fresco y bien ventilado.
- S 3/9 Tener el recipiente en lugar fresco y ventilado
- S 3/9/14 Conservar en sitio fresco, bien ventilado, lejos de... (sustancias incompatibles: véase etiqueta).
- S 3/9/14/49 Conservar sólo en el recipiente original en sitio fresco, bien ventilado, lejos de... (Sustancias incompatibles: véase etiqueta).
- S 3/9/49 Conservar sólo en el recipiente original en sitio fresco, bien ventilado.
- S 3/14 Conservar en sitio fresco, lejos de... (Sustancias incompatibles: véase etiqueta).
- S 7/8 Tener el recipiente bien cerrado en sitio seco.
- S 7/9 Tener el recipiente bien cerrado en lugar bien ventilado.
- S 20/21 No comer, beber ni fumar durante la manipulación.
- S 24/25 Evitar contacto con los ojos y la piel.
- S 36/37 Llevar guantes y ropa de protección adecuadas durante la manipulación.
- S 36/37/39 Llevar ropa, guantes y gafas o máscara de protección adecuadas durante la manipulación.
- S 36/39 Llevar ropa y gafas o máscara de protección adecuadas durante la manipulación.
- S 37/39 Llevar guantes y gafas o máscara de protección adecuadas durante la manipulación.
- S 47/49 Conservar sólo en el recipiente original a una temperatura no superior a.... °C (véase etiqueta).

Sustancias explosivas

En esta categoría se incluyen todas las sustancias químicas, productos pirotécnicos y cerillas que son explosivos per se.

También otras sustancias, como las sales metálicas sensibles que, por sí mismas, en ciertas mezclas o sometidas a determinadas condiciones de temperatura, choque, fricción o acción química, pueden transformarse y experimentar una reacción explosiva.

Sustancias Oxidantes

Constituyen fuentes de oxígeno y, por tanto, son capaces de facilitar la combustión e intensificar la violencia de un incendio. Si los envases de los

materiales oxidantes se han deteriorado, su contenido puede mezclarse con otras sustancias combustibles y provocar una ignición.

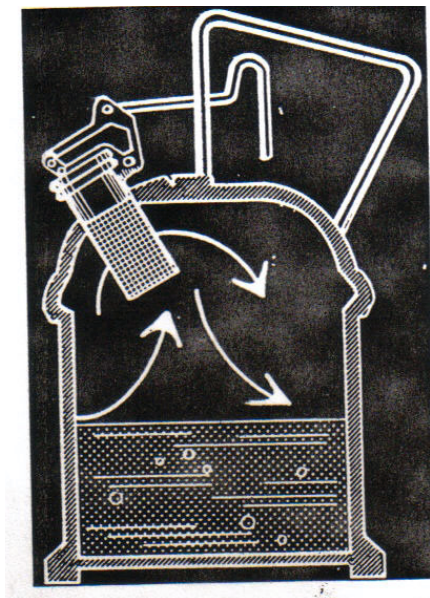
Sustancias Inflamables

El hidrógeno, el propano, el butano, el etileno, el acetileno, el ácido sulfhídrico y el gas de carbón, se encuentran entre los gases inflamables más comunes. Algunos como el cianuro de hidrógeno y el cianógeno son inflamables y tóxicos.

Los materiales inflamables deben conservarse en lugares suficientemente frescos para evitar igniciones accidentales si los vapores se mezclan con el aire.

Los vapores de disolventes inflamables pueden ser más pesados que el aire y moverse a ras de suelo hasta una fuente de ignición distante. Es esencial la prohibición de fumar y de generar llamas abiertas en los lugares en que se manipulan o almacenan dichos disolventes.

Los bidones de seguridad portátiles son los recipientes más seguros para almacenar sustancias inflamables. Los volúmenes superiores a un (1) litro deben depositarse en envases de metal específicos.



Tapa a resorte adecuadamente diseñada para evacuar el exceso de presión.

El área de almacenamiento debe situarse alejada de toda fuente de calor o de riesgo de incendio. Las sustancias inflamables deben conservarse separadas de agentes oxidantes potentes y de materiales susceptibles de combustión espontánea.

Cuando se almacenen líquidos de volatilidad elevada, deben instalarse aparatos y dispositivos eléctricos de iluminación antideflagrante y antiexplosiva certificadas y no se permitirá la generación de llamas abiertas en el lugar de almacenamiento o cerca de éste.

Se dispondrá, además de extintores de incendios, materiales inertes absorbentes, como arena, para su utilización en situaciones de emergencia.

Sustancias Tóxicas

Las sustancias químicas tóxicas deben conservarse en áreas frescas y bien ventiladas, lejos de fuentes de calor, ácidos, humedad y sustancias oxidantes.

Los compuestos volátiles deben almacenarse en refrigeradores que no generen chispas (-20°C), para evitar la evaporación.

Puesto que los envases pueden sufrir fugas, las salas de almacenamiento deben equiparse con campanas de evacuación de humos u otros dispositivos de ventilación local equivalentes.

Los envases abiertos deben cerrarse con cinta u otro elemento obturador antes de su recolocación en la sala de almacenamiento.

Las sustancias que pueden reaccionar químicamente entre sí, deben mantenerse en ubicaciones separadas.

Sustancias Corrosivas

Son ejemplos típicos el ácido fluorhídrico, el ácido clorhídrico, el ácido sulfúrico, el ácido nítrico, el ácido fórmico y el ácido perclórico. Estos materiales pueden dañar sus recipientes y propagarse en la atmósfera del área de almacenamiento; algunos son volátiles y otros reaccionan violentamente con la humedad, la materia orgánica u otras sustancias químicas. Los vapores de ácido pueden corroer los materiales estructurales y los equipos y ejercer una acción tóxica sobre el personal.

Este tipo de sustancias deben mantenerse a baja temperatura, pero muy por encima de su punto de congelación, ya que un compuesto como el ácido acético puede congelarse a una temperatura relativamente alta, romper su envase y propagarse cuando la temperatura vuelva a superar dicho punto.

Asimismo, algunas sustancias corrosivas pueden tener otras propiedades peligrosas: por ejemplo, el ácido perclórico que, además de ser sumamente corrosivo, constituye un potente agente oxidante capaz de causar incendios y explosiones.

El agua regia presenta tres características peligrosas:

- a) Combina las propiedades corrosivas de sus dos componentes: el ácido clorhídrico y el ácido nítrico.
- b) Es un agente oxidante muy potente y
- c) Una aplicación limitada de calor basta para dar lugar a la formación de cianuro de cloro, un gas de gran toxicidad.

No se debe utilizar una misma área para el almacenamiento simultáneo de ácido nítrico y ácido sulfúrico.

En ocasiones, es necesario depositar líquidos corrosivos y tóxicos en envases especiales: por ejemplo, el ácido fluorhídrico debe conservarse en botellas de plomo, gutapercha o de ozokerita refinada. Puesto que éste ácido interactúa con el vidrio, no debe almacenarse cerca de bombonas de este material o de barro que contengan otros ácidos.

Las bombonas que contengan ácido corrosivo deben envasarse con diatomita (tierra de infusorios), otro material inorgánico aislante eficaz

MANIPULACIÓN DE PRODUCTOS DE ASEO

Debido a que la manipulación de productos de aseo genera un sin número de riesgos no sólo en las empresas sino también en los hogares, se transcribe a continuación el resumen preparado por Ricardo Galeano Parra del SISTEMA – SURATEP sobre este importante aspecto:

Producto	Peligros	Almacene lejos y nunca lo mezcle con:	Precauciones
Ácido muriático (ácido clorhídrico)	Corrosivo destruye los tejidos de piel, ojos y vías respiratorias. Erosiona el esmalte dental. Perfora el tabique.	Soda cáustica, amoníaco, metales, ácidos, thinner, varsol.	Evite tocarlo u oler sus vapores, almacene muy bien tapado. Nunca lo caliente, ni siquiera ligeramente.
Amoníaco en solución	Corrosivo, muy irritante de la piel, ojos y vías respiratorias. Causa graves quemaduras.	Ácido muriático, soda cáustica, blanqueador, metales.	Evite olerlo o tocarlo, no mezcle con otros productos, no lo caliente, úselo en sitios ventilados.
Blanqueador (hipoclorito de sodio al 5%, cloros, límpido, decol, hipoclor, patojito)	Corrosivo, causa graves quemaduras en piel y ojos. Mezclado con otras sustancias libera gas cloro tóxico y corrosivo.	Ácido muriático. Almacene bien protegido de la luz y del calor.	No se encierre a limpiar con este producto. No lo mezcle con jabón detergente, ni ningún otro producto.
Soda cáustica(hidróxido de sodio, diablo rojo, easy Q, destapón)	Corrosivo. Destruye los tejidos. Provoca quemaduras graves.	Metales, Thinner, varsol, ácido muriático.	Evite cualquier contacto, para diluirlo agregue soda al agua y no al contrario.
Detergente líquido	Irrita los ojos. Si se ingiere puede causar dolor, vómito y diarrea.	Blanqueador, soda cáustica, ácido muriático.	No provoque salpicaduras. Use solamente la cantidad necesaria.
Detergente en polvo	Irrita los ojos. Reseca la piel.	Blanqueador, soda cáustica, ácido muriático, líquidos inflamables.	Evite el contacto con ojos o piel. No salpique al diluirlo.
Cera	Reseca la piel. Es altamente combustible.	Blanqueador, soda cáustica, ácido muriático, líquidos inflamables.	Evite contacto con la piel. Evite las fuentes de calor y las llamas. Ventile después de aplicar.
Limpiavidrios	Irrita ojos y piel.	Blanqueador, soda cáustica, ácido muriático.	Evite el contacto. Use poca cantidad.
Ambientador spray	Produce alergia respiratoria. Irrita los ojos. Puede estallar con el calor.	Blanqueador, soda cáustica, ácido muriático y de fuentes de calor.	No respire la niebla, aplique poca cantidad, ventile después de aplicarlo. No lo caliente.
Gasolina	Líquido inflamable. Irritante de piel y ojos. Puede causar edema pulmonar.	Blanqueador, ácido muriático, El sitio debe tener buena ventilación.	No la use para aseo. No respire sus vapores. Evite el contacto con la piel. Evite calor, llamas y chispas.
Thinner	Líquido inflamable, peligro de incendio. Causa dolor de cabeza, cansancio y desmayo. Irrita la piel.	Blanqueador, ácido muriático. Elimine toda fuente de calor, llamas y chispas.	No se recomienda para el aseo. Úselo solamente para remover manchas pequeñas de pintura. Evite calor, chispas o llamas.
Varsol	Líquido inflamable. Causa dolor de cabeza, confusión, somnolencia. El contacto con ropa húmeda causa ampollas.	Blanqueador, ácido muriático. Elimine toda fuente de calor, llamas o chispas.	Nunca lo use para limpiar pisos, paredes ni muebles. No respire los vapores. Evite calor, chispas, llamas.

LEGISLACIÓN

Según el Decreto 1832 de 1994 se realiza nueva clasificación de enfermedades profesionales por parte del Ministerio de la Protección Social.

En el capítulo VIII de la Resolución 24 de 1979 artículos 153 a 154 se habla de las concentraciones máximas permisibles.

En el capítulo IX de la misma Resolución lo referente a contaminación ambiental, entre los artículos 155 y 162.

En el capítulo décimo, de la Resolución 2400/79, se plantean las normas sobre sustancias infecciosas y tóxicas, entre los artículos 163 y 165.

TÉCNICAS DE MUESTREO

El Ministerio de la Protección Social elaboró el documento técnico: Estrategias de muestreo para sustancias químicas, en el cual se describe el equipo y los procedimientos necesarios para la toma de muestras de metales empleando filtros de membrana de éster de celulosa (MEC), bombas de succión señalando el procedimiento analítico de laboratorio adecuado.

El reglamento toma como base los procedimientos de muestreo recomendados por NIOSH y PSHA; además de tener en cuenta los tipos de equipos empleados e indicados por estos organismos y que permiten una aflicción sencilla con la posibilidad del empleo de nuevas tecnologías que vayan surgiendo en el campo de la Higiene Ocupacional.

El reglamento incluye los procedimientos de calibración de los equipos y de las medidas aplicables para el control de los contaminantes químicos en forma de partículas o de humos metálicos.

A lo largo del documento se definen las estrategias de muestreo, reconocimiento, actividades previas, durante y posteriores al reconocimiento, criterios de priorización, definición de puntos y número de muestras por punto, garantías para el muestreo, tipo de muestras, cantidad de la muestra, trabajadores a muestrear, equipos y accesorios utilizados, medios de retención, equipos de secada y pesaje, equipos para calibración, mantenimiento de los equipos, medidas de campo, toma de muestras y todos los elementos que intervienen dentro del muestreo para sustancias químicas.

Además elaboró el reglamento técnico para evaluación de Humos Metálicos de Soldadura; Reglamento Técnico para Polvo de Sílice, y Reglamento Técnico para Evaluación de Gases Anestésicos, documentos que deben ser estudiados antes de realizar cualquier tipo de intervención en los riesgos químicos.

BIBLIOGRAFÍA

- ARSEG, *Compendio de normas legales sobre Salud Ocupacional*, Bogotá, Junio 2005.
- AGUIRRE, Eduardo. *Seguridad Integral en las organizaciones*, Editorial Trillas, México, 1986.
- BONASTRE, Ramón et alter. *Manual de Seguridad y Salud en el Trabajo*, Editorial Ariel, Barcelona, 1996.
- CABEZAS MARTA ET ALTER. *Factor de riesgo químico, solventes, Facultad de Salud*, Universidad del Valle, Cali, 2006.
- CASTRO, F. *Técnica Básica de la Seguridad e Higiene en el Trabajo*, Ed. Labor S.A, Barcelona, 1970.
- CORTÉS, José María. *Seguridad e higiene en el Trabajo*, 3 edición, Alfaomega, México, 2002.
- DELA COLETA, José A. *Accidentes de trabajo*, Cincol Ltda., Medellín, 1991.
- DENTON, Keith. *Seguridad Industrial*, McGraw-Hill, México, 1988.
- ECO, *Plaguicidas. Módulo de adiestramiento 2*, Hernán Sandoval Orellana, Editor, México, 1983.
- GOETSCH, David. *Administración de la Seguridad Total*, Prentice Hall hispanoamericana, México, 1998.
- ICONTEC. *Sistema de Gestión y Salud Ocupacional y otros documentos complementarios*, Icontec, Bogotá, 2004.
- INSTITUTO DE SEGUROS SOCIALES. *Curso de Salud Ocupacional*, ISS Atlántico, Dovel, Barranquilla, 1985
- ISSN, Facts, *Agencia Europea para la seguridad y la salud en el trabajo*, Números 39, 40. Madrid, 2002.
- NFPA; Norma 704, Rotulado de sustancias químicas.
- LETAYF, Jorge, et al. *Seguridad, higiene y Control Ambiental*, McGraw-Hill, Bogotá, 1998.
- P. SAENZ-GALLÉN et Alter. *Manual de Salud Laboral*, Springer-Verlag ibérica, Barcelona, 1995.
- RAMOS A ALFREDO. *Manejo Seguro de Plaguicidas*, Andi- Seguros Sociales, Produmedios, Bogotá D.C., 1998.
- RODELLAR, Adolfo. *Seguridad e Higiene en el trabajo*, Alfaomega, México, 1999.
- RUBIO, Juan Carlos. *Gestión de la Prevención de Riesgos Laborales*, Díaz DE SANTOS, Madrid, 2002.
- SANZ Luz M. *Ergonomía y Diseño de Productos*, Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 1 Edición, Medellín, 2005.
- VÁSQUEZ, Heliodoro. *Productividad y Seguridad en el trabajo*, Editorial Diana, México, 1992.

Riesgos Químicos

Durante el desarrollo de los procesos productivos se presentan múltiples elementos que tienen la potencialidad de afectar al trabajador a través de los accidentes de trabajo o mediante las enfermedades profesionales, causando pérdidas tanto para el propio lesionado, como para el industrial, la sociedad y la familia, haciéndose necesario implementar programas de prevención y control de los riesgos generadores de dichos acontecimientos.



Entre los contaminantes más frecuentes se encuentran los químicos que se generan en distintos procesos industriales. La prevención y el control hacia el uso y manejo adecuado de cada una de estas sustancias es de obligatoriedad para patronos y trabajadores. Este texto es una guía para prevenir, reconocer el factor de riesgo, valorar y llevar a la práctica las medidas correctivas necesarias para evitar accidentes.



Fernando Henao Robledo

Ingeniero mecánico de la Universidad Tecnológica de Pereira (1971). Ingeniero de Salud Ocupacional ISS Caldas (1972-2002). Curso salud ocupacional para profesionales Universidad de Antioquia (1981). Participó en la elaboración del diseño curricular del programa académico de salud ocupacional de la Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad del Quindío. Especialista en salud ocupacional, Universidad de Antioquia (1999), profesional en Salud ocupacional, Universidad del Quindío (1999). Elaboró las siguientes normas: calderas, seguridad hospitalaria, sierras circulares para madera y planeadoras.

Autor de: *Límites máximos permisibles, Codificación en salud ocupacional, Estadística aplicada a la salud ocupacional, Introducción a la salud ocupacional, Riesgos Físicos I, Riesgos Físicos II, Riesgos Físicos III.*

Colección: Textos universitarios

Área: Ingeniería, arquitectura e informática

ECO E
EDICIONES

