

## EFECTOS EN LA SALUD DE SUSTANCIAS PELIGROSAS



**CRP ACADEMIA**

Centro de Conocimiento en Higiene Ocupacional



**OH learning**

advancing occupational hygiene worldwide

Título Original: Control of Hazardous Substances OH learning , IOHA

Versión adaptada y traducida al español con autorización y permiso de OH Learning por CRP LTDA a cargo de **Alvaro Araque García**.\*

\* Ingeniero Químico. Especialista en Higiene Industrial.

## AGRADECIMIENTOS

Este manual fue desarrollado en nombre de GlaxoSmithKline por Phil Johns Gully Howard Técnica Limited.

En la elaboración de este manual colaboraron las siguientes personas y organizaciones a las cuales el autor expresa su agradecimiento :

- Roger Alesbury
- Steve Bailey
- Trudy Obispo
- Anne Bracker
- Brian Davies
- Julian Delic
- John Lyons
- Sharann Johnson
- Terry McDonald
- Megan Tranter
- BP International Limited
- GlaxoSmithKline
- British Occupational Hygiene Society
- Australian Institute of Occupational Hygienists

OHTA agradece a GlaxoSmithKline por su apoyo financiero al proyecto.

### APOYADO POR:



Esta obra está bajo licencia Creative Commons Atribución No Derivada

## ABREVIATURAS

<b>ACDP</b>	Comité consultivo de patógenos peligrosos
<b>ACGIH</b>	Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales
<b>SIDA</b>	Síndrome de Inmunodeficiencia adquirida
<b>AIHA</b>	Asociación Americana de Higiene Industrial
<b>AIOH</b>	Asociación Australiana de Higienistas Ocupacionales ASCC
<b>ASCC</b>	Consejo de compensación de seguridad de Australia
<b>ATSDR</b>	Agencia para el registro de enfermedades y sustancias
<b>(US) BOHS</b>	Sociedad Británica de Higiene Ocupacional
<b>CAS</b>	Número de registro químico
<b>CCOHS</b>	Centro Canadiense de Salud y Seguridad
<b>CHIP</b>	Peligros químicos, Información y embalaje (Regulación)
<b>CMR</b>	Carcinogénico, mutagénico o tóxico para la reproducción
<b>CNS</b>	Sistema nervioso central
<b>CNT</b>	Nano tubos de carbono
<b>CSA</b>	Evaluación de seguridad química
<b>CSR</b>	Reporte de seguridad química
<b>COSHH</b>	Control de sustancias peligrosas para la salud
<b>CWP</b>	Neumoconiosis de los trabajadores del carbón
<b>dB(A)</b>	Decibelios ponderados A
<b>DNA</b>	Acido desoxirribonucleico
<b>ECHA</b>	Agencia europea de químicos
<b>ELISA</b>	Ensayo por inmunoabsorción ligado a enzimas
<b>EPA</b>	Agencia de Protección Ambiental
<b>ES</b>	Escenario de exposición
<b>EU</b>	Unión Europea
<b>FEV</b>	Volumen espiratorio forzado
<b>FVC</b>	Capacidad vital forzada
<b>GHS</b>	Sistema Globalmente Armonizado
<b>GIT</b>	Tracto gastrointestinal
<b>GMAW</b>	Soldadura de arco gas metal
<b>GMO</b>	Organismo genéticamente modificado
<b>GRP</b>	Plásticos en vidrio reforzado
<b>HAART</b>	Tratamiento antiretro viral altamente activo
<b>HAVS</b>	Síndrome de vibración mano - brazo HDI
<b>HIV</b>	Virus de inmunodeficiencia humana
<b>HSE</b>	Ejecutivo de salud y seguridad (UK)
<b>IARC</b>	Agencia Internacional para la Investigación de Cáncer
<b>IBC</b>	Recipiente intermedio a granel
<b>IgE</b>	Inmunoglobulina
<b>ILO</b>	Organización Internacional del Trabajo
<b>IOHA</b>	Asociación Internacional de Higiene Ocupacional ISO
<b>LC50</b>	Concentración letal (50%)
<b>LDLO</b>	Dosis letal baja
<b>LD50</b>	Dosis letal (50%)
<b>LEV</b>	Ventilación local exhaustiva
<b>LOAEL</b>	Nivel de efecto adverso mínimo observado
<b>MDHS</b>	Métodos para la determinación de sustancias peligrosas (UK) MDI
<b>MIG</b>	Metal inerte gas
<b>MMA</b>	Manual metal arco
<b>MMMF</b>	Fibra mineral sintética

<b>MMVF</b>	Fibra vítrea sintética
<b>MRSA</b>	Estafilococo resistente a la metilina
<b>MSDS</b>	Hoja de datos de seguridad
<b>NIOSH</b>	Instituto Nacional de Salud y seguridad Ocupacional USA NOAEL
<b>nm</b>	Nanómetro
<b>NRL</b>	Látex caucho natural
<b>OECD</b>	Organización para el desarrollo y cooperación económica
<b>OSHA</b>	Administración de Seguridad y Salud Ocupacional
<b>PAH</b>	Hidrocarburos poli aromáticos
<b>PBPK</b>	Farmacocinética en base a fisiología
<b>PBT</b>	Persistente, Bio-acumulativo y Tóxico
<b>PEF</b>	Flujo expiratorio pico
<b>PTFE</b>	Poli tetrafluoretileno
<b>RAST</b>	Ensayo Radio alérgico sorbente
<b>REACH</b>	Registro, Evaluación, Autorización and Restricción de Químicos
<b>RCF</b>	Fibra cerámica refractaria
<b>RMM</b>	Medida de gestión de riesgo
<b>RNA</b>	Ácido ribonucleico
<b>RTECS</b>	Registro de efectos de sustancias químicas tóxicas
<b>SAICM</b>	Enfoque Estratégico para la Gestión Internacional de Químicos
<b>SAR</b>	Estructura de relación de actividades
<b>SAW</b>	Soldadura de arco sumergido
<b>SBR</b>	Caucho estireno butadieno
<b>SCBA</b>	Aparato de respiración de auto contenido
<b>SMR</b>	Mortalidad Estandarizada
<b>ratio TCLO</b>	Concentración tóxica baja
<b>TC50</b>	Concentración (50%)
<b>TDLO</b>	Dosis tóxica baja
<b>TD50</b>	Dosis tóxica (50%) TDI
<b>TW A</b>	Promedio ponderado en tiempo
<b>µm</b>	Micrómetro (micrón)
<b>USA</b>	Estados Unidos de América
<b>UV</b>	Ultra-violeta
<b>vPvB</b>	Muy persistente, muy bio-acumulativo
<b>VOC</b>	Compuesto Orgánico Volátil
<b>WEL</b>	Límite de exposición en el sitio de trabajo
<b>WHO</b>	Organización Mundial de la Salud.

## CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS.....	2
ABREVIATURAS.....	3
1. INTRODUCCION A TOXICOLOGIA .....	9
1.1 Introducción y perspectiva histórica .....	9
1.2 Algunos términos y conceptos sobre toxicología básica .....	10
1.2.1 Efectos agudos y crónicos .....	10
1.2.2 Efectos local y sistémico .....	10
1.2.3 Xenobiotico .....	11
1.2.4 Estocástico y no-estocastico .....	11
1.2.5 Tipo de efectos combinados .....	11
1.2.6 Limitaciones de pruebas de toxicidad .....	12
1.3 Forma física de sustancias peligrosas.....	12
2. TIPOS DE EFECTOS SOBRE LA SALUD .....	13
2.1 Asfixia .....	13
2.2 Irritación .....	14
2.3 Narcosis .....	14
2.5 Genotoxicidad y carcinogenicidad .....	15
2.5.1 Genotoxicidad .....	15
2.5.2 Carcinogenicidad .....	15
2.5.3 Tumores Benignos y Malignos .....	15
2.5.4 Dificultades en la identificación de carcinógenos .....	16
2.5.5 Clasificación de carcinógenos .....	17
2.6 Sensibilización .....	18
2.7 Efectos Reproductivos .....	19
3. BIOLOGIA BASICA HUMANA Y ORGANOS DIANA .....	20
3.1 Sistema Respiratorio .....	20
3.1.1 Estructura del sistema respiratorio .....	20
3.1.2 Deposición de partículas en el sistemas respiratorio .....	22
3.1.3 Fracciones de tamaño de partículas .....	23
3.1.4 Absorción de gases y vapores .....	24
3.1.5 El pulmón como órgano diana .....	24
3.1.6 Sensibilización respiratoria .....	25
3.2 La Piel .....	26
3.2.1 Estructura y función .....	26
3.2.2 La piel como vía de entrada .....	27
3.2.3 La piel como órgano diana .....	28
3.3 Sistema nervioso .....	28
3.3.1 Estructura y función .....	29
3.3.2 Sistema nervioso como órgano diana .....	29
3.4.1 Componentes y función .....	30
3.4.2 La sangre como órgano diana .....	31
3.5 El Hígado .....	31
3.5.1 Estructura y función .....	31
3.5.2 El hígado como órgano diana .....	32

3.6	El Riñón .....	33
3.6.1	Estructura y función .....	33
3.6.2	El riñón como órgano diana .....	33
3.7	Sistema Reproductivo .....	34
4.	TOXICOCINETICA BASICA .....	35
4.1	Absorción .....	35
4.1.1	Inhalación .....	35
4.1.2	Contacto directo (piel o absorción dérmica) .....	36
4.1.3	Ingestión .....	36
4.1.4	Inyección .....	36
4.2	Distribución y almacenamiento .....	37
4.3	Metabolismo .....	37
4.3.1	Biotransformación del benceno .....	38
4.3.2	Biotransformación del diclorometano .....	38
4.3.3	Biotransformación del metanol .....	39
4.4	Excreción .....	39
5.	CURVAS DOSIS RESPUESTA Y CURVAS DE PRUEBAS DE TOXICIDAD .....	41
5.1	Introducción a curvas dosis respuesta .....	41
5.1.1	Nivel de efecto no observado .....	41
5.1.2	Umbral .....	42
5.1.3	Pendiente de la curva .....	44
5.2	Pruebas de toxicidad .....	45
5.2.1	Tipos de pruebas de toxicidad .....	45
5.2.2	Estudios toxicocinéticos .....	45
5.2.3	Estudios de toxicidad aguda .....	46
5.2.4	Estudios de sensibilización .....	47
5.2.5	Estudios de toxicidad a dosis repetidas .....	48
5.2.6	Estudios de genotoxicidad .....	50
5.2.7	Estudios de toxicidad y desarrollo reproductivo .....	51
5.2.8	Estudios de carcinogénesis .....	51
5.3	Métodos de evaluación de las alergias en seres humanos .....	52
5.3.1	Pruebas de función pulmonar .....	52
5.3.2	Pruebas de provocación .....	53
5.3.3	Pruebas cutáneas de alergias .....	53
5.3.4	Prueba de parche .....	54
5.3.5	Pruebas serológicas .....	54
6.	EPI DEMIOLOGIA .....	55
6.1	Introducción .....	55
6.2	Razones para entender los estudios epidemiológicos .....	55
6.3	Términos epidemiológicos .....	56
6.3.1	Tasa de incidencia y prevalencia .....	56
6.3.3	Causación o asociación .....	57
6.3.4	Sesgo .....	58
6.3.5	Significancia estadística .....	58
6.4	Tipo de estudios epidemiológicos .....	59
6.4.1	Estudio longitudinal .....	59
6.4.2	Estudio transversal .....	59
7.	REVISION DE EFECTO SOBRE LA SALUD .....	60
7.1	Introducción .....	60
7.2	Gases .....	60
7.2.1	Introducción .....	60
7.2.2	Asfixiantes simples .....	60

7.2.3	Asfixiantes químicos .....	61
7.2.4	Irritantes del tracto respiratorio .....	61
7.2.5	Otros gases .....	63
7.3	Solventes y vapores orgánicos .....	63
7.3.1	Introducción .....	63
7.3.2	Exposición a solventes orgánicos .....	64
7.3.3	Efectos generales en salud .....	65
7.3.4	Información específica para disolventes orgánicos .....	66
7.4	Otros líquidos orgánicos seleccionados .....	67
7.4.1	Estireno .....	67
7.4.2	Isocianatos .....	67
7.5	Metales y compuestos metálicos .....	69
7.5.1	Aluminio .....	69
7.5.2	Arsénico y sus sales inorgánicas .....	69
7.5.3	Berilio .....	69
7.5.4	Cadmio .....	70
7.5.5	Cromo .....	70
7.5.6	Cobalto .....	71
7.5.7	Cobre .....	71
7.5.8	Hierro .....	71
7.5.9	Plomo .....	71
7.5.10	Manganeso .....	72
7.5.11	Mercurio .....	72
7.5.12	Niquel .....	73
7.5.13	Vanadio .....	73
7.5.14	Zinc .....	73
7.6	Polvo y material particulado .....	73
7.6.1	Sílice cristalina .....	74
7.6.2	Nanopartículas .....	75
7.6.3	Emisiones Diésel .....	76
7.6.4	Látex .....	76
7.6.5	Encimas .....	77
7.6.6	Harina y otros compuestos de alimentos .....	78
7.7	Fibras minerales artificiales .....	78
7.7.1	Asbestos .....	78
7.7.2	Fibras minerales artificiales (FMA) .....	80
8.	PROCESOS COMUNES INDUSTRIALES .....	82
8.1	Introducción .....	82
8.2	Manipulación de materiales .....	82
8.2.1	Manejo de sólidos y polvos .....	82
8.2.2	Manejo de líquidos .....	84
8.3	Trabajo con metales .....	85
8.3.1	Pulido .....	85
8.3.2	Maquinado de metales .....	86
8.3.3	Soldadura y corte térmico .....	87
8.4	Recubrimiento de superficies y tratamiento de metales .....	90
8.4.1	Electro plateado y galvanoplastia .....	90
8.5	Soldadura blanda y fuerte .....	91
8.6	Desengrase .....	92
8.6.1	Desengrase en frío .....	93
8.6.2	Desengrase a vapor .....	93
8.7	Pintura .....	95
8.7.1	Exposición a los disolventes de pintura .....	95

# 1. INTRODUCCIÓN A LA TOXICOLOGÍA

## 1.1 INTRODUCCIÓN Y PERSPECTIVA HISTÓRICA

En ocasiones se ha descrito a la toxicología como la “ciencia de los venenos”. Sin embargo, esta es una descripción algo simplista. Una definición más adecuada de la toxicología es:

“La disciplina que estudia la posibilidad que tiene cualquier sustancia de producir efectos adversos para la salud en un organismo vivo, y la probabilidad de que esos efectos puedan ocurrir bajo determinadas condiciones de exposición”.

Los principios de la toxicología se han aplicado desde hace miles de años. Las primeras civilizaciones utilizaron una variedad de materiales que podían producir ciertos efectos específicos que iban desde los medicinales (hierbas y extractos de plantas) hasta los dañinos (cianuro extraído de granos de durazno, el acónito utilizado en las puntas de flechas para la caza).

Paracelso (1493-1541) que es considerado como el padre de la toxicología moderna y es uno de los más importantes pioneros de la asignatura, reconoció la relación entre dosis y respuesta y se le atribuye la siguiente declaración:

“Todas las sustancias son venenos; no hay ninguna que no sea un veneno. La dosis correcta diferencia un veneno de un remedio...”

Este concepto es fundamental para la comprensión de los principios de la toxicología y, también es importante cuando se trata de proteger la salud de los trabajadores que puedan estar expuestos a sustancias tóxicas.

Sin embargo, a pesar del aumento en el conocimiento y la comprensión de la toxicología, a menudo es muy difícil (o imposible) vincularla como causa y efecto de una enfermedad. Hay una serie de razones para ello, incluyendo lo siguiente:

- El efecto en la salud puede no ocurrir en el momento de la exposición. De hecho, en muchos casos el efecto puede no producirse por un período de tiempo después de la exposición (días o incluso años). Por ejemplo, el cáncer causado por el asbesto o el cromo, puede manifestarse muchos años después de haber cesado la exposición.
- La persona que desarrolla efectos en la salud podría ya no trabajar con la sustancia que causó los efectos y, la relación entre la exposición y el efecto en la salud podrían no ser notados.
- Puede haber una amplia variación en la susceptibilidad genética entre individuos a los efectos de una sustancia peligrosa.
- Los efectos de la exposición a sustancias peligrosas también pueden variar considerablemente dependiendo del estado de salud de las personas, la edad, el género.
- También existe la posibilidad de efectos combinados de diferentes sustancias. Es raro que se presente exposición a una sola sustancia, ya

9.	PERFIL DE RIESGO ESPECIFICO EN LA INDUSTRIA.....	97
9.1	Introduccion.....	97
9.2	Fundición y refinado de hierro y acero.....	97
9.2.1	Peligros químicos en fundición y refinación .....	98
9.2.2	Otros peligros industriales en fundición y refinación .....	98
9.3	Fundición .....	98
9.3.1	Fundición de hierro .....	99
9.3.2	Otras fundiciones .....	101
9.4	Minas y canteras .....	101
9.4.1	Riesgos por material particulado .....	101
9.4.2	Otros riesgos .....	103
9.5	Industria Petrolera .....	104
9.5.1	Refinación del petróleo .....	104
9.6	Industria farmacéutica .....	105
10.	CONSIDERACIONES REGULATORIAS .....	107
10.1	Frases de riesgo y seguridad .....	107
10.2	Fuentes de información .....	109
10.2.1	Hojas de datos de seguridad .....	109
10.2.2	Literatura .....	110
10.2.3	REACH .....	111
11.	RIESGOS BIOLÓGICOS .....	114
11.1	Introducción a riesgos biológicos .....	114
11.2	Legionela y fiebre del humidificador.....	115
11.2.1	Legionela .....	115
11.2.2	Fiebre del humidificador .....	116
11.3	Enfermedades transmitidas por la sangre.....	117
11.3.1	Hepatitis B .....	117
11.3.2	Hepatitis C .....	118
11.3.3	HIV (Virus de inmunodeficiencia humana ) .....	118
11.4	Zoonosis .....	119
11.4.1	Antrax .....	119
11.4.2	Leptospirosis .....	119
11.4.3	Salmonelosis .....	120
11.5	Mohos .....	120
11.6	Pandemia .....	120
11.7	Modificación genética .....	130
12.	REFERENCIAS .....	132

que lo común es que existan diferentes sustancias y las interacciones entre estas pueden alterar significativamente la severidad del efecto sobre la persona.

- Los efectos de las sustancias peligrosas pueden ser alterados por el consumo de alcohol, el tabaco o las drogas recetadas que la persona pueda estar consumiendo.
- Algo verdaderamente sorprendente, es la falta de información toxicológica detallada disponible para muchos de los materiales utilizados industrialmente.

## 1.2 ALGUNOS TÉRMINOS Y CONCEPTOS SOBRE TOXICOLOGIA BASICA

### 1.2.1 Efectos Agudos y Crónicos

Cuando una sustancia afecta al cuerpo el efecto, puede ocurrir inmediatamente o puede manifestarse durante un período de tiempo. En toxicología, los términos que se utilizan para describir la rapidez o no con que se producen respuestas adversas a sustancias peligrosas, son los efectos agudos y los efectos crónicos. Los efectos agudos ocurren muy rápidamente (durante o inmediatamente después de la exposición) y en general, tienden a ser de corta duración. Los efectos se desarrollan generalmente en respuesta a una dosis relativamente alta o a una elevada concentración de la exposición de la sustancia.

Los síntomas de efectos tóxicos agudos varían desde la muerte súbita hasta una irritación menor de la piel, los ojos, la nariz o la garganta. Ejemplos de efectos agudos incluyen la irritación de los ojos y de las vías respiratorias por exposición al amoníaco, quemaduras en la piel causada por el contacto directo con ácidos o álcalis o narcosis por la exposición a disolventes orgánicos fuertes.

Los efectos crónicos tienden a presentarse a largo plazo, en casos de exposición repetida a una sustancia peligrosa en niveles muy bajos. Los efectos crónicos o de larga duración se desarrollan gradualmente durante largos períodos de exposición, por lo general meses o años. La recuperación, una vez se detiene la exposición, es extremadamente lenta y a menudo incompleta, de hecho, los efectos suelen ser permanentes.

Los efectos crónicos incluyen el cáncer, bronquitis y dermatitis. Algunos ejemplos de toxicidad crónica son: la neumoconiosis por la exposición a largo plazo al polvo de carbón y la silicosis después de exposición a polvos de cuarzo.

### 1.2.2 Efectos locales y sistémicos

Las sustancias peligrosas pueden inducir a una respuesta tóxica, ya sea local o sistémica.

- Los efectos locales se producen en el punto de contacto directo entre el cuerpo y la sustancia, por ejemplo, materiales corrosivos pueden causar quemaduras; disolventes orgánicos pueden causar desengrasado de la piel; gases irritantes tales como el cloro pueden causar inflamación pulmonar. Estos son ejemplos de los efectos locales agudos. Un ejemplo de un efecto local crónico es el cáncer nasal causado por la exposición al polvo de madera.
- Los efectos sistémicos se producen cuando el material es absorbido por los "sistemas" del cuerpo y actúa sobre los órganos a cierta distancia desde el punto de contacto del cuerpo con el agente; por ejemplo, efectos sistémicos agudos de la exposición a vapores de disolventes orgánicos pueden incluir mareos y pérdida del conocimiento. Un ejemplo de efectos sistémicos crónicos producidos por la exposición al plomo (donde la principal vía de entrada suele ser la inhalación), incluye daños al proceso de formación

de la sangre, así como los efectos nocivos sobre el sistema nervioso, los riñones y las funciones reproductivas.

Algunas sustancias peligrosas pueden producir tanto efectos locales como sistémicos (por ejemplo, disolventes orgánicos).

### 1.2.3 Xenobiótico

Un xenobiótico es un producto químico o sustancia que normalmente no se encuentra o se produce en una persona u organismo. También se conocen a veces como sustancias "extranjeras" como los medicamentos, pesticidas y muchos otros productos químicos sintéticos.

### 1.2.4 Estocástico y no estocásticos

Estocástico es un término para describir la probabilidad de un evento que tendrá lugar. Es sinónimo de azar, es decir, el evento puede ocurrir por casualidad. Un ejemplo es la posibilidad de desarrollar enfermedades malignas como el cáncer y su probabilidad de ocurrencia está en función de la dosis. Una vez que se produce un efecto estocástico, la consecuencia es independiente de la dosis de inicio. Los efectos estocásticos no tienen una dosis umbral por debajo de la cual no puedan ocurrir.

En contraste, los efectos no estocásticos se caracterizan por una dosis umbral por debajo de la cual no se producen. Por encima de la dosis umbral, los efectos no estocásticos tienen una clara relación entre la exposición y la magnitud del efecto. Los ejemplos incluyen enfermedades inflamatorias y degenerativas.

### 1.2.5 Tipo de efectos combinados

Es común que las personas estén expuestas a más de una sustancia peligrosa a la vez. Las diferentes sustancias pueden interactuar de tal manera que una sustancia puede alterar la toxicidad de uno o más de los productos químicos presentes. Un número de posibles interacciones pueden ocurrir:

- Efectos aditivos
- Efectos sinérgicos
- Potenciación
- Antagonismo
- Independiente

Efecto aditivo - el efecto combinado de dos sustancias es igual a la suma de los efectos individuales, algunos ejemplos son:

- El tolueno y xileno - ambos son irritantes y narcóticos - son sustancias químicas similares y afectan a los mismos órganos diana.
- Insecticidas organofosforados - todos los pesticidas organofosforados - inhiben la actividad de la colinesterasa.

Efecto sinérgico - el efecto combinado de dos sustancias es mayor que la suma de los efectos individuales, los ejemplos incluyen:

- El tetracloruro de carbono y etanol - ambas sustancias químicas son hepatotóxicas - pero el daño hepático total causado por la exposición combinada es mucho mayor de lo esperado.
- Hábito de fumar y el asbesto - esto lleva a un riesgo mucho mayor de cáncer de pulmón.

Potenciación - una sustancia no tiene ningún efecto tóxico, pero cuando se produce la exposición simultánea con una segunda sustancia, la toxicidad de la segunda sustancia química aumenta. Un ejemplo es:

- El tetracloruro de carbono e iso-propanol -isopropanol- que por sí sola no es hepatotóxica, pero aumenta la hepatotoxicidad del tetracloruro de carbono.

Antagonismo - aquí es donde el efecto combinado de dos sustancias es menor que la suma de los efectos individuales. Un ejemplo es:

- El fenobarbital y parodoxon (un plaguicida organofosforado) - el fenobarbital aumenta la tasa de metabolismo de parodoxon y reduce su toxicidad.

aceite producido durante operaciones de corte, neblinas ácidas de galvanoplastia, y la niebla de pulverización de pintura de los procedimientos de pulverización.

\* **Fibra** - una sustancia sólida delgada y muy alargada. Son ejemplos las fibras de asbestos y de vidrio.

## 2. TIPOS DE EFECTOS SOBRE LA SALUD

### 2.1 ASFIXIA

Un asfixiante es una sustancia que puede reducir el nivel de oxígeno en el cuerpo a niveles peligrosos. Los asfixiantes se pueden dividir en dos tipos:

- Los asfixiantes simples (por ejemplo: nitrógeno, argón) que son químicamente inertes, pero impiden la respiración normal al reducir el nivel de oxígeno en el aire. Esto puede ocurrir simplemente desplazando el oxígeno en un ambiente cerrado.

\* El aire contiene normalmente alrededor de 21% de oxígeno.

Si este valor se reduce por debajo de aproximadamente el 16% se puede producir pérdida del conocimiento y en niveles más bajos puede causar la muerte.

- Los asfixiantes químicos, evitan que el cuerpo utilice el oxígeno para los procesos metabólicos celulares normales. La cantidad de oxígeno en el aire que se respira es normal, pero el cuerpo no puede utilizarlo.

\* La hemoglobina, que se encuentra en los glóbulos rojos,

transporta el oxígeno por todo el cuerpo como un complejo llamado oxihemoglobina. El monóxido de carbono desplaza el oxígeno y se une más fuertemente a la hemoglobina para formar la carboxihemoglobina que es muy estable. Esto reduce la cantidad de hemoglobina disponible para transportar oxígeno, posiblemente a niveles peligrosos y el cuerpo se ahoga efectivamente

\* El cianuro de hidrógeno es un gas asfixiante extremadamente potente y de acción rápida que actúa previniendo el proceso bioquímico que convierte los azúcares en energía

Muchas otras sustancias pueden causar asfixia, ya sea directamente por la acción química o indirectamente al desplazar el oxígeno del aire. Las personas en riesgo particular son las que trabajan en espacios confinados por ejemplo en tanques de combustible, compartimentos en los buques, alcantarillas y pozos.

Efecto Independiente - los efectos tóxicos de cada sustancia no se ven afectados por la exposición simultánea, por ejemplo :

- El plomo y el xileno.

### 1.2.6 Limitaciones de los datos de las pruebas de toxicidad

Gran parte del conocimiento actual de cómo las sustancias afectan la salud humana ha sido obtenida de las pruebas de toxicidad. Estas pruebas por lo general se llevan a cabo en animales, sirven para plantear interrogantes con respecto a la relevancia de estos estudios para el hombre. Por ejemplo, la dosis o concentración de una sustancia requerida para matar el 50% de las ratas puede ser muy diferente a la requerida para matar el 50% de conejos o incluso a seres humanos. Por lo tanto, es muy difícil extrapolar los ensayos de toxicidad para los seres humanos. La respuesta requiere el conocimiento de absorción, distribución, biotransformación y excreción del cuerpo.

En la predicción de los efectos adversos probables que se encuentren en los seres humanos como resultado de estudios realizados en animales, los niveles de confianza deben ponderarse en función de las similitudes relacionadas con la anatomía, bioquímica, fisiología y las reacciones a los tóxicos en otros animales y en seres humanos.

Hay numerosos ejemplos de respuestas cualitativas y cuantitativas similares en seres humanos y animales, pero las diferencias son comunes y nunca se debe asumir que las personas reaccionan de la misma forma que otros animales. Igualmente, no todos los efectos encontrados en los animales se producirán necesariamente en el hombre.

## 1.3 FORMA FÍSICA DE SUSTANCIAS PELIGROSAS

Las sustancias peligrosas se producen en muchas formas físicas y el conocimiento de estos es esencial para entender las rutas de entrada, los escenarios típicos de exposición, así como la determinación de métodos de control adecuados. Por lo tanto, vale la pena definir las diferentes formas físicas en las que las sustancias peligrosas pueden producirse:

- **Gas** - un fluido sin forma que ocupa por completo el espacio de cualquier recinto a 25°C y 760 mm Hg. Ejemplos de ello son el nitrógeno oxígeno y dióxido de carbono.

- **Vapor** - la fase gaseosa de un material normalmente líquido o sólido a temperatura y presión ordinaria. Algunos ejemplos son el benceno y el vapor de mercurio a partir de la evaporación de las formas líquidas.

- **Aerosol** - una dispersión de partículas de tamaño microscópico en el aire; pueden ser partículas sólidas (polvo, humo, fibra) o partículas líquidas (niebla).

\* **Polvo** - partículas sólidas suspendidas en el aire que varían en tamaño de 0,1 – 100 µm de diámetro. Los ejemplos incluyen: el polvo de madera de corte y lijado; polvo de cuarzo de operaciones y trituración de rocas.

\* **Humos** - partículas sólidas suspendidas en el aire, generadas por condensación del estado gaseoso. Las partículas que componen los humos son muy pequeñas, por lo general menos de 1 micrón de diámetro. En la mayoría de los casos, los sólidos volatilizados reaccionan con el oxígeno del aire para formar un óxido. Los ejemplos incluyen humos de corte de alta temperatura o la soldadura de metales.

\* **Niebla** - gotas líquidas suspendidas en el aire, generadas por condensación del estado gaseoso o por la ruptura de un líquido por salpicaduras o atomizado. Por ejemplo: la neblina de

células no responden al mecanismo de control normal y continúan dividiéndose de una manera incontrolada.

Como en última instancia se cree que la inducción de cáncer ocurre como consecuencia de mutaciones, las sustancias que son genotóxicas son a menudo consideradas como poseedoras de actividad cancerígena. Sin embargo, no todos los carcinógenos son necesariamente genotóxicos en sí mismos (o a través de metabolitos). Un ejemplo de esto es el asbesto. Por lo tanto debe haber un mecanismo no genotóxico.

Se cree que el repetido daño a los tejidos puede estimular un aumento de la tasa de división celular. Agentes tales como la radiación continuamente causan daños al material genético (que también está siendo constantemente reparado por células), cualquier aumento en la división celular puede ayudar a hacer de este “fondo” daños hasta convertirse en permanente.

Por lo tanto, la estimulación de la división celular puede por sí misma dar lugar a la inducción de cáncer, aunque la sustancia que induce la estimulación no puede en sí poseer actividad genotóxica. Un mecanismo no genotóxico como daño repetido a los tejidos, puede explicar por qué algunas sustancias parecen causar cáncer en dosis altas en las pruebas con animales, pero no parecen causar cáncer en los seres humanos a niveles de exposición más bajos.

### 2.5.3 Tumores benignos y malignos

Si los crecimientos son causados por mutágenos o cualquier otro mecanismo, son llamados tumores o neoplasias y pueden ser “benignos” o “malignos”.

Los tumores benignos incluyen verrugas, pólipos y fibromas. Un tumor benigno puede crecer lo suficiente como para causar dolor y puede dañar los órganos cercanos, sin embargo, estos tumores no invaden los tejidos circundantes y no se diseminan a otras partes del cuerpo. Por lo general, se pueden extirpar quirúrgicamente, sin probabilidad de recurrencia. Por lo general no amenazan la vida (a menos que están creciendo cerca de un órgano interno clave).

Los ejemplos incluyen los daños causados por el cadmio en el riñón y disolventes orgánicos tales como el tetracloruro de carbono que causan daño hepático debido a la forma en que se desglosan por este órgano. Otros ejemplos incluyen el deterioro neurológico causado por la acumulación de plomo en el sistema nervioso central.

## 2.5 GENOTOXICIDAD Y CARCINOGENICIDAD

### 2.5.1 Genotoxicidad

Genotoxicidad es un término usado para describir la capacidad de una sustancia química para inducir daños en el material genético de una célula. Estas sustancias se denominan genotóxico o mutagénico.

Estos son efectos importantes ya que el daño al material genético puede alterar la función normal de una célula y puede conducir a cambios irreversibles llamados mutaciones. Una mutación es un cambio permanente en el material genético que puede conducir a cambios en el funcionamiento de una célula o tejido, ya que altera el mensaje genético que se está llevando.

Si se producen mutaciones en las células germinales (que pueden ser transmitidas a la descendencia), es en la descendencia en donde se podrán ver los efectos. En células no germinales (somáticas), la mutación puede dar lugar a cambios en la forma en que se regula la división celular normal, de modo que se convierta en no controlada y pueda conducir al desarrollo de cáncer.

### 2.5.2 Carcinogenicidad

Carcinogénesis es la capacidad de una sustancia para inducir el cáncer. Una sustancia que puede causar cáncer se denomina un carcinógeno. El cáncer es un trastorno de las células en el cuerpo, que se caracteriza por la división celular y el crecimiento anormal. Comienza cuando una o más

## 2.2 IRRITACION

Un irritante es una sustancia que puede causar inflamación reversible en contacto con un tejido del cuerpo como la piel o las membranas mucosas.

La “respuesta” del cuerpo a un irritante puede manifestarse de varias maneras, incluyendo las siguientes:

- Piel - de color rojo o manchas en el punto de contacto.
- Ojos - con picazón, dolor, enrojecimiento o lagrimeo.
- Nariz - picazón o secreción nasal.
- Vías respiratorias superiores - tos, estornudos - en casos graves, en los pulmones se puede producir exceso de líquido causando dificultades respiratorias

Ejemplos de irritantes, incluyen gases tales como amoníaco, cloro y óxidos de nitrógeno. Los vapores de los líquidos como por ejemplo formaldehído también pueden causar irritación. La exposición cutánea a los disolventes también puede desempeñar un papel en la irritación.

Además de los efectos agudos de los irritantes señalados anteriormente, la exposición crónica puede conducir a otros efectos sobre la salud. La exposición crónica a un irritante respiratorio puede llevar a bronquitis y la exposición crónica a un irritante de la piel puede producir dermatitis.

Los síntomas de la dermatitis incluyen resequedad, descamación de la piel, así como picazón, enrojecimiento e inflamación. Es importante no confundir la dermatitis de contacto irritante con la dermatitis de contacto alérgica, que es un tipo de hipersensibilidad de la piel. Esta última implica una respuesta autoinmune típica de aquellos agentes que causan la sensibilización.

Una forma extrema de irritación se da por el contacto con sustancias corrosivas que pueden causar daño a los tejidos, de forma similar a las quemaduras, de las que los tejidos por lo general no se recuperan. Ejemplos de sustancias corrosivas incluyen ácido clorhídrico concentrado, hidróxido de sodio, y ácido crómico. Cabe señalar que una sustancia corrosiva a concentraciones muy bajas sólo puede causar irritación.

## 2.3 NARCOSIS

Una sustancia narcótica es aquella que deprime la función normal del sistema nervioso central (SNC). Inicialmente la exposición a sustancias estupefacientes puede llevar a síntomas de fatiga, mareo y dolor de cabeza, así como sentimientos de euforia.

A exposiciones altas, los efectos pueden incluir mareos, náuseas, pérdida del conocimiento y muerte. Un grupo muy común de sustancias que pueden causar narcosis son los disolventes orgánicos. Las bebidas alcohólicas, que contienen etanol, pueden producir efectos narcóticos.

## 2.4 TOXICIDAD SISTEMICA

La toxicidad es el grado en el cual, una sustancia es capaz de dañar a un organismo expuesto. La toxicidad sistémica describe los efectos adversos causados por una sustancia que afecta al cuerpo, en órganos a cierta distancia desde el punto de contacto con el cuerpo. Estos efectos pueden ser causados por la sustancia en sí o por un producto metabolito o avería de la sustancia. Debido a los procesos metabólicos en el cuerpo, el hígado y los riñones son particularmente susceptibles a los daños causados por sustancias tóxicas.

- A2 Sospechoso carcinógeno humano:
  - \* Los datos en humanos son aceptados como adecuados pero son contradictorios o insuficientes para clasificar el agente como un carcinógeno humano confirmado, o, el agente es cancerígeno en animales de experimentación a dosis (s), por vía (s) de exposición, en el sitio (s), tipo (s) histológico o por el mecanismo (s) considerado relevante para la exposición del trabajador.

El A2 se utiliza sobre todo cuando hay pruebas limitadas de carcinogenicidad en los seres humanos y suficiente evidencia de carcinogenicidad en animales de experimentación con relevancia para los seres humanos.

- A3 Confirmado carcinógeno en animales con relevancia desconocida en humanos.

\* El agente es cancerígeno en animales de experimentación a dosis relativamente alta, por ruta (s) de la administración, en el sitio (s), de tipo (s) histológico o por mecanismo (s) que pueden no ser relevantes para la exposición del trabajador. Estudios epidemiológicos disponibles no confirman un aumento del riesgo de cáncer en humanos expuestos. La evidencia disponible no sugiere que el agente pueda causar cáncer en los seres humanos, excepto en casos improbables, rutas o niveles de exposición desconocidas.

- A4 No clasificable como carcinógeno humano:

\* Agentes que causan preocupación de que podrían ser cancerígenos para los humanos, pero que no se pueden evaluar de manera concluyente debido a la falta de datos. Los estudios in vitro o en animales no producen indicaciones de carcinogenicidad suficientes para clasificar el agente en una de las otras categorías.

- A5 No se sospecha que sea carcinógeno humano:

\* El agente no se sospecha que es un carcinógeno humano sobre la base de los estudios epidemiológicos realizados apropiadamente en humanos. Estos estudios tienen suficiente seguimiento, antecedentes de exposición

## 2.5.5 Clasificación de carcinógenos

Varias organizaciones y organismos proporcionan listas de cancerígenos conocidos o "sospechosos", que se clasifican en diferentes categorías. Es importante señalar que la clasificación es complicada y no es aceptada universalmente. Algunos de ellos son los siguientes: Dos regímenes no reglamentarios de uso común son los de la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) y la Conferencia Americana de Higienistas Industriales y (ACGIH).

Las monografías de la IARC sobre la evaluación de los riesgos carcinogénicos para los seres humanos, han sido evaluadas por más de 900 agentes ambientales y circunstancias de exposición. Cada exposición se clasifica en uno de los cinco grupos de acuerdo a la fuerza de la evidencia publicada de carcinogenicidad.

Grupo 1	Carcinógeno para los seres humanos.
Grupo 2A	Probablemente carcinógeno para los humanos.
Grupo 2B	Posiblemente carcinógeno para los humanos.
Grupo 3	No clasificable en cuanto a carcinogenicidad en seres humanos.
Grupo 4	Probablemente no carcinógeno para los humanos.

La lista completa de las evaluaciones se puede encontrar en <http://monographs.iarc.fr> (Consultado mayo de 2009)

El sistema ACGIH utiliza las siguientes anotaciones:

- A1 Confirmado carcinógeno humano:

\* El agente es cancerígeno para los seres humanos basados en el peso de la evidencia de estudios epidemiológicos.

Los tumores malignos pueden diseminarse (o metastatizar) por todo el cuerpo, debido a la invasión de los tejidos vecinos, entrando en los vasos sanguíneos, vasos linfáticos y otros espacios con el desarrollo de tumores secundarios.

Ellos tienden a ser agresivos, responder mal a la cirugía y / o quimioterapia y radioterapia, y suelen ser potencialmente mortales.

## 2.5.4 Dificultades en la identificación de los agentes carcinógenos

Hay muchas causas potenciales de cáncer y es a menudo difícil de probar una relación causal entre la exposición a un determinado químico y posterior cáncer. Un problema particular en el establecimiento de las causas del cáncer es que en muchos casos hay un largo período de latencia entre la exposición y el desarrollo de cáncer. Esto puede ser muchos años o incluso décadas.

Sin embargo, no hay evidencia significativa de que los tumores puedan desarrollarse después de la exposición a un determinado número de productos químicos diferentes. El cáncer causado por la exposición industrial puede ocurrir en muchos órganos diferentes, algunos ejemplos se enumeran a continuación:

Sitio de cáncer	Sustancia
Pulmón	Asbestos, cromo, níquel carbonilo, humo de caucho.
Senos nasales	Polvo de madera.
Hígado	Cloruro de vinilo monómero
Riñón	Cadmio
Médula ósea	Benceno
Piel	Aceite mineral, alquitrán

fiables, suficiente alta dosis, y el poder estadístico adecuado para concluir que la exposición al agente no transmite un riesgo significativo de cáncer a los seres humanos, o la evidencia sugiere ausencia de carcinogenicidad en animales de experimentación con el apoyo de datos mecanicistas.

En el marco del Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación de Etiquetado de productos químicos (véase la sección 11) que ahora está empezando a ser implementadas en muchos países, existen requisitos reglamentarios para identificar sustancias cancerígenas en las etiquetas.

## 2.6 SENSIBILIZACION - (reacción alérgica)

Sensibilización es un término usado para denotar un proceso mediante el cual, el sistema inmune del cuerpo llevando a cabo sus funciones normales produce una reacción adversa, que en algunos casos puede ser de carácter grave. En efecto, el cuerpo trata a la sustancia como si fuera un micro-organismo invasor, contra el que se está defendiendo. La fiebre del heno inducida por la exposición al polen es un ejemplo típico de una respuesta de sensibilización (en este caso de las vías respiratorias).

Hay un número de diferentes glóbulos blancos y anticuerpos asociados que desempeñan un papel de defensa del cuerpo y el sistema inmunológico. Un tipo particular de anticuerpo, la inmunoglobulina E (IgE) juega un papel importante en muchas respuestas alérgicas, y se asocia particularmente con las hipersensibilidades más severas.

La primera vez que una persona propensa a una alergia entra en contacto con un alérgeno, estará produciendo grandes cantidades de anticuerpos IgE específicos. Después de la primera exposición los anticuerpos IgE específicos permanecen unidos a otras células en el suero de la sangre durante muchos años, respondiendo rápidamente a una exposición posterior a una sustancia en particular.

En la higiene industrial, las dos categorías principales de sensibilizadores son los sensibilizantes respiratorios y los sensibilizantes cutáneos. La sensibilización normalmente se desarrolla durante un período de tiempo después de la exposición repetida de un individuo a una sustancia química. Una vez que alguien se convierte en "sensibilizado" siempre estará propenso a responder negativamente si posteriormente entra en contacto con la sustancia.

Como se describió anteriormente, la sustancia interactúa con las células del sistema inmune del individuo con el resultado de que la sustancia es finalmente "vista" como una invasión de cuerpo extraño que tiene que ser aislado a través de una reacción inmune típica.

Para la piel esto resulta en la liberación de histamina, lo que puede causar una inflamación de la piel (dermatitis alérgica de contacto). Esto, por lo general, se manifiesta como una picazón, erupción cutánea de color rojo, a menudo localizadas en el área de contacto. Se trata de una reacción de hipersensibilidad retardada que ocurre generalmente entre 6 y 48 horas después de la exposición. Reacciones menos críticas incluyen urticaria - una erupción con picazón en la piel que consiste en una serie de ronchas pálidas rodeadas de piel de color rojo.

Para las vías respiratorias la liberación de histamina provoca una serie de efectos incluyendo el estrechamiento y la inflamación de las vías respiratorias, dificultad en la respiración y rinitis (inflamación de la nariz - por ejemplo, fiebre del heno como síntomas). En muchos casos, los síntomas respiratorios son características de asma (que es una condición que puede ser inducida por un número de factores que incluyen productos químicos, aire frío, ejercicio) y, de hecho, el término "asma ocupacional" se utiliza a menudo como una alternativa a la sensibilización de las vías respiratorias.

En casos extremos, si un individuo está especialmente sensibilizado, la reacción puede ser muy grave y conducir a un paro cardio respiratorio (shock anafiláctico - choque alérgico).

Como se dijo anteriormente, las dos categorías principales de sensibilizadores en el lugar de trabajo son sensibilizantes respiratorios y sensibilizantes cutáneos. Ejemplos de sensibilizantes cutáneos incluyen cromo, níquel, látex y adhesivos de resinas epoxi que pueden causar dermatitis de contacto.

Varias sustancias son conocidas por ser sensibilizantes respiratorios. Algunos de los ejemplos más comunes son los siguientes:

- Isocianatos
- Polvos de grano y harina
- Humos de resina de colofonia
- Proteínas animales
- Polvo de algunas maderas
- Enzimas detergentes y productos de panadería
- Antibióticos

Existen diferentes métodos de evaluación que están disponibles para determinar si una persona es alérgica o no a una sustancia en particular. Estos incluyen pruebas de función pulmonar (espirometría), pruebas cutáneas y pruebas de IgE en la sangre. Se analizan con más detalle en la sección 6.3

## 2.7 EFECTOS REPRODUCTIVOS

Una sustancia puede afectar a un individuo reduciendo su fertilidad, por lo tanto puede hacer más difícil, o imposible, tener descendencia. Algunos ejemplos de tóxicos que afectan la reproducción incluyen algunos éteres de glicol, plomo y algunos pesticidas.

Otra categoría de tóxicos del desarrollo (a menudo denominado como teratógenos) pueden causar daño al feto en desarrollo. Si bien estas sustancias no pueden afectar a la madre pueden dar lugar a anomalías físicas del niño, o afectar su desarrollo después del nacimiento. Ejemplos de estos están el plomo, mercurio de metilo y la talidomida.

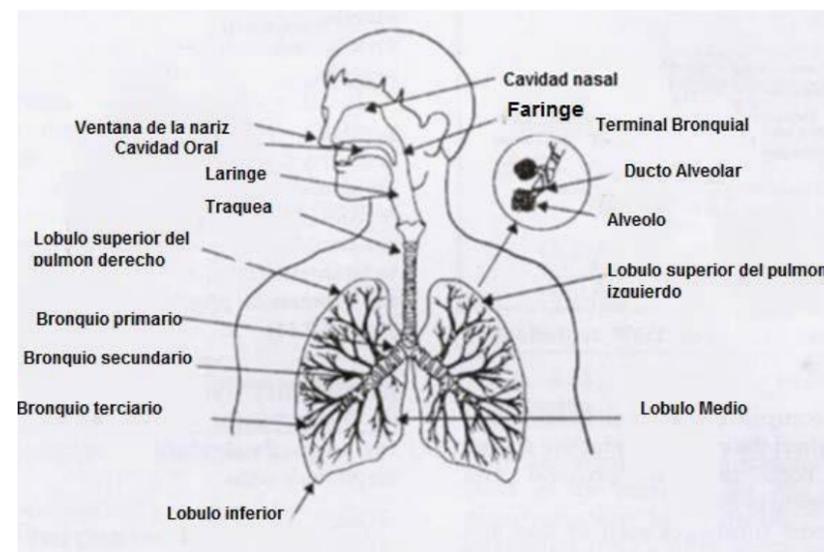
### 3. BIOLOGIA HUMANA BASICA Y ÓRGANOS DIANA

#### 3.1 SISTEMA RESPIRATORIO

##### 3.1.1 Estructura del sistema respiratorio

El sistema respiratorio consta de las vías respiratorias, los pulmones y los músculos respiratorios, que median en el movimiento de aire dentro y fuera del cuerpo. El aire inhalado pasa de la nariz y la boca a través de la tráquea y hacia las estructuras ramificadas de los pulmones llamados bronquios.

Luego el aire viaja a lo largo de los bronquiolos a su final (el bronquiolo terminal) el cual está cubierto de pequeños sacos lobulados múltiples llamados alvéolos donde ocurre la mayor parte del intercambio de gases.



(Fuente: Tranter 1999 - Reproducido con permiso)  
Figura 3.1 - Sistema Respiratorio

Desde el punto de vista ocupacional, la inhalación suele ser la principal vía de absorción de los materiales peligrosos. Los pulmones tienen un área de superficie muy grande y un suministro de sangre excelente, aspectos que facilitan la absorción. La barrera entre el aire inhalado y la circulación sistémica es muy delgada, por tanto, la absorción puede ser muy rápida. Además de las sustancias que se absorben a través de los pulmones, las partículas insolubles como sílice y asbesto pueden conducir a daños en los pulmones.

El sistema respiratorio se puede dividir en tres zonas, y los materiales en diferentes estados físicos serán absorbidos en diferentes regiones:

- Nasofaringe o región de la cabeza de las vías respiratorias.
- Región traqueo-bronquiales.
- Región alveolar o pulmón profundo.

El término “tracto respiratorio superior” se utiliza a menudo, para describir las dos primeras áreas anteriores.

La región nasofaríngea se compone de la nariz, la boca y la faringe (garganta). Los pelos nasales pueden filtrar las partículas grandes; la cavidad nasal está forrada con una membrana mucosa húmeda que también puede atrapar partículas extrañas.

Los pelos superficiales pequeños llamados cilios mueven las partículas atrapadas hacia la nariz para ser expulsadas a través del estornudo.

Además, las membranas mucosas humedecen y calientan el aire a medida que se inhala. Este proceso se ve reforzado por los cornetes nasales que dividen las principales vías, en una serie de canales separados aumentando así el área de la membrana mucosa en contacto con el aire. Cabe señalar que al respirar por la boca se elimina el filtro de la cavidad nasal. Si las sustancias irritantes penetran en la garganta se inicia un reflejo al toser.

La región traqueo bronquial está compuesta por la tráquea, que luego se ramifica en los dos bronquios primarios que progresivamente se dividen aún más en bronquios más finos y bronquiolos. Con cada división de la superficie total de la sección

transversal, el paso de aire aumenta y la velocidad del movimiento del aire se reduce. En el momento en que el aire ha alcanzado el bronquiolo terminal, la tasa de flujo se ha reducido a niveles muy bajos lo que significa que la difusión por los gradientes de concentración se convierte en el mecanismo de transporte principal. Esto tiene consecuencias para la deposición de partículas que se examinarán más adelante.

Tabla 3.1 - muestra el área de la sección transversal de las vías respiratorias, y la tasa de flujo de aire (para un flujo de volumen de 100 mililitros por segundo)

	Superficie (cm <sup>2</sup> )	Caudal (cm / seg)
Traquea	20.0	50
Bronquiolos terminales	80	10.25
Bronquiolos respiratorios	280	00.36
Alvéolos	10-20 x 10 <sup>5</sup>	Despreciable

(Fuente: Harrington y Gardiner (1994) - Higiene Ocupacional)

Las vías respiratorias superiores se alinean con las membranas mucosas, que también están revestidas con cilios (extensiones similares o pelos de células que recubren las vías respiratorias). Estos barren lentamente las partículas atrapadas hacia arriba, a la garganta, en donde se degluten o son escupidas. Este mecanismo se conoce como la “escalera mucociliar”, mientras tanto las partículas que no ingresan al pulmón pueden ser absorbidas luego en el tracto gastrointestinal.

Región Alveolar - Los bronquiolos terminan en millones de alvéolos. En un adulto hay aproximadamente 300-600 millones de alvéolos con una superficie total de alrededor de 100 a 200 metros cuadrados. El intercambio de gases entre el aire y la sangre se lleva a cabo a través de las paredes delgadas (sólo una o dos células de grosor) de los alvéolos. Los alvéolos están rodeados por capilares sanguíneos para que el oxígeno se difunda desde los alvéolos hacia el torrente sanguíneo y el dióxido de carbono se difunda desde la sangre a los alvéolos para la exhalación.

**Polvo inhalable** es la fracción de material en el aire que entra en la nariz y la boca durante la respiración y por lo tanto es responsable de la deposición en cualquier lugar en el tracto respiratorio. La fracción inhalable depende de la velocidad y la dirección predominante de aire alrededor de la persona, así como la tasa de respiración y si la respiración es a través de la nariz o la boca.

Una definición estandarizada de la fracción de tamaño de polvo inhalable se da en la norma ISO 7708 - "Calidad del aire - Definiciones de tamaño de partículas para el muestreo relacionado con la salud", sobre la cual se basan muchos Estándares Nacionales. En términos prácticos, para el polvo inhalable total, el tamaño máximo de las partículas es de aproximadamente 100 micra

**Polvo respirable** es la fracción que penetra en el pulmón profundo (la región alveolar), donde el intercambio de gases tiene lugar. La fracción respirable variará entre los individuos y también dependerá de la tasa de respiración de la persona. Al igual que con el polvo inhalable hay una definición estandarizada de la fracción de tamaño de polvo respirable dada en la norma ISO 7708, en la que muchas normas nacionales se basan. Los tamaños de las partículas de polvo respirable son generalmente de hasta 10 micras.

La curva se indica a continuación en la Figura 4.2. Tenga en cuenta como según aumenta el tamaño de las partículas, un porcentaje menor de estas pueden llegar a la zona de destino en particular. Por ejemplo, casi el 100% de las partículas de 1 micra son propensas a llegar a los alvéolos, 50% a 4,25 micras de diámetro, caen a unos bajos porcentajes aproximadamente de 10 micras de diámetro aerodinámico.

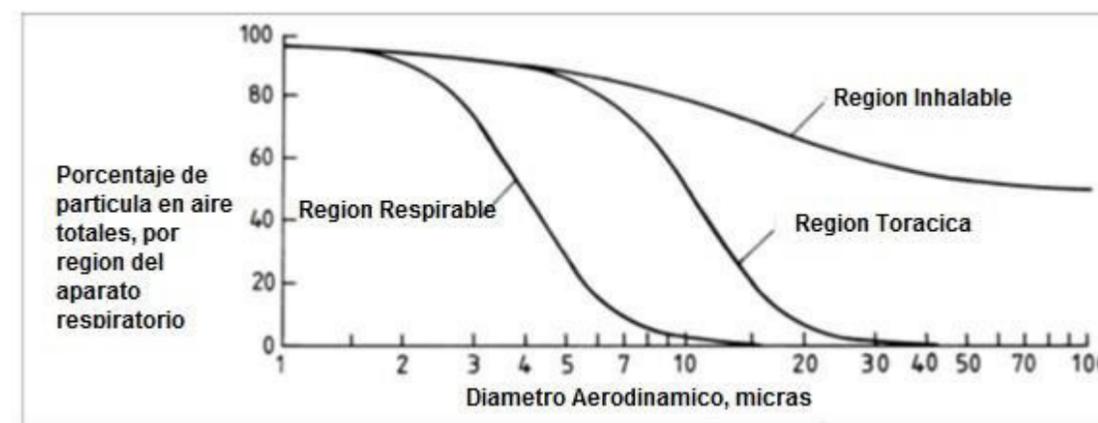
**La difusión** de las partículas más pequeñas (típicamente menos de 1 micra) sobre la membrana alveolar, puede ocurrir en los alvéolos, donde el flujo de aire es despreciable. Las partículas se mueven al azar (movimiento browniano) hasta que chocan con la membrana alveolar. Muchas partículas pequeñas pueden permanecer suspendidas durante el tiempo suficiente para que puedan ser exhaladas directamente.

Los tamaños de partículas que se depositan en diferentes partes del sistema respiratorio y su mecanismo de deposición no son líneas divisorias pero se solapanán. También la deposición se verá afectada por la tasa de flujo de manera que diferirá entre cuando está en reposo y cuando la respiración es en gran medida de esfuerzo.

Como se indicó anteriormente, el sitio donde se depositan sustancias tóxicas en el pulmón depende en gran medida del tamaño de la partícula y su forma y densidad. Las partículas más grandes serán atrapadas en el tracto respiratorio superior, y las partículas más pequeñas entrarán en la región alveolar.

### 3.1.3 Fracciones de tamaño de partículas

El comportamiento y la deposición de cualquier partícula, después de la entrada en el sistema respiratorio y la respuesta del cuerpo, depende en gran medida del tamaño de la partícula. En general hay dos fracciones de tamaño de interés para los higienistas industriales y estos se denominan inhalable (o inspirable) y respirable.



(Fuente: BS EN 481: 1993 Atmósferas en sitios de trabajo – Definiciones de tamaño para medición de partículas en aire – reproducido con permiso.

Figura 3.2 – Convención para región inhalable, torácica y respirable como porcentaje de partículas totales en aire.

No hay cilios en los alvéolos y las partículas pueden ser retenidas por un largo periodo de tiempo (meses o años). Aunque no existen cilios en los alvéolos hay fagocitos (un rango de diferentes glóbulos blancos que tragan y digieren las partículas depositadas) que viajan a través de los alvéolos. Un tipo importante de las células fagocíticas en los seres humanos son células de macrófagos. Después de haber tomado la partícula el fagocito o macrófagos lo transporta desde los alvéolos ya sea a la escalera mecánica mucociliar o a través del sistema linfático.

### 3.1.2 Deposición de partículas en el Sistema respiratorio

Las partículas en el aire, que se encuentran en el lugar de trabajo, varían mucho en tamaño, desde menos de 1 micra de diámetro hasta aproximadamente 100 micras de diámetro. El tamaño de la partícula es importante por dos razones principales:

- Es probable que las partículas de mayor diámetro permanezcan en el espacio y sean arrastradas por el movimiento del aire. Las partículas más grandes se depositan más rápido.
- En segundo lugar, el tamaño de partícula es muy importante para determinar en qué lugar del aparato respiratorio pueden depositarse.

Los tamaños de partícula indicados en la mayoría de la literatura y las normas, se refieren a los diámetros de las partículas. Esto se define mejor como el "diámetro aerodinámico" de la partícula. La mayoría de las partículas no son esferas perfectas y se producen en muchas formas y diferentes densidades. El concepto de diámetro aerodinámico que combina el efecto del tamaño, densidad y forma se desarrolló para entender cómo estas partículas se comportan en el aire.

El diámetro aerodinámico de una partícula es el diámetro equivalente de una esfera perfecta de densidad unitaria, que se comportaría en el aire de la misma forma que la partícula en cuestión. Es posible calcular diámetro aerodinámico para diferentes tipos de partículas, pero esto está fuera del alcance de este curso.

Mecanismos de depósito: hay cuatro mecanismos principales por los que la deposición de partículas puede ocurrir en el sistema respiratorio:

- Interceptación
- Impactación
- Sedimentación
- Difusión

**La interceptación** se produce principalmente en la nariz y la cavidad nasal, donde las partículas grandes (aproximadamente 10 a 100 micras de diámetro) son demasiado grandes para penetrar en los espacios entre los pelos nasales o los cornetes nasales.

**La impactación** ocurre principalmente en las vías respiratorias y la cabeza en las bifurcaciones (divisiones) de los bronquiolos más grandes. Las partículas en la corriente de aire, no pueden ser retenidas en las vías respiratorias e impactan sobre la pared de la vía aérea. Las partículas típicamente en el rango de 5 a 30 micras se depositan por este mecanismo.

**La sedimentación** de las partículas más pequeñas (típicamente entre 1 y 5 micras) se produce normalmente en los pequeños bronquiolos y alvéolos. Estas partículas se depositan debido a la gravedad en estas áreas donde la velocidad del aire es muy baja.

### 3.1.6 Sensibilización respiratoria

Hay una gama de condiciones alérgicas que pueden ocurrir cuando una sustancia provoca una respuesta inmune tras la exposición o contacto con los tejidos del sistema respiratorio, dando lugar a la sensibilización respiratoria.

**Rinitis** - Se trata de una reacción alérgica rápida que afecta a la nariz, la garganta y los ojos. La nariz puede ser "bloqueada" o puede producir moco excesivo y convertirse en "nasal". Los ojos se inflaman, hay enrojecimiento, y picazón. Puede ser causado por una amplia gama de sustancias como el polen, polvos orgánicos y algunos productos químicos.

**Asma ocupacional** - Este es el término dado a una inflamación y constricción alérgica de los bronquios y bronquiolos. Esta constricción, junto con el aumento de la producción de moco y tejido inflamado reduce aún más las vías respiratorias. Los síntomas incluyen una opresión en el pecho, dificultad para respirar y sibilancias, con especiales dificultades con la exhalación. Esta reacción alérgica se produce a menudo después de la exposición repetida durante un período de tiempo, después de lo cual la persona se sensibiliza a niveles de exposición muy bajos.

Los sensibilizantes respiratorios que pueden inducir síntomas similares al asma incluyen isocianatos; humos de soldadura, algunos metales (por ejemplo, platino y cobalto), así como una amplia gama de materiales orgánicos. Entre estos están el látex, polvos vegetales, proteínas animales en pieles y plumas, detergentes y enzimas.

**Alveolitis alérgica extrínseca** - Consiste en una inflamación de los bronquiolos terminales y los alvéolos. Los síntomas agudos incluyen síntomas retardados de gripe, fiebre, dolor de cabeza, dolor muscular y tos. Los efectos crónicos pueden incluir la fibrosis y la disnea de esfuerzo, que puede ser incapacitante.

A menudo es causada por la inhalación de esporas de hongos respirables o proteínas animales secas. Los hongos y esporas son propensos a acumularse en las situaciones en que los vegetales se

sílice cristalina en forma de cuarzo, en donde las células de macrófagos fagocitan la partícula pero luego mueren. En estas situaciones los productos químicos liberados de las células de los macrófagos atraen fibroblastos (células que producen tejido fibroso) que pueden causar cambios fibróticos en los pulmones.

Los tejidos fibróticos cubren las células delgadas que recubren los bronquiolos y alvéolos y restringen el paso de oxígeno. Además, la elasticidad del tejido pulmonar se reduce significativamente. Estos efectos pueden provocar disnea y función pulmonar reducida. Esta fibrosis puede causar cicatrización progresiva sobre muchos años y puede ser fatal.

- **Neumoconiosis benigna.** Los polvos de metal, como el hierro, el estaño y el bario pueden causar la llamada neumoconiosis "benigna".

No dañan los alvéolos o conducir a la fibrosis. Cambios en el pulmón pueden mostrar opacidades redondeadas o nodulares en los rayos X, pero estos no están asociados con otros síntomas o anomalías de la función pulmonar.

**Enfisema** - En el enfisema, los alvéolos se agrandan y las paredes de los alvéolos individuales se rompen y se fusionan. Esto conduce a la formación de un menor número de alvéolos, más grandes, resultantes en un área de superficie reducida para el intercambio de gas. Los síntomas incluyen dificultad para respirar y tos. Es una enfermedad crónica y puede ser causada por el tabaquismo y otros contaminantes tales como el óxido de cadmio.

**Cáncer de pulmón** - Es un crecimiento de células anormales en los pulmones. Puede ser desencadenada por una serie de sustancias, incluyendo el humo de caucho, arsénico, cromo hexavalente, el asbesto, así como por el tabaquismo. En la mayoría de los casos de cáncer de pulmón, éste se desarrolla en los bronquios. Los síntomas incluyen tos, dolor y obstrucción respiratoria. Las células con cáncer se pueden diseminar (o metastatizar) desde los pulmones a otras partes del cuerpo y es a menudo fatal.

garganta. Las contracciones más altas pueden causar la liberación de líquido en los tejidos circundantes que conducen a la inflamación (edema).

Las nieblas o aerosoles irritantes como sales de cromo soluble (VI), y muchos vapores de óxido de metal también pueden causar irritación del tracto respiratorio superior. Además, polvos como los de fibra mineral puede causar irritación y tos.

La irritación aguda del tracto respiratorio inferior (pulmón profundo) puede ser causada por gases solubles en agua tales como el fosgeno y el dióxido de nitrógeno. Esto provoca la irritación de las membranas mucosas y edema pulmonar. Esta división entre las zonas afectadas es un poco arbitraria y debe tenerse en cuenta, que los gases irritantes pueden afectar ambas áreas del pulmón si la exposición es alta. La irritación también puede ser causada por la exposición severa a muchos vapores de metal por ejemplo, óxido de cadmio que puede causar una neumonitis química aguda (inflamación de los pulmones) y puede ser fatal. Además de los efectos agudos, la irritación crónica de las vías respiratorias superiores e inferiores puede causar daño pulmonar permanente con la exposición repetida y también causar bronquitis o enfisema (véase más adelante).

**Neumoconiosis** - Se define como la acumulación de polvo en los pulmones. Se puede dividir en dos grandes categorías dependiendo de la reacción de los pulmones a la presencia del polvo. Puede presentarse como una fibrosis o como una neumoconiosis benigna.

- **Fibrosis o neumoconiosis fibrótica.** El sistema de macrófagos es un mecanismo muy eficiente por el cual las partículas extrañas pueden ser removidas de los alvéolos. Sin embargo, en algunas situaciones los macrófagos no son capaces de fagocitar las partículas y eliminarlas. Por ejemplo, las fibras de asbesto pueden ser demasiado largas para caber dentro de un macrófago. O la

Otra fracción de tamaño que a veces se cita es la fracción torácica, que es la fracción de tamaño que corresponde a los depósitos en cualquier lugar dentro del pulmón (incluyendo la región de intercambio de gases).

### 3.1.4 La absorción de gases y vapores

Los gases y los vapores se mezclan y se mueven libremente con el aire que se respira. Sin embargo, los gases y vapores llegan a las regiones inferiores del pulmón pasando a través del tracto respiratorio superior. Esta región del pulmón es extremadamente húmeda y los gases altamente solubles en agua, tales como amoníaco y formaldehído, serán fácilmente disueltos y serán absorbidos. En muchos casos los gases altamente solubles en agua son también irritantes.

Los gases y vapores, tales como fosgeno y disolventes orgánicos menos solubles en agua, pasarán a la región alveolar, pero la cantidad absorbida se verá influenciada por su solubilidad en la sangre.

### 3.1.5 El pulmón como órgano diana

Hay una serie de efectos en la salud que pueden ocurrir en los pulmones que van desde la irritación hasta el cáncer. Las siguientes secciones ilustran la gama de efectos junto con ejemplos de sustancias que pueden causar los efectos.

**Irritación** - La irritación aguda del tracto respiratorio superior puede ser causada por gases altamente solubles en agua, tales como amoníaco y cloruro de hidrógeno. Los síntomas incluyen tos, irritación de las membranas mucosas, así como dolor en los ojos, la boca y la

almacenan en condiciones de humedad. Históricamente, una serie de nombres específicos a un proceso o industria en particular se han utilizado para describir el efecto sobre la salud. Estos incluyen "pulmón de granjero" por la inhalación de esporas de moho grano o heno.

**Bisinosis** - Esta es causada por la exposición al polvo producido durante el hilado de la máquina y el tejido de algodón y otras fibras vegetales como el lino y el cáñamo. Los síntomas se presentan después de muchos años de exposición e incluyen opresión en el pecho, dificultad para respirar y tos. En los casos crónicos la respiración se dificulta debido a la obstrucción irreversible de las vías respiratorias, que puede ser incapacitante.

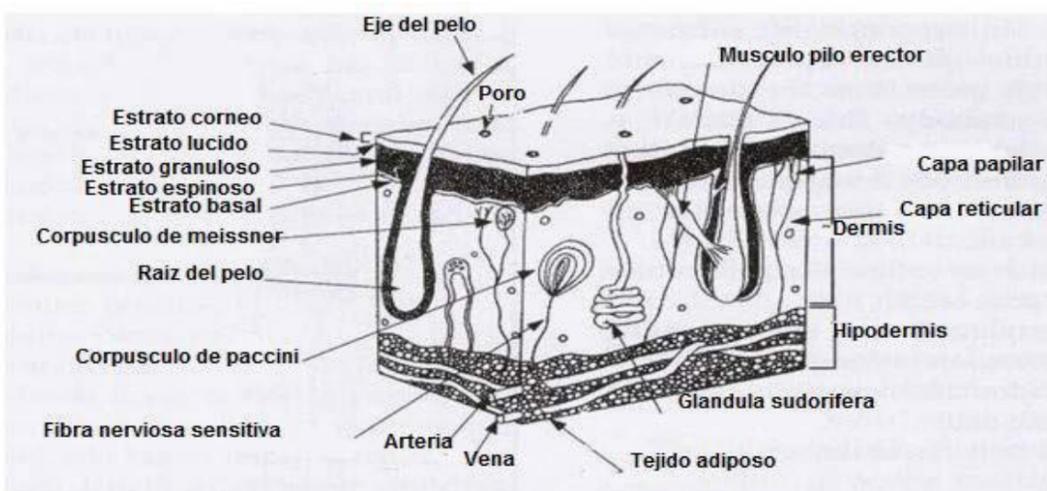
## 3.2 PIEL

### 3.2.1 Estructura y función

La piel se conoce a menudo como el órgano más grande del cuerpo y como la interfaz con el entorno que proporciona protección contra los peligros físicos como el calor, la radiación y la abrasión, así como contra

los productos químicos y las bacterias. Sus otras funciones importantes son el aislamiento y la regulación de la temperatura, la sensación y la vitamina D y la síntesis B.

La piel se puede dividir en tres capas - epidermis (capa externa), la dermis y la hipodermis (tejido subcutáneo). La capa externa delgada o epidermis proporciona una barrera resistente contra las lesiones. También actúa como una barrera para el agua y sustancias solubles en agua. Debajo de la epidermis está la dermis - una capa más profunda de tejido conectivo y elástico que contiene vasos sanguíneos, fibras nerviosas, folículos pilosos, glándulas sudoríparas y glándulas sebáceas. Debajo de la dermis está la hipodermis (la capa subcutánea), que incluye las células de grasa que proporciona cierto aislamiento y amortiguación.



(Fuente: Tranter 1999 - Reproducido con permiso)  
Figura 3.3 - Diagrama de las capas de la piel humana

La epidermis se puede dividir en 3 capas:

- La capa exterior estrato (o capa) córnea, que se compone de células muertas aplanadas que proporcionan protección y está cubierta por una película superficial de sebo que es ligeramente ácida y también actúa como un agente antibacteriano.
- El estrato lúcido (o capa granular) que puede hacer la melanina (un pigmento de color marrón que protege contra la radiación UV).
- El estrato granuloso (o estrato germinativo) donde las nuevas células se producen por división. Estas células se mueven hacia el exterior de la superficie, donde reemplazan continuamente las células muertas en la superficie.

La dermis contiene los capilares que proporcionan el suministro de sangre. Además, contiene glándulas sudoríparas y sebáceas y los folículos pilosos que continúan a través de la superficie de la epidermis. Las terminaciones nerviosas también están presentes en la dermis.

### 3.2.2 La piel como una vía de entrada

Como se dijo anteriormente, la epidermis es impermeable a los materiales solubles en agua; sin embargo, la dermis subyacente es libremente permeable a todas las sustancias. Como resultado, la piel dañada disminuye la protección proporcionada por la epidermis. La piel dañada debe ser protegida por el uso de yesos o guantes. En cualquier caso, siempre es recomendable mantener buenos estándares de higiene personal para proteger la piel de la exposición a sustancias peligrosas.

Otros factores que aumentan el potencial para la penetración incluyen piel húmeda, enfermedad preexistente de la piel, piel caliente, desengrasada y cuando las sustancias pueden mantenerse en contacto con la piel, como cuando son atrapadas ("ocluidas") bajo los guantes o ropa.

Las sustancias solubles en lípidos son capaces de penetrar a través de la piel intacta. Ejemplos de sustancias con alta permeabilidad de la piel son los pesticidas organofosforados y fenol. Estos pueden ser absorbidos a través de la piel en cantidades suficientes para causar la muerte.

### 3.2.3 La piel como órgano diana

Hay una serie de condiciones que pueden ser causadas por la exposición a una gama de diferentes sustancias. Estas incluyen la dermatitis de contacto irritante, dermatitis de contacto alérgica, foliculitis, alteraciones pigmentarias, ulceración y el cáncer.

**Dermatitis** - Puede ser definida como cualquier enfermedad inflamatoria de la piel. Se manifiesta como enrojecimiento de la piel (eritema), junto con agrietamiento. Las partes afectadas también pueden inflamarse, con comezón y algunas veces con ampollas. La dermatitis es muy común y es difícil de tratar con éxito. Se puede dividir en dos categorías - dermatitis de contacto irritante y dermatitis de contacto alérgica.



Fuente: HSE Hairdressing: What does dermatitis look like 2008 - Reproducido bajo los términos de uso de la licencia  
Figura 3.4 Apariencia típica de la dermatitis

### 3.3.2 Sistema nervioso como un órgano diana

Hay ciertas maneras en que el correcto funcionamiento del sistema nervioso puede verse afectado. Esto incluye daño estructural a la neurona o la vaina de mielina, o daño funcional, incluyendo la despolarización del axón o la interferencia con la transmisión normal de señales a través de la sinapsis.

Los daños estructurales de la neurona - El plomo puede dañar la capa de mielina y la desaceleración de impulsos nerviosos. Los síntomas leves incluyen cansancio y laxitud. En casos graves, el sistema nervioso periférico puede no ser capaz de controlar los músculos de las extremidades que producen debilidad muscular, a menudo mostrando la caída del pie y la muñeca.

El N-hexano puede causar inflamación del axón y la degeneración de la vaina de mielina y del axón. Al igual que con el plomo, este causa debilidad muscular y pérdida sensorial motora particularmente a las manos y los pies. El manganeso es otro ejemplo de una sustancia que daña el axón causando síntomas parecidos al Parkinson, como temblor y dificultad para caminar y hablar.

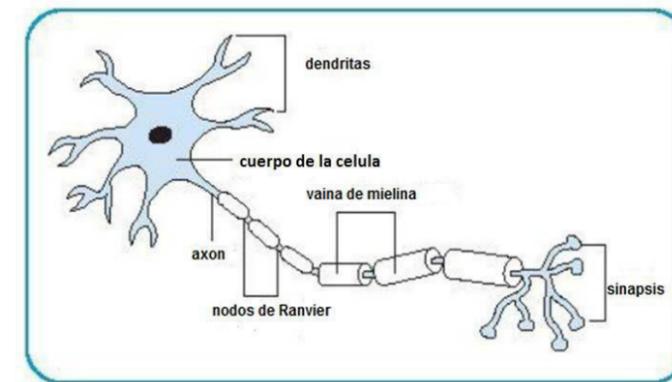
El mercurio daña los nervios sensoriales, afectando la audición, el habla y problemas de visión, así como pérdida general del motor sensorial, resultando en temblores o sacudidas. Otro grupo de productos químicos, (órganometálicos) que incluye el tetraetilo de plomo y el mercurio metílico, puede alcanzar fácilmente el cerebro. La exposición excesiva puede llevar a efectos graves del sistema nervioso central que van desde irritabilidad a la pérdida de memoria, convulsiones y trastornos psiquiátricos.

Daño funcional de los nervios - Muchos de los compuestos orgánicos volátiles (disolventes) actúan como depresores del sistema nervioso central. Tienen una alta afinidad por tejidos ricos en lípidos (tales como la vaina de mielina). Absorben en las membranas de las células, haciendo que la membrana aumente en volumen y menguante la conducción del impulso nervioso. Pueden

que controlan el movimiento voluntario y la autonómica que controla el movimiento involuntario como el latido del corazón y la respiración. Los nervios sensoriales están involucrados en la sensación del tacto, el dolor, la temperatura, la vista, el oído y el equilibrio.

La unidad funcional básica es la célula nerviosa o neurona; esta tiene un cuerpo celular con un núcleo central. El origen del cuerpo celular tiene lugar gracias a los axones, que son prolongaciones largas y delgadas de las neuronas que viajan rápidamente a lo largo de los impulsos nerviosos. Los axones están recubiertos por la vaina de mielina (una sustancia grasa), que ayuda a aislar y proteger el axón. La presencia de la vaina de mielina también aumenta la velocidad de transmisión del impulso nervioso.

Los impulsos nerviosos son transmitidos a lo largo del axón como señales eléctricas causadas por la rápida despolarización y repolarización del axón que cambia el equilibrio de los iones de sodio y potasio entre el axón.



Fuente: Esclerosis múltiple – reproducido con permiso  
Figura 3.5 Diagrama de célula nerviosa

El axón termina en el botón terminal que se encuentra cerca de la célula diana. La brecha entre el final de la perilla sináptica y la célula diana se denomina la sinapsis. El impulso nervioso viaja por el axón hasta el botón terminal. Cuando se llega a este punto que desencadena la liberación de productos químicos (neurotransmisores tales como la acetilcolina) que viajan a través de la brecha sináptica a la célula diana. Esto desencadena una respuesta en el objetivo.

La dermatitis de contacto irritante es la enfermedad de la piel más común en el trabajo. Todos los trabajadores pueden verse afectados, sobre todo si la exposición es repetida y prolongada. Irritantes típicos de la piel incluyen detergentes, disolventes orgánicos, ácidos, álcalis (incluyendo el cemento), agentes oxidantes y algunas plantas.

La dermatitis de contacto alérgica afecta a aquellos trabajadores que están sensibilizados a dicha sustancia en particular. Una vez sensibilizado, los síntomas se producen incluso en exposición a niveles extremadamente bajos de la sustancia. Ejemplos de sustancias que pueden causar dermatitis de contacto alérgica incluyen níquel, adhesivos de resinas epoxi y látex (a menudo guantes). El agente causal puede conocerse mediante la prueba del parche para confirmar una respuesta alérgica positiva.

Otras enfermedades de la piel - La foliculitis es causada por los poros de las glándulas sebáceas que se bloquean y dejan el acné como una de las lesiones. Entre las sustancias que pueden causar foliculitis están: aceites, grasas y ceras.

Algunas sustancias pueden causar perturbaciones de pigmento a la piel. Esto puede resultar en despigmentación (algunos fenoles) o más comúnmente termina en una hiperpigmentación. Los alquitranes y algunos insecticidas pueden causar enrojecimiento y oscurecimiento de la piel, mientras que las sales de plata pueden causar una decoloración azul-gris.

La ulceración de la piel es un efecto bien documentado de la exposición al ácido crómico (cromo hexavalente) en la industria de recubrimiento de cromo. La exposición al cemento que contiene cromo hexavalente en los cementos también puede causar ulceración. Otros ejemplos son antimonio y el fulminato de mercurio.

El cáncer de piel puede ser causado por una serie de diferentes sustancias, incluidas los hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAPs), alquitrán de hulla, hollín, asfalto y arsénico. Sin embargo, la causa del mayor número de cánceres de piel es la exposición a la luz ultravioleta (luz solar o luz ultravioleta producida industrialmente). La exposición excesiva a la luz ultravioleta se asocia particularmente con la producción de los melanomas (cáncer de las células productoras de melanina en la piel).

## 3.3 SISTEMA NERVIOSO

### 3.3.1 Estructura y función

El sistema nervioso controla y coordina las actividades y el funcionamiento del cuerpo. También responde a estímulos externos de manera rápida y precisa; se puede dividir en dos segmentos anatómicos; el sistema nervioso central (SNC) y el sistema nervioso periférico (SNP).

El sistema nervioso central está formado por el encéfalo y la médula espinal y el sistema nervioso periférico comprende todos los otros nervios. Los nervios periféricos envían constantemente información al sistema nervioso central que procesa y envía señales al sistema nervioso periférico.

El sistema nervioso también se puede dividir en dos particiones funcionales; los nervios motores y los nervios sensoriales. El movimiento de control de los nervios motores (es decir, los músculos), pueden dividirse además en el sistema somático

La exposición a diclorometano también puede dar lugar a niveles elevados de carboxihemoglobina (así como el monóxido de carbono se produce en el cuerpo como un producto de degradación de los procesos de metabolismo).

Metahemoglobina es producto de la oxidación de la hemoglobina (dificulta el transporte de oxígeno). Algunas sustancias como las aminas aromáticas (por ejemplo, anilina) pueden producir niveles elevados de metahemoglobina, reduciendo la capacidad de transportar oxígeno en la sangre.

Anemia - Este es un trastorno que se presenta cuando se reduce la cantidad de hemoglobina en la sangre. Puede ser causada por las sustancias que afectan la producción normal o síntesis de la hemoglobina en la médula ósea. Un ejemplo común de una sustancia que puede causar anemia es el plomo inorgánico que se acumula en los huesos. El benceno también interfiere con la producción de glóbulos rojos causando anemia.

Leucemia - Este es el nombre dado a un grupo de enfermedades de la sangre en el que se producen los glóbulos blancos anormales en grandes cantidades en la médula ósea. Estos sustituyen o desplazan a las células blancas de la sangre normales. El benceno es un ejemplo bien documentado de una sustancia que puede causar leucemia.

## 4.5 HÍGADO

### 4.5.1 Estructura y función

El hígado es uno de los órganos más grandes del cuerpo y se encuentra en la cavidad abdominal. Tiene muchas funciones y puede ser pensado como un complejo sitio de procesamiento químico. Entre sus principales funciones están las siguientes:

- Metabolismo (biotransformación) de grasas, carbohidratos, proteínas.
- Biotransformación de alcohol y sustancias químicas orgánicas, para aumentar la solubilidad en agua para su excreción por los riñones.

## 3.4.2 La sangre como un órgano diana

El correcto funcionamiento de la sangre puede verse afectada de diferentes maneras. Algunas sustancias dañan las células rojas de la sangre, otros interfirieron con la absorción normal de oxígeno, mientras que otros afectan la producción de nuevas células sanguíneas.

Hemólisis - hemólisis (Ruptura de las células rojas de la sangre) se produce cuando la membrana de glóbulos rojos está dañada y la célula es destruida. Los productos de degradación de esta hemólisis alcanzan el riñón y pueden dañar o sobrecargar la función renal. La hemólisis se caracteriza por la aparición de productos de degradación en la sangre; la orina se torna roja. Algunas sustancias que pueden causar hemólisis son la arsina (trihidruro arsénico) y estibina (trihidruro de antimonio).

Formación de carboxihemoglobina - Como se describió anteriormente, la hemoglobina (roja) en la sangre transporta el oxígeno a las células en forma de oxihemoglobina y elimina el dióxido de carbono. Sin embargo, otras sustancias también se pueden unir a la hemoglobina y evitar el transporte o absorción normal de oxígeno.

El monóxido de carbono es el ejemplo más común de este tipo de sustancias. Se une muy fuertemente a la hemoglobina, reemplazando el oxígeno para formar carboxihemoglobina. Como la cantidad de carboxihemoglobina en la sangre aumenta, entonces se disminuye la capacidad de la sangre para transportar el suministro normal de oxígeno a las células.

Los síntomas de la intoxicación por monóxido de carbono incluyen dolor de cabeza, letargo, mareos, pérdida del conocimiento y muerte. A menudo, la exposición a monóxido de carbono se produce directamente a partir de la inhalación de productos de combustión incompleta. Las fuentes típicas incluyen motor de combustión y los tubos de escape de la caldera, así como la fundición y el procesamiento de metales.

causar efectos narcóticos y anestésicos generando somnolencia, pérdida de sensibilidad, pérdida del conocimiento y muerte.

Además la exposición crónica a algunos disolventes tales como tolueno y xileno está vinculada a daño neurológico a largo plazo.

Los impulsos nerviosos viajan a lo largo del axón por los cambios en los niveles de sodio y de potasio dentro del axón. Estos cambios provocan la despolarización rápida y repolarización del nervio. Algunas sustancias como los pesticidas organoclorados causan este proceso prolongado. Esto hace que los nervios produzcan temblores hiper-excitables.

Además, hay algunas sustancias como los pesticidas organofosforados que interfieren con la transmisión química a través de la sinapsis. En este caso, la acetilcolina no es hidrolizada por las enzimas de la célula diana. Esto hace que la activación excesiva de la diana produzca contracción muscular excesiva y parálisis.

## 3.4 SISTEMA CIRCULATORIO

### 3.4.1 Componentes y función

Los principales componentes del sistema cardiovascular o circulatorio son el corazón, la sangre y los vasos sanguíneos. Los vasos sanguíneos se componen de arterias, capilares y venas. Las arterias llevan la sangre oxigenada bombeada desde el corazón a los tejidos y, las venas traen la sangre desoxigenada de regreso al corazón. La sangre pasa de las arterias a las venas a través de los capilares, que son los vasos sanguíneos más delgados y los más numerosos.

La sangre está compuesta de una matriz líquida (plasma) en la que se suspenden un número de diferentes tipos de células. Hay tres tipos de células, glóbulos rojos, glóbulos blancos y plaquetas. Estos tres tipos de células sanguíneas se producen principalmente en la médula ósea de los huesos largos.

Los glóbulos rojos (eritrocitos) - son los más numerosos y son responsables por el transporte de oxígeno. El principal componente de las células rojas de la sangre es la hemoglobina. El oxígeno de los pulmones se combina con este para formar la oxihemoglobina. Esto se realiza en el torrente sanguíneo de todo el cuerpo, y en los capilares libera el oxígeno que pasa a través de las paredes de los vasos a la célula.

El dióxido de carbono producido por las células se transfiere y se une con la hemoglobina; es transportado a los pulmones donde se libera (es exhalado).

Además del transporte de oxígeno y dióxido de carbono, la sangre también transporta nutrientes, residuos, toxinas y el calor de todo el cuerpo.

Los glóbulos blancos (leucocitos) - tienen como función principal proteger al cuerpo contra la infección de organismos invasores. Son principalmente de dos tipos : fagocitos y linfocitos. Las células fagocíticas pueden ser consideradas como las células emigrantes. Ellas engullen y destruyen físicamente cuerpos extraños y bacterias. El papel de las células linfocíticas es complejo; los anticuerpos producidos atacan directamente a los organismos específicos, como virus.

Las plaquetas (trombocitos) ayudan a sellar los vasos sanguíneos dañados, inician el proceso de coagulación para ayudar a prevenir la pérdida de sangre.

la transpiración y respiración pueden disminuir la cantidad de líquido excretado por los riñones. Una ingesta reducida de agua se suele traducir en una menor producción de orina también.

El riñón desempeña un papel crucial en la regulación de electrolitos en la sangre humana (por ejemplo, sodio, potasio, calcio). El equilibrio de pH está regulado por la eliminación de iones de hidrógeno en exceso ( $H^+$ ) de la sangre. Además, eliminan urea, un producto de desecho nitrogenado del metabolismo de proteínas a partir de aminoácidos. El proceso metabólico del amoníaco que es transportado por la sangre y detoxificado a un subproducto menos dañino, llamado urea.

### 3.6.2 Riñón como órgano diana

Los riñones son vulnerables a los daños por una serie de razones. Ellos reciben un alto flujo de sangre, por lo que pueden ser expuestos de manera significativa a las toxinas dentro de la corriente de la sangre. Parte de su función reguladora y excretora de toxinas y metabolitos solubles en agua, consiste en que vuelven a absorber el agua de los túbulos. Esta reabsorción concentra toxinas en los túbulos.

Los riñones pueden ser dañados por una serie de sustancias, los ejemplos más comunes pueden ser ampliamente divididos en dos categorías - los que dañan los glomérulos y los que bloquean o dañan los túbulos o interfieren con la reabsorción tubular.

La insuficiencia renal aguda se puede producir cuando se reduce la producción de orina, permitiendo que la orina y otros productos de desecho se acumulen en la sangre. Un ejemplo de esto es cuando los glóbulos rojos están dañados liberando hemoglobina en plasma. Esto puede bloquear los túbulos causando insuficiencia renal; la aparición de la hemoglobina en la orina hace que esta se vuelva roja. La arsina (trihidruro arsénico) y la estibina (trihidruro antimonio) pueden causar este efecto.

## 3.6 RIÑÓN

### 3.6.1 Estructura y la función del riñón

Los riñones realizan una serie de funciones de la siguiente manera:

- Funciones de excreción:
  - o Filtración de productos de desecho de los procesos metabólicos normales de la sangre.
  - o Excreción de toxinas solubles en agua o sus metabolitos y el exceso de sales en la orina.
- Funciones reguladoras - tienen un papel principal en la homeostasis (o regulación) de muchos sistemas corporales tales como:
  - o De sodio, potasio y otras sales en la sangre.
  - o pH (acidez) de la sangre.
  - o El agua corporal y los niveles de líquido de la sangre.
- Funciones especializadas
  - o Producción de algunas hormonas y la vitamina D

Los riñones están situados dentro de la cavidad abdominal, cerca de la columna vertebral, justo debajo de la caja torácica. Cada riñón consta de alrededor de 1 millón de unidades de filtrado denominadas nefronas, cada una compuesta de un glomérulo, una red en forma de bola de capilares y una red de túbulos. El plasma sanguíneo se filtra por el glomérulo y, el líquido resultante pasa a través del sistema tubular donde se re-absorbe un poco de agua y nutrientes.

Los humanos producen alrededor de 1,5 litros de orina en 24 horas, aunque esta cantidad puede variar según las circunstancias. El aumento de la ingesta de líquidos en general, aumenta la producción de orina, mientras que el aumento de

### 3.5.2 El hígado como órgano diana

El daño al hígado puede tomar varias formas. Algunas sustancias pueden causar una acumulación de material graso como un producto de biotransformación. Otro efecto agudo es la necrosis (o muerte) de las células del lóbulo hepático. Entre los efectos crónicos sobre la salud están, la cirrosis - una acumulación de tejido fibroso en el hígado, y el cáncer.

La acumulación de grasa en el hígado puede ocurrir con la exposición excesiva al alcohol y muchos disolventes orgánicos clorados. La cirrosis puede derivarse de la exposición crónica a muchos disolventes orgánicos y se asocia más comúnmente con el consumo excesivo de alcohol. La cirrosis es a menudo un pre-cursor del desarrollo de cáncer de hígado. Algunos compuestos de metal, por ejemplo, compuestos de arsénico también están relacionados con el desarrollo de cáncer de hígado.

Cabe señalar que a veces hay efectos sinérgicos de la exposición a alcohol y disolventes orgánicos como tetracloruro de carbono.

Además de los cánceres de hígado vinculados a los cambios fibróticos como la cirrosis del hígado, hay algunos cánceres de hígado específicos. Uno de esos tipos de cáncer es el angiosarcoma del hígado y está asociado con la exposición al cloruro de vinilo monómero.

- Producción de bilis para ayudar a la digestión de grasas en el intestino delgado.
- Almacenamiento de hierro y algunas vitaminas.
- Producción de proteínas plasmáticas.

En virtud de su posición en el sistema circulatorio, el hígado recibe un flujo arterial alto de la arteria hepática y también de la vena porta hepática, que lleva sangre desde el tracto digestivo al hígado. El hígado es el primer órgano que recibe sangre del tracto digestivo y es, por tanto, susceptible de ser expuestos a altas concentraciones de sustancias absorbidas de la pared intestinal.

El hígado es el sitio principal donde se dan los procesos de biotransformación en el cuerpo y los cambios metabólicos, ya sea desintoxicándolo o en algunos casos produciendo metabolitos que son más tóxicos. En cualquier caso, el hígado puede estar en riesgo.

La unidad funcional del hígado es el lóbulo del hígado. Este lo conforman un grupo de células que se encuentran entre la arteria hepática, la vena porta y la vena central. La sangre que puede contener toxinas pasa por encima de estas células que contienen enzimas que están implicadas en los procesos de biotransformación. La sangre desintoxicada pasa a las venas dentro del lóbulo antes de unirse a la vena central para el retorno al sistema circulatorio.

## 4. TOXICOCINÉTICA BÁSICA

El efecto de una sustancia peligrosa depende del nivel o la concentración de la sustancia que está presente en el cuerpo. Los niveles dependerán de la tasa cinética de absorción, distribución, almacenamiento, metabolismo (o biotransformación) y eliminación. Eventualmente, se alcanza el equilibrio que depende de la acción del cuerpo sobre la sustancia y, al contrario, de la acción de la sustancia en el cuerpo.

El estudio de estos procesos se llama toxicocinética (a veces referido como farmacocinética).

### 4.1 ABSORCIÓN

En el lugar de trabajo hay cuatro posibles vías de entrada de sustancias peligrosas en el cuerpo:

- Inhalación - a través de los pulmones
- El contacto directo - a través de la piel y los ojos
- Ingestión - a través del tracto gastrointestinal (TGI)
- Inyección - a través de la punción directa de la piel

Para que una sustancia ejerza un efecto tóxico sistémico debe primero entrar en la circulación por el cruce del cuerpo sobre las

barreras naturales. En todos los casos (excepto por inyección directa), el material tóxico tiene que cruzar una membrana biológica para entrar en el cuerpo. Las dos formas principales para ello son por difusión pasiva o transporte activo.

- La difusión pasiva requiere un gradiente de concentración positivo es decir, la sustancia tiende a difundirse a través de una membrana de alta concentración a una concentración más baja. Otros factores que influyen en la capacidad de atravesar una membrana biológica incluyen la solubilidad en los lípidos (o grasas), el tamaño molecular y grado de ionización. Generalmente, las moléculas pequeñas, lipófilas, no ionizadas cruzan membranas biológicas más rápidamente que las más grandes y solubles en agua.

- El transporte activo implica una proteína específica "portador" que transfiere el xenobiótico a través de la membrana de plasma. El transporte activo puede mover moléculas contra un gradiente de concentración. Este mecanismo es particularmente importante en la eliminación de sustancias a través del riñón y el hígado, permitiendo el movimiento activo de sustancias solubles en agua a través de la naturaleza de los lípidos (grasa) de la membrana plasmática.

#### 4.1.1 Inhalación

Desde el punto de vista ocupacional, la inhalación suele ser la principal vía de absorción de los materiales peligrosos. Los pulmones tienen un área de superficie muy grande y un suministro de sangre excelente, los cuales ambos facilitan la absorción. La barrera entre el aire inhalado y la circulación sistémica es muy delgada, por tanto, la absorción puede ser muy rápida. Una vez absorbido, la distribución alrededor del cuerpo suele ser rápida ya que la sustancia se transporta a través del torrente sanguíneo.

Puede ocurrir daño renal crónico o insuficiencia renal cuando un número significativo de las nefronas están dañadas o mueren. Luego, las nefronas restantes son sobrecargadas resultando en reducción de la eficiencia de filtración. La presencia de proteínas y glucosa en la orina es indicativo de insuficiencia crónica.

Muchos metales pesados como el cadmio, el mercurio y el plomo pueden acumularse en los riñones y causar insuficiencia renal crónica. Estos metales pueden permanecer durante muchos años en el riñón por ejemplo, el cadmio tiene una vida media biológica de más de 10 años. Una proteína de bajo peso molecular característica se encuentra como resultado de daño renal por este meta .

El mercurio es una causa bien documentada de insuficiencia renal; de nuevo el sitio del daño es el túbulo, lo que lleva a la aparición de proteínas en la orina. El plomo reduce la capacidad de los túbulos para volver a absorber fosfato de la glucosa y los aminoácidos que conducen a su aparición en la orina. El daño puede ser reversible en el corto plazo, pero puede llegar a ser irreversible si la exposición es prolongada, lo que genera en una insuficiencia renal.

El daño renal crónico y la insuficiencia renal pueden ser causados por muchos hidrocarburos halogenados (por ejemplo, tetracloruro de carbono y cloroformo). La biotransformación de estas sustancias en el hígado produce un metabolito que daña el tejido renal.

### 3.7. SISTEMA REPRODUCTIVO

El papel de los sistemas reproductivos masculinos y femeninos es producir descendencia. La exposición a algunas sustancias peligrosas puede afectar esta capacidad o pueden afectar el desarrollo del feto.

En los varones los efectos incluyen la reducción de los recuentos de espermatozoides o reducción de su motilidad. Entre las sustancias que pueden causar estos efectos están: algunos pesticidas, estrógeno (fabricación de productos farmacéuticos), algunos éteres de glicol y plomo. En las hembras los efectos incluyen trastornos menstruales causados por el sulfuro de carbono o el mercurio inorgánico. Además, algunas sustancias pueden conducir a un mayor riesgo de aborto involuntario como por ejemplo algunos éteres de glicol, plomo y algunos gases anestésicos.

Tóxicos del desarrollo (teratógenos), son sustancias que pueden afectar al embrión o al feto. A menudo son relativamente no tóxicos para la madre. El desarrollo del niño es afectado y puede conducir a defectos o anomalías funcionales.

El mercurio orgánico puede afectar el desarrollo de las células cerebrales que conducen a defectos en el sistema nervioso central. La talidomida es un ejemplo clásico de un teratógeno que causa defectos en las extremidades superiores e inferiores. El plomo puede atravesar la barrera placentaria y puede causar una inflamación severa del cerebro y la destrucción de las neuronas, también puede causar aborto espontáneo o parto prematuro. Descendientes afectados que sobreviven son propensos a mostrar retraso mental, epilepsia o ceguera.

Algunas sustancias pueden acumularse en tejidos específicos por ejemplo, el monóxido de carbono desplaza el oxígeno de la hemoglobina en la sangre para formar carboxihemoglobina. De manera similar, algunas sustancias pueden ser almacenadas en tejidos particulares, por ejemplo el plomo se acumula en los huesos.

Dos membranas particulares necesitan una consideración particular, la “barrera sangre-cerebro” y la barrera placentaria.

La barrera de la placenta es muy delgada y susceptible a la permeabilidad de muchas sustancias, en particular las que son liposolubles. Por lo tanto, el desarrollo de la descendencia puede estar particularmente en riesgo de las sustancias peligrosas como por ejemplo, plomo y disolventes.

Del mismo modo, si las sustancias son capaces de penetrar la barrera sangre-cerebro, entonces el sistema nervioso central puede verse afectado. La barrera protege el cerebro contra sustancias solubles en agua, pero es permeable a las sustancias solubles en lípidos, tales como disolventes orgánicos y compuestos órgano-metálicos, que pueden ejercer efectos narcóticos y tóxicos.

## 4.3 METABOLISMO

En rigor, lo que nos interesa en toxicocinética es el metabolismo de los xenobióticos, en lugar del concepto más común del metabolismo oxidativo o la tasa metabólica. Sin embargo, para simplificar, vamos a utilizar el término metabolismo en lugar de metabolismo de xenobióticos a lo largo de este texto.

Un factor importante que influye en la absorción y retención de una sustancia en el cuerpo es su solubilidad en lípidos. Para una sustancia que se elimina del cuerpo de manera efectiva debe ser en una forma soluble en agua, facilitando así la excreción por los riñones, en la orina. Esto se logra a través de un proceso de metabolismo (o biotransformación) y es una de las áreas

## 4.2 DISTRIBUCIÓN Y ALMACENAMIENTO

Una vez absorbidas las sustancias por el cuerpo, se transportan predominantemente a través de la sangre y los sistemas linfáticos.

Los principales componentes del sistema cardiovascular o circulatorio son el corazón, la sangre y los vasos sanguíneos. Los vasos sanguíneos se componen de arterias, capilares y venas. Las arterias llevan la sangre oxigenada bombeada desde el corazón, a los tejidos y las venas traen la sangre desoxigenada de regreso al corazón. La sangre pasa de las arterias a las venas a través de los capilares, que constituyen el más delgado y más numerosos de los vasos sanguíneos.

Las sustancias pueden adjuntarse a los glóbulos rojos o proteínas en el plasma sanguíneo y se pueden dirigir a órganos específicos. Una vez en el torrente sanguíneo puede ser distribuido en todo el cuerpo en un número de maneras, dependiendo de sus propiedades fisicoquímicas. Si una sustancia es soluble en lípidos, de pequeño tamaño molecular, y no es ionizado es probable que cruce las membranas celulares y entre en los tejidos del cuerpo. Los materiales solubles en agua permanecen disueltos en el plasma, mientras los agentes solubles en grasa se depositan y permanecen en el cuerpo.

El sistema linfático es una red compleja de órganos linfoides, nódulos linfáticos, conductos y vasos que producen el líquido linfático de transporte desde los tejidos hasta el sistema circulatorio. Es un componente importante del sistema inmunitario.

El sistema linfático tiene tres funciones relacionadas entre sí:

- La eliminación del exceso de líquidos de los tejidos corporales.
- La absorción de ácidos grasos y posterior transporte de la grasa al sistema circulatorio.
- La producción de células inmunes (como los linfocitos, monocitos y células productoras de anticuerpos llamadas células plasmáticas).

Además de las sustancias que se absorben a través de los pulmones, las partículas insolubles como la sílice y el asbesto pueden depositarse en los pulmones y causar daño en estos.

### 4.1.2 El contacto directo (piel o absorción dérmica)

La epidermis (capa externa) de la piel es impermeable a los materiales solubles en agua. Sin embargo, algunas sustancias pueden entrar en el torrente sanguíneo, cruzando las membranas externas, es decir, la piel y los ojos. Tales sustancias tienden a ser altamente solubles en grasa como los disolventes orgánicos. Otras sustancias con alta permeabilidad de la piel son los pesticidas organofosforados y el fenol que pueden ser absorbidos por la piel en cantidades suficientes como para causar la muerte.

Mientras la epidermis externa es impermeable a los materiales solubles en agua, la dermis subyacente es libremente permeable a todas las sustancias. En consecuencia, la piel dañada disminuye la defensa que ofrece la epidermis.

Las salpicaduras o vapores de líquidos pueden conducir a la entrada de materiales extraños en el torrente sanguíneo a través de la piel o los ojos. Esto se da especialmente para aquellas sustancias que son altamente solubles en grasa. Efectos locales tales como irritación también pueden ser evidentes.

### 4.1.3 Ingestión

La ingestión de sustancias peligrosas a través de la vía oral es menos común en el lugar de trabajo, pero puede ocurrir como resultado de un descuido o falta de higiene personal, por ejemplo comer y beber en la estación de trabajo o sin un lavado

adecuado de las manos. También puede ocurrir por la ingestión de contaminantes en el aire cuando se produce la exposición a niveles excesivos de partículas en el aire.

Después de la absorción oral, las sustancias pasarán de la sangre al hígado a través de la vena porta hepática y luego al corazón. Desde el corazón la sangre se distribuye a todos los órganos del cuerpo.

### 4.1.4 Inyección

Puede darse a través de la piel cortada o lesionada con objetos punzantes contaminados como aguja o cristales rotos. Si está claro que la entrada directa de las sustancias en el torrente sanguíneo es de interés, el riesgo puede ser manejado evitando los cortes y abrasiones, la eliminación correcta de los cristales rotos, objetos punzantes, etc., y las prácticas de trabajo seguras.



Este concepto puede ser ilustrado por el ejemplo en el que una persona puede estar expuesta a una sustancia a una dosis por debajo de los niveles en los que los efectos adversos se producen durante un turno de ocho horas. En el intervalo de 16 horas antes de que se reinicie el trabajo, no hay exposición y los niveles de la sustancia en la sangre comenzarán a reducir. Si la vida media es de sólo unas pocas horas, el nivel de la sustancia en la sangre volverá a cero.

Sin embargo, si el patrón de trabajo se cambia por decir a 12 horas con períodos de recuperación de 12 horas, los niveles de la sustancia en la sangre no pueden volver a cero y la exposición en los días posteriores puede aumentar el nivel en la sangre, tal vez a niveles significativos.

Las principales vías de excreción de sustancias peligrosas son:

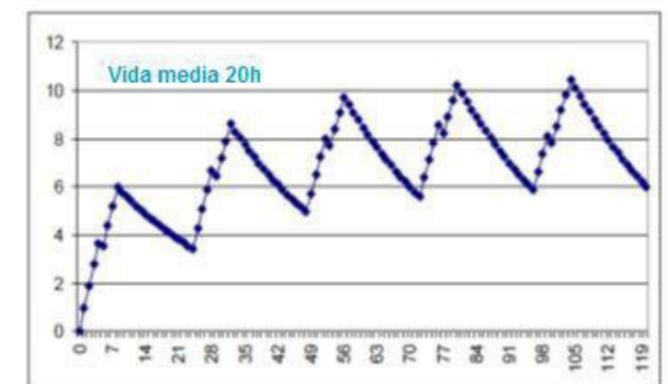
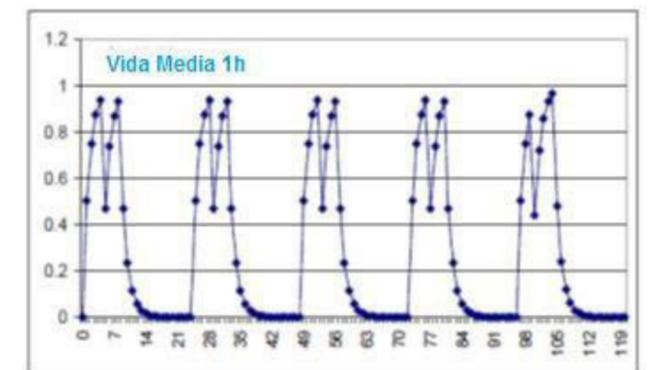


Figura 5.1 Efecto de diferentes "vida media", en la acumulación de sustancias en el cuerpo

más importantes en toxicocinética. Los objetivos principales del metabolismo son:

- Desintoxicar la sustancia peligrosa.
- Aumentar la solubilidad en agua de la sustancia para facilitar la excreción por el riñón.

Aunque todos los tejidos están involucrados en el metabolismo, el órgano principal donde se lleva a cabo la biotransformación es el hígado. Pese a que el metabolismo es un proceso necesario en nuestro cuerpo y puede convertir las sustancias tóxicas en no tóxicas para su excreción a través de los riñones, a veces puede causar el efecto contrario es decir, el metabolito producido puede ser más tóxico. Un ejemplo de esto es n-hexano que se metaboliza a 2,5-hexanodiona que puede causar neuropatía periférica.

El conocimiento de los productos de descomposición de una sustancia también es útil en el control biológico ya que la presencia de un metabolito particular puede ser la única indicación de que la exposición a una sustancia peligrosa ha tenido lugar. Un ejemplo de ello es el elevado nivel de monóxido de carbono en el aire exhalado visto después de la exposición de diclorometano.

La mayoría de las vías de biotransformación son controladas por sistemas de enzimas complejas que catalizan los procesos bioquímicos específicos. La Biotransformación puede ser ampliamente diferenciado mediante reacciones en fase 1 y fase 2.

- Hay una serie de reacciones diferentes de fase 1 que incluyen oxidación, reducción e hidrólisis. La más común de ellas es la oxidación que está catalizada por un sistema enzimático llamado el sistema del citocromo P450 que en gran parte se encuentra en el hígado y los riñones pero también se encuentra en otros tejidos. Las reacciones de esta fase tienden a producir una molécula que es más soluble en agua y químicamente más reactiva.

- Las reacciones fase 2 implican la reacción o conjugación del producto de la fase 1 con otro endógeno (producido u originado desde dentro del cuerpo) para producir un complejo altamente soluble en agua.

Los siguientes ejemplos ilustran los principios de la biotransformación:

#### 4.3.1 Biotransformación de benceno

La principal vía de biotransformación de fase 1 implica la oxidación, catalizada por la enzima del citocromo P450 a fenol, seguida por conjugación con un compuesto donador de sulfato para formar sulfato de fenil - un compuesto altamente soluble en agua.

El metabolismo de benceno también resulta en la formación de muchos productos intermedios y productos finales diferentes. Un número de estos productos intermedios se cree que es responsable de la actividad cancerígena de benceno y esto representa un ejemplo donde la toxicidad se debe al metabolito intermedio en lugar de la sustancia matriz.

#### 4.3.2 Biotransformación de diclorometano

El diclorometano es otro ejemplo de sustancia que se somete a múltiples vías metabólicas y produce efectos que son más tóxicos. Existen dos vías:

- La Fase 1 de oxidación catalizada por la enzima citocromo P450 seguido por conjugación de fase 2 que resulta en la formación de monóxido de carbono y dióxido de carbono.

- La conjugación directa de la fase 2 con glutatión resulta en la formación de formaldehído (un carcinógeno).

#### 4.3.3 Biotransformación de metanol

La principal vía de biotransformación del metanol está regulada por la enzima alcohol deshidrogenasa, que convierte metanol a formaldehído. Este, posteriormente se convierte en ácido metanóico y luego a dióxido de carbono. El ácido metanóico se puede acumular en la retina, y puede ocasionar visión borrosa y ceguera.

### 4.4 EXCRECIÓN

Después de la absorción, la sustancia o metabolito en última instancia, será eliminada del cuerpo por los procesos de excreción. Si una sustancia se elimina rápidamente, se reduce la posibilidad de efectos adversos. Contrariamente, si la retención se prolonga, el potencial de efectos adversos es mayor.

Las tasas de excreción se pueden describir en términos de su vida media que se refiere al tiempo necesario para que la concentración de una sustancia, por ejemplo en el plasma, disminuye a la mitad. Las vidas medias pueden variar en gran medida para diferentes sustancias y pueden tener una influencia significativa en su potencial toxicidad.

Por ejemplo el cadmio tiene una vida media en el cuerpo de entre 10 y 20 años, con lo que la exposición al cadmio durante un período de tiempo es probable que aumente gradualmente la cantidad total almacenada, o acumulados, en el cuerpo. A la inversa, para una sustancia con una vida media corta (por ejemplo, monóxido de carbono con una vida media en el cuerpo de un par de horas) la cantidad de la sustancia en un fluido corporal tal como sangre caerá rápidamente al cesar la exposición.

## 5. CURVAS DE DOSIS - RESPUESTA Y PRUEBAS DE TOXICIDAD

### 5.1 INTRODUCCIÓN A CURVAS DE DOSIS RESPUESTA

Los términos “dosis-respuesta” y “relación dosis-respuesta”, describen el efecto causado sobre un organismo, por diferentes niveles de exposición (o dosis) a un factor de riesgo (normalmente un producto químico). La curva dosis-respuesta es una herramienta crucial para entender los niveles en los que los productos químicos, drogas o contaminantes comienzan a ejercer efectos nocivos y el grado de daño que se esperan en los distintos niveles.

Los datos relativos a la cantidad de droga o de contaminantes, se pueden trazar en un gráfico versus la respuesta del organismo.

La curva resultante puede ser entonces usada para mostrar una serie de puntos, incluyendo:

- El “nivel sin efecto”, donde no se produce efecto o, ningún efecto es detectable
- La dosis umbral del “factor de riesgo”, el nivel al cual comienza a ocurrir el efecto.
- Los niveles en los que el efecto se produce en un porcentaje dado o a todos los organismos.

La dosis respuesta de una población, es la proporción de la población que experimenta un efecto específico después de su exposición al contaminante

perjudicial especificado. La correlación de la respuesta con las estimaciones de la dosis proporciona una relación dosis-respuesta, que normalmente se expresa como un gráfico, con el porcentaje (%) de la población afectada en el eje Y, y de dosis estimada en el eje X (véase la Figura 5.1).

Una serie de términos que se utilizan para describir determinados puntos de la curva dosis-respuesta son:

- LD50- Dosis Letal, 50% - la dosis que mata el 50% de los animales de ensayo. Las unidades utilizadas se expresan en miligramos de sustancia por kilogramo de peso corporal del animal de ensayo.
- LC50- Concentración letal, 50% - la concentración de un gas o vapor que mata 50% de los animales de ensayo.
- TD50- Dosis tóxica, 50% - la dosis a la que el 50% de los animales de ensayo muestran un efecto particular.
- TC50- Concentración tóxica, 50% - la concentración de un gas o vapor en la que 50% de los animales de ensayo muestran un efecto particular.

#### 5.1.1 Nivel de efecto adverso no observado

El “nivel de efectos adversos no observados” (NOAEL), es un valor obtenido experimentalmente y refleja la dosis a la que no se observaron efectos adversos en los estudios disponibles. La robustez de la NOAEL depende de muchos factores incluyendo el tipo (s) de estudio y su diseño (número de animales, los protocolos experimentales etc). Los efectos adversos, son generalmente manifestaciones del cambio en un órgano y en particular las células del órgano.

- Renal (a través de los riñones) -El riñón es la principal vía de excreción de moléculas solubles en agua; grandes moléculas como las proteínas no pueden cruzar las “membranas de filtración del riñón, mientras que las sustancias solubles en lípidos son reabsorbidas desde los túbulos renales.
- Biliar (a través del hígado y el tracto gastrointestinal) – La excreción a través de la bilis - una secreción producida por el hígado - es la segunda ruta más importante de la eliminación de las sustancias desde el cuerpo, y para algunos materiales (tales como los soluble en lípidos) puede ser la más importante. La bilis pasa desde el hígado hasta la vesícula biliar y luego hacia el tracto gastrointestinal.
- Pulmonar (exhalación a través de los pulmones) - Los pulmones pueden ser una importante vía de excreción de sustancias volátiles.
- Secretora (en los fluidos tales como el sudor, semen, lágrimas - una ruta de menor importancia).

se acercan a dosis cero. La incapacidad de la toxicología para responder a esta pregunta a través de experimentos ha dado lugar a una controversia científica acerca de si existe o no un umbral (nivel sin efecto) en cuanto a carcinogenicidad. Si no existe un umbral, la extensión de la curva dosis-respuesta obtenida experimentalmente a cero efecto, sería una línea que pasaría por el origen (dosis cero). Si hay un umbral, la línea extendida cumpliría con el eje de las abscisas en algún momento mayor que la dosis cero.

En lo que se refiere a agentes carcinógenos, es importante tener en cuenta que es raro tener algún dato excepto para dosis altas, por lo que la estimación de la forma de la curva de dosis respuesta por debajo del punto más bajo normalmente debe cubrir muchas órdenes de magnitud. En los EE.UU. se utiliza un método de evaluación cuantitativa del riesgo utilizando modelos matemáticos, mientras que en el Reino Unido se ha establecido un límite de uso bajo un enfoque de gestión de riesgos (control a un nivel tan bajo como sea razonablemente posible).

Para sensibilizantes respiratorios, pueden existir los mismos problemas de falta de información sobre las relaciones NOAEL y dosis-respuesta por lo que un enfoque similar puede ser requerido como el de los agentes carcinógenos sin umbral.

Es muy importante, como fondo para todas las consideraciones del umbral, reconocer que los efectos biológicos detectables no son universalmente adversos.

Lo que debe ser reconocido es que en cualquier grupo de sujetos de ensayo, hay algunos individuos susceptibles (hipersensibles) que se ven afectados a bajas concentraciones del contaminante y también hay algunos individuos altamente resistentes (hiposensibles) a quienes no les afectan las altas concentraciones; pero la gran mayoría de las personas corresponden a un "promedio" (Figura 5.2).

Es importante reconocer que algunos individuos hipersensibles pueden estar en un grupo de trabajo y pueden sufrir efectos adversos para la salud en exposiciones por debajo de la norma de exposición reconocida.

El umbral preciso para un efecto dado, puede variar dentro de ciertos límites con diferentes especies (normalmente lo hace), así como entre los individuos dentro de una especie. De hecho, dentro de una población donde habrá variabilidad - no todo el mundo tendrá la misma respuesta. Se puede demostrar que cada punto en una curva de dosis-respuesta representa una distribución normal de las respuestas dentro de las poblaciones de la muestra.

Teniendo en cuenta que la relación dosis-respuesta es continua, en algún lugar entre los niveles experimentales sin efecto y el efecto, estará el punto de inflexión conocido como el umbral.

Existen curvas de dosis-respuesta típicas, trazadas a partir de los datos obtenidos en los experimentos de toxicidad crónica (según número de contaminantes). Es muy importante reconocer que tal curva se extrae de sólo varios puntos, uno para cada grupo de exposición en el experimento. Cuanto mayor es el número de grupos de exposición, mayor es el número de puntos, y por lo tanto, mayor será la precisión de la curva que se dibuja. Pero sin un número infinito de puntos, la forma precisa de la curva de dosis-respuesta puede no ser conocida.

La curva se interpreta como sigue: con la exposición crónica de dosis creciente hasta el umbral, el efecto no es detectable debido a que algunos mecanismos bioquímicos o fisiológicos manejan el producto químico de una manera que impide que se produzca un efecto.

En el umbral, el mecanismo de defensa está saturado (o de alguna manera abrumado), para los individuos más susceptibles y el efecto comienza a aparecer. Con el aumento de dosis, un número creciente de individuos muestra el efecto hasta que finalmente se alcanza una dosis en la que todos los miembros de la población muestran el efecto (nivel techo).

El concepto de umbral es de gran importancia para los toxicólogos, ya que les permite hacer juicios sobre el riesgo potencial, o falta de este en la exposición a productos químicos por parte de seres humanos.

Otra cuestión se refiere a la forma de las curvas de dosis-respuesta para los carcinógenos cuando

En toxicología, el NOAEL es específicamente la dosis probada más alta o la concentración de una sustancia a la que no se observa efecto adverso en la especie de ensayo (generalmente los animales o las células). El NOAEL juega un papel importante en la evaluación del riesgo de la sustancia.

Otro concepto toxicológico importante es "el nivel más bajo de efectos adversos observados" (LOAEL) o la dosis o concentración más baja que causa efecto adverso observado. Por lo tanto, por definición, el NOAEL es menor que el LOAEL.

Otros términos a veces encontrados en las pruebas o ensayos de toxicidad, la LDLO y la LCLO corresponde a las dosis y concentraciones más bajas a la que se produce la muerte y TDLO y TCLO que son las dosis y concentraciones más bajas en las que un animal de ensayo muestra un efecto particular.

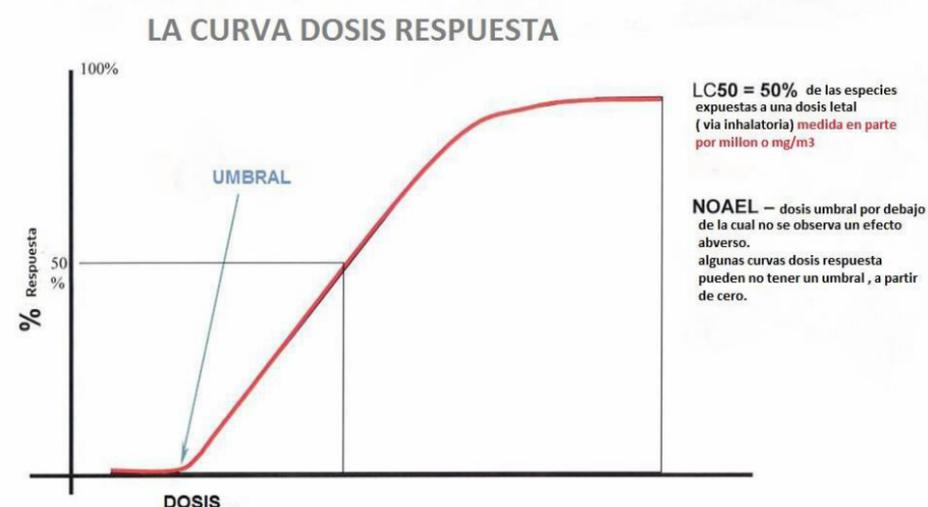
A medida que estas determinaciones de la exposición y el efecto en general se han establecido en especies distintas de seres humanos, se aplican diversos factores de seguridad o incertidumbre antes de que esta técnica haya sido utilizada en el establecimiento de estándares de exposición ocupacional.

En muchos casos se han utilizado factores de 10 veces para tener en cuenta la variación entre especies y un factor adicional de 10 veces para tener en cuenta la variabilidad dentro de los humanos. Sin embargo, se debe tener cuidado con este tipo de enfoque, ya que hay limitaciones científicas para estos factores y se debe buscar siempre asesoramiento toxicológico especialista.

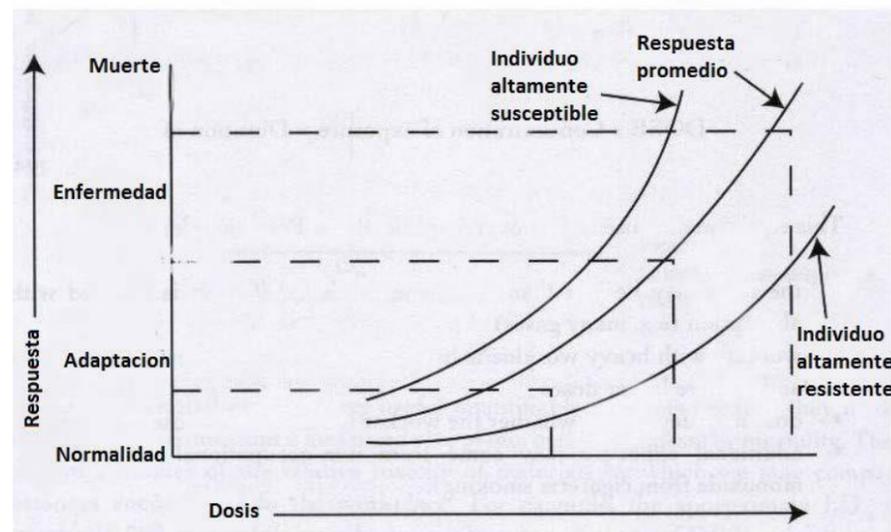
### 5.1.2 Umbral

El término "umbral" se utiliza en toxicología para describir la línea divisoria entre no efecto y niveles de efectos de la exposición. Se puede considerar como la cantidad máxima de una sustancia química que no produce efecto o la cantidad mínima que hace producir un efecto. Cada efecto producido por un producto químico, si es beneficioso, indiferente, o dañino, tiene un umbral.

Para una población dada, como se ilustra por la relación dosis respuesta (Figura 5.1), está claro que existen umbrales, ya que puede ser determinado experimentalmente que ciertos niveles bajos de exposición no producirán efecto detectable, y que a medida que la dosis aumenta el efecto aparece.



(Fuente: BP International · reproducido con permiso)  
Figura 5.1 Curva típica de dosis · respuesta



(Fuente: AIOH 2007 · Reproducido con permiso)  
Figura 5.2 · La variabilidad de la exposición humana a la dosis

Para cada sustancia, no importa cuán tóxica sea, existe un nivel de dosis denominada umbral de intoxicación, que el cuerpo humano es capaz de aceptar y desintoxicar, sin generar lesión a sí mismo. Este es el principio sobre el cual se basan las principales normas de exposición utilizados en el mundo occidental.

### 5.1.3 Pendiente de la curva

La pendiente de la curva, es otra característica de forma que puede ser examinada en la curva de dosis-respuesta. El conocimiento de la forma y la pendiente de la curva de dosis-respuesta, son extremadamente importantes para la predicción de la toxicidad de una sustancia a niveles de dosis específicas. Pueden existir grandes diferencias entre las sustancias tóxicas, no sólo en el punto en el que se alcanza el umbral, sino también en el porcentaje de población que responde por unidad de cambio en la dosis.

Para algunas sustancias, las curvas de dosis-respuesta muestran una curva empinada (rápido aumento desde el punto umbral hacia el nivel del techo); esto indica que se harían necesarias medidas orientadas a evitar la excesiva exposición y sus consecuencias (contemplando que la exposición sólo tendría lugar a niveles que estuvieran ligeramente por encima de los niveles de umbral).

Por otro lado, una pendiente relativamente plana sugiere que el efecto de un aumento de la dosis es generalmente mínimo y que la variación en la probabilidad de que el efecto se produzca en toda la población expuesta, no es mucho mayor.

## 5.2 PRUEBAS DE TOXICIDAD

### 5.2.1 Tipo de pruebas de toxicidad

Con el fin de hacer juicios sobre posibles riesgos y las medidas pertinentes para mitigar estos, es necesario recopilar información sobre las propiedades toxicológicas o peligrosas de las sustancias químicas.

Es evidente que estamos interesados en los efectos de las sustancias en la salud humana y así, por supuesto, los datos toxicológicos de la exposición humana, en principio, proporcionan la información más útil. Se dispone de datos de estudios en busca de poblaciones de seres humanos expuestos, por ejemplo, en el curso de su trabajo (lo que se trata con más detalle en la sección 7); sin embargo, estos no ofrecen una amplia gama de información, necesaria para entender todos los posibles riesgos toxicológicos de una sustancia.

En consecuencia, una serie de enfoques se han desarrollado para investigar las diversas áreas de peligro toxicológico; éstos están descritos brevemente a continuación.

Un toxicólogo utilizará toda la información disponible para desarrollar una imagen del perfil de toxicidad de una sustancia. A menudo, como punto de partida, se encuentran las propiedades fisicoquímicas tales como el pH de la sustancia (si este es muy alto o bajo, entonces se supondrá que la sustancia es corrosiva). Si una sustancia tiene una estructura muy similar a otra sustancia o sustancias (por ejemplo, es parte de un grupo químico o de la familia), entonces puede ser posible y razonable comparar la toxicidad de los dos (o en todo el grupo), donde ya existen datos (esto se llama relación estructura-actividad, SAR, o grupo de enfoque).

Por lo general, tras examinar estas posibilidades, puede surgir la probabilidad de que se requiera mayor información y se necesite alguna prueba experimental. Aunque en algunas partes del mundo, el uso de animales en experimentos causa controversia, este sigue siendo el enfoque principal para la recopilación de información. Sin embargo

en los últimos años, en algunas áreas, las pruebas de toxicidad han producido algunos avances significativos para sustituir, reducir o refinar los experimentos con animales. Los enfoques en los que se sustituyen los animales, generalmente emplean células o tejidos en "cultivo" (por ejemplo, tubos de ensayo y placas de Petri) y se conocen como métodos in vitro (en latín, "en el vidrio").

Cuando se lleva a cabo la experimentación con animales (a menudo con fines de regulación), se realiza normalmente bajo directrices internacionales establecidas (por ejemplo, de la OCDE). Esto para asegurar que cumplan con ciertas normas acordadas y que los resultados sean aceptables para las diferentes autoridades reguladoras de todo el mundo.

Generalmente, la mayoría de los estudios de toxicidad se llevan a cabo en roedores (ratas de laboratorio, ratones y conejos criados de forma especial). Algunos estudios pueden usar perros y primates, (no humanos), aunque generalmente esto no es común para los productos químicos del lugar de trabajo.

A continuación, las siguientes secciones ofrecen un breve resumen de las pruebas para los diferentes tipos de toxicidad, en las siguientes categorías generales: toxicocinética, toxicidad aguda, incluyendo la piel y la irritación de los ojos, sensibilización, genotoxicidad, toxicidad por dosis repetidas (sub-aguda, subcrónica y crónica), reproducción y desarrollo de la toxicidad y carcinogenicidad.

### 5.2.2 Estudios Toxicocinéticos

Aunque no existan pruebas de un efecto tóxico, el estudio de cómo se absorbe, distribuye, metaboliza y elimina una sustancia en el cuerpo, a menudo proporciona información importante para ayudar a comprender su potencial para inducir toxicidad. Estos estudios se conocen como estudios toxicocinéticos aunque el término farmacocinético también se utiliza en ocasiones (este es más usado en relación con los compuestos farmacéuticos).

Se han realizado importantes esfuerzos para encontrar métodos de ensayo alternativos sin animales para evaluar la irritación cutánea y ocular potencial de sustancias. Estos esfuerzos han dado lugar a métodos validados internacionalmente que estén disponibles para utilizarlos en sistemas in vitro para la irritación y la corrosión de la piel.

Aunque no se ha investigado de forma rutinaria la capacidad de una sustancia para provocar la irritación de las vías respiratorias, puede ser probada tanto en animales como seres humanos. Los estudios en humanos generalmente están diseñados para medir la irritación sensorial - que son los sentimientos subjetivos de la irritación (picazón, dolor) en los ojos y las vías respiratorias superiores. Estos estudios se utilizan a menudo como base para establecer, por ejemplo, límites de exposición profesional, pero debe tenerse cuidado al interpretar tales experimentos. Por lo general, este tipo de estudio consiste en exponer a los voluntarios a una atmósfera de ensayo y se anotan los registros de lo que experimentan.

Los experimentos con animales también pueden llevarse a cabo para investigar la irritación sensorial mediante cambios en las tasas de respiración como medidas objetivas de respuesta.

Los cambios en la respiración están relacionados con la forma en que los nervios sensoriales en el tracto respiratorio responden a la estimulación por la sustancia en cuestión. En algunos experimentos la exposición repetida (véase la sección a continuación) también pueden identificarse en los signos de irritación de las vías respiratorias.

### 5.2.4 Estudios de sensibilización

La prueba de si una sustancia es capaz de inducir una respuesta de sensibilización se lleva a cabo normalmente en los animales. Para la sensibilización de la piel, se han utilizado tradicionalmente conejillos de indias. Hay un número de diferentes protocolos experimentales que dependen de cómo se presentan las exposiciones a través de la piel; después de un descanso de esta fase de "inducción" (que induce al sistema inmune para responder), otra parte de la piel del animal se expone a una

Sin embargo, estos estudios suelen pasar por alto la información más crítica, como signos tóxicos, que pueden ser indicadores útiles de cómo un producto químico ejerce su efecto. Otros métodos (como el "procedimiento de dosis fija" y "método de clase tóxica aguda") se han desarrollado utilizando menos animales y dependen más de los signos de toxicidad en lugar. En general, se dispone de los valores expresados a través de métodos como LD50 o LC50 (que por ejemplo, se encuentran indicados en las Fichas de Datos de Seguridad), pero cada día hay mayor acceso a resultados de otros métodos, que ahora forman parte de esquemas regulatorios que tienen establecidas directrices internacionales.

**Estudios de irritación.** Algunas sustancias pueden causar inflamación localizada en contacto con la piel, los ojos y el tracto respiratorio -en el peor de los casos este daño puede ser extremadamente severo y conducir a la destrucción corrosiva de los tejidos-. Es evidente, que si se puede predecir que una sustancia puede ser corrosiva (por ejemplo, ácidos o álcalis fuertes) en una forma no diluida; no sería razonable o ético llevar a cabo los experimentos en animales.

Tradicionalmente, se utilizan animales para pruebas cutáneas e irritación ocular (por lo general, conejos de laboratorio especialmente criados). Para irritación de la piel, la sustancia de ensayo se aplica a la piel de conejo bajo un apósito durante unas pocas horas (humedeciendo si es necesario para las sustancias sólidas), y luego se retira el vendaje. A continuación se evalúa la piel mediante la búsqueda de enrojecimiento (eritema) y de inflamación (edema); se utiliza un sistema de puntuación basado en la severidad de la reacción (para proporcionar un método semi-objetivo para juzgar el grado de la respuesta). Las observaciones se realizan durante un máximo de 14 días (después del tratamiento) para buscar la reversibilidad de la respuesta. Esquemas regulatorios utilizan la gravedad y la duración de las puntuaciones para clasificarlas formalmente como sustancias irritantes.

Para irritación de los ojos, la sustancia se instala en el párpado inferior del saco del ojo y la gravedad de la respuesta se juzga según el enrojecimiento y la inflamación de la conjuntiva y los párpados, la opacidad de la córnea y los efectos en el iris durante un periodo de hasta a 21 días.

### 5.2.3 Estudios de toxicidad aguda

El término toxicidad aguda en el contexto de pruebas, generalmente se refiere a experimentos para determinar los efectos observados rápidamente después de una sola dosis de una sustancia química.

**Toxicidad aguda sistémica** - El objetivo de este tipo de estudios es proporcionar información sobre lo que la toxicidad general podría ser vista si alguien se expone a una sola dosis relativamente alta de una sustancia química (por ejemplo, una intoxicación accidental). En estos estudios una sustancia se administra a grupos de animales como dosis única. Para sólidos y líquidos se hace a través de la vía oral y de gases y, en caso de vapores y polvos, por inhalación durante un período fijo de tiempo (normalmente 4 horas).

También puede llevarse a cabo una prueba dérmica mediante la cual se aplica la sustancia en la piel (por lo general bajo un apósito para mantenerlo en su lugar); seguidamente se realiza la observación en los animales, por lo general, durante dos semanas (al menos), con el fin de buscar signos de toxicidad. Al finalizar el periodo de observación de los animales, se lleva a cabo un examen general de sus cuerpos, para buscar signos de daño en órganos y tejidos, como marcadores de los efectos tóxicos.

Históricamente, los estudios conocidos como LD50 o LC50 fueron diseñados para identificar un valor derivado estadísticamente, a raíz de la dosis o concentración suministrada a un grupo de animales (de ensayo) que daría como resultado promedio, la muerte del 50% de dicha población durante un período de tiempo especificado. Esta medida cruda se ha considerado útil a la hora de hacer comparaciones relativas sobre la toxicidad aguda de las sustancias y también ha servido para clasificarlas en función de su gravedad (inducción de toxicidad aguda).

Un estudio toxicocinético implica la administración de una sustancia a los animales (a menudo se etiqueta de algún modo, por ejemplo, con un átomo radiactivo como parte de la estructura molecular), a través de una de las principales rutas de captación. La presencia de la sustancia (o de sus metabolitos o marcador radiactivo) en diversos tejidos y excrementos se mide por un período de tiempo (a veces por pocas semanas) para determinar el destino de la sustancia química.

Los estudios especializados se pueden llevar a cabo in vitro para ver cómo la sustancia es metabolizada por las enzimas celulares (por ejemplo, el uso de extractos de células, a menudo las células del hígado). El objetivo es construir una imagen de la cantidad de químico que es absorbido por diferentes rutas, es decir donde se localiza en el organismo, cómo este lo metaboliza y que tipo de estos se forman (como algunos de estos pueden ser tóxicos, mientras que el propio producto químico no lo sea) y, cuánto y por qué rutas se excreta del cuerpo, durante el período de observación.

Algunos métodos se han desarrollado por lo que la absorción a través de la piel puede ser una medida en el laboratorio utilizando trozos de piel animal o humana (este último donde las consideraciones éticas nacionales lo permitan).

Aquí también han sido considerables los avances en el modelado asistido por ordenador en toxicocinética (llamados PBPK, modelo farmacocinético basado fisiológicamente) para tratar de ayudar a predecir cómo se comportará una sustancia en el cuerpo. Estos modelos, basados en principios biológicos, describen el cuerpo y sus órganos y tejidos matemáticamente y usan estos principios para describir y predecir el destino de los productos químicos en el cuerpo. Se pueden utilizar como un medio de extrapolación de una especie o la vía de la exposición a otro y / o a través de una gama de dosis y patrones de exposición.

El resultado principal de estos tipos de experimentos es producir información sobre el tipo de toxicidad que la sustancia posee, posibles órganos y tejidos diana (tanto a nivel local como sistémico), la relación dosis-respuesta (es decir, la variación en la magnitud del efecto con el aumento de dosis) y, si es posible el nivel de efecto adverso no observable (NOAEL) o la dosis que produce efectos adversos observados.

Hay que tener en cuenta que algunos cambios pueden ocurrir en el NOAEL pero estos no pueden ser considerados como negativos por el toxicólogo (por como contribuyen en la toxicidad de la sustancia). También vale la pena señalar que en algunos casos los efectos observados pueden o no ser inducidos en los seres humanos. A veces, el mecanismo que conduce a que el efecto pueda no ser posible en los seres humanos (debido a las diferencias de las especies) y en otros casos puede ser menos grave. Sin embargo, los efectos adversos observados son considerados como marcadores de que una sustancia posee la capacidad de inducir la toxicidad de la exposición repetida y sin ningún tipo de información más detallada, esta consideración se toma como motivo de preocupación para la salud humana.

Lo anterior describe brevemente la forma en que los estudios de pruebas de toxicidad son realizadas para ser validadas y aceptadas de acuerdo con directrices internacionales. Sin embargo, uno puede encontrar a menudo que, para un producto químico en particular, los experimentos han sido publicados en revistas científicas que no necesariamente aplican estos protocolos pero han investigado temas específicos de interés relacionados con la toxicidad de la sustancia. Estos se han llevado a cabo a través de los procedimientos estándar de revisión por pares y se pueden agregar de manera útil a la base de conocimientos del perfil de toxicidad de la sustancia y la comprensión de su importancia para los seres humanos.

si esto es apropiado (por ejemplo, que es la ruta más probable y / o importante de exposición). Las pruebas de inhalación son técnicamente muy exigentes y costosas; por ello, se usan con menos frecuencia.

Por lo general, se utilizan tres niveles de dosis con un grupo que actúa como control (es decir, reciben el mismo procedimiento pero sin el tratamiento químico presente). Normalmente, la dosis superior está diseñada para inducir efectos tóxicos claros y las otras dos dosis, menos efecto y sin efectos. Los experimentos de más corto plazo pueden actuar como una guía para la selección de la dosis en los experimentos a largo plazo para el mismo producto químico.

En los casos en donde los experimentos se hayan realizado sólo a través de una vía de exposición (al evaluar la toxicidad sistémica), puede ser necesario hacer juicios sobre la absorción relativa (dosis) por diferentes rutas y admitir el hecho de que se pueden producir efectos locales.

Al final del período de exposición total, se hará una gama de mediciones en los animales, que incluye el peso del cuerpo y de los órganos, la evaluación de los niveles sanguíneos de parámetros del tejido (por ejemplo, hígado y riñón asociados con enzimas, examen de células rojas y blancas de la sangre) y examen macro y microscópico de muestras de tejidos de los órganos principales del cuerpo (el rango de órganos y tejidos se eleva al aumentar la longitud del período de exposición examinado). En los estudios a más largo plazo, los grupos adicionales de animales pueden estar expuestos y examinados durante el período de exposición para que el desarrollo de efectos y sus mecanismos subyacentes logren ser estudiados más a fondo. Algunos estudios pueden ser diseñados para investigar los efectos específicos, por ejemplo toxicidad para el sistema nervioso.

Generalmente los estudios a corto plazo usan menos animales (grupos pequeños), utilizando tanto machos como hembras. Los experimentos a largo plazo emplean grupos de tamaños más grandes (para permitir algunas pérdidas durante el tiempo del experimento) y, en particular para dos estudios al año, y aumentar así el poder estadístico de los estudios y detectar efectos relacionados con las sustancias.

Se han hecho intentos durante muchos años para desarrollar pruebas para predecir si una sustancia tiene potencial de sensibilización respiratoria, pero ha sido difícil obtener la consistencia en modelos animales apropiados. Los conejillos de indias se ha utilizado con más frecuencia y el enfoque ha sido exponerlos repetidamente para intentar desarrollar el estado inmune sensibilizado y, posteriormente, con una dosis de prueba para la medición, se realizan tasas de respiración y anticuerpos en la sangre.

En cuanto a la sensibilización de la piel, los seres humanos con asma ocupacional pueden llevar a cabo las pruebas de provocación con supervisión médica, con fines de diagnóstico y también para determinar agentes causantes y gravedad de la respuesta.

### 5.2.5 Estudios de toxicidad a dosis repetidas.

En la mayoría de situaciones de trabajo, la exposición a una sustancia química se producirá repetidamente a niveles relativamente bajos, durante periodos relativamente largos de tiempo. Pruebas de los efectos de la exposición repetida a un producto químico se llevan a cabo en animales, más a menudo ratas, sobre diferentes períodos de tiempo. Los períodos de exposición más utilizados son 28 días (prueba subaguda), 90 días (sub-crónica) y uno o dos años (crónica) es la frecuencia para el potencial de una sustancia química que causa cáncer (carcinogenicidad).

Comúnmente, la exposición es llevada a cabo por la ruta oral, ya sea por un tubo (sonda) directamente en el estómago; alternativamente (en particular para períodos de exposición crónica), con el producto químico incorporado en la "dieta" de los animales o en agua potable. Con menor frecuencia, los animales pueden estar expuestos a través de la inhalación de vapores, gases o polvos,

dosis más baja (no irritante) de la sustancia química. Si la sustancia tiene propiedades sensibilizantes entonces se manifestará a través de una reacción de la piel que puede ser anotada según el grado de gravedad (similar al utilizado para la irritación de la piel). Una sustancia se considerará como sensibilizante de la piel, dependiendo de la proporción de animales de prueba que reaccionan un nivel específico de respuesta.

El anterior enfoque puede ser desagradable para los conejillos de indias, en particular cuando se utiliza una segunda sustancia para estimular el sistema inmunológico. En consecuencia, ha sido desarrollado otro enfoque en ratones (que utiliza menos animales y los resultados evidencian respuestas menos severas); esta prueba depende de la medición de la proliferación (tasa de división celular) en las células del sistema inmune implicados en la inducción del estado sensibilizado, en lugar de pruebas para ver si los animales responden a un desafío posterior para mostrar que están sensibilizados como en la prueba del conejillo de indias. En este tipo de experimento la piel de la oreja del ratón se trata con la sustancia de interés y a continuación, se le dan precursores (marcados radiactivamente) de moléculas de ADN para detectar un aumento de la división celular. Después del período de inducción, los ganglios linfáticos se recogen y la radiactividad es medida para juzgar el aumento de la división celular y si se ajusta a un nivel especificado (por lo general, un aumento de al menos tres veces), a continuación, se considera que la sustancia tienen el potencial de sensibilizar la piel.

Para los seres humanos que muestran signos de sensibilización de la piel (por ejemplo, erupciones típicamente inducidas por este tipo de sustancias), las pruebas "desafío" se pueden realizar en condiciones que se encuentren bajo supervisión médica, mediante la inyección de sustancias debajo de la piel o en la superficie de la piel, para ver si una respuesta es inducida. Esto es claramente útil para ayudar a diagnosticar la enfermedad y la identificación del agente causal.

cabos y están diseñadas específicamente para investigar estos aspectos. Estos experimentos suelen utilizar ratas o conejos como especie de ensayo; en grupos de hembras embarazadas que son dosificadas un número fijo de días en el período de implantación de las crías en desarrollo (justo antes del nacimiento, para cubrir el desarrollo y el crecimiento en el útero). La dosis más alta está diseñada para inducir un cierto nivel de efectos tóxicos generales en las hembras embarazadas.

Si los tratamientos son tóxicos para las crías en desarrollo, a continuación se pueden observar una gama de efectos: Por ejemplo, el desarrollo normal puede haber cesado. En algunos casos, el producto químico puede haber afectado el normal desarrollo de, por ejemplo, las extremidades de los animales (resulta en malformaciones), un efecto llamado teratogénesis (la talidomida es un ejemplo típico de una sustancia que tiene esta propiedad).

A veces, los efectos pueden ser muy sutiles y pueden ser sólo pequeños cambios en la tasa de crecimiento o en el desarrollo sexual o intelectual. En situaciones donde los efectos se ven solamente en presencia de toxicidad puede ser necesaria una cuidadosa interpretación de un especialista, con el fin de determinar si los efectos eran secundarios a este o directamente por la sustancia en las crías en desarrollo.

### 5.2.8 Estudios de carcinogénesis

Los ensayos de propiedades carcinogénicas son básicamente una extensión de los estudios de dosis repetidas de dos años. Los grupos más grandes (50 hombres y mujeres), de los animales (normalmente ratas y / o ratones) reciben dos años (en algunos casos, puede ser toda la vida) la exposición a la dosis de producto químico; un grupo de control recibe el mismo tratamiento pero sin el producto químico presente. La dosis más alta generalmente está diseñada para causar un pequeño efecto tóxico, pero no lo suficiente para causar un número excesivo de muertes. Grupos adicionales pueden ser utilizados para mirar diferentes tipos de estudios, posibles mecanismos de inducción de cáncer, como el aumento de la proliferación celular en los tejidos diana esperados.

### 5.2.7 Estudios de toxicidad y desarrollo reproductivo

Algunas sustancias químicas pueden tener el potencial de causar toxicidad para el sistema reproductivo y funciones masculina y / o femenina y / o de las crías en desarrollo. Información útil sobre la toxicidad para la reproducción se puede obtener mediante el examen de los órganos reproductivos en estudios de dosis repetidas.

Las pruebas para determinar la capacidad química para causar toxicidad para la reproducción, se llevan a cabo normalmente en ratas o ratones. El enfoque utilizado es relativamente sencillo en donde los grupos de machos y hembras en edad reproductiva se dosifican con un rango (normalmente hasta tres) de dosis de la sustancia de interés y después se dejan reproducirse en pares: un grupo control que no recibe la química pero por lo demás sufre los mismos procedimientos, también se incluye. La dosificación se repite durante un número de semanas.

Los efectos sobre la reproducción se pueden observar, por alteraciones en la conducta de apareamiento o por reducciones en el número de crías producidas en comparación con los grupos control. En algunos casos, uno(s) de los hijos pueden ser utilizados para seguir la dosificación y posteriormente aparearse, con el fin de poder observar los efectos a través de más de una generación de animales (éstos se denominan estudios multigeneracionales).

Estudios más complejos se pueden realizar para investigar aspectos y mecanismos por los que el producto químico puede estar actuando sobre los órganos reproductivos específicos. Por ejemplo, sólo los animales machos o hembras pueden ser dosificados, o por mediciones especiales de cómo la descendencia desarrolla su capacidad de aprendizaje. En cuanto a los estudios de dosis repetidas, tales experimentos proporcionarán información sobre las relaciones dosis-respuesta y los niveles sin efecto.

Aunque los efectos sobre las crías en desarrollo pueden ser observados en los tipos anteriores de experimentos, algunas pruebas pueden llevarse a

no poseedora potencial genotóxica y no se requiere de más pruebas. Si estos experimentos en células demuestran que una sustancia tiene potencial genotóxico, a continuación, se pueden realizar estudios para determinar si esta actividad se expresa en los animales. En general, estos estudios se llevan a cabo en ratones (otras especies de roedores se pueden utilizar) que reciben una o dos dosis de la sustancia química y luego son realizadas las mediciones en células derivadas de la médula ósea para buscar signos de daño genético. Los resultados positivos de estos estudios en animales serán tomados en el sentido de que la sustancia tiene la capacidad de inducir daño genético y en las células somáticas podría significar que potencialmente es un agente que causa cáncer.

Si se detectan daños genéticos en las células normales (somáticas) de los animales entonces más pruebas se pueden llevar a cabo para ver si las mutaciones podrían formarse en las células germinales de la química y éstos pasan a la descendencia. Esto se lleva a cabo normalmente mediante la dosificación en los animales parentales y luego en busca de daños en el material genético de las células germinales (en el espermatozoide, ya que es más fácil de detectar) o por cambios específicos en la descendencia, que se sabe que es debido a mutaciones que repercuten de los padres. Si se observan respuestas positivas, entonces esto se considera como una prueba de que la sustancia tiene potencial para inducir alteraciones genéticas hereditarias.

El tipo de enfoque estratégico descrito anteriormente se ha desarrollado durante muchos años. Sin embargo, este se utiliza paso a paso principalmente en los entornos regulatorios y es posible encontrar estudios publicados en revistas científicas que utilizan estas técnicas (y otras), pero no necesariamente de una manera escalonada. En cuanto a otras propiedades tóxicas, estos estudios publicados proporcionan una información a añadir a la imagen general sobre el potencial genotóxico.

### 5.2.6 Estudios de Genotoxicidad

Existe una relativa amplia gama de pruebas disponibles para mirar el potencial de una sustancia para inducir daño genético. Algunos detectan la capacidad de una sustancia química de causar daños en general sobre el material genético o los intentos de la célula para repararlo, mientras que determinan la capacidad de causar mutaciones específicas que pueden ser medidas por los cambios en la función celular (por ejemplo, la capacidad de la célula para realizar o utilizar ciertas enzimas).

La disponibilidad de estas pruebas ha llevado al desarrollo de enfoques estratégicos, en donde se utilizan experimentos en células in vitro para detectar inicialmente si un producto químico es genotóxico. Los estudios in vitro suelen incluir pruebas en células bacterianas (llamado la prueba de Ames, después de la primera persona que los desarrolló) que detectan mutaciones y células derivadas de mamíferos que se utilizan para detectar el daño, su reparación o mutaciones.

La prueba de Ames se basa en el supuesto de que una sustancia que es genotóxica (mutagénica) a la cepa de la bacteria *Salmonella* utilizada en la prueba también puede ser un carcinógeno es decir, causa cáncer. Mientras que algunos carcinógenos no dan un resultado positivo a la prueba Ames (y viceversa), la facilidad y bajo costo de la prueba hace que sea útil como prueba tamiz. Algunos experimentos utilizan células de levadura o moscas de la fruta (*Drosophila melanogaster*).

Los experimentos in vitro incluyen la exposición de las células al producto químico y en presencia de un extracto de hígado destinado a investigar la posibilidad de que su metabolismo puede generar metabolitos genotóxicos. Si esta batería de pruebas es negativa, por lo general la sustancia se considera como

### 5.3.3 Pruebas cutáneas de alergia

La prueba cutánea suele ser la primera prueba recomendada cuando se sospecha una alergia. Las principales ventajas es que son rápidas (proporcionan resultados dentro de unos 20 - 30 minutos), y económicas.

Pueden dar información útil en todas las formas de alergia incluyendo a las sustancias que se inhalan o ingieren. Las pruebas se llevan a cabo por parte de personal médico debidamente calificado.

Las sustancias sospechosas de causar alergia se mezclan con el líquido para hacer una solución. El brazo está marcado con un rotulador para identificar el punto de aplicación de cada gota. Hasta 20 soluciones de diferentes alérgenos se pueden ensayar a la vez mediante la aplicación de una gota de cada solución a la posición marcada en el antebrazo.

La piel debajo de la gota se pincha después con una aguja. Esto no suele ser doloroso ya que se pincha sólo la superficie superior de la piel. Sin embargo, esto es suficiente para introducir una cantidad muy pequeña de la sustancia en la piel.

A continuación se observa la piel, porque si se da una reacción, esta se presentará en un corto período de tiempo. Una reacción positiva ocurre cuando la piel en el punto de prueba se pone roja y con picazón en pocos minutos. Entonces el área, además de ponerse roja se inflama, con un "roncha" en el centro, al igual que la reacción a una picadura de ortiga. Esta normalmente alcanza un tamaño máximo después de aproximadamente 15 o 20 minutos, y suele desaparecer pasada aproximadamente una hora.

altura, etc.). La interpretación de los resultados debe ser realizada por profesionales médicos debidamente calificados, sin embargo, los resultados en un 20% de los valores previstos son generalmente considerados "normales".

Algunos términos comunes utilizados en las pruebas de función pulmonar son:

- FVC - capacidad vital forzada - la cantidad total de aire en litros que puede ser soplado a cabo después de una inhalación máxima.
- VEF1 - volumen espiratorio forzado en 1 segundo - la cantidad de aire en litros que puede ser soplado hacia fuera en un segundo.
- FEV1 / FVC - FEV1% - la relación entre FEV1 y FVC. En adultos sanos debería ser aproximadamente el 75 - 80%
- PEF - flujo espiratorio máximo - el flujo máximo de aire en litros por segundos en el comienzo de la exhalación.

### 5.3.2 Pruebas de provocación

La espirometría también puede ser parte de una prueba de provocación bronquial. Esto puede llevarse a cabo para determinar si la contracción repentina de los bronquiolos (o broncoespasmo) es resultado de la exposición a una sustancia particular o condición ambiental. Es útil para confirmar la sustancia específica que causa la sensibilización, pero sólo debe realizarse si otras formas de diagnóstico son ineficaces.

Comenzando con una pequeña cantidad, el reto implica la exposición a dosis crecientes de las sustancias en cuestión. Las pruebas de provocación sólo se llevan a cabo bajo supervisión médica completa, ya que es posible que se produzca una reacción severa.

## 5.3 Métodos de evaluación de la alergia en los seres humanos

Hay diferentes métodos de evaluación que están disponibles para determinar si una persona es alérgica o no a una sustancia en particular. Estos incluyen pruebas de función pulmonar (espirometría), o pruebas de provocación, pruebas cutáneas y pruebas de IgE en la sangre.

### 5.3.1 Las pruebas de función pulmonar

Las pruebas de función pulmonar (a veces llamados test de función pulmonar) evalúan qué tan bien están funcionando los pulmones. Ellas se utilizan para evaluar y diferenciar condiciones tales como asma, fibrosis pulmonar y enfermedades pulmonares obstructivas crónicas, como el enfisema y la bronquitis crónica.

La prueba más común utiliza un espirómetro que mide la cantidad (volumen) y la velocidad del flujo de aire que puede ser inhalado y exhalado. Se lleva a cabo la respiración en una boquilla conectada al espirómetro. Normalmente, en la prueba más común, la persona debe tomar la respiración más profunda que pueda y exhalar tan duro como sea posible por el mayor tiempo posible.

Una de las limitaciones de las pruebas de función pulmonar, es que depende altamente de la cooperación y esfuerzo del paciente. La prueba también se repite normalmente por lo menos tres veces para asegurar la reproducibilidad.

Los resultados de las pruebas de función pulmonar se dan generalmente en términos de los datos, es decir, litros básicos de aire y litros por segundo, y también como un porcentaje de los "valores predicho" típicos o para personas de similares características (edad, sexo,

Los animales son observados a lo largo del experimento y los que mueren son examinados para detectar la presencia de tumores. Al final del período de exposición, todos los animales restantes se examinan para el desarrollo de cualquier tumor y su tipo (por ejemplo, benigno, maligno). Una amplia gama de órganos y tejidos del cuerpo también se examinan macro y microscópicamente. Si hay un aumento significativo en el número de tumores que aparecen en los animales tratados en comparación con un grupo de control no expuesto, ello puede ser indicativo de que la sustancia tiene propiedades carcinogénicas en seres humanos.

Sin embargo, esta interpretación depende de un número de factores. Por ejemplo, aunque el aumento a una dosis pueda ser estadísticamente significativa, no hay relación dosis-respuesta, por lo que la importancia biológica puede ser cuestionable. El conocimiento de la estructura de la formación de tumores en las especies que se utilizan también es importante ya que algunas cepas de ratones de laboratorio pueden ser propensas a desarrollar ciertos tipos de tumores cuando están estresadas (aunque la sustancia utilizada pueda no ser crítica).

También en los roedores se pueden producir tumores en órganos que no poseen los seres humanos, por lo que se espera que no ocurran en el hombre. Por lo tanto, la interpretación de tales estudios es compleja y requiere conocimientos y experiencia especializada.

## 6.2 RAZONES PARA ENTENDER ESTUDIOS EPIDEMIOLOGICOS

Mucha información sobre los probables efectos en la salud generados de la exposición a sustancias, puede derivarse de las pruebas con animales, pruebas in vitro y la comparación con productos químicos similares. Sin embargo, a menudo la única técnica válida para establecer los riesgos reales para la salud en la población es por medio de un estudio epidemiológico.

El propósito de los estudios epidemiológicos es establecer un vínculo entre la exposición a una sustancia y el desarrollo de una enfermedad o mala salud. Ejemplos de una clara asociación entre la exposición y la mala salud establecidos por estudios epidemiológicos son:

- Angiosarcoma del hígado y la exposición a cloruro de vinilo monómero.
- Mesothelioma de la pleura y la exposición a asbestos.

Sin embargo, en la mayoría de los casos una clara evidencia no está disponible y muchos estudios sufren de limitaciones y deficiencias. Los datos históricos, tales como las condiciones de trabajo y los niveles de exposición pueden ser poco claros o no válidos. Además pueden tener problemas de sesgo o de otros factores de confusión en la selección y seguimiento de los grupos estudiados.

## 6. EPIDEMIOLOGIA

### 6.1 INTRODUCCIÓN

Epidemiología puede definirse como “el estudio de la distribución y los determinantes de los eventos relacionados con la salud en poblaciones específicas, y la aplicación de este estudio al control de los problemas de salud”. (Higiene Ocupacional - Harrington y Gardiner)

En el contexto de higiene industrial, se puede describir como un proceso científico que trata de vincular los efectos de factores tales como la exposición a sustancias químicas tóxicas a la enfermedad, o en su caso, la mortalidad. Correlaciones estadísticas son desarrolladas para indicar el grado de riesgo que alguien con un patrón de exposición en particular tenga de contraer una enfermedad específica.

Los estudios epidemiológicos tienden a ser complejos y están generalmente más allá del mandato de la mayoría de los higienistas industriales. Sin embargo, es importante que el higienista sea capaz de comprender los principios de la epidemiología. Esto debería permitirles evaluar con mayor seguridad la información de estudios epidemiológicos y de recopilar información en una forma que sea útil para un estudio epidemiológico.

Las pruebas serológicas son útiles:

- Como una medida cuantitativa de anticuerpos IgE específicos en un individuo en particular
- Para las personas que están tomando medicamentos antihistamínicos que suprimen reacciones de las pruebas cutáneas
- Para las personas con enfermedad de la piel donde las pruebas cutáneas son difíciles de llevar a cabo

Sin embargo, las pruebas serológicas son invasivas y requieren de la extracción de sangre, son relativamente costosas y los resultados no están disponibles de inmediato. La prueba cutánea es menos invasiva, proporciona resultados inmediatos y es generalmente menos costoso.

### 5.3.4 Prueba de parche

Pruebas de punción de la piel sirven para identificar la manera en que los alérgenos sospechosos se introducen en el cuerpo. Por lo tanto, se utilizan para las pruebas de alergias que no se producen necesariamente en la piel. La prueba del parche es diferente, ya que coloca las sustancias en la superficie de la piel y tiene como objetivo identificar los alérgenos de la piel.

La prueba consiste en la aplicación de diversas sustancias de prueba en la piel bajo cinta adhesiva, que se deja en su lugar durante 48 horas. Los sitios se examinan después de este período y de nuevo 48 horas más tarde. Los parches se aplican generalmente en la parte superior de la espalda. Cualquier reacción a la sustancia está clasificada con criterios establecidos (véase la Sección 2.5.3).

La distinción entre las reacciones alérgicas e irritantes es de gran importancia. Una reacción irritante es más prominente inmediatamente después de la retirada del parche y se desvanece durante el día siguiente. Una reacción alérgica toma unos días en desarrollarse, por lo que es más prominente en el quinto día que cuando se retira primero el parche.

### 5.3.5 Pruebas serológicas

Las pruebas serológicas implican el análisis del suero de la sangre para detectar la presencia y cuantificación de anticuerpos IgE específicos en suero de la sangre circulante. Hay una gama de diferentes técnicas como el RAST (prueba radioalergosorbente), sistema UniCAP y ELISA.

Los detalles de las diversas técnicas están más allá del alcance del curso. Sin embargo, es importante asegurarse que los laboratorios utilizados para llevar a cabo estas pruebas participan en programas de ensayos de aptitud externos adecuados.

Otros criterios incluyen la especificidad, la coherencia, la evidencia experimental y analogía. Ninguno de los nueve criterios puede aportar pruebas irrefutables a favor o en contra de una causa y efecto, y tampoco llevan necesariamente el mismo peso. En raras ocasiones, de los nueve puntos que están presentes en la prueba de hipótesis, la más fuerte es la asociación.

La calidad del estudio también debe evaluarse. Aquellos con análisis estadísticos apropiados y los que se publican en revistas que han sido revisadas por pares tienen más peso.

Un ejemplo de cómo los criterios se pueden utilizar está indicado abajo, y corresponde el examen de la relación bien documentada entre fumar y el cáncer de pulmón:

**Fuerza de la asociación:** Las tasas de incidencia de cáncer de pulmón son mucho mayores para los fumadores que en no fumadores

**Temporalidad:** Fumar en la gran mayoría de los casos precedió a la aparición de cáncer de pulmón

**Consistencia:** Los diferentes tipos de estudio (por ejemplo, estudios prospectivos y retrospectivos) y también estudios de machos y hembras producen el mismo resultado.

**Plausibilidad biológica:** La teoría de que el fumar causa daño a los tejidos que con el tiempo podría resultar en cáncer en las células era muy plausible  
**Coherencia:** La teoría de que fumar causa enfermedad pulmonar “tuvo sentido” dado el conocimiento actual

**Especificidad:** El cáncer de pulmón es más predecible a partir de la incidencia del tabaquismo  
**Relación dosis-respuesta:** Los datos mostraron una relación lineal entre la cantidad fumada e incidencia de la evidencia experimental de Cáncer de pulmón: el alquitrán del tabaco aplicado en el oído del conejo produce cáncer en el tejido de la oreja con el tiempo

**Analogía:** Al inducir a fumar a ratas de laboratorio, se mostró aumento de cáncer de pulmón.

La población general es, por definición, menos saludable que la población activa, ya que incluye a las personas que no pueden trabajar debido a la mala salud. Además, los trabajadores que sufren problemas de salud tienden a dejar el trabajo. Como resultado, poblaciones de trabajo tienden a tener una tasa de mortalidad estandarizada más baja, es decir, menos de 1 (o menos de 100) en comparación con la población general. Esto se conoce como el “efecto del trabajador sano”

### 6.3.3 Causación o asociación

El principal objetivo de la epidemiología en la higiene industrial es identificar las causas de la mala salud o la muerte, mediante el estudio de la distribución de los casos en un grupo en estudio (que han estado expuestos a diferentes niveles de una sustancia como una sustancia química) en comparación a otra población de referencia.

Es importante diferenciar entre la asociación epidemiológica y la causalidad. Un estudio puede mostrar un enlace (o asociación) entre un factor tal como la exposición a una sustancia química en particular y un efecto de salud. Sin embargo, esto por sí mismo no significa necesariamente que existe una relación de causalidad directa. La asociación puede ser falsa o puede ser indirecta a través de otras variables conocidas o desconocidas.

Hay una serie de criterios que se pueden examinar para proporcionar apoyo a una relación de causalidad. Un criterio para determinar si una asociación es causal, fue desarrollado por Sir Austin Bradford-Hill en 1965. e incluye lo siguiente:

**Fuerza de la asociación:** Hay más confianza en la causalidad de asociaciones fuertes que en los más débiles.

**Temporalidad:** ¿La causa precede al efecto, y es el intervalo de tiempo razonable?

**Respuesta a la dosis:** ¿Las respuestas son más frecuentes en los niveles más altos de exposición?  
**Plausibilidad biológica:** ¿La asociación parece razonable o consistente con el conocimiento científico actual?

**Consistencia** ¿Se ha observado la asociación por diferentes investigadores, en diferentes lugares y en diferentes momentos?

debe ser diferente del grupo en estudio sólo en el hecho de que no haya experimentado la exposición en cuestión.

La tasa de incidencia es decir el “número de muertes por mesotelioma por la exposición al asbesto en trabajadores de los astilleros” ahora se puede comparar con la población de referencia para dar una relación o “tasa de mortalidad estandarizada (SMR). La tasa de mortalidad estandarizada se puede definir como:

“La relación entre el número de eventos observados en una población al número que se esperaría si la población tuviera la misma distribución que una población de referencia”.

Como su nombre indica, se trata de una relación, por tanto, si no hay ninguna diferencia entre el grupo en estudio y la población de referencia tendría una razón de mortalidad estandarizada de 1. Del mismo modo, si hay un mayor número de muertes o eventos de lo esperado, la razón estandarizada de mortalidad sería mayor que 1.

Sin embargo, un área de posible confusión es que una serie de textos y organizaciones citan razones de mortalidad estandarizadas como un porcentaje del número esperado de muertes o eventos. En este caso, si no hay ninguna diferencia entre el grupo bajo estudio y la población de referencia, se tendría una tasa de mortalidad estandarizada de 100. Del mismo modo, si hay un mayor número de muertes o eventos de lo esperado la tasa de mortalidad estandarizada sería mayor de 100.

Como se dijo anteriormente, con el fin de dar conclusiones válidas, la población de comparación debe ser compatible con el grupo en estudio. Una de las principales áreas de dificultad tiene que ver con la distribución por edades. También preocupan las necesidades que se deben tomar cuando se comparan las tasas de muerte contra las tasas de mortalidad de la población general.

## 6.3 TÉRMINOS EPIDEMIOLOGICOS

### 6.3.1 Tasas de incidencia y prevalencia.

La incidencia es el número de nuevos casos de mala salud o enfermedad que se producen en una población en un periodo de tiempo. Comúnmente se expresa en términos de un número de nuevos casos por 1000 personas en el grupo bajo estudio por año.

La prevalencia es el número total de casos de mala salud o enfermedades que existen en la población en un momento determinado. La prevalencia no sólo se ve afectada por la incidencia de nuevos casos, sino también por la severidad y duración de los efectos.

Los estudios pueden expresarse en términos de morbilidad (por ejemplo, número de casos de una enfermedad) en el grupo, o tasas de mortalidad (muerte).

### 6.3.2 Medida de frecuencia

Las tasas de incidencia o prevalencia informan sobre el número de personas en un grupo o población que muestran el efecto en cuestión. Lo que se requiere es una medida de si estas tasas son más altas, menores o iguales que una “Normal”.

Para establecer esto, necesitamos otro grupo o población para su comparación. Este grupo se denomina el grupo de referencia o de la población de referencia. (Algunos textos utilizan los términos de grupo de control o de control de la población). Una de las mayores dificultades potenciales en estudios epidemiológicos puede estar en la identificación de una adecuada población de referencia. Esta

del efecto en cuestión. Los estudios de cohorte son generalmente considerados como los más robustos. Sin embargo, por su naturaleza tienden a tardar mucho tiempo en completarse y, como tal, puede ser complejo y costoso.

### 7.4.2 Estudio transversal

Un estudio transversal, implica la observación de un grupo en un momento determinado y se puede considerar como una “instantánea” de la prevalencia del efecto o enfermedad. El grupo de estudio puede ser comparado con un grupo control equiparado de forma similar.

Generalmente representan una manera relativamente rápida y de bajo costo para investigar la cuestión de preocupación. Sin embargo, ya que el estudio sólo se refiere a un momento particular en el tiempo, no se puede dar ninguna información sobre la exposición y el resultado como una relación dependiente del tiempo. Además, no es adecuado para el estudio de un efecto que es poco común.

## 7.4 TIPO DE ESTUDIOS EPIDEMIOLOGICOS

### 7.4.1 Estudio longitudinal

Los estudios longitudinales siguen a un grupo de personas en un período de tiempo con observaciones repetidas de factores de riesgo o factores de salud o ambas cosas. Varían mucho en tamaño y duración (incluso durante muchas décadas). Existen dos tipos comunes de estudio longitudinal: estudios de cohortes y de casos y controles.

Estudios de casos y controles - Estos se utilizan para identificar los factores que pueden haber causado un efecto o enfermedad en particular. Tienden a ser retrospectivos es decir que estudian un grupo de personas que tienen el efecto o enfermedad (los “casos”) y comparan con otro grupo que no tienen el efecto o enfermedad (“controles”).

Uno de los mayores problemas con los estudios epidemiológicos retrospectivos ocupacionales es recopilar datos precisos sobre las exposiciones anteriores. Además, a menudo es difícil evitar posibles factores de confusión al elegir el grupo de control. Los estudios de casos y controles, generalmente no son los estudios más robustos, pero se utilizan con frecuencia para identificar relaciones de exposición / enfermedad que puede entonces ser investigadas más plenamente.

Los estudios de cohortes- Este estudio sigue a un grupo de personas que son expuestas a determinada sustancia o agente. La diferencia crucial entre un estudio de casos y controles y un estudio de cohorte, es que el grupo de cohortes se identifica antes de que la enfermedad o el efecto se manifieste. Un grupo para comparación también se identifica, ya sea de la población en general o de otro grupo o cohorte similar que han tenido poca o ninguna exposición a la sustancia o agente en cuestión.

La naturaleza del estudio tiende a ser prospectivo es decir, recoge los datos durante un período de tiempo para reunir información sobre la incidencia

estadísticas que se pueden utilizar para tratar de establecer el grado de confianza de los hallazgos.

En la mayoría de los estudios, la definición de “estadísticamente significativo”, es que hay un 95% (o mayor porcentaje) de confianza de que los resultados no se debían a la casualidad; es decir, hay menos de un 5% (o 1 en 20) de posibilidad de que la asociación fuera una asociación aleatoria. Esto a veces se escribe como una probabilidad de “ $p < 0,05$ ”. Cuanto menor es la probabilidad o nivel de significación, más fuerte es la evidencia.

Al establecer que los resultados son estadísticamente significativos, ello supone una parte importante del proceso, sin embargo, no es suficiente para confirmar la causalidad. Simplemente muestra que es poco probable que la conexión sea puramente casualidad. En esta etapa los demás criterios desarrollados por Bradford-Hill necesitan ser examinados.

### 6.3.4 Sesgo

Todos los estudios epidemiológicos están sujetos al sesgo, que puede tener su origen en diferentes fuentes. El sesgo de selección puede ocurrir en el conjunto del grupo en estudio y / o el grupo de control. El sesgo de información se refiere a la calidad y la exactitud de los datos recogidos, así como errores por parte del entrevistador o entrevistado.

La confusión es un factor que influye de forma independiente tanto en la exposición como en el resultado y por lo tanto, sugiere una relación directa entre los dos.

Muchos de estos factores pueden ser controlados en la fase de planificación del estudio.

Por ejemplo, un estudio puede haber sido llevado a cabo para investigar la aparición de cáncer de pulmón en un grupo de trabajadores expuestos a una sustancia química. Se puede mostrar un aumento de la incidencia de cáncer de pulmón en el grupo expuesto, en comparación con el grupo control no expuesto. Sin embargo, es posible que el grupo expuesto contenga una mayor proporción de fumadores, que también pueden causar cáncer de pulmón, que el grupo de control. Otro posible factor sería que el perfil de edad de los dos grupos, no fue igualado.

### 6.3.5 Significancia estadística

Un aspecto importante de los estudios epidemiológicos es determinar estadísticamente si existe o no una relación causal evidente entre la exposición y el desenlace y si es probable que sea derivado de la casualidad o no. El objetivo es mostrar que la asociación causal entre la exposición y el desenlace es estadísticamente significativo - es decir, no es probable que haya ocurrido por casualidad-. Hay una serie de pruebas

e industria de los revestimientos y también como fumigante. Se inhibe la acción de la citocromo oxidasa, perturbando así la respiración celular. Efectos graves en la salud incluyen la rápida aparición de dolor de cabeza, convulsiones y muerte.

Sulfuro de Hidrogeno (H<sub>2</sub>S)- Es un gas incoloro con un olor a huevos podridos. No tiene importantes usos industriales pero puede ocurrir dondequiera que el azufre y sus compuestos se utilicen o se descompongan. Inhibe la citocromo oxidasa (similar a cianuro de hidrógeno). Los efectos agudos incluyen ojos llorosos e irritación de las mucosas en bajas concentraciones. En altas concentraciones, la parálisis del centro respiratorio puede causar pérdida repentina del conocimiento.

### 7.2.4 Irritantes del tracto respiratorio

Las vías respiratorias superiores e inferiores, son alteradas en gran parte por irritantes (sobre la base de la solubilidad). Los gases altamente solubles en agua, tales como amoníaco, cloro y dióxido de azufre, ejercen su principal efecto irritante en el tracto respiratorio superior. Por el contrario, los gases de baja solubilidad, tales como óxidos de nitrógeno y fosgeno, tienen poco efecto en el tracto respiratorio superior; su efecto se retrasa y el principal daño es asumido por los pulmones.

Amoniaco (NH<sub>3</sub>)- Es un gas incoloro con un olor acre. Es muy soluble en la producción de una solución cáustica alcalina. Se utiliza en la fabricación de fertilizantes, refrigerantes, como catalizador y reactivo químico. Los efectos agudos incluyen irritación de los ojos, las mucosas y las vías respiratorias superiores. En concentraciones más altas, se produce daño grave del tracto respiratorio, y a menudo es fatal, con edema pulmonar.

Cloro (Cl<sub>2</sub>)- Es un gas de color amarillo verdoso de olor acre, es más denso que el aire (más de dos veces). Forma ácido clorhídrico con el agua, lo que puede causar daños graves en altas concentraciones. Se utiliza en la producción química y farmacéutica, la desinfección del agua en piscinas y fabricación de plásticos.

### 7.2.3 Asfixiantes químicos

Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)- Se produce naturalmente como producto de la combustión y de la oxidación gradual, y por lo tanto puede ocurrir donde se encuentren materiales combustibles u orgánicos. Industrialmente, se encuentra como un subproducto de la elaboración de la cerveza, hornos de coque, altos hornos y los vertederos de ensilaje. Tiene un amplio uso como un gas industrial, por ejemplo, en la carbonización de bebidas, elaboración de la cerveza y la refrigeración. Es más pesado que el aire y, en forma concentrada, pueden producir "piscinas" de atmósfera inerte en lugares bajos y sin ventilación, como sumideros y alcantarillas.

El dióxido de carbono se clasifica a veces como un asfixiante simple a niveles más bajos (menos de aproximadamente 3% actúa como un simple asfixiante). Sin embargo, a niveles superiores, el dióxido de carbono, a diferencia del metano y el nitrógeno, es capaz de afectar el centro respiratorio medular, por lo que generalmente se considera como una sustancia asfixiante. Los efectos comienzan a ocurrir a una concentración de 3% (30.0000 partes por millón), inicialmente con dolores de cabeza y letargo, seguido por respiración rápida mientras que, a 10% o más, la pérdida de la conciencia es rápida.

Monóxido de carbono (CO)- Es un gas incoloro, inodoro que se produce por la combustión incompleta de compuestos carbonosos. Se produce como un subproducto de la minería, la fundición, procesos petroquímicos y muchos otros procesos que implican combustión.

El monóxido de carbono se une muy fuertemente a la hemoglobina que conduce a niveles elevados de carboxihemoglobina y, en consecuencia, hay una capacidad disminuida de transporte de oxígeno en la sangre. Los efectos agudos incluyen mareos, dolor de cabeza y somnolencia. La pérdida rápida de la conciencia puede ocurrir a concentraciones superiores a 3.500 ppm. El daño cerebral y la muerte pueden ocurrir en concentraciones más altas.

Cianuro de Hidrogeno (HCN)- Es un gas incoloro con un olor a almendras amargas. Puede ser producido por el contacto de las sales de cianuro con ácido. Se utiliza en la extracción de metales preciosos

### 7.2.2 Asfixiantes simples

Estos gases solo son peligrosos cuando su concentración en el aire inhalado es suficiente para causar una reducción significativa en los niveles de oxígeno. Los niveles normales de oxígeno en el aire son aproximadamente del 20,9%. Si el nivel de oxígeno en el aire se reduce por debajo de aproximadamente 14% dará lugar a daño de tejido y respiración rápida seguida de pérdida de la conciencia y muerte.

El nitrógeno (N<sub>2</sub>)- El nitrógeno es el componente principal del aire. Tiene usos industriales en la producción de amoníaco, como una atmósfera inerte y como un agente de congelación. En el trabajo hiperbárico, así como en el buceo, el nitrógeno se vuelve tóxico, causando narcosis.

Helio y argón (He y Ar)- Son dos ejemplos comunes de gases inertes. No reaccionan químicamente y como tal no causa ningún efecto en la salud. Sin embargo, son asfixiantes simples y en concentraciones altas pueden causar asfixia por la reducción del contenido de oxígeno en el aire. Ellos son comúnmente utilizados como escudos de gas inerte en los procesos de soldadura, así como para purgar los gases en la industria química que ha contenido vapores inflamables.

Metano (CH<sub>4</sub>)- Es el producto de la descomposición anaeróbica de materia orgánica. Por lo tanto, se encuentra en las alcantarillas y donde la materia orgánica biodegradable pueda descomponerse. Es un componente natural de las reservas de combustibles fósiles. El gas natural, contiene un gran porcentaje de metano. También es explosivo en altas concentraciones.

## 7. REVISION DE EFECTOS SOBRE LA SALUD

### 7.1 INTRODUCCIÓN

La siguiente sección ofrece una visión general, en la que se destacan algunas de las propiedades peligrosas y efectos en la salud de algunas de las principales sustancias que se pueden encontrar en la industria. No pretende dar información sobre las relaciones dosis-respuesta que son importantes en situaciones de exposición de la vida real. Cuando se trata de una sustancia en particular, es importante buscar información más detallada y autorizada de manera que se puedan tomar las medidas adecuadas y proporcionadas para reducir los riesgos.

## 7.2 GASES

### 7.2.1 Introducción

En general, los gases pueden ser agrupados como:

- Asfixiantes simples, como por ejemplo: nitrógeno, metano, gases inertes tales como helio y argón.
- Asfixiante Químico, como por ejemplo: monóxido de carbono, sulfuro de hidrógeno, cianuro de hidrógeno.
- Irritantes del tracto respiratorio superior, como por ejemplo: amoniaco, dióxido de azufre.
- Irritantes del tracto respiratorio inferior, como por ejemplo: óxidos de nitrógeno, fosgeno.

un amplio rango de industrias, incluidas las de plásticos, productos farmacéuticos y pesticidas, así como en su uso como disolventes, agentes desengrasantes y combustibles.

El término “disolvente” se aplica estrictamente a cualquier sustancia (incluyendo el agua) que puede disolver o diluir otra sustancia. Sin embargo, el término “disolvente” se utiliza a menudo para referirse a los líquidos orgánicos volátiles y es en este contexto que vamos a utilizar el término. Los disolventes orgánicos son también ampliamente utilizados como materias primas en la industria química y de procesamiento, así como en muchos procesos industriales.

Muchos disolventes orgánicos son líquidos a temperaturas ambiente normales con puntos de ebullición que varían de aproximadamente 35°C a más de 200°C. Sin embargo, los vapores de disolventes se producen a partir de líquidos a temperaturas por debajo de los puntos de ebullición.

Los disolventes orgánicos son absorbidos generalmente por dos rutas principales de entrada - la inhalación del vapor y la absorción del solvente a través de la piel. Los vapores de disolvente son absorbidos rápidamente a través de los pulmones y entran en el torrente sanguíneo desde donde pueden afectar a otras partes del cuerpo (causando efectos sistémicos en órganos diana). Disolventes en contacto con la piel puede producir efectos locales, además de ser absorbidos por la piel - al torrente sanguíneo.

Los disolventes orgánicos cubren una amplia gama de sustancias que incluyen:

- Hidrocarburos alifáticos por ejemplo pentano, hexano, heptano.

Estos se emplean como combustibles y también como solventes. Se utilizan ampliamente en tintas, revestimiento de superficie y adhesivos. Hexano se usa como materia prima química y también para la extracción de aceites y grasas de productos naturales.

- Hidrocarburos aromáticos, por ejemplo benceno, xileno, tolueno

Los efectos agudos incluyen irritación severa de las membranas mucosas. La irritación de las vías respiratorias es tan grave, que la exposición a niveles moderados puede conducir rápidamente a un edema pulmonar grave y a la muerte. Entre los efectos crónicos está la bronquitis.

### 7.2.5 Otros gases

**Arsina (AsH<sub>3</sub>)-** La arsina (trihidruro de arsénico) es un ejemplo de un hidruro de metal. Se utiliza en la industria de los semiconductores y es un agente hemolítico potente (descompone células rojas de la sangre). Esto puede causar anemia severa y hacer que la orina se vuelva de color rojo oscuro. La muerte puede ocurrir por el daño renal grave o consecuente insuficiencia renal.

La arsina también puede producirse inadvertidamente de la interacción de las impurezas de arsénico en metales con ácido.

**Níquel carbonilo (Ni (CO)<sub>4</sub>)-** Es un gas incoloro e inodoro. Se genera durante la refinación de níquel que se extrae de la mena y que posteriormente es liberado del gas carbonilo en forma pura (casi el 100%).

Los efectos agudos incluyen dolor de cabeza, náuseas y vómitos. Estos síntomas pueden desaparecer y más tarde manifestarse con irritación pulmonar y edema. Los efectos crónicos incluyen cáncer de los senos nasales y los pulmones.

## 7.3 SOLVENTES Y VAPORES ORGANICOS

### 7.3.1 Introducción

En química el término “orgánico” se refiere a sustancias cuya estructura molecular se basa en un número de átomos de carbono. Los materiales orgánicos cubren una amplia gama de sustancias y pueden ser sólidos, líquidos o gases. Se utilizan mucho como reactivos y materias primas en

**Óxidos de nitrógeno (NO, NO<sub>2</sub>)-** El dióxido de nitrógeno (NO<sub>2</sub>) es un gas de color marrón rojizo con un olor acre y es de mayor importancia en la higiene industrial. Se utiliza en la fabricación de ácido nítrico, explosivos y combustibles para aviones. También se genera durante el funcionamiento de algunos tipos de soldadura y motores diésel.

Los efectos agudos de la exposición al dióxido de nitrógeno son insidiosos, debido a la lenta progresión de irritación pulmonar, de 8-24 horas después de la exposición. La exposición severa puede causar la muerte por edema pulmonar en 48 horas.

El óxido nítrico (NO) es un gas incoloro, con poco efecto conocido en los seres humanos.

**Ozono (O<sub>3</sub>)-** Es un agente oxidante y se utiliza como esterilizador, fumigante y como un agente de blanqueo. Se genera durante la soldadura por arco. Efectos graves en la salud incluyen las vías respiratorias y la irritación de la membrana mucosa. La exposición a altas concentraciones puede provocar edema pulmonar.

**Fosgeno (cloruro de carbonilo) (COCl<sub>2</sub>)-** Es un gas de olor dulce, altamente tóxico. Puede ser generado como producto de degradación de la quema de hidrocarburos clorados, entre ellos muchos plásticos. Los efectos agudos incluyen síntomas iniciales leves seguidos de inicio insidioso de edema pulmonar grave dentro de 24 - 48 horas.

**Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)-** Es un gas incoloro con un olor acre y una densidad de dos veces la del aire. Produce ácido sulfúrico en disolución en agua. Se utiliza en las industrias químicas y de papel, como fumigante y como conservante. Puede ser producido como subproducto común de los minerales de sulfuro de fundición.

Los efectos agudos incluyen irritación severa del tracto respiratorio superior que conduce a edema pulmonar y la muerte en aquellos que no pueden escapar de sus efectos. La recuperación de una exposición aguda puede ser prolongada. Los efectos crónicos incluyen bronquitis.

**Cloruro de Hidrogeno (HCl)-** Es un gas incoloro con un fuerte olor irritante. En contacto con el aire forma densos aerosoles corrosivos. En contacto con el agua forma ácido clorhídrico. Tiene muchas aplicaciones industriales, incluyendo, limpieza de metales y decapado, galvanoplastia, curtido de cuero, la refinación y la producción de fertilizantes y colorantes.

Los efectos agudos incluyen irritación de los ojos, las mucosas y las vías respiratorias superiores. En concentraciones más altas, produce daño del tracto respiratorio, a menudo fatal, con edema pulmonar. La exposición a largo plazo a niveles bajos puede causar efectos crónicos sobre la salud, incluyendo problemas respiratorios y la irritación de ojos y piel.

**Fluoruro de Hidrogeno (HF) -** Es un gas incoloro que se disuelve rápidamente en agua para formar ácido fluorhídrico. Un uso importante de ácido fluorhídrico es el de materia prima en la industria del plástico para la producción de polímeros fluorados tales como politetrafluoroetileno (PTFE) y refrigerantes. Además se utiliza como un agente de decapado en la producción de acero inoxidable, en la industria de los semiconductores y para el grabado de vidrio.

El ácido fluorhídrico es extremadamente corrosivo. Un problema particular es que la exposición a ácido fluorhídrico puede no ser inmediatamente evidente. Interfiere con la función nerviosa y la quemadura puede inicialmente no ser perceptible y dolorosa. También es capaz de penetrar la piel intacta y atacar las estructuras óseas.

### 7.3.3 Efectos generales en la salud

Los efectos sobre la salud pueden ocurrir por exposición a cualquier disolvente orgánico y pueden ser divididos en efectos agudos y crónicos.

Efectos agudos (a corto plazo)

- Efectos narcóticos
- o Dolores de cabeza,
- o Náusea
- o Mareo
- o Inconsciencia
- o Muerte
- Desengrasado de la piel, dando lugar a posibles grietas e irritación. Piel.

Efectos crónicos (A largo plazo)

- o Dermatitis
- o Daño hepático
- o Daño renal
- o Efectos en el cerebro y sistema nervioso irritabilidad, trastornos del sueño, demencia, neuropatía periférica
- o Posibles efectos en los sistemas feto y reproductivos

vapores de disolventes pueden ser generados a partir de la boquilla de suministro y, en particular, por el desplazamiento del aire desde el recipiente a ser llenado.

El llenado de un recipiente, particularmente si este contenía previamente disolvente, desplaza el aire que puede estar casi saturado con vapores de disolvente por el venteo, a menos que esté conectado a un recipiente vacío o a una trampa de ventilación. Para las operaciones de menor escala se puede lograr el control por ventilación local alrededor del punto de llenado u operando en un lugar ventilado.

Uso de productos a base de solventes - Los vapores de los disolventes son producidos por la evaporación en el área de trabajo durante procesos como la serigrafía, la pintura y el revestimiento de superficies. La cantidad que entra en el lugar de trabajo dependerá de las cantidades utilizadas y la eficiencia de cualquier ventilación de extracción local.

La exposición individual varía en gran medida, dependiendo de lo cerca que el trabajador se encuentre de la fuente de vapor y la cantidad de tiempo que esté en la vecindad.

Aparte de la exposición durante el trabajo normal, pueden producirse exposiciones potencialmente altas durante las tareas no rutinarias, como el mantenimiento y limpieza del equipo. Los paños de limpieza usados, pueden generar vapores de disolventes adicionales, a menos que se almacenen y eliminen de forma segura.

Existen muchos disolventes orgánicos, con diferentes propiedades y efectos sobre la salud. Sin embargo, los posibles efectos sobre la salud son comunes a la mayoría de los disolventes orgánicos y se enumeran a continuación.

Los vapores de los solventes son más pesados que el aire y en un entorno de vapor saturado tenderá a mantenerse cerca del suelo. Sin embargo, no es significativamente diferente a la densidad del aire y el movimiento normal del aire es generalmente suficiente para dispersar y diluir estos vapores.

Sin embargo, las concentraciones altas pueden acumularse dentro de los tanques de almacenamiento o sumideros donde el movimiento del aire es restringido o cuando se liberan grandes cantidades de vapor de disolvente. Son necesarias estrictas precauciones en las operaciones que implican la entrada de los trabajadores a tanques, recipientes cerrados, pozos u otros espacios confinados donde los disolventes pueden haber estado presentes.

### 7.3.2 Exposición a disolventes orgánicos

Procesos cerrados - La producción de disolventes y su uso en el procesamiento químico, se suele realizar en procesos cerrados. Sin embargo, la exposición a los líquidos y vapores de disolvente puede producirse en diferentes situaciones.

- Trabajos de mantenimiento - a no ser que el proceso se drene o purgue a fondo, la exposición potencial puede ocurrir en tuberías abiertas, bombas y válvulas que se retiran para su reparación o servicio.
- Emisiones fugitivas- emisiones durante el funcionamiento normal de la planta, y como resultado de fugas en las válvulas y juntas.
- Contacto con líquido y vapor como resultado de derrames.

Transferencia de disolventes - La exposición a vapores de solventes puede ocurrir durante la transferencia de disolventes o productos a base de solventes entre depósitos, tanques o tambores. Los

o El benceno se encuentra en la gasolina, típicamente a niveles iguales o inferiores al 1%. Es un excelente disolvente pero su uso en muchos productos se ha reducido debido a su toxicidad (carcinógeno conocido). Su función principal es como materia prima química en la producción de muchos otros productos químicos como por ejemplo ciclohexano, estireno y fenol.

o El Tolueno es un constituyente de la gasolina debido a sus propiedades de alto octanaje y también se utiliza ampliamente como materia prima química, por ejemplo, para producir benceno y tolueno di-isocianato. Se usa generalmente como un disolvente de proceso y como componente en adhesivos, revestimientos superficiales y tintas.

o El xileno se utiliza frecuentemente como un disolvente para pinturas, adhesivos, soluciones de caucho, y pesticidas y es ampliamente encontrado en la industria. Se absorbe fácilmente a través de la piel y penetra rápidamente muchos materiales utilizados en la ropa de protección.

- Hidrocarburos halogenados, ejemplo: diclorometano, tetracloruro de carbono.
- Alcoholes, glicoles, éteres, ésteres y cetonas

Los solventes se pueden encontrar como sustancias simples, mezclas o como productos formulados. Muchos disolventes industriales, en particular los hidrocarburos, son mezclas de varios compuestos y son conocidos por nombres genéricos o comerciales.

El riesgo para la salud de la exposición a un disolvente dependerá de distintos factores incluyendo su toxicidad, el nivel de exposición y la volatilidad. La velocidad de evaporación de los disolventes varía ampliamente. Una indicación de la volatilidad está dada por la presión de vapor - la presión de vapor es el potencial para la generación significativa de vapor.

### 7.3.4 Información específica para disolventes orgánicos seleccionados

Además de los efectos genéricos en la salud enunciados anteriormente, muchos disolventes pueden causar efectos específicos sobre la salud. Estos se resumen en la tabla 7.1.

Tabla 7.1 - efectos específicos sobre la salud de algunos disolventes orgánicos

Solvente	Usos industriales	Efectos en salud (En adición a efectos genéricos)
Benceno	Producción de estireno, fenol, ciclohexano, plásticos, pinturas, productos farmacéuticos, colorantes	Carcinógeno humano. Afecta a los huesos, anemia, puede causar leucemia
Tetracloruro de carbono	Desengrase, solvente, fabricación de refrigerantes	Hígado y daño renal. Efectos sinérgicos con el alcohol
Cloroformo (Triclorometano)	Solvente fabricación de fluorocarbonos y plásticos	Hígado y daño renal. Efectos sinérgicos con el alcohol
Diclorometano	Pintura y removedor de barniz. Solvente, fumigante	Forma carboxihemoglobina en la sangre por reacción metabólica
Glycol éteres (algunos)	Solventes para pinturas y tintas	Posibles efectos reproductivos
Cetonas (ejemplo, acetona y metil etil cetona (MEK))	Solventes	Sin efecto específico
n-Hexano	Solventes, también en los combustibles, colas	Daño a los nervios. Puede conducir a debilidad y posible parálisis de manos y miembros inferiores (neuropatía periférica)
Tetracloroetano	Solvente, tratamiento químico	Depresor sistema nervioso central. Daño hepático y renal.
Tetracloroetileno	Solvente, agente de limpieza en seco.	Narcótico, irritante. Hígado, Riñón.
Tolueno	Fabricación de benceno, pintura	Irritante, arritmias cardíacas, hígado y daño renal.
Tricloroetano	Desengrase, disolvente	Irritante
Tricloroetileno	Desengrasante	Narcótico, sinérgico con alcohol.
Xileno	Solvente fabricación de productos químicos	Irritante Irritante membrana mucosa

## 7.4 OTROS LÍQUIDOS ORGANICOS

Cierto número de líquidos orgánicos son ampliamente utilizados en los procesos industriales y de fabricación. Mientras muchos de estos tienen propiedades disolventes, sus usos primarios son resultado de su naturaleza reactiva. La Tabla 8.2 señala un número de ejemplos y dos de ellos (estireno e isocianatos) se analizan con más detalle a continuación.

### 7.4.1 Estireno

El estireno se absorbe fácilmente por inhalación y también es absorbido por la piel. Los principales efectos sobre salud son graves y narcóticos (por ejemplo, irritación de las vías respiratorias superiores, somnolencia, mareos y colapso).

Un importante uso del estireno es en la producción de butadieno estireno (SBR). También se utiliza como un portador para la resina de plástico reforzado con vidrio (GRP) y otros productos a base de poliestireno, tales como cargas, revestimientos, pinturas y raspado de alfombras.

La fabricación de plásticos reforzados expone a un gran número de trabajadores a estireno (por ejemplo, en fabricación de barcos y aeronaves, fabricación de contenedores y reparación de vehículos). Además de los peligros del estireno, otros riesgos surgen por el uso de la fibra de vidrio de refuerzo y otros productos químicos como catalizadores y aceleradores.

En la fabricación de plásticos reforzados la exposición a estireno varía según: el tamaño de la aplicación, la duración de la exposición y el nivel de ventilación. El disolvente se evapora durante un período de tiempo y si el área de aplicación es grande, a veces es difícil aplicar ventilación local exhaustiva.

Existe un problema particular cuando se trabaja en grandes estructuras donde el operador necesita trabajar dentro de un área relativamente cerrada, como dentro de un casco de un barco. En situaciones como ésta el suministro de aire fresco dentro del casco puede ser necesario.

### 7.4.2 Isocianatos

Los isocianatos son un grupo de compuestos orgánicos reactivos que contienen el grupo isocianato (-NCO). Los isocianatos más utilizados son el metil difenil diisocianato (MDI), el tolueno diisocianato (TDI) y hexametileno diisocianato (HDI). La gran mayoría de los isocianatos totales usados son MDI y TDI.

Las formulaciones en "sistemas de poliuretano" (isocianato), se suministran en dos partes que poseen un componente de di-isocianato y una resina de polioliol. Los dos componentes son mezclados entre sí por el usuario y una vez realizada la mezcla, rápidamente se cura o establece para formar el producto acabado.

Los isocianatos se utilizan en la fabricación de espumas flexibles y rígidas, tales como poliuretanos y recubrimientos como pinturas y barnices. Las espumas flexibles suelen basarse en el TDI y tienen un amplio uso en muebles, colchones y materiales de embalaje. Con las espumas flexibles, también se añade un agente espumante o de expansión para lograr que la espuma se expanda rápidamente para llenar el espacio requerido.

Las espumas rígidas utilizadas para productos de aislamiento y materiales de embalaje sólidos son generalmente a base de MDI. El MDI también se utiliza como un aglutinante en la fabricación de otros productos, como tableros de partículas, y moldes de fundición a base de arena.

Los isocianatos también se utilizan ampliamente para producir pinturas de poliuretano. A menudo, la pintura se aplica por pulverización con un alto potencial de exposición. Después de la pulverización de la pintura pueden ser curados por calor.

Los isocianatos son irritantes para la piel y los ojos, las membranas mucosas y las vías respiratorias. La exposición muy alta puede causar la muerte por edema agudo de pulmón. Sin embargo, es la reacción alérgica generalmente la de mayor preocupación. La sensibilización respiratoria puede ocurrir después de una sola exposición alta a isocianatos. Después de la sensibilización, los ataques de asma pueden ocurrir a niveles de exposición muy bajos, pudiendo ser aún mucho menor que el límite de exposición laboral correspondiente.

Efectos en la salud

- Agudos - gastroenteritis severa, náuseas, vómitos, dolores de estómago.

Puede dar lugar a graves pérdidas de líquidos, coma y muerte.

- Crónica - dermatitis, alteraciones pigmentarias de la piel y posible cáncer de piel. También trastornos gastrointestinales, irritación del tracto respiratorio y cáncer de pulmón e hígado.

Un compuesto de arsénico que se utiliza en la industria de los semiconductores es la arsina (trihidruro Arsénico - AsH<sub>3</sub>). La arsina es un agente hemolítico poderoso (descompone los glóbulos rojos). Esta puede causar anemia grave por la destrucción de las células rojas de la sangre y causar que la orina se vuelva de color rojo oscuro. La muerte puede ocurrir por el daño renal grave o consecuente insuficiencia renal.

La arsina también puede producir, inadvertidamente, interacción de las impurezas de arsénico en metales con ácido.

### 7.5.3 Berilio (Be)

El berilio se utiliza en aleaciones donde se requiere resistencia a la corrosión y dureza. Una aleación común con cobre (que contiene de 2 - 4% Be) se utiliza para los conectores eléctricos y relés para la industria eléctrica, en los reactores nucleares y las industrias aeroespaciales, y también en la cerámica de alta resistencia al calor.

La inhalación de polvo y humos de metal y óxido puede ocurrir durante el mecanizado, rectificado y soldadura de berilio que contienen aleaciones.

Efectos en la salud

- Agudos - inflamación de los pulmones y del tracto respiratorio, neumonitis.

- Crónicos - trastornos pulmonares incluso tos, falta de aliento y marcados cambios (crecimientos no cancerosos en el pulmón) señalados en radiografía. El berilio también se considera cancerígeno.

## 7.5 METALES Y COMPUESTOS METALICOS

### 7.5.1 Aluminio (Al)

El aluminio se utiliza ampliamente, debido a su resistencia a la corrosión, fuerza y peso ligero. Se usa para los componentes estructurales en la industria aeroespacial, así como en otras áreas de estructuras de transporte y edificios.

La exposición puede ocurrir durante la producción del aluminio, también por el polvo procedente de la molienda de productos de aluminio y de igual manera de los humos de soldadura.

Efectos en la salud – La inhalación de aluminio finamente dividido o de óxido de aluminio puede causar fibrosis pulmonar.

El aluminio también puede estar implicado en el desarrollo de la enfermedad de

Alzheimer. Los síntomas típicos incluyen daños en el sistema nervioso central, pérdida de memoria, temblor.

Otros compuestos de aluminio solubles, como cloruro de aluminio presentan un peligro potencialmente mayor, ya que pueden ser hidrolizados por la humedad en las membranas mucosas.

### 7.5.2 Arsénico y sus sales inorgánicas (As)

El arsénico se produce principalmente como un subproducto de la fundición de plomo y cobre, donde el arsénico está presente como impureza. Los principales usos de arsénico son los protectores de la madera, pesticidas y herbicidas, en aleaciones para mejorar su dureza, así como en la industria de los semiconductores.

La exposición crónica al arsénico puede ocurrir por la exposición al polvo en los procesos de fundición.

Si alguien resulta sensibilizado, la única opción para evitar la reaparición de los síntomas suele ser la prevención completa de la exposición a isocianato. Esto puede ser posible mediante la eliminación del contacto directo con la fuente de exposición, lo cual no siempre es una opción práctica ya que la persona puede tener dificultad para encontrar un empleo alternativo.

Para el control de la exposición, lo más normal es recurrir a la sustitución de isocianatos por prepolímeros con menor volatilidad, por ejemplo MDI en vez de TDI (El TDI es el isocianato más volátil), el uso de sistemas de ventilación local, equipos de protección respiratoria, respiradores con suministro de aire y vigilancia de la salud.

Tabla 7.2 - efectos sobre la salud específicos de líquidos orgánicos seleccionados

SUSTANCIAS	USOS INDUSTRIALES	PRINCIPALES EFECTOS
Anilina	Productos farmacéuticos, procesamiento de caucho	Conversión de hemoglobina en metahemoglobina - reduce capacidad de transportar oxígeno de la sangre. La exposición puede causar cianosis.
Formaldehído	Plásticos y fabricación de resina, desinfectantes, producción química	Irritante severo, posible sensibilizador respiratorio, posible carcinógeno
Isocianatos	Producción de espumas de poliuretano, pinturas epoxi	Sensibilizante respiratorio. Discapacidad pulmonar permanente
Fenol *	Insecticidas, desinfectantes, farmacéuticos	Corrosivo, absorbido fácilmente a través de piel, quemaduras. Mutágeno potencial.
Estireno	Caucho, plásticos, plásticos reforzados con vidrio	Irritante, depresor del sistema nervioso central.
Cloruro de vinilo	Plásticos, caucho, PVC.	Angiosarcoma (cáncer) del hígado

\*Nota: El fenol es en realidad un sólido, pero por lo general se encuentra como un líquido concentrado

### 7.5.4 Cadmio (Cd)

Ocurre naturalmente como sulfuro de cadmio con blenda. El cadmio metálico se produce como subproducto en zinc, plomo y producción de cobre. Se utiliza para el recubrimiento de acero para impartir propiedades de resistencia a la corrosión, en aleaciones de acero, en las baterías de níquel / cadmio y, como un estabilizador y colorante en plásticos.

La exposición al cadmio puede ocurrir por la inhalación de polvo de mecanizado en general y el procesamiento de cadmio y compuestos de cadmio. Una vez absorbido por el cuerpo tiene una vida media biológica larga (10 a 30 años), por lo que se puede detectar mucho tiempo después de que ha ocurrido la exposición.

La inhalación de los humos de óxido de cadmio (a menudo visto como un humo marrón) también puede ocurrir a partir de la fundición de zinc, soldadura y corte de acero recubierto de cadmio y la fundición de chatarra.

Efectos en la salud

- Agudos -puede causar irritación del sistema respiratorio. La alta exposición al humo de óxido de cadmio puede causar neumonitis química y edema en los pulmones, que puede ser fatal.

- Crónica -enfisema y cicatrización de los pulmones pueden ser causadas por todas las formas de cadmio. Sin embargo, el efecto potencialmente crónico más importante es el daño al riñón. Esto ocurre como resultado de la acumulación de cadmio en el riñón y la pérdida resultante de la función de filtración renal. Esto se indica por la presencia de proteínas de bajo peso molecular en la orina. El cadmio también puede causar cáncer en el riñón.

### 7.5.5 Cromo (Cr)

El cromo puede existir en varias formas diferentes (valencias) - metal, cromo (III) y compuestos de cromo (VI). El cromo (III) existe de forma natural, los otros dos tipos son producidos por procesos industriales. El cromo (III) y cromo (VI) también se conocen como cromo trivalente y cromo hexavalente, respectivamente.

El cromo es ampliamente utilizado en aleaciones de materiales resistentes a la corrosión y en los aceros inoxidable. También se utiliza en procesos de cromado,, como pigmento en el tratamiento de cuero, fungicidas y conservantes de la madera y en algunos cementos.

La exposición al polvo de cromo y de humos puede ocurrir en la producción, mecanizado y soldadura de metales y aleaciones de cromo. En particular, cabe señalar que la soldadura puede producir cromo hexavalente. Niebla de ácido crómico (también de cromo (VI)) se puede producir durante los procesos de galvanoplastia. Puede ocurrir contacto con la piel con compuestos de cromo cuando se utilizan pigmentos o cemento.

Efectos en la salud

- Agudos - éstos son causados principalmente por los efectos irritantes y corrosivos del ácido crómico y sus sales.

Los principales efectos son irritación y ulceración de la piel además posible perforación y ulceración del tabique nasal.

- Crónica - la principal área de preocupación es el cáncer de pulmón (de cromo hexavalente). La exposición crónica también puede causar dermatitis irritante persistente y sensibilización.

### 7.5.6 Cobalto (Co)

El cobalto se utiliza en aleaciones de acero de alto rendimiento donde la aleación se endurece de modo que la resistencia de la aleación se mantiene a altas temperaturas. También en aleaciones resistentes al desgaste. La exposición puede ocurrir por la inhalación de polvo y el humo en la elaboración de metales, molienda y soldadura.

Efectos en la salud- El cobalto puede afectar el pulmón, incluyendo irritación respiratoria, síntomas parecidos al asma, la fibrosis y la sensibilización. IARC ha clasificado el cobalto como posible carcinógeno (categoría 2B).

### 7.5.7 Cobre (Cu)

El cobre se utiliza ampliamente debido a su excelente conductividad térmica y eléctrica; por su resistencia a la corrosión y maleabilidad. Se usa en los productos eléctricos y electrónicos, en la mayoría de las industrias y edificios. Es útil en tuberías, aleaciones, en galvanoplastia y procesos en la fabricación de madera conservantes, pesticidas, fungicidas y herbicidas. La exposición al polvo de cobre y de humos por inhalación puede ocurrir durante el procesamiento de metales, molienda y soldadura.

Efectos en la salud- La exposición al cobre puede causar irritación de las mucosas nasales y de los ojos. Los humos de procesos en caliente como la soldadura pueden producir fiebre de los humos metálicos. Los síntomas incluyen reacciones similares a la gripe, y ocurren a menudo en el inicio de una semana o particularmente después de la exposición posterior a un período de ausencia como un día de fiesta. Los efectos suelen durar aproximadamente 48 horas.

### 7.5.8 Hierro (Fe)

El hierro forma la base de muchas aleaciones de hierro y acero. La exposición por inhalación de polvos y humos puede ocurrir durante el procesamiento de metales, molienda y soldadura.

Efectos en la salud- Los efectos principales de la inhalación crónica de altas concentraciones de hierro puede resultar en el desarrollo de una neumoconiosis benigna, llamada siderosis, que es observable como un cambio en los rayos X.

### 7.5.9 Plomo (Pb)

El plomo es un metal muy suave, altamente maleable que es muy resistente a la corrosión. En términos de higiene industrial dos categorías de compuestos de plomo son considerados; en primer lugar, el plomo y compuestos de plomo inorgánico y en segundo lugar, compuestos orgánicos de plomo.

El plomo es ampliamente utilizado en productos de metal, láminas de metal, soldaduras y pigmentos. También se usa con frecuencia como aditivo (plomo tetraetilo) en la gasolina. Otros usos del plomo se dan en las baterías, esmaltes de cerámica y de cristal de plomo.

La exposición al plomo y compuestos inorgánicos de plomo, por lo general se produce a través de la inhalación de polvo y humos de procesamiento de metales, molienda y soldadura. Niveles significativos de vapores de plomo se pueden producir a temperaturas por encima de aproximadamente 450°C. El plomo se absorbe fácilmente a través de los pulmones. La ingestión es también una posible vía de entrada, donde no se producen las normas de higiene.

Una vez en el cuerpo, el plomo se transporta por las células rojas de la sangre y se almacena principalmente en la médula ósea en donde interfiere con la producción de hemoglobina.

Los compuestos de plomo orgánico (principalmente plomo tetraetilo) se absorben en forma de vapor por inhalación y también son fácilmente absorbidos por la piel.

Efectos en la salud: De la exposición a los compuestos de plomo y plomo inorgánico, pueden derivarse una gama de efectos que incluyen: anemia, fatiga, pérdida de apetito, dolor abdominal, debilidad muscular y posible daño cerebral.

El plomo puede entrar en un feto a través de la placenta de la madre y causar graves daños en el sistema nervioso y el cerebro. Para las mujeres en edad reproductora, se requiere un control estricto de la exposición al plomo. Este metal también puede afectar la fertilidad masculina.

En cuanto a los compuestos orgánicos de plomo, los efectos sobre la salud están asociados con trastornos psiquiátricos como el insomnio, la hiperactividad y la manía.

### 7.5.10 Manganeso (Mn)

El manganeso se utiliza en la producción de una gama de aleaciones de acero, tales como aceros inoxidables, aceros para herramientas y aceros de alta temperatura. El manganeso se usa como refuerzo del acero. También se emplea en seco para baterías de celulares, vidrio y cerámica.

La exposición al manganeso es, generalmente, por inhalación de polvos y humos de la minería, procesamiento de metales, molienda y soldadura.

El óxido de manganeso puede causar irritación de la membrana respiratoria y mucosa. La absorción crónica de manganeso puede causar insomnio, confusión mental, fatiga y síntomas similares a la enfermedad de Parkinson”

### 7.5.11 Mercurio (Hg)

El mercurio es el único metal que es líquido a temperatura ambiente. Como tal, el vapor de mercurio puede estar a temperatura ambiente e incluso a temperaturas más altas pueden alcanzarse niveles significativos de vapor. Se utiliza como metal puro en los termómetros y barómetros, además se emplea en baterías, lámparas fluorescentes de vapor de mercurio, amalgamas y productos farmacéuticos.

La exposición al vapor de mercurio se da por inhalación (el mercurio metálico no se absorbe bien por ingestión). La exposición a las sales de mercurio suele ocurrir por la inhalación de polvo.

Efectos en la salud: los compuestos de mercurio orgánico tales como cloruro de mercurio de metilo son generalmente más tóxicos que las formas inorgánicas. La exposición crónica a todas las formas de mercurio puede causar daños en el cerebro, alteración del sistema nervioso central, trastornos neuro-psiquiátricos con síntomas que incluyen la neurosis y paranoia.

Alteraciones neuronales motoras y constricción del campo visual están comúnmente asociadas con compuestos orgánicos de mercurio.

### 7.5.12 Níquel (Ni)

El níquel (en forma de sulfuro) se extrae del mineral a través del proceso Mond. Como parte de este proceso, el níquel reacciona con monóxido de carbono para producir carbonilo de níquel (un carcinógeno conocido) como intermediario en la producción de níquel metal.

El níquel se utiliza en una gama de aleaciones de acero, incluyendo aceros inoxidables, también en baterías de níquel-cadmio, como un recubrimiento en galvanoplastia y en cerámica. La exposición al níquel es generalmente por inhalación de polvos y humos de procesamiento de metales, molienda y soldadura.

Efectos en la salud

- Agudos – dermatitis de contacto y sensibilización (“comezón de níquel”), El humos de óxido níquel puede causar neumonitis.
- Crónico - Cáncer de los senos nasales y cáncer de pulmón.

### 7.5.13 Vanadio (V)

El vanadio se utiliza en aleaciones de acero de alto rendimiento. El vanadio endurece la aleación y aumenta la maleabilidad de los productos. Además se utiliza en los catalizadores e insecticidas. El vanadio puede estar presente en altas concentraciones en algunos aceites crudos, esto puede conducir a la acumulación de vanadio en los residuos de caldera de gas oil.

La exposición al vanadio es generalmente por inhalación de polvos y humos de procesamiento de metales, molienda y soldadura.

Efectos en la salud

- Agudos- Puede causar irritación de los pulmones, membranas mucosas y trastornos gastrointestinales.
- Crónicos -bronquitis, lesiones de la piel, temblor severo y decoloración de la lengua.

### 7.5.14 Zinc (Zn)

El zinc se utiliza en galvanoplastia (acero galvanizado) y como un constituyente principal de latón (5 - 40% de). El cloruro de zinc se usa como un material de flujo. La exposición al zinc es generalmente por inhalación de polvos y humos en el procesamiento de metales, molienda y soldadura.

Efectos en la salud- Humos de procesos en caliente como la soldadura pueden producir fiebre de los humos metálicos. Los síntomas incluyen síntomas similares a la gripe que ocurren a menudo en el inicio de una semana o particularmente cuando la exposición se produce después de un período de ausencia como un día de fiesta. Los efectos suelen durar aproximadamente 48 horas.

El cloruro de zinc es corrosivo para la piel y los pulmones.

## 7.6 POLVOS Y MATERIAL PARTICULADO

Al igual que en las secciones anteriores, los siguientes ejemplos se usan para ilustrar algunas de las propiedades peligrosas y efectos sobre la salud de una selección de polvos y otros materiales particulados. No se pretende que sea una lista completa de la gama de sustancias que pueden estar presentes como un peligro significativo de polvo en la industria.

### 7.6.1 Sílice cristalina

La sílice cristalina (dióxido de silicio) es el compuesto más abundante en la corteza terrestre y es un contaminante en el aire común en muchas situaciones y procesos industriales.

La forma más común de la sílice cristalina es el cuarzo, aunque también puede aparecer como tridimita o cristobalita. Estos son menos comunes que el cuarzo, pero se considera que tienen un mayor potencial de causar fibrosis. La cristobalita puede formarse a partir de cuarzo a alta temperatura.

Bajo una exposición suficiente, la sílice cristalina puede causar silicosis, una neumoconiosis típica que se desarrolla después de años de exposición. Esta es una enfermedad crónica en la que se produce una reducción en la función pulmonar debido a la cicatrización del tejido pulmonar. Excepcionalmente una alta exposición puede causar silicosis aguda o acelerada en cuestión de meses, con insuficiencia pulmonar significativa o la muerte dentro de unos años. Además, existe un mayor riesgo de cáncer de pulmón en los pacientes con silicosis.

El tamaño de la fracción que genera mayor preocupación, es la fracción respirable (menos de 10 micrómetros) por la deposición de partículas que se ubican en la región alveolar de los pulmones. Las partículas respirables se forman cuando se perfora la roca que contiene sílice, durante el corte o trituración generando partículas más finas.

A continuación se relacionan diferentes tipos de materiales que contienen sílice y sus valores típicos:

- La arena y piedra arenisca > 90%
- Granito y pizarra Hasta 40%
- Arcillas 25%
- Caliza < 1%

Además de la minería y la explotación de canteras, la exposición a materiales que contienen sílice (como cuarzo) también puede ocurrir en una amplia gama de industrias. La arena se usa mucho como un material de molde en la fundición de metal y en otros procesos de fundición. Las concentraciones elevadas de polvo de sílice cristalina en el aire se pueden producir durante la eliminación del molde de arena, así como durante la limpieza de los residuos de arena de la pieza colada terminada.

La industria de la cerámica utiliza una gama de materias primas, donde la sílice cristalina puede estar presente en cantidades significativas, tales como arcilla, caolín, piedra y cuarzo. De hecho, la silicosis ha sido históricamente un problema importante en la industria de la cerámica. Los métodos mejorados de producción y la optimización de los controles han reducido la incidencia de esta enfermedad.



(Fuente: HSE LEV Trainer Adviser Briefing Days – reproducido con permiso)  
Figura 7.1 - Disco cortando un bloque de piedra

Los Hornos están revestidos con material refractario. Una gran cantidad de materiales refractarios se utilizan en la fabricación de metales, como en los altos hornos y otros tipos de hornos. Otras industrias donde se utilizan materiales refractarios incluyen gas, plantas de coque, cemento y cal, cerámica y vidrio.

Los materiales refractarios se producen a partir de una gama de materiales, algunos de los cuales pueden contener altos niveles de cuarzo. Ello constituye una preocupación particular, por lo que después de ser sometido a altas temperaturas, éste se puede convertir en cristobalita. La demolición y reemplazo de los revestimientos de los hornos presenta problemas por altos niveles de generación de polvo respirable.

### 7.6.2 Nanopartículas

“La nanotecnología es una amplia área interdisciplinaria de la investigación, el desarrollo y la actividad industrial que ha estado creciendo rápidamente en todo el mundo durante la última década. Es una agrupación multidisciplinar de procesos, materiales, aplicaciones y conceptos físicos, químicos, biológicos, de ingeniería y de electrónica, en los que la característica definitoria es el tamaño. Las nanopartículas son productos finales de una amplia variedad de procesos físicos, químicos y biológicos, algunos de los cuales son nuevos y radicalmente diferentes, mientras que otros son bastante comunes”.

(Fuente: HSE RR274 Nanopartículas: Una revisión higiene en el trabajo - Reproducido bajo los términos de uso de la licencia)

Los nanomateriales se definen generalmente como materiales en forma de partículas que tienen al menos una dimensión de menos de 100 nanómetros (nm). Un nanómetro es equivalente a 10<sup>-9</sup> metros. En comparación con un cabello humano es de aproximadamente 70.000 nm (70 micras) de ancho y una célula de la sangre es de aproximadamente 5.000 nm de ancho.

El pequeño tamaño de los nanomateriales les da propiedades fisicoquímicas específicas en comparación con los mismos materiales en la

escala macro. Esto ha llevado a un gran interés por su potencial de desarrollo para diferentes usos y productos.

A medida que el tamaño de las partículas se reduce, la proporción de átomos en la superficie, en comparación con los átomos en el grueso del material, aumenta drásticamente (es decir, tienen un área de superficie muy alta en relación al volumen). Se cree que este es uno de los principales factores que causan la diferencia entre las propiedades de los nanomateriales en comparación con los materiales a granel.

Además, el pequeño tamaño de las partículas hace que los macrófagos pulmonares no puedan ser capaces de detectarlos e interactuar con estos. Ellos son capaces de penetrar las membranas celulares y pueden depositarse en las células y ser transportadas alrededor del cuerpo y depositarse en órganos vulnerables.

Algunos ejemplos de nanomateriales incluyen:

- Nanoplatina - utilizado por sus propiedades antibacterianas.
- Nanopartículas de óxido metálico - las nanopartículas de dióxido de titanio en recubrimientos imprimen propiedades de autolimpieza; las nanopartículas de óxido de zinc tienen propiedades de bloqueo de radiación UV superiores en los protectores solares que su equivalente mayor.
- Nanotubos de carbono (CNT) - fibras livianas y excepcionalmente fuertes (resistencia a la tracción aproximadamente 50 veces mayor que el acero).
- Fullerenos (de los cuales 60 productos de carbono son tal vez los más conocidos) - estos tienen usos potenciales como lubricantes y conductores eléctricos.

Las nanopartículas presentan posibles peligros, tanto por los efectos potenciales para la salud de las personas, como también para el medio ambiente. Sin embargo, se reconoce que en la actualidad, el grado de conocimiento sobre el

alimentos. Estas se producen en el cuerpo y se secretan en el tracto digestivo; también se introducen en el sistema digestivo y en los propios alimentos.

Las enzimas digestivas incluyen la pepsina, lipasa, proteasa y amilasa. Estas y muchas otras enzimas pueden ser fabricadas y son ampliamente utilizadas industrialmente, en las fábricas de detergentes, de alimentos, de elaboración de cerveza, así como productos para complementos alimenticios.

Ejemplos de uso de enzimas incluyen la pectinasa utilizada para producir y clarificar los jugos de frutas, amilasa para romper la harina en azúcares solubles y la proteasa en la producción de queso y ablandamiento de la carne; esta última también se utiliza en detergentes para acelerar la descomposición de las proteínas en las manchas como sangre o huevo.

Todas las enzimas, siendo proteínas, son posibles alérgenos y pueden tener efectos particularmente graves si se inhalan en forma de polvo. Una vez que un individuo ha desarrollado una respuesta inmune, una posterior exposición puede provocar una respuesta severa y posiblemente fatal en una persona hipersensible. Los trabajadores de estas industrias que pueden estar expuestos a las enzimas deben ser examinados para alergias y problemas respiratorios.

Para minimizar la posibilidad de inhalación de polvo de enzima, algunos preparados enzimáticos secos han sido reemplazados por preparaciones líquidas. Cuando las preparaciones secas son requeridas en la formulación de detergentes basados en enzimas, los posibles problemas se han reducido mediante la encapsulación o la granulación de la enzima. Si el polvo seco de la enzima tiene que ser manejado y utilizado, esto debe ser llevado a cabo en sistemas cerrados.

Además de los problemas potenciales de la exposición a las enzimas en el entorno de fabricación, los usuarios finales de los productos que contienen enzimas tales como detergentes, deben ser conscientes de los posibles problemas y las respuestas alérgicas.

- Trabajadores de la industria de gomas industriales que pueden estar expuestos a altas cantidades de látex durante un período de tiempo prolongado.

Los guantes son los dispositivos que contienen más látex de caucho natural. El ejecutivo de salud y seguridad del Reino Unido ha declarado que:

“Los guantes desechables de látex (de caucho natural) se pueden utilizar solo una vez y, si es necesario, deben ser de bajo contenido en proteínas y libres de polvo”.

(Fuente: HSE Acerca de alergias al látex: - Reproducido bajo los términos de la licencia de uso)

En muchas situaciones de evaluación de riesgos se ha estudiado el contacto del guante con sangre o fluidos corporales (por ejemplo, en cirugía y cuidados especiales de salud, etc.) encontrando que los guantes de látex ofrecen la mejor protección contra los patógenos transmitidos por la sangre. Ellos son la mejor opción siempre que el trabajador y el paciente no están sensibilizados al látex. De lo contrario, no se deben utilizar guantes ni equipamiento de látex de caucho natural si aquellos están sensibilizados.

Los guantes de látex se utilizan a menudo en servicios de abastecimiento, servicios domésticos, industrias de motor, peluquería y otras industrias.

### 7.6.5 Encimas

Las enzimas son tipos específicos de proteínas que se producen en todas las células vivas. Hay dos tipos principales de enzimas: metabólicas y digestivas:

- Enzimas metabólicas: tienen la función de catalizar y regular las reacciones bioquímicas que se producen dentro de la célula. Estas se producen en el cuerpo, particularmente por el hígado y el páncreas.
- Enzimas digestivas: su función se orienta básicamente al proceso de la digestión, en el que se catalizan proteínas, grasas y carbohidratos de los

potencial para la salud y el medio ambiente de las nanopartículas está muy por detrás que el de la tasa de innovación.

Aparte de la falta de datos toxicológicos (en particular sobre los efectos crónicos) disponibles para muchos de los nanomateriales, también hay más dificultades para evaluar los riesgos de exposición. Se cree que la métrica más apropiada para la evaluación del riesgo de exposición por inhalación es el área de superficie de la partícula. Sin embargo, no existen actualmente métodos eficaces disponibles por los cuales el área superficial puede ser evaluada en el lugar de trabajo.

Enfoques iniciales han tomado los límites de exposición existentes y las han reducido por un factor de alrededor de 10, para tener en cuenta el potencial aumento de los riesgos y las considerables incertidumbres que existen.

El enfoque para el control de los nanomateriales también tiene que ser examinado, como aquellos basados en la filtración de partículas normales y se considera que incluso los filtros tipo HEPA puede que no sean adecuados o apropiados.

### 7.6.3 Emisiones de motores diésel

La emisión del motor diésel es una mezcla compleja de gases, vapores y partículas. Contiene productos de combustión que incluyen el carbono elemental, monóxido de carbono, aldehídos, dióxido de nitrógeno, dióxido de azufre y una amplia gama de diferentes productos orgánicos de degradación, incluyendo hidrocarburos aromáticos policíclicos. La mayoría de los contaminantes son absorbidos sobre las partículas de carbono elemental que, generalmente son de menos de 1 micra del tamaño que puede alcanzar los alvéolos.

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) considera las partículas de diésel como probablemente carcinógenas para los seres humanos. Además, investigaciones recientes han indicado que una serie de efectos adversos para la salud (no malignos) pueden ser inducidos después de la exposición excesiva a partículas diésel.

Los efectos agudos de las emisiones del motor Diesel incluyen irritación de la nariz, los ojos y las vías respiratorias, así como dolor de cabeza y fatiga. Los efectos crónicos pueden incluir la bronquitis y disminución de las funciones de las vías respiratorias; también puede exacerbar los síntomas de asma.

### 7.6.4 Látex

El látex de caucho natural (NRL) es un líquido lechoso obtenido del árbol de caucho. Al igual que muchos productos naturales, contiene proteínas a las que algunas personas pueden desarrollar una alergia. Hay dos tipos de alergia asociada con látex: Tipo I - causado por las proteínas naturales y, Tipo IV - causado por algunos de los productos químicos (en su mayoría) aceleradores utilizados en la conversión del látex de caucho natural a un artículo utilizable.

Las principales categorías de trabajadores con mayor riesgo de alergia al látex son los siguientes:

- Trabajadores de la salud (por ejemplo, los cirujanos, enfermeras, dentistas, trabajadores de laboratorio, etc.) - el uso generalizado de los guantes a base de látex presiente problemas particulares en este sector.
- Trabajadores expuestos a los guantes de látex (por ejemplo, mecánica de automóviles, de restauración y de oficios de electrónica )

### 7.6.6 Harina y otros componentes de los alimentos

Los alimentos y otros componentes alimentarios pueden provocar reacciones alérgicas en personas. Los ejemplos incluyen:

- Harina
- Polvo de granos
- Polvo de panadería
- Proteína del huevo
- Proteína de pescado

La harina es un material polvoriento fino, que se utiliza ampliamente en la industria alimentaria y conlleva una serie de riesgos para la salud (estando en el aire como polvo, puede ser inhalado). Efectos en la salud incluyen rinitis, asma ocupacional y dermatitis. La respuesta alérgica ocurre por la harina en sí misma, la enzima amilasa u otros ingredientes como el polvo de huevo.

Aparte de los riesgos de salud descritos anteriormente, los polvos finos como el polvo de harina pueden representar un riesgo de explosión, si hay presencia en altas concentraciones.

## 7.7 Fibras minerales

### 7.7.1 Asbesto

Asbesto es el término utilizado para un grupo de minerales naturales de un silicato hidratado, con demostrada utilidad comercial. El término amianto se aplica a seis de dichos minerales, que se pueden agrupar en dos categorías principales:

- Grupo Serpentina
  - o El crisotilo (Asbesto blanco).
- Anfibolitas
  - o Amosita (Asbesto marrón).
  - o La crocidolita (Asbesto azul).
  - o Antofilita, tremolita y actinolita.

Las primeras tres formas son las que han sido ampliamente utilizadas. El asbesto está fácilmente disponible, es barato para extraer e ideal para muchos fines de fabricación. Sus principales propiedades son fuerza, resistencia química, flexibilidad, incombustibilidad y buen aislamiento térmico y eléctrico.

Las propiedades útiles están dirigidas a una amplia gama de aplicaciones y productos distribuidos en edificios, vehículos y artículos domésticos e industriales. Estos productos incluyen

- o Tuberías
- o Revestimientos Aislamiento térmico, acústico y en la protección contra incendios de techos y estructuras de acero.
- o Placas aislantes - protección contra incendios como paneles de pared y de techo y como paneles de revestimiento en conductos y huecos de ascensor.
- o Asbesto y cemento - chapa ondulada o plana, tuberías de aguas pluviales, alcantarillas, azulejos, revestimientos, chimeneas, etc.



(Fuente: Gully Howard Technical Ltd)  
Figura 7.2 - Aislamiento para tuberías y acumuladores



(Fuente: Gully Howard Technical Ltd)  
Figura 7.3 - Aislamiento para tuberías y acumuladores

Otros usos incluyen materiales de fricción, ropa de protección, aislamiento, baldosas.

Riesgos para La Salud- En el Reino Unido, un país que ha utilizado el asbesto ampliamente para la protección contra incendios, aislamiento térmico y materiales de construcción, alrededor de 4.000 personas mueren cada año por enfermedades relacionadas con este mineral (se prevé que para el 2015, esta cifra podría aumentar entre 6000 y 8000 al año).

El asbesto es un riesgo para la salud en situaciones en las que pueda entrar en los pulmones. Esto puede ocurrir si las fibras suspendidas en el aire son inhaladas.

El asbesto se puede dividir longitudinalmente en fibras más finas. Las tres principales enfermedades asociadas con la exposición al asbesto son la asbestosis, mesotelioma y cáncer de pulmón.

Asbestosis – Es una neumoconiosis fibrótica que causa una pérdida progresiva de la elasticidad y la función pulmonar. Sólo se produce en las personas expuestas a grandes cantidades de asbesto, normalmente durante muchos años. Las finas fibras no se eliminan fácilmente y dañan las células llegando a la formación de tejido cicatrizal o fibrosis.

Cáncer de pulmón- El riesgo de desarrollo de cáncer de pulmón se incrementa para las personas que fuman y para las personas que están expuestas al asbesto, donde los riesgos aumentan considerablemente - es decir tienen una acción sinérgica.

Mesotelioma- Un tumor maligno en la pleura (tejido que recubre los pulmones) o más raramente en el peritoneo (revestimiento de la cavidad abdominal). El mesotelioma puede desarrollarse en cualquier momento de 15 a 50 años después de la primera exposición al amianto. No se conoce ningún nivel seguro – los asbestos tipo azul y marrón están particularmente implicados en la ocurrencia de mesotelioma – para el asbesto blanco el riesgo es menor.

En el pasado, los grupos más expuestos correspondían a los sectores de fabricación e importación de productos con asbesto. Los trabajadores que se consideran en mayor riesgo ahora, son los que pueden tener relación con las fibras a través de operaciones de reparación, mantenimiento y obras de rehabilitación en edificios.

Debido a los riesgos de salud asociados con asbesto, otros materiales están siendo utilizados lentamente como sustitutos. Para controlar los riesgos derivados del uso de asbesto se deben establecer en los lugares de trabajo protocolos confiables para identificar, evaluar y gestionar el control de la exposición de los trabajadores y público en general.

## 7.7.2 Fibras minerales artificiales (FMA)

Se sabe que las fibras de asbesto pueden causar una variedad de efectos en la salud incluyendo la fibrosis y el cáncer de pulmón y la pleura. Como no se han desarrollado sustitutos del asbesto, se plantean preocupaciones con respecto a los posibles efectos sobre la salud causados por los materiales fibrosos sintéticos.

Las fibras vítreas sintéticas, a menudo llamadas "fibras minerales artificiales" (FMA) incluyen fibras continuas de vidrio, lanas aislantes de fibra de vidrio, de roca o escoria, y fibras de cerámica refractaria, que generalmente son silicatos de aluminio.

Por lo general, las fibras de vidrio se utilizan para reforzar otros materiales tales como plásticos. Las lanas aislantes se utilizan principalmente como aislante térmico y acústico. Las fibras cerámicas refractarias se utilizan especialmente en productos de aislamiento de alta temperatura.

**Fabricación de fibra vítrea sintética-** Las fibras de vidrio son filamentos finos, de diámetro casi uniforme, producidos por extrusión de vidrio fundido a través de agujeros de pequeño diámetro. Sus diámetros son relativamente grandes (por lo general de 5 a 15 micras o mayor) en comparación con los de las lanas aislantes. Estos grandes diámetros, junto con la estrecha gama de diámetros producidos durante la fabricación, disminuyen muchos efectos respiratorios crónicos potenciales, ya que las fibras son demasiado grandes para ser inhaladas en el tracto respiratorio inferior.

Las lanas aislantes y fibras cerámicas refractarias se hacen en procesos en los que cae el material fundido sobre cualquiera de una serie de discos giratorios o ruedas, o material fundido

apagado por soplado con vapor o gases calientes. Estos métodos dan lugar a la producción de fibras con una gama de diámetros mucho más amplia que la de los filamentos continuos. Todas las lanas aislantes y fibras cerámicas contendrán algunas fibras con diámetros de menos de 3 micras que podrían convertirse en respirable.

**Efectos en la salud de las fibras vítreas sintéticas** - Existe una preocupación particular asociada a que los materiales fibrosos sintéticos utilizados como un reemplazo para el asbesto, puedan producir efectos similares a los asbestos, si tienen un tamaño comparable.

La Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) en 1988 había clasificado originalmente la lana de vidrio, lana de roca y lana de escoria en el Grupo 2B (posiblemente carcinogénico para los humanos) basado en evidencias insuficientes de carcinogenicidad en humanos y suficiente evidencia de carcinogenicidad en animales de experimentación. También clasificó los filamentos de vidrio continuo en el Grupo 3 (no clasificable como cancerígeno para los seres humanos sobre la base de carcinogenicidad inadecuada en los estudios en humanos y animales de experimentación).

En el año 2001 se realizó una revisión como resultado de nuevas investigaciones y pruebas, clasificando la lana de roca, lana de vidrio aislante, lana de escoria y el filamento de vidrio continuo en el Grupo 3 "debido a la evidencia inadecuada de carcinogenicidad en humanos", junto con su relativamente baja biopersistencia, mientras que las fibras cerámicas refractarias y algunas lanas de vidrio para usos especiales (no utilizados en el aislamiento materiales) se han colocado en el Grupo 2B debido a su aparente alta biopersistencia.

La exposición ocupacional a fibras vítreas sintéticas puede causar irritación aguda de la piel, los ojos y el tracto respiratorio

superior ocasionando congestión nasal, dolor de garganta y tos. Los síntomas generalmente desaparecen poco después de cesar la exposición.

La exposición a las fibras en el aire suelen ser bien controladas durante la fabricación de productos de fibras vítreas sintéticas. Sin embargo, otras tareas como el aislamiento, la construcción y las actividades de remoción pueden generar altos niveles de fibra. Las concentraciones de fibras generadas dependen de que tan confinada este el área de trabajo, así como de la duración y tipo de trabajo.



(Fuente: Steve Bailey - reproducido con permiso)  
Figura 7.4 - Rellenando un horno con fibra cerámica refractaria



(Fuente: Steve Bailey - reproducido con permiso)  
Figura 7.5 Rellenando un horno con fibra cerámica refractaria

La demolición de hornos y trabajos con fibras sintéticas vítreas puede presentar problemas particulares con algunos productos de fibra cerámica refractaria, donde estos productos se han calentado a temperaturas por encima de aproximadamente 1000 oC. A estas temperaturas, estos materiales pueden someterse a conversión parcial en cristobalita (una forma cristalina de sílice que es peligrosa por inhalación).

## 8. PROCESOS INDUSTRIALES COMUNES

### 8.1 INTRODUCCIÓN

Una amplia gama de procesos industriales utilizan y producen sustancias peligrosas. En las siguientes secciones se describen brevemente una serie de procesos comunes. El propósito de ello es ilustrar situaciones típicas de exposición y las formas en las que ocurre generalmente la exposición a sustancias peligrosas.

No pretende ser una lista exhaustiva de los procesos industriales, ni tiene por objeto identificar todos los posibles peligros que puedan estar presentes en los procesos particulares. La gama de procesos seleccionados ha sido elegida para cubrir algunos sectores de la industria y debe proporcionar al estudiante una visión general de muchos de los riesgos laborales más frecuentes.

### 8.2 MANIPULACIÓN DE MATERIALES

La siguiente sección examina brevemente una serie de operaciones de manejo de sólidos y líquidos. Estas operaciones de manejo se encuentran en muchas industrias (por ejemplo, pinturas, tintas, pesticidas, productos farmacéuticos, polímeros, productos químicos, minería, agricultura, etc.) y a menudo son fuente de exposición a sustancias peligrosas.

Según las buenas prácticas de higiene industrial, la atención siempre debe orientarse a la prevención de la exposición. Esto puede darse por eliminación o sustitución de la sustancia por un

material menos peligroso. Cuando esto no es factible, para lograr el control adecuado se requerirá de una combinación de ingeniería, procesos y controles operativos, instrucción y formación. En muchas operaciones, la ventilación local puede ser necesaria, y como último recurso, puede necesitar de todo lo anterior complementándose con el uso de equipo de protección personal.

#### 8.2.1 Manejo de sólidos y polvos

La generación de polvo en condiciones normales de trabajo depende esencialmente del movimiento de estos materiales. Ello puede ocurrir en todas las etapas del proceso de entrega del material a la fábrica a través de varias transferencias, pesaje, tamizado, operaciones de llenado y mezcla.

**Selección de materiales.** En algunas situaciones, la generación de polvo puede ser reducida o eliminada mediante el uso de una sustancia que contiene pequeñas cantidades de un aglutinante. Además, el material puede ser suministrado en forma de pellets, gránulos o escamas que son menos susceptibles de generar polvo en el aire. También pueden estar disponibles en formas libres, como por ejemplo pastas o polvos dispersos en líquidos. Todas estas opciones dependen de si la forma en la que se presenta la sustancia, es compatible con los requisitos del proceso.

**Suministro de polvo a granel y transferencia** – Grandes cantidades de material a granel pueden suministrarse en camiones o vagones cisterna a granel

o en envases de almacenamiento, que luego se descargan en silos. La entrega en tanques por transporte neumático es eficiente y limpio. Sin embargo, depende de la calidad de las juntas entre la cisterna y el punto de descarga, y entre la bandeja de tela y el silo. Estos sellos y la necesidad de conductos flexibles deben mantenerse en buenas condiciones para evitar fugas.

La alimentación directa de materiales a granel desde silos de almacenamiento de la mezcla, puede evitar la necesidad de manejar el polvo. Aunque generalmente estos sistemas son totalmente cerrados, puede requerirse la incorporación de rejillas de ventilación para tener en cuenta el aire desplazado durante el llenado del silo y la transferencia de polvo. Este aire desplazado que contiene altos niveles de polvo en el aire, debe ser limpiado antes de la descarga.

La transferencia de polvo a granel a menudo se realiza moviendo los sistemas de transporte de la correa. Esto por lo general implica una serie de puntos de transferencia en los que el polvo puede pasar al aire.

La cantidad de polvo generado se puede minimizar mediante la reducción de la altura de la caída de la cinta transportadora a un mínimo y mediante la reducción de las corrientes de aire cruzadas. Los puntos de transferencia podrían ser parcialmente cerrados con ventilación local incorporada.

Los materiales a granel también pueden ser entregados en bolsas de papel o plástico; recipientes para granel, tales como totes de aluminio o sacos de poliuretano. Siempre que se transfieran, manipulen o utilicen materiales polvorientos, pueden ocurrir derrames. Es importante que haya un buen nivel de limpieza para minimizar la exposición y contaminación. Los métodos de limpieza en húmedo y el uso de aspiradoras industriales son preferibles al uso de cepillos, que harán que los depósitos de polvo asentado se dispersen en el aire.



Fuente: Steve Bailey - Reproducido con permiso)  
Figura 8.1 - Bolsa que contiene carbonato de sodio

Generación de polvo en los procesos de manejo de materiales

La generación de polvo puede ocurrir en un número de diferentes procesos, incluyendo pesaje, tamizado, carga (llenado) de tanque y de mezcla (formulación). Siempre los contenedores se cargan o llenan con polvos, el aire es desplazado desde el recipiente que va a contenerlo, generando neblinas de polvo, con lo cual puede ser necesaria la incorporación de sistemas de ventilación local.



(Fuente: Steve Bailey - Reproducido con permiso)  
Figura 8.2 - Carga manual del mezclador abierto de tambor

## 8.3 TRABAJANDO CON METALES

Existe una gama de diferentes técnicas que se pueden usar para procesar y fabricar productos de metal. Esto incluye la molienda, mecanizado, soldadura de metales y aleaciones metálicas.

### 8.3.1 Pulido

El Pulido implica el uso de un abrasivo que se une a una pieza de trabajo para corregir sus dimensiones, quitar las imperfecciones o aumentar la suavidad de una superficie. Algunos abrasivos naturales, por ejemplo, de diamantes y piedra arenisca han sido sustituidos en gran medida por abrasivos artificiales; como el óxido de aluminio, carburo de silicio (carburundo) y diamantes sintéticos.

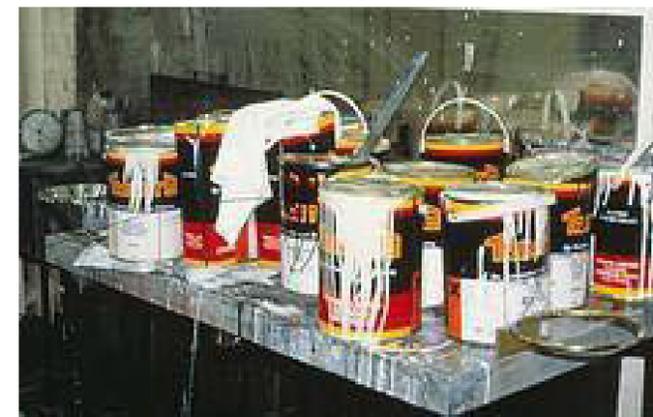


(Fuente: HSE: Trabajando con ruido y vibración mano-brazo 2008 - Reproducido bajo los términos de la licencia de Uso)  
Figura 8.5 - Afilado

La exposición a los líquidos también puede ocurrir cuando las tuberías y recipientes necesitan limpieza o mantenimiento. Los sistemas deben estar en su lugar para asegurar que se purguen efectivamente de materiales peligrosos antes del trabajo.

Muchos contenedores se cargan o llenan de líquidos, como ocurre con los disolventes; el aire que se desplaza desde estos contenedores puede estar cargado de vapores mientras se lleva a cabo la operación. En función de las cantidades y la toxicidad de estos líquidos, puede ser necesaria la incorporación de sistemas de ventilación local.

Deben tomarse precauciones cada vez que los líquidos se transfieren entre recipientes, para minimizar la posibilidad de derrames y salpicaduras. Otras precauciones simples como el uso de recipientes con tapa y el cerrado adecuado de los mismos, pueden reducir las exposiciones a los vapores procedentes de los líquidos.



(Fuente: Steve Bailey - reproducido con permiso)  
Figura 8.4 - Banco de Pintura - tarros abiertos y trapos empapados en solventes pueden ser una fuente de exposición.

Un problema potencial común es la apertura y vaciado de bolsas que contienen polvos. El uso del cerrado automatizado en plantas de manipulación de bolsas, puede reducir significativamente la exposición al polvo. Los sistemas están disponibles para que las bolsas vacías sean automáticamente abiertas, empacadas y selladas hasta el embalaje final.

El pesaje de ingredientes de mezcla, también puede llevarse a cabo de forma automática en un sistema cerrado, sin embargo, si se requiere pesaje manual puede ser apropiado el uso de cabinas ventiladas o cabinas de flujo laminar en caso de sustancias peligrosas.

En muchos casos se requiere el tamizado de algunos productos para reducir los aglomerados o asegurar que sólo productos de un determinado intervalo de tamaño deben seleccionarse. En estos casos si el proceso no está completamente cerrado, por lo general se necesita ventilación local.

La acción vibratoria es de uso frecuente y el aseo y mantenimiento de tamices, juntas y conexiones es muy importante.

## 8.2.2 Manejo de líquidos

Al igual que con los sólidos, las exposiciones a los líquidos y sus vapores, pueden ocurrir en una serie de operaciones comunes. Líquidos a granel pueden ser suministrados en camiones o vagones cisterna o en tambores que pueden transferirse a tanques de almacenamiento. El traslado desde camiones cisterna por transferencia cerrada, es eficiente y limpia; sin embargo, su eficiencia depende de la calidad de las juntas entre la cisterna y el punto de descarga. Estos sellos, las tuberías y mangueras deben mantenerse en buenas condiciones para evitar fugas. Los sellos y juntas de tuberías, válvulas y bombas también deben mantenerse en buenas condiciones para evitar fugas y emisiones fugitivas.

La alimentación directa de los líquidos de los tanques de almacenamiento hasta el punto de uso puede evitar la necesidad de entrar en contacto con el líquido. Aunque generalmente estos sistemas son totalmente cerrados, puede necesitarse de la incorporación de rejillas de ventilación, teniendo en cuenta el aire desplazado durante el llenado del tanque o contenedor. Este aire desplazado puede contener altos niveles de vapor de disolvente que debe ser recuperado o capturado usando ventilación local.



(Fuente: Steve Bailey - Reproducido con permiso)  
Figura 8.3 - Entrega de metanol a través de cisterna

Una variedad de herramientas se pueden utilizar para llevar a cabo la operación de Pulido como por ejemplo muelas, discos y cinturones abrasivos.

Históricamente se ha reportado una alta incidencia de silicosis por el uso de ruedas de pulido de piedra arenisca. Ahora, las muelas modernas son elaboradas con corindón (un óxido de aluminio) y no contienen cantidades significativas de sílice cristalina. Sin embargo, el polvo de sílice todavía se usa en materiales de la corteza terrestre, por ejemplo, residuos de arena en fundiciones de arena. Se requiere una ventilación de extracción local para la mayoría de las operaciones de pulido, lijado y acabado.



(Fuente: Steve Bailey - Reproducido con permiso)  
Figura 8.6 - Afilado

Además de los riesgos de la inhalación de polvo en el aire, las operaciones de pulido también pueden generar altos niveles de ruido y niveles, posiblemente significativos, de vibraciones que conducen a un riesgo de síndrome de vibración mano-brazo (HAVS), también conocido como "dedo blanco".

### 8.3.2 Maquinado de metales

El mecanizado de productos metálicos se lleva a cabo usando una variedad de máquinas incluyendo tornos, taladros y sierras. Estos procesos generalmente producen partículas de metal relativamente grandes, por lo que la generación de polvo en el aire es baja. Procesos de rectificado, sin embargo, producen polvo más fino y por lo tanto generan mayor preocupación al respecto. El principal peligro para la salud de mecanizado se relaciona con fluidos que lubrican y enfrían el proceso.

Los fluidos de corte utilizados son de tres tipos:

- Hidrocarburos - Aceites minerales de diferentes viscosidades que se utilizan con aditivos para proporcionar características específicas.
- Aceites solubles – Son fluidos de corte, solubles en agua, que contienen emulsionantes y aditivos e incluyen inhibidores de la herrumbre y bactericidas. Ellos se diluyen con agua en proporciones variables, antes de ser utilizados.
- Fluidos sintéticos – Fluidos de corte, son soluciones de base sin petróleo, aditivos y agua.

La exposición a los fluidos de corte durante el trabajo o mantenimiento, puede causar dermatitis de contacto. Fluidos de corte a base de agua pueden contener bacterias y causar infecciones, y los emulsionantes pueden disolver las grasas de la piel. La foliculitis puede ocurrir con la exposición prolongada a fluidos de corte a base de aceite. La dermatitis se controla mejor mediante buenas prácticas de higiene y minimizar la exposición.

La exposición ocupacional a neblinas de aceite y aerosoles pueden causar una variedad de efectos respiratorios, como asma, bronquitis crónica y problemas pulmonares.

### 8.3.3 Soldadura y corte térmico

Soldadura es un término genérico que se refiere al proceso por el cual los metales se unen entre sí. Esto se logra mediante la fusión del metal en el área a soldar y la adición de un material de relleno para formar un charco de metal fundido que se solidifica al enfriarse para formar una unión fuerte. Las fuentes comunes de calor son:

- Una llama de gas producida por la combustión de gas combustible tal como acetileno o propano con aire u oxígeno.
- Un arco eléctrico, creado entre un electrodo y una pieza de trabajo o entre dos electrodos.
- Por resistencia al paso de la corriente eléctrica.

Soldadura a gas - Generalmente utiliza una combinación de oxígeno y acetileno. El gas alimenta a un soplete de mano para producir una llama. El calor funde las caras metálicas de las partes a ser unidas, haciendo que fluyan juntos. Se añade por lo general un metal de relleno o de aleación con un punto de fusión más bajo que las piezas a unir. Se utilizan fundentes químicos para evitar la oxidación y facilitar el proceso de soldadura.

Soldadura por arco - Una corriente eléctrica se utiliza para iniciar un arco entre un electrodo conectado a un suministro eléctrico y los materiales a soldar. El arco puede generar temperaturas de hasta aproximadamente 4000°C cuando las piezas a soldar se funden.

Al igual que con la soldadura a gas un metal de relleno o de aleación se añade a la articulación. Esto se puede conseguir mediante la fusión del electrodo (proceso de electrodo consumible) o mediante la fusión de una varilla de relleno separada que no conduce la corriente eléctrica (proceso de electrodo no consumible).

Para asegurar una soldadura fuerte es vital que el área del proceso esté protegida de la atmósfera con el fin de evitar la oxidación y minimizar la contaminación. Las dos formas principales de que esta protección se pueda lograr son, por el uso de un fundente o mediante el escudo de un gas inerte.



(Fuente: Steve Bailey - reproducido con permiso)  
Figura 8.7 - Soldadura de arco

En la soldadura de arco, el electrodo consumible se compone de un núcleo de metal rodeado por el fundente, como un recubrimiento. El núcleo electrodo de metal actúa como el material de relleno para la soldadura. El revestimiento de fundente también se derrite y cubre el metal fundido con escoria o a través de la generación de dióxido de carbono en la zona de soldadura creando una atmósfera protectora.

En la soldadura por arco con gas protector, una manta de gas inerte (por ejemplo argón, helio, nitrógeno o dióxido de carbono) sella la atmósfera y evita la oxidación y la contaminación durante el proceso de soldadura. Los dos tipos más comunes de soldadura por arco protegida con gas son la soldadura con gas inerte (MIG) a veces conocida como soldadura por arco metálico con gas (GMAW) y gas inerte de tungsteno (TIG).

Soldadura por resistencia - Se utiliza el calor generado por la resistencia al paso de una corriente eléctrica de alta a través de los componentes a soldar. El calor generado en la interfaz entre los componentes los lleva a las temperaturas de soldadura, formándose en estos puntos una pequeña piscina de metal fundido.

Un tipo común de soldadura por resistencia es la soldadura por puntos, donde dos electrodos sujetan simultáneamente las láminas entre sí y la corriente eléctrica pasa a través de las hojas. Se aplica ampliamente por robots industriales como en la fabricación de automóviles.

Riesgos para la salud de la soldadura

- Los contaminantes aerotransportados (incluidos los humos y gases) de soldadura y corte con llama surgen de una variedad de fuentes:

- Por el metal que se está soldando, el metal en la varilla de relleno o de los componentes del acero (por ejemplo, níquel o cromo).
- Por cualquier recubrimiento metálico en el artículo que se está soldando (por ejemplo, zinc y cadmio o metales plateados).
- Por pinturas, grasa o suciedad en el artículo soldado (por ejemplo monóxido de carbono, dióxido de carbono y otros productos irritantes de descomposición).
- Del fundente que recubre la varilla de relleno (por ejemplo, fluoruro inorgánico).
- Acción del calor o de la luz ultravioleta en el aire circundante (por ejemplo, dióxido de nitrógeno, ozono) o de hidrocarburos clorados (por ejemplo, fosgeno).
- Gas inerte utilizado como escudo (por ejemplo, dióxido de carbono, helio, argón).

Los humos y gases deben eliminarse en su origen, utilizando ventilación de extracción local. En aquellos sitios y situaciones donde la exposición se considere más baja o no sea posible la ventilación local es necesario el uso de los elementos de protección respiratoria.

Puede presentarse riesgos adicionales cuando la soldadura se realiza en espacios confinados tales como tanques y buques siendo la ventilación del espacio confinado muy importante para eliminar los contaminantes producidos por la soldadura y también para mantener los niveles de oxígeno suficientes. La soldadura de gas consume oxígeno como parte del proceso y el gas de soldadura de arco blindado introduce gases inertes que pueden desplazar el oxígeno en el espacio. La entrada al espacio sólo debe permitirse después de que la zona haya sido certificada como segura, como parte de un sistema de permiso de trabajo.

La fiebre de humos metálicos se asocia con la exposición a vapores de óxido de zinc o de óxido de cobre que pueden ocurrir en áreas como la fundición de latón y soldadura de acero (galvanizado). Es un efecto agudo que puede ocurrir dentro de unas pocas horas de exposición. Los síntomas gripales son tos, náuseas y escalofríos y fiebre. La recuperación suele ser completa de un día o dos. Afecta especialmente a los nuevos trabajadores y las personas que regresan al trabajo después de un receso.

Además de los peligros químicos, otros riesgos físicos son propensos a estar presentes. Altos niveles de ruido se pueden generar en varios procesos de soldadura. La intensa luz ultravioleta es emitida por la soldadura por arco eléctrico; incluso la exposición momentánea a la radiación ultravioleta puede producir una conjuntivitis dolorosa (fotokeratitis) conocido como "ojo de arco". La exposición a la soldadura se evita mediante el uso de viseras o gafas que impiden el paso de la luz ultravioleta y a través del uso de pantallas para evitar la exposición de otros en la zona. Los altos niveles de radiación infrarroja pueden ser producidos a partir de las principales superficies calientes a posibles problemas de estrés térmico.

La siguiente tabla resume los principales tipos de soldadura y cualquier riesgo específico para la salud.

Tabla 8.1 Principales tipos de soldadura y riesgos específicos para la salud

Tipo de soldadura	Descripción	Peligros específicos para la salud
<b>Soldadura de gas y corte</b>		
Soldadura a gas	La llama funde la superficie del metal y la varilla de relleno para formar una junta	Humos de metal, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono
Corte a gas	El metal es calentado por una llama y se dirige sobre el punto de corte y se mueve a lo largo de la línea a cortar	Humos metálicos, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono
<b>Soldadura por arco protegido con fundente</b>		
Soldadura por arco metálico (MMA)	Usa un electrodo consumible que consiste en un núcleo de metal rodeado por un revestimiento de fundente	Humos metal, fluoruros, radiación ultravioleta; ozono, dióxido de nitrógeno
Soldadura por arco sumergido (SAW)	Usa un electrodo de alambre de metal consumible. Fundente granulado se deposita sobre la pieza de trabajo, que se funde para producir un escudo protector en la zona de soldadura.	Humos metálicos, fluoruros, radiación ultravioleta, ozono, dióxido de nitrógeno
<b>Soldadura por arco protegido con gas</b>		
Metal gas inerte (MIG); soldadura por arco metálico con gas (GMAW)	Usa un electrodo de alambre de metal consumible de composición similar a la del metal de soldadura. El alambre se alimenta continuamente al arco.	Humos de metal, radiación ultravioleta, ozono, dióxido de nitrógeno.
Tungsteno gas inerte (TIG); soldadura por arco de tungsteno con gas (GTAW)	El electrodo de tungsteno no es consumible y el metal de relleno se introduce como un consumible en el arco manualmente.	Humos metal, radiación ultravioleta, ozono, dióxido de nitrógeno, potencial de acumulación de gas inerte
<b>Soldadura por resistencia eléctrica</b>		
Soldadura por resistencia (punto, costura, proyección o soldadura a tope)	Corriente eléctrica de alta a baja tensión fluye a través de los componentes de los electrodos de generación de calor en la interfase. El calor y la presión por los electrodos producen una soldadura. No se utiliza metal fundente o relleno.	Humos metálicos, ozono

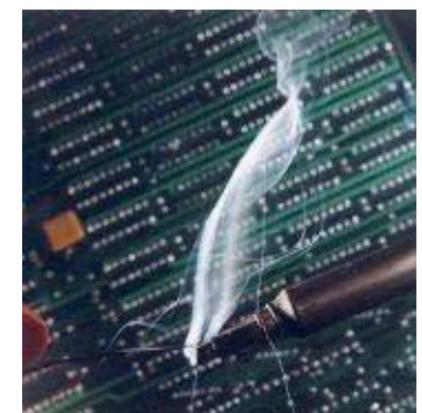
La soldadura blanda y la soldadura fuerte se distinguen una de la otra en que la primera se realiza a temperaturas por debajo de 450°C, mientras que la soldadura fuerte se lleva a cabo a temperaturas superiores a 450°C.

Los riesgos para la salud dependen del metal o aleaciones a ser fundidas y el tipo de fundente usado. La soldadura blanda, a base de aleación de plomo / estaño, se utiliza ampliamente en las industrias eléctrica y electrónica para hacer las conexiones eléctricas.



(Fuente: Steve Bailey - reproducido con permiso)  
Figura 8.11 – Soldadura blanda

Teniendo en cuenta que la soldadura blanda se lleva a cabo a temperaturas bajas, los vapores de metal son generalmente de poco interés. El riesgo principal para la salud de esta soldadura son los productos de descomposición del fundente. Este es comúnmente a base de colofonia siendo estossensibilizantes respiratorios potentes.



(Fuente: evaluación de humos de soldadura con núcleo de colofonia HSE: Laboratorio de Salud y Seguridad -reproducido bajo los términos de la licencia de uso)  
Figura 8.12 · Humos de soldadura blanda

## 8.4 RECUBRIMIENTO DE SUPERFICIES Y TRATAMIENTO DE METALES

Hay una amplia variedad de técnicas para el acabado de las superficies de los productos de metal, de manera que resistan la corrosión, encajar bien o presentar mejor apariencia, incluyendo pulido electrolítico, galvanoplastia, anodizado y galvanizado. En este texto sólo será examinada la galvanoplastia y galvanización.

Antes de emprender el trabajo de galvanoplastia el producto metálico debe limpiarse a fondo. Se pueden utilizar distintos métodos de limpieza como por ejemplo la trituración mecánica, desengrasado con vapor, lavado con disolventes orgánicos, “decapado” en soluciones ácidas o alcalinas concentradas y desengrase electrolítico.

### 8.4.1 Electroplateado y galvanizado

La galvanoplastia es un proceso electroquímico utilizado para aplicar una capa metálica a un producto, por ejemplo níquel para proteger contra la corrosión o cromo para mejorar las propiedades de la superficie. El producto, conectado como cátodo, y un ánodo del metal a depositar se sumergen en una solución de electrolito (que puede ser ácida, alcalina o alcalino con sales de cianuro) y se conecta a la corriente directa.



(Fuente: Steve Bailey - reproducido con permiso)  
Figura 8.9 · Baño galvánico con jabón detergente

Los iones metálicos cargados positivamente migran desde el ánodo de metal al cátodo, donde reducen al metal y se depositan como una capa delgada. Esto continúa hasta que el nuevo recubrimiento alcance el espesor deseado, y a continuación el producto se lava, se seca y policha.



(Fuente: Steve Bailey - reproducido con permiso)  
Figura 8.10 – Baño galvánico con sistema de ventilación local exhaustiva

La galvanización aplica un recubrimiento de zinc a una variedad de productos de acero para proteger contra la corrosión. Una vez más, es importante tener en cuenta que el producto debe estar limpio y libre de óxido antes de su procesamiento con el fin de que el revestimiento se adhiera correctamente. Esto implica generalmente un número de procesos de limpieza o de recocido antes de que el producto entre en el baño de galvanización.

Riesgos químicos de galvanoplastia y galvanización  
· Las soluciones alcalinas y ácidas calentadas utilizadas en la limpieza y tratamientos de metales son corrosivos. Pueden causar quemaduras e irritación en la piel y las membranas mucosas y los ojos.

El ácido nítrico y ácido fluorhídrico son un problema particular en caso de inhalación, ya que puede pasar muchas horas antes de que los efectos sobre los pulmones se hagan evidentes. La neumonitis y edema pulmonar (potencialmente mortal), pueden aparecer más tarde en un trabajador que haya sufrido poco efecto inicial de la exposición. El contacto de la piel con ácido fluorhídrico puede causar quemaduras graves sin que el dolor se presente durante varias horas.

Baños que contienen soluciones de cianuro se utilizan con frecuencia en el desengrase electrolítico y galvanoplastia. Si los cianuros reaccionan con un ácido puede generarse cianuro de hidrógeno. Pueden resultar exposiciones fatales por la absorción de la piel o ingestión de cianuros.

Compuestos cromo y de níquel se utilizan en galvanoplastia. Los compuestos de cromo están presentes por lo general en forma de ácido crómico, donde el cromo está en su estado hexavalente. Esto puede causar quemaduras y úlceras en la piel, así como la perforación del tabique nasal. Las sales de níquel pueden ocasionar dermatitis alérgica e irritación. Hay pruebas de que los compuestos de cromo y níquel son carcinogénicos.

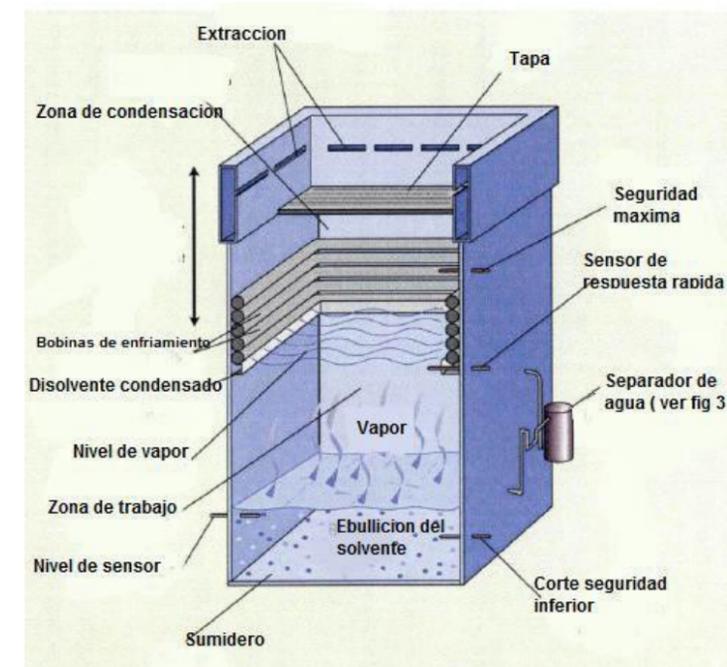
## 8.5 SOLDADUR A BLANDA Y SOLDADUR A FUERTE

La soldadura blanda y soldadura fuerte son procesos similares, en las cuales los artículos metálicos se unen entre sí por calentamiento y fusión de un metal de relleno o de aleación con un fundente o, que fluye en la junta. Se diferencian porque los metales que se unen no se funden durante el proceso, dado que el metal de aporte tiene un punto de fusión mucho más bajo.

## 8.6.2 Desengrase a vapor

El desengrase a vapor es una técnica eficaz y ampliamente utilizada para la limpieza de los componentes. La planta de desengrase por vapor consiste en un tanque de acero parcialmente lleno con disolvente y un calentador en la base. El vapor del disolvente se eleva para llenar el tanque a una altura determinada por una serie de bobinas de enfriamiento en la parte superior del depósito que actúa como un condensador.

Se dispone por lo general, de un conducto ranurado (extracción lateral) alrededor del borde del depósito conectado a un sistema de ventilación de extracción para evitar el escape de vapor del tanque.



(Fuente: Envirowise GG354 · Limpieza y preparación de superficies: elegir la mejor opción- Reproducido con permiso)  
Figura 8.13 – Desengrasante convencional de vapor de carga superior

casos se lleva a cabo la inmersión y el uso de limpieza ultrasónica. El desengrasado de vapor consiste en sumergir el artículo en el vapor de disolvente que se condensa sobre el artículo retirando la grasa y la suciedad de la misma.

## 8.6.1 Desengrase frio

La limpieza por inmersión es la operación más simple, donde los artículos a limpiar se sumergen en el disolvente. Los artículos limpiados son retirados luego por elevación fuera del disolvente (preferiblemente en cestas de alambre de modo que puedan drenar libremente el exceso de disolvente). La eliminación debe realizarse lentamente para permitir suficiente tiempo de drenaje. Las tapas deberán ser mantenidas en tanques de inmersión en lo posible para reducir la emisión de vapores de disolvente en el lugar de trabajo.

La limpieza con paños es más aplicable para los equipos de grandes dimensiones, pero el uso de solventes debe mantenerse al mínimo. Los paños usados que contienen residuos de disolventes deben almacenarse en recipientes con tapa y eliminarse de forma segura.

La limpieza por cepillado puede ser utilizada para desalojar las partículas que no se eliminan eficazmente por inmersión o limpieza. El elemento a limpiarse por lo general se coloca en una bandeja para recoger el disolvente. Se debe tener cuidado para minimizar las salpicaduras del solvente.

El atomizado es útil en las áreas que son inaccesibles a la limpieza y cepillado, puede evitar la necesidad de desmontar los componentes para la limpieza. Sin embargo, la pulverización puede conducir a altas concentraciones de vapores de disolventes.

a menudo requiere del uso de ventilación de extracción local; esto puede ser un LEV convencional o un sistema de alta velocidad y bajo volumen aplicado directamente cerca del punto de operación. La vigilancia de la salud también es necesaria.

- La soldadura blanda se utiliza también para formar juntas en las tuberías y de empalme de tubos. El uso de un soplete de gas puede elevar las temperaturas lo suficientemente alta como para producir humo de plomo. El uso de soldaduras libres de plomo a veces se requiere, pero en cualquier caso, los riesgos de ruptura del fundente están todavía presentes.

En la soldadura fuerte, en general, se utiliza fundentes a base de bórax o fluoruro. En la "soldadura de plata" - un tipo de soldadura fuerte - la aleación de metal o de fundente pueden contener cantidades significativas de cadmio. Reemplazos libres de cadmio están disponibles con aleaciones que contienen plata, cobre y estaño.

## 8.6 DESENGRASE

Muchos productos industriales necesitan ser limpiados en una o más etapas de su fabricación para eliminar la suciedad y la grasa no deseada que pudiera interferir con los procesos subsiguientes tales como la pintura, el recubrimiento o la soldadura donde es esencial la limpieza del artículo.

Los disolventes se usan para desengrasar una amplia gama de artículos a partir de paneles metálicos de gran tamaño a los componentes electrónicos. Los procesos de desengrase se pueden dividir en dos grandes categorías - desengrasante en frío y vapor desengrasante.

El desengrase en frío utiliza un disolvente a temperatura ambiente. Incluye limpieza manual frotando y cepillando, así como operaciones más grandes que utilizan pulverización del disolvente. En algunos

La colofonia es de origen natural, es un material sólido, resinoso obtenido de árboles de pino. El fundente contribuye a la limpieza de las superficies a unir, aumentando el flujo de la soldadura y previniendo la oxidación.

Los principales efectos en la salud por la descomposición a altas temperaturas (o pirólisis) de la colofonia ocurren:

- Cuando se calientan, en particular a temperaturas superiores a

200°C; los fundentes de soldadura a base de colofonia forman vapores que contienen una variedad de partículas de ácido de resina y otros componentes en forma de gases. Las temperaturas más bajas pueden reducir significativamente la cantidad de emisiones producidas. Entre 250°C y 400°C los niveles se pueden triplicar.

- Cuando son inhalados, pueden producir asma ocupacional. La soldadura blanda con fundente a base de colofonia, es considerada como una de las causas más importantes de asma ocupacional. Los efectos son permanentes e irreversibles. La exposición continua, incluso a muy pequeñas cantidades de humos, puede causar ataques de asma y la persona afectada puede estar limitada a continuar trabajando con fundentes a base de colofonia.

- Los humos también puede causar irritación en los ojos y el tracto respiratorio superior. No ha sido posible identificar un nivel seguro de exposición por debajo del cual no se producirá el asma ocupacional. La exposición a los humos de los fundentes de soldadura a base de colofonia debe, por lo tanto, evitar o mantenerse tan baja como sea razonablemente posible

- Sin un control efectivo, los humos de soldadura se elevan verticalmente y durante operaciones manuales es probable que entren en la zona de respiración del trabajador. Si los humos no son capturados en la fuente, otras personas pueden verse afectadas por la acumulación de los niveles de fondo. El control adecuado

o La pintura se aplica mediante técnicas de pulverización.

o Las superficies a pintar se sumergen en la pintura y se deja escurrir, como en inmersión y recubrimiento de flujo.

En general, la pintura para la aplicación por pulverización contendrá más solvente que aquellos que se apliquen con brocha o rodillo.

### 8.7.1 Exposición a los disolventes de pintura

El uso de brocha o rodillo implica la aplicación relativamente lenta de pinturas. El operador se aleja de forma frecuente del área más recientemente pintada y la exposición depende en gran medida de la ventilación general de la zona.

La pintura a pistola generalmente implica mayores tasas de aplicación, así como áreas más grandes y mayor contenido de disolventes. También la pulverización de líquidos con disolventes puede producir altos niveles de vapor como el spray fino que produce una rápida evaporación de este.

La utilización de equipos de protección respiratoria puede ser necesaria si la zona es cerrada o debido al uso de otros componentes, por ejemplo, la aplicación de pintura anti-incrustación que contenga pesticida, por ejemplo en caso de un barco o durante la pulverización de una pintura de isocianato a los vehículos en una cabina cerrada o de una aeronave en un hangar.

La aplicación de pintura en spray sobre artículos pequeños en una línea de producción puede hacerse con una pistola automática o por un operador desde el exterior de una cabina abierta con fachada ventilada. La pulverización con aire convencional es el método más comúnmente utilizado en la industria de la pintura. Un problema potencial con la pulverización por aire es que se pueden generar grandes cantidades de vapor de disolvente, y es común el exceso de rocío de la pintura.

Los productos tóxicos de descomposición incluyen fosgeno, cloruro de hidrógeno y monóxido de carbono. Fumar y realizar procesos calientes como la soldadura se deben prohibir en las cercanías de las operaciones de desengrase.

## 8.7 Pintura

La pintura y productos relacionados, como barnices y lacas son ampliamente utilizados en la industria para proporcionar un revestimiento de superficie, para protección contra la corrosión, para la apariencia o para otros fines especiales.

Los riesgos en la salud pueden surgir de disolventes, aditivos y, en particular, sensibilización respiratoria por exposición a isocianatos en pinturas de poliuretano. Los riesgos varían considerablemente a causa de la diversidad de productos y componentes, la variedad de situaciones en las que se utilizan y los diferentes métodos de aplicación.

La exposición a solventes es por lo general el riesgo para la salud más importante durante la pintura. Los disolventes utilizados varían considerablemente entre los productos e incluyen hidrocarburos alifáticos y aromáticos, cetonas, alcoholes, glicoles, glycol éteres y ésteres. El uso de bajo contenido de disolvente o pinturas a base de agua es cada vez más generalizada. (Las pinturas a base de agua pueden contener algunos disolventes, pero estos se encuentran en concentraciones mucho más bajas).

Las cantidades de disolvente en pinturas utilizadas varían considerablemente (por ejemplo, 5 - 50%). Sin embargo, la pintura puede ser diluida en el sitio de uso, y el diluyente puede ser de diferente composición al disolvente primario.

Los métodos de aplicación de pinturas se dividen en tres grupos principales:

o La pintura es aplicada a la superficie con brocha o rodillo.

Cuando un componente "sucio" se encuentra en la fase de vapor formada sobre el solvente caliente, el vapor se condensa en la superficie fría del componente y disuelve cualquier contaminante soluble. Como el vapor se condensa, el líquido drena en el solvente hirviendo, llevando a algunos de los componentes "sucios" con él. Este proceso continúa cuando más vapor se condensa en el componente.

Cuando la temperatura del componente hace que se genere vapor, la condensación en el componente se hace efectiva y el proceso de limpieza se detiene. Los componentes limpios se desprenden lentamente para drenar completamente dentro del tanque. Varios grados de automatización se pueden aplicar y la planta se puede integrar a las líneas de producción.

Es entonces cuando se deja enfriar a la temperatura normal. La suciedad soluble e insoluble eliminada se recoge en el sumidero en la parte inferior de la planta. Cuando la concentración de aceite y la suciedad en el colector de aceite alcanza un cierto nivel, el disolvente se recupera por destilación y puede ser utilizado de nuevo. Después de enfriar el residuo aceitoso puede ser retirado y desechado.



(Fuente: Steve Bailey - reproducido con permiso)  
Figura 8.14 - Gran tanque de desengrase por vapor, equipado con serpentines de enfriamiento y extracción de ranura en el borde

El desengrase con disolventes que se utiliza comúnmente en la industria incluye tricloroetileno y tetracloroetileno. Para aplicaciones específicas, se pueden utilizar disolventes individuales, mezclas de disolventes o emulsiones.

El mal uso de los métodos de operación y un mantenimiento inadecuado puede conducir a un aumento de la emisión de disolventes en la zona de trabajo. Las fallas operativas pueden ser:

- Mal apilamiento de cuerpos huecos - ejemplo: los tubos y recipientes deben apilarse guardando cierta inclinación angular o rotarse dentro de la zona de vapor para vaciar los disolventes atrapados en el artículo.
- Insuficiente tiempo de secado - los componentes deben ser mantenidos por encima de la capa de vapor durante un tiempo suficiente para permitir la evaporación de residuos de disolventes.
- Levantar los componentes a una velocidad demasiado alta.
- El excesivo movimiento de los componentes en el baño causa perturbaciones de la capa de vapor del disolvente.

Los procedimientos necesitan estar presentes durante el mantenimiento y eliminación de los lodos de la base del tanque. El depósito puede ser considerado un espacio confinado y pueden estar presentes altas concentraciones de vapor de disolvente. Procedimientos de trabajo seguros, incluyendo un permiso de trabajo son necesarios para evitar la exposición potencialmente fatal.

Hay que señalar que los disolventes clorados se descomponen fácilmente por superficies calientes y llamas abiertas.



(Fuente: HSE LEV Entrenador Asesor Briefing Días - reproducido con permiso)  
Figura 8.15 - Pulverización de pintura a base de isocianato

La pulverización (spray) electrostática que se ha convertido en una de las más utilizadas, aplica el principio de cómo una partícula de un rocío o neblina es atraída por la superficie a ser pintada. Esto reduce el rebote y exceso de rociado y, en consecuencia, disminuye la concentración de niebla y la consecuente exposición del trabajador a los disolventes utilizados.

El polvo de la pintura es conducido desde un depósito a la pistola pulverizadora. En la pistola se imparte una carga eléctrica a las partículas de pintura. El polvo se rocía sobre el elemento a recubrir conectado eléctricamente y las piezas al horno para fundir el polvo en un recubrimiento continuo.

La mayoría de las operaciones industriales de pintura requieren ventilación por extracción local para el control de vapores de disolvente en el punto de aplicación y también durante las operaciones de secado y cocción. El uso de pintura a pistola automática permite una mayor utilización de los recintos ventilados y reduce al mínimo la exposición del trabajador.

Como se dijo anteriormente, en particular, se debe tener cuidado en la aplicación de sistemas de pintura que usan los dos componentes de uretano y en la pintura epoxi que contienen isocianatos que son potentes sensibilizantes respiratorios. Esto incluye el control por ventilación eficaz y ropa de protección. Cuando la exposición no puede ser efectivamente controlada por ventilación los operadores deberán usar respiradores con suministro de aire.

Es común la dermatitis debido a la irritación primaria por el uso de solventes o diluyentes. El contacto con la piel debe ser minimizado, deben estar disponibles adecuadas instalaciones sanitarias y equipo de protección adecuado para ser utilizado por el operador.



(Fuente: Steve Bailey - reproducido con permiso)  
Figura 8.16 - Mezcla de pintura - puede ocurrir exposición aérea y en piel por solventes y pigmentos

Además de los peligros de los disolventes, también puede haber peligros de pigmentos tales como compuestos de plomo, cadmio y cromo. También algunas pinturas contienen aditivos como fungicidas y pesticidas.

## 9.

# PERFIL DE RIESGO ESPECÍFICO EN LA INDUSTRIA

## 9.1 INTRODUCCIÓN

Este apartado describe brevemente algunas industrias donde se identifican los riesgos típicos asociados a cada una de ellas. No pretende ser una lista exhaustiva de todos los posibles peligros que pueden estar presentes en las industrias en particular.

## 9.2 FUNDICION Y REFINADO DE HIERRO Y ACERO

La fundición de metales (fusión y reducción de minerales metálicos a metales básicos) y la industria de refinación procesan minerales metálicos y chatarra para obtener metales puros o aleaciones (mezclas de diferentes metales). Los metales y aleaciones se procesan adicionalmente para la fabricación de componentes estructurales, maquinaria, instrumentos y herramientas, etc. El hierro es ampliamente encontrado en la corteza terrestre en forma de diversos minerales o menas (por lo general como óxido de hierro). Para producir el hierro, el mineral de hierro se funde en un alto horno. Mineral de hierro, coque y piedra caliza se añade continuamente al horno por la parte superior, mientras que el aire caliente (a veces enriquecido con oxígeno), es soplado desde la parte inferior.



(Fotografía reproducida con permiso del W olverham pton Archivos y Estudios locales)  
Figura 9.1 - Alto horno

El aire caliente reacciona con el coque para producir monóxido de carbono y calor. El monóxido de carbono reacciona con el óxido de hierro para producir hierro fundido y dióxido de carbono. La piedra caliza actúa como un fundente para prevenir la oxidación del hierro fundido y reacciona con diversas impurezas (en particular silicatos) para formar escoria que se forma en la parte superior del metal fundido.

El horno funciona a altas temperaturas (típicamente entre 1.200°C y 1.600°C) y el hierro fundido se acumula en la parte inferior del horno. Periódicamente, el horno elimina hierro fundido. En esta etapa el hierro todavía contiene niveles relativamente altos de carbono y otras impurezas de azufre, que necesitan ser reducidos o eliminados en la refinación posterior para producir aceros. Parte de este hierro se utiliza para producir más hierro fundido; pero la mayoría se vierte en grandes cucharas donde se transfiere, todavía fundido, a la planta de fabricación de acero.

### 9.3.1 Fundición de hierro

El procesamiento de la fundición de hierro se puede dividir en diferentes etapas:

- o Preparación del molde.
- o Fusión del metal y colada.
- o Eliminación del molde de fundición.
- o Limpieza (desbarbado).

Preparación del molde - Un molde se prepara para crear la forma externa deseada de la pieza colada. Si se requieren áreas internas huecas, se utilizan núcleos adecuados para formar la configuración deseada.

La fundición industrial de hierro, generalmente utiliza los tradicionales moldes de arena "verde" hechas de arena de sílice, arcilla, agua y otros aglutinantes orgánicos. Los núcleos se componen principalmente de arena, que también contiene materiales aglutinantes para proporcionar la cantidad correcta de presión al núcleo. Dependiendo del proceso particular, estos ligantes pueden ser isocianato basado resinas de fenol-formaldehído o de urea-formaldehído.

La arena utilizada para hacer los moldes es generalmente húmeda o mezclada con resina líquida y, es menos probable que sea una fuente significativa de polvo respirable en esta etapa.

Fusión y vertido - La fusión y colada de metal fundido puede producir cantidades significativas de vapores de óxido del metal. Además, el vertido de metal caliente en el molde, hace que algunos de los materiales aglutinantes entren en descomposición en el molde o macho pirolise (por alta temperatura). Una gama de sustancias peligrosas puede ser emitida incluyendo formaldehído, monóxido de carbono, hidrocarburos aromáticos polinucleares (HAP's), isocianatos y aminas.

En las fundiciones más grandes, el molde montado se mueve a lo largo de una línea de producción a una estación de vertido. Generalmente, en la estación de vertido se dispone de una campana

en la colada final. Después de verter el molde de metal se deja enfriar. El molde y el material del núcleo son retirados y limpiados.

Hay una gama de diferentes tipos de moldes que se utilizan, pero en los procesos de fundición de hierro, los moldes más comunmente utilizados son de arena.

Existen diferentes tipos de hornos que se utilizan para fundir los metales incluyendo la cúpula (similar a los altos hornos), arco eléctrico, de inducción eléctrica y hornos de crisol (calentado con quemadores de gas o petróleo). Además de los peligros del calor y humos metálicos comunes a todos los tipos de horno, la exposición a monóxido de carbón es un problema potencial con la cúpula y los hornos de crisol.



(Fuente: Fundiciones de HSE: folleto gratuito 2008 - Reproducido bajo los términos de uso de la licencia) Figura 9.3 - Horno de fundición

Los principales tipos de hornos de fabricación de acero son el convertidor de proceso de oxígeno básico y el horno de arco eléctrico. Los primeros producen acero mediante el soplado de aire u oxígeno en los hornos de arco eléctrico y el de hierro fundido produce acero en pellets de hierro chatarra y esponja de hierro.

Hay una gama de aleaciones que incorporan otros metales añadidos a la carga del horno o al metal fundido para producir aceros con cualidades especiales (por ejemplo, cromo y níquel para producir acero inoxidable, y tungsteno y cobalto para dar dureza y resistencia a altas temperaturas).

### 9.2.1 Peligros químicos de fundición y refinación

La exposición a una gama de polvos peligrosos, humos y gases puede ocurrir durante las operaciones de fundición y refinación. Los riesgos específicos de salud química incluyen:

- La exposición a los humos metálicos durante la fundición, (en particular de metal, depende de los metales con los cuales se esté trabajando).
- Exposición a sílice y polvos metálicos durante la trituración y molienda de minerales.
- Exposición a polvo de sílice durante las operaciones de mantenimiento de hornos.

Algunas operaciones de fundición pueden producir grandes cantidades de dióxido de azufre a partir de procesos de combustión de minerales como sulfuro y monóxido de carbono.

Los peligros relacionados con la fundición y afinación de algunos metales incluyen carbonilo de níquel en la refinación de níquel, arsénico en cobre y plomo en fundición y refinación así como exposiciones a mercurio y cianuro durante la refinación del oro.



(Fuente: Brian Davies - usado con permiso) Figura 9.2 - Vertido de oro fundido

### 9.2.2 Otros peligros de higiene industrial en fundición y refinación

Los problemas de estrés térmico son comunes en la fundición de metales y la industria de refinación por los altos niveles de calor radiante que puede emitir los hornos y el metal fundido. La radiación infrarroja de los hornos y metal fundido también puede causar daño a los ojos incluyendo cataratas. Es posible que los altos niveles de ruido también estén presentes en muchas áreas de los procesos de fundición y refinación.

## 10.3 FUNDICIÓN

La industria de fundición se puede dividir en dos grandes categorías:

- Fundiciones ferrosas (hierro y acero).
- Fundiciones no ferrosas (por ejemplo, aluminio, latón, bronce, magnesio).

La fundición de metales, consiste en verter metal fundido en un molde resistente al calor (normalmente a través de una cuchara). El molde puede contener un núcleo interno para formar las dimensiones de cualquier cavidad interna

la presencia de los metales en las aleaciones que se producen. La exposición a plomo, cobre y zinc son comunes en fundición, moldeo y acabado; Los vapores de cobre pueden causar fiebre de los humos metálicos. Además, algunas aleaciones contienen cadmio, que puede causar neumonitis química por exposición aguda, daño renal y cáncer de pulmón por exposición crónica.

Fundición de precisión - las fundiciones de precisión utilizan la inversión o proceso de fundición de cera, donde los patrones de cera están recubiertos con polvo refractario antes de construir el resto del material del molde. La cera se funde antes de la colada o a la introducción de los metales de fundición. La descomposición de la cera produce acroleína y otros productos de descomposición que son peligrosos.

## 9.4 MINAS Y CANTERAS

Hay una serie de riesgos de higiene industrial que puedan producirse en las industrias extractivas. Los riesgos químicos más comunes incluyen la exposición a partículas en el aire, especialmente sílice cristalina (cuarzo), gas natural, así como los productos de combustión de la maquinaria diésel. Además, el ruido, la vibración, el estrés térmico y la radiación ionizante también pueden ser motivo de preocupación.

La extensión de estos riesgos dependerá del tipo de minas o canteras, su profundidad, la composición del mineral y roca circundante, y el método de minería. La exposición individual varía con el tipo de trabajo, su proximidad a la fuente de peligros y la eficacia del control.

### 9.4.1 Riesgos por material particulado

La sílice cristalina es el compuesto más abundante en la corteza terrestre y es el polvo en el aire más común al que están expuestos los trabajadores en las minas y canteras. La forma más común de la sílice cristalina es el cuarzo. La exposición a cuarzo respirable puede causar silicosis (neumoconiosis fibrótica).

El granallado se puede utilizar para quitar la arena que se adhiere a la fundición. Este proceso debe llevarse a cabo siempre en un área cerrada que esté equipada con un sistema de extracción de polvo y de recogida eficiente.

El polvo de sílice es un problema potencial donde se maneja la arena. Los niveles de exposición más altos son probables cuando los estándares de limpieza son pobres y donde las fundiciones son polvorosas o hay fugas por desmoldeo o voladura.

La Silicosis y otras neumoconiosis mixtas son los efectos en la salud más comunes en las fundiciones de hierro y acero. En la fundición, la prevalencia aumenta con la duración de la exposición y los niveles de polvo presentes.

### 9.3.2 Otras fundiciones

Fundición de acero - Los procesos de producción en la fundición de acero son muy similares a los de la fundición de hierro. La principal diferencia es que las temperaturas del metal fundido son mucho más altas. Como resultado, la sílice en el molde puede ser convertida por el calor de cuarzo en cristobalita. Además, la arena es quemada en la fundición y esta tiene que ser eliminada por medios mecánicos, lo que da lugar a altos niveles de polvo.

Fundición de aleación ligera - La fundición de aleación liviana utiliza principalmente aluminio y aleaciones de magnesio. Además de los peligros del aluminio y el magnesio, que a menudo contienen pequeñas cantidades de metales, pueden desprender humos tóxicos en ciertas circunstancias.

La fluorita se utiliza comúnmente como fundente en la fundición de aluminio, y cantidades significativas de polvo de fluoruro puede ser liberado. La colada en moldes de metal permanentes, como en la fundición a presión, ha tenido un importante desarrollo en la industria de la fundición. El aluminio es un metal común en la fundición a presión así como el zinc.

Fundiciones de latón y bronce - Las fundiciones de latón y bronce traen riesgos para la salud por

la red para la limpieza y reciclaje. Los altos niveles de polvo en el aire pueden ocurrir ya que la arena ha estado en contacto con el metal caliente y se torna muy seca.

Desbarbado (limpieza) - Después del desmoldeo y sacudida del núcleo, la limpieza inicial de las piezas de fundición incluye la eliminación del molde y el núcleo de arena y otro material fácilmente extraíble utilizando herramientas de mano. Posterior a la limpieza inicial, el revestimiento refractario de la fundición incluye la remoción de arena quemada del moldeo, asperezas, metal excedente u otras manchas no deseadas. Una variedad de herramientas de rectificado se utilizan para suavizar el bastidor, incluyendo discos abrasivos y amoladoras.



(Fuente: HSE vibraciones en el trabajo 2008 - Reproducido bajo los términos de la licencia de uso) Figura 9.5 - Fundición antes y después del desbarbado.

ventilada junto con un suministro de aire directo a la posición del operador. El vertido puede ser automatizado o manualmente (usando un cucharón). El molde se vierte de forma continua a lo largo de la línea de producción a través de un túnel de enfriamiento, equipado con ventilación mecánica hasta sacudida.



(Fuente: HSE Salud y Seguridad en la industria del metal fundición 2008 Reproducido bajo los términos de uso de la licencia) Figura 9.4 - Trabajador de fundición

Un tipo común de horno utilizado en la industria de fundición de hierro es el horno de cubilote. Estos hornos deben ser retirados periódicamente de uso para reparación y mantenimiento, lo que incluye la renovación de los revestimientos refractarios. La reparación de la cúpula, involucra en sí a los empleados que trabajan dentro de la cúpula (un espacio cerrado) para arreglar o renovar revestimientos refractarios.

Los problemas asociados con la renovación de revestimientos refractarios incluyen problemas de estrés térmico debido a que no se puede permitir que el horno se enfríe por completo. También los forros de fibra de cerámica refractaria pueden formar cristobalita (una forma peligrosa de la sílice cristalina), por el calentamiento prolongado.

Sacudida, extracción y fundición del núcleo - Después de que el metal fundido se ha enfriado, la pieza de fundición en bruto se retira del molde. La mayoría del molde se separa de la colada por el impacto; el molde y la fundición se dejan caer sobre una rejilla vibratoria para desalojar la arena (sacudida). La arena cae a través de

## 9.4.2 Otros riesgos

Muchas máquinas y vehículos utilizados en la industria extractiva son alimentados con diésel. Las emisiones del motor diésel forman una mezcla compleja de gases, vapores y partículas. Los gases más peligrosos son monóxido de carbono, dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre. El monóxido de carbono es un gas asfixiante químico y el dióxido de nitrógeno y dióxido de azufre son irritantes respiratorios agudos.

También se presentan muchos compuestos orgánicos volátiles (COV) tales como hidrocarburos no quemados, aldehídos e hidrocarburos aromáticos policíclicos (HAP). Los compuestos policíclicos de los hidrocarburos aromáticos pueden ser adsorbidos sobre partículas diésel. Muchos de estos compuestos son cancerígenos y, la Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC) considera las partículas de diésel como un probable carcinógeno.

La exposición también puede presentarse a gases como el metano (un asfixiante simple) y sulfuro de hidrógeno (una sustancia asfixiante) en las minas de carbón. En estas también se pueden presentar explosiones como consecuencia de la ignición de metano y subsiguientes explosiones más violentas al reaccionar con polvo de carbón que está suspendido en el aire.

La deficiencia de oxígeno es posible en muchas de las operaciones mineras. Puede ocurrir de diferentes maneras, el oxígeno puede ser desplazado por otro gas, como metano, o puede ser consumido, ya sea por la combustión o por microbios, en un espacio de aire sin ventilación.

Existe otra gama de riesgos en el aire para determinados grupos de mineros. Los ejemplos incluyen la exposición a vapores de mercurio en la minería de mercurio y oro, exposición a arsénico y el riesgo de cáncer de pulmón, en las minerías de oro y plomo y el gas radón que puede ser un problema en las minas de uranio y otras más.

Además de los riesgos químicos, los agentes físicos como el ruido y el calor son las principales preocupaciones. El ruido es un problema particular en las minas subterráneas, donde los

La exposición a la sílice cristalina también puede ocurrir en las canteras de piedra donde la roca se corta o se tritura a tamaños específicos. Estos procesos, junto con la posterior clasificación (tamizado), el transportador de transferencia, la carga y el transporte son todas fuentes potenciales de polvo en el aire.

Bajo tierra así como en las minas de carbón de superficie, el polvo respirable de carbón es un peligro. Este es un polvo mixto, compuesto principalmente de carbón, pero también puede incluir sílice cristalina y otros polvos minerales. La composición de este polvo varía con la veta de carbón, los estratos de roca circundante y métodos de minería. Al igual que con la minería y la explotación de canteras, en general, el polvo se genera por la voladura, perforación, corte, transporte y el transporte de carbón. La exposición también se produce en las instalaciones de procesamiento de carbón.

El polvo de las minas de carbón causa neumoconiosis en los trabajadores del carbón (CW P) y contribuye a la aparición de las enfermedades crónicas de la vía respiratoria como la bronquitis crónica y el enfisema.

La generación de polvo en las minas de carbón se puede reducir por cambios en las técnicas de corte de carbón y la dispersión se puede controlar mediante el uso de ventilación y pulverizadores de agua.



(Fuente: NIOSH - usado con permiso)  
Figura 8.9 – Minería del carbón de tajo largo con chorros de agua

Otros controles que proporcionan protección son las cabinas con suministro de aire filtrado para los operadores de perforación y conductores de vehículos. La protección respiratoria adecuada puede ser necesaria para el trabajador como una solución temporal o si otros controles no resultan eficaces.



(Fuente: HSE polvo y sílice - reproducido bajo los términos de la licencia de uso)  
Figura 9.7 - Cargue de camión usando brazo mecánico



(Fuente: HSE operación segura y el uso de trituradoras de mandíbulas móviles - reproducido bajo los términos de uso de la licencia)  
Figura 9.8 - Trituradora de mandíbula y transportadores

La perforación, voladura y corte de rocas puede producir niveles muy altos, tanto de polvo inhalable como respirable. Si las rocas contienen cantidades importantes de sílice cristalina respirable, la exposición de los trabajadores puede ser muy alta. Los agujeros pueden ser perforados por grandes taladros de percusión montados en un tractor de orugas o en menor escala por martillos o taladros de mano.

El aire que alimenta el taladro también se utiliza para soplar el polvo y las virutas fuera del agujero. Esto produce altos niveles de polvo que necesitaría ser controlado por sistemas de extracción localizada o aplicación de agua durante la perforación. Además de los peligros del polvo, el ruido y la vibración pueden ser también motivo de preocupación.



(Fuente: HSE polvo y sílice - reproducido bajo los términos de la licencia de Uso)  
Figura 9.6 – Taladro montado sobre oruga, sin control de polvo

en los tanques para evitar la evaporación ya que no hay espacio por encima del líquido para que el vapor pueda fluir. Alternativamente, si los techos flotantes no son viables, los vapores de los tanques se recogen en un sistema de recuperación de vapor y se devuelven a la corriente del producto. Además las bombas y válvulas deben ser revisadas regularmente para identificar si existen emisiones de vapor y repararlas si se detecta alguna fuga.

## 9.6 Industria farmacéutica

Existe una amplia gama de peligros que se pueden encontrar dentro de la industria de fabricación de productos farmacéuticos. Muchos de los riesgos habituales están relacionados con productos químicos y disolventes en las áreas de producción, generación de partículas en el aire y problemas ergonómicos.

Sin embargo, un tema en particular en la industria farmacéutica es que los productos están diseñados para ser fisiológicamente activos. Es decir, que están diseñados para impactar la salud humana en dosis muy bajas. Si bien esto puede ser deseable al necesitar el medicamento, no es deseable que el trabajador esté expuesto al medicamento o ingrediente activo en el lugar de trabajo.

La producción de productos farmacéuticos se puede dividir en dos etapas principales: fabricación primaria y la producción secundaria o formulación:

- Fabricación primaria - producción por reacción química de un número de productos químicos para formar el ingrediente activo. La producción del ingrediente activo normalmente se lleva a cabo en sistemas cerrados.

- Fabricación o formulación Secundaria – Consiste en mezclar el ingrediente activo con otros materiales para formar un producto que es adecuado para su uso por el destinatario final.

- o Los materiales de formulación se mezclan con el ingrediente activo como un material de carga o se utilizan como un disolvente para disolver los materiales

combustible a partir de piezas progresivamente más bajas de la columna de destilación.

Los residuos de mayor punto de ebullición permanecen en la parte inferior de la columna y se pueden procesar en aceites lubricantes, ceras o betún o, se utilizan como materia prima para su posterior procesamiento o formación de grietas. Alternativamente, puede ser objeto de una segunda destilación al vacío para recuperar destilados pesados adicionales.

Con el fin de producir las cantidades correctas de los diferentes productos, cada una de las fracciones puede ser tratada por diversos métodos como por ejemplo:

- Cracking (craqueo térmico y catalítico) desglose de hidrocarburos más grandes (aceites de alto punto de ebullición) en productos más ligeros como la gasolina y el diésel.

- Reformado catalítico - uso de calor, presión y catalizadores (a menudo de platino) para convertir las parafinas y naftenos a isoparafinas y aromáticos los cuales se utilizan en la gasolina de alto octanaje y materias primas petroquímicas.

- Alquilación - conversión de alquenos como por ejemplo propileno y butileno a isoparafinas.

Una serie de contaminantes se encuentran en el petróleo crudo, como compuestos de nitrógeno, de azufre y metales que necesitan ser removidos, ya que pueden dañar las plantas de producción, los catalizadores y la calidad de los productos. Además hay límites en la cantidad de algunas impurezas en los productos como el azufre.

El azufre se elimina mediante la mezcla de la materia prima que entra con hidrógeno a alta temperatura en presencia de un catalizador para formar sulfuro de hidrógeno. Este gas tóxico se retira entonces de la corriente de hidrocarburos y se convierte en azufre elemental, que es un producto químico útil.

Muchas de las sustancias utilizadas y producidas en refinería producen vapores de hidrocarburos. El escape de vapores se impide por diversos medios; como por ejemplo, techos flotantes

niveles son generados por la maquinaria de la minería y el espacio limitado hace que este aumente por la reverberación de forma mayor a si estuvieran las mismas fuentes en un entorno abierto.

El calor es un peligro tanto para los mineros subterráneos como para los de la superficie. En las minas subterráneas, la principal fuente de calor es de la misma roca (la temperatura de la roca aumenta en aproximadamente 1°C por cada 100 m de profundidad). Minas profundas (más allá de 1000 m) pueden presentar problemas importantes de calor, con temperaturas superiores a 40°C.

Aparte de las altas temperaturas del aire, otros factores incluyen altas tasas metabólicas de trabajo, alta humedad y el calor generado por el equipo de minería. Para los trabajadores de superficie, las altas tasas metabólicas de trabajo, la proximidad a los motores calientes, la temperatura del aire, la humedad y la luz solar son las principales fuentes de calor.

## 9.5 INDUSTRIA PETROLERA

El petróleo o crudo de petróleo es un líquido inflamable de origen natural, que se encuentra en formaciones de roca y se compone de una mezcla compleja de hidrocarburos y otros compuestos orgánicos. El petróleo crudo varía mucho de un yacimiento a otro, tanto en su composición como en su apariencia. Puede variar de un líquido amarillo pálido que fluye libremente a un líquido negro muy viscoso.

El petróleo es poco usado en su estado crudo y necesita ser procesado para originar productos de valor comercial (a través de una serie de cambios físicos y químicos). Tres tipos principales de hidrocarburos se encuentran en el petróleo crudo: parafinas, naftenos y aromáticos.

Parafinas (alcanos) - o hidrocarburos de cadena lineal o ramificada con un número variable de átomos de carbono por molécula, como por ejemplo:

- 1 a 4 átomos de carbono - metano, etano, propano, butano e iso butano (son gases a temperaturas y presiones normales).

- 5 a 8 átomos de carbono - pentano para octanaje - generalmente refinado en gasolina (gasolina).

- 9 a 16 átomos de carbono - nonano a hexadecano - generalmente refinados en el combustible diésel, queroseno y combustible para aviones.

- 16 y hacia arriba átomos de carbono - generalmente refinados en fuel oil y aceites lubricantes.

Naftenos (o cicloalcanos) - estos son hidrocarburos que contienen uno o más anillos de carbono saturados. Ellos tienen propiedades similares a los alcanos, pero tienen puntos de ebullición más altos. Los ejemplos incluyen el dimetil ciclopentano y el ciclohexano.

Aromáticos - estos son hidrocarburos insaturados que contienen un "anillo bencénico" o más. Los ejemplos son benceno, tolueno y xileno.

### 9.5.1 Refinación del petróleo

Siendo el petróleo crudo una mezcla de hidrocarburos con diferentes temperaturas de ebullición, se puede separar por destilación en diferentes grupos (o fracciones) de hidrocarburos que hierven entre dos puntos de ebullición específicos. Cada una de estas fracciones se puede retirar de la columna de destilación. Los gases ligeros pasan por la parte superior de la columna, desde donde la fracción de gasolina se extrae así como las fracciones de aceite de nafta, queroseno, gasóleo y las fracciones de aceite

## 10. CONSIDERACIONES REGULATORIAS

### 10.1 Frases de riesgo y seguridad

¿Dónde se puede obtener información sobre las sustancias peligrosas? En general, la principal fuente de información sobre cualquier sustancia será el proveedor de Datos de Seguridad de Materiales (MSDS) y la etiqueta adherida al producto. Sin embargo, se debe tener cuidado cuando se utilicen proveedores MSDS como fuente de información (así mismo, en la hoja de datos, la información sobre los peligros a veces puede estar incompleta o inexacta).

La mayoría de los países exigen que los proveedores proporcionen a los usuarios las MSDS.

Muchos países están participando en el desarrollo de un Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (GHS) a través de las Naciones Unidas. El SGA proporciona una manera uniforme de clasificación de productos químicos, así como información a los usuarios acerca de los peligros químicos a los que pueden estar expuestos.

El SGA se basa en los atributos de los sistemas reguladores nacionales existentes para formar un único sistema internacional que tiene aplicación en una amplia gama de productos químicos y tipos de amenazas. El GHS cuando se aplique deberá:

- Mejorar la protección de la salud humana y el medio ambiente, proporcionando un sistema internacional de comunicación de peligros.
- Proveer un marco reconocido para aquellos países que carecen del Sistema.
- Reducir la necesidad de pruebas y evaluación de productos químicos.
- Facilitar el comercio internacional de productos químicos cuyos peligros se hayan evaluado e identificado debidamente a nivel internacional.

Los pictogramas son una herramienta de comunicación de riesgo clave en el SGA. Están diseñados para aparecer en las etiquetas químicas y además dan una indicación inmediata del tipo de riesgo que el producto químico puede plantear.

Están destinados a ser utilizados en combinación con otros elementos del SGA, que en conjunto transmitan información sobre el tipo, la gravedad y la gestión de riesgos químicos. Un ejemplo de los pictogramas de uso se proporciona en la figura 10.1.

Bajo el GHS estos pictogramas serán apoyados por indicaciones de peligro y consejos de prudencia que sustituirán a las frases de riesgo y seguridad (por ejemplo R26 - muy tóxico por inhalación o S3 - mantener en un lugar fresco), que se utilizan en la actualidad en muchos países.

Además, los pictogramas se complementarán con una de las dos palabras de advertencia: "Peligro" o "Advertencia", dependiendo de la categoría de clase de peligro.

o Los productos farmacéuticos se mezclan con excipientes (materiales a menudo inertes, tales como almidón de maíz o estearato de magnesio) para permitir dosis muy bajas del ingrediente activo que se administra en cantidades manejables, por ejemplo, a menudo hay unos pocos miligramos de ingrediente activo en un comprimido.



(Fuente: Steve Bailey - Reproducido con permiso)  
Figura 9.10 - Adición de saco de polvo al reactor

Los límites de exposición para los ingredientes activos generalmente se asignan en microgramos (o incluso nanogramos) por metro cúbico. Esto significa que es necesario que haya un orden de magnitud en la integridad del control con total contención. Otros controles comúnmente utilizados consisten en incluir áreas separadas de trabajo, ventilación local con filtración HEPA, monos desechables y donde se requiera, un alto nivel de protección respiratoria.



(Fuente: Steve Bailey - Reproducido con permiso)  
Figura 9.11 - Prensado de tabletas, totalmente cerrada con extracción

Además de los problemas del ingrediente que es fisiológicamente activo, muchos de estos pueden generar otros efectos sobre la salud como la sensibilización respiratoria o pueden ser teratogénicos. Ejemplos de ingredientes activos en los que se han observado efectos dañinos para la salud de los trabajadores de producción farmacéutica, incluyen hormonas, antibióticos, tranquilizantes y medicamentos que afectan el corazón.

## 10.2 FUENTES DE INFORMACIÓN

### 10.2.1 Hojas de datos de seguridad de materiales (MSDS)

La información sobre los riesgos que una sustancia o preparado pueden plantear debe ser proporcionada por el fabricante o proveedor. Esta información debe ser utilizada como punto de partida para la evaluación del riesgo realizada por el usuario de la sustancia o preparado.

Las fichas de seguridad deben ajustarse a una estructura estandarizada, con diferentes secciones para tipos específicos de información. El formato estándar es como se muestra a continuación:

- Sección 1 - Identificación de la sustancia empresa
  - o Nombre químico incluyendo nombres comerciales
  - o Nombre, dirección y números de contacto (incluido el correo electrónico de contacto) de la compañía
- Sección 2 - Identificación de los peligros
  - o Descripción del riesgo, incluyendo frases y códigos de riesgo y seguridad
- Sección 3 - Composición / información sobre los componentes de las mezclas
  - o Números de identificación química (CAS, UE, etc.)
  - o Información sobre cada componente de las mezclas
- Sección 4 - Primeros auxilios
- Sección 5 - Medidas de lucha contra incendios
- Sección 6 - Medidas de liberación accidental
- Sección 7 - Manipulación y almacenamiento
- Sección 8 - Controles de exposición / protección personal

o Cualquier norma de exposición regulada

o Información sobre tipos adecuados de los equipos de protección personal

- Sección 9 - Propiedades físicas y químicas
- Sección 10 - Estabilidad y reactividad
- Sección 11 - Información toxicológica
  - o Resultados de las pruebas toxicológicas
  - o Efectos en la salud asociados con la sustancia
  - o Cualquier evidencia de carcinogenicidad
- Sección 12 - Información ecológica
- Sección 13 - Consideraciones sobre la eliminación
- Sección 14 - Información relativa al transporte
- Sección 15 - Información reglamentaria
  - o Listas los códigos de peligro, frases de riesgo y frases de seguridad
- Sección 16 - Otra información

La calidad y cantidad de información en una hoja de datos de seguridad de materiales varía ampliamente entre los distintos proveedores. En cualquier caso, no se pueden anticipar todos los posibles usos y aplicaciones del producto. Por lo tanto, tendrá que ser llevado a cabo teniendo en cuenta la situación y condiciones de uso particular, con una evaluación de riesgos específica. De hecho, en muchos países es un requisito legal el llevar a cabo una evaluación de riesgos antes de que una sustancia se introduzca en un lugar de trabajo.

Un número significativo de países han iniciado la aplicación del SGA como una parte clave de sus sistemas nacionales de regulación química. De hecho, esto ya se ha iniciado en la Unión Europea, donde el GHS forma la base de los nuevos requisitos de clasificación, etiquetado y envasado que se implementarán progresivamente.



(Fuente: ASCC Hoja de Información)  
Figura 10.1 - Sistema GHS

## 10.2.2 Literatura

Es importante que un higienista industrial pueda tener acceso a información precisa y objetiva sobre los peligros para la salud de las sustancias a las que las personas pueden estar expuestas. La evaluación de riesgos, gestión de riesgos y comunicación de riesgos requiere de una información objetiva.

Mucha información está disponible en Internet y recursos electrónicos. Esto presenta tanto oportunidades como desafíos para el higienista. Nunca ha sido más fácil obtener información de un número de diferentes fuentes como ahora, pero se debe tener cuidado para garantizar que la información sea válida.

Del mismo modo, la mayoría de los trabajadores y el público tienen ahora acceso a la amplia gama de información disponible. Es una parte importante del higienista interpretar y comunicar la información sobre los peligros y riesgos en el contexto particular del lugar de trabajo.

Revisión por pares de literatura científica - Esta es la fuente más creíble de información, donde los resultados han sido revisados por otros expertos. Estos artículos se publican habitualmente en revistas profesionales, como los Anales de Higiene Ocupacional (BOSH) y el Journal of Occupational e Higiene Ambiental. Los artículos o informes tienden a ser muy técnicos y con frecuencia es suficiente utilizar el resumen de un artículo en particular.

Organizaciones gubernamentales y otras reconocidas - Fuentes creíbles de información incluyen las publicaciones del gobierno, además códigos de prácticas y directrices aprobadas. Los ejemplos incluyen:

- Ejecutivo del Reino Unido en Salud y Seguridad (HSE)
- Consejo Australiano de Seguridad y de Compensación (ASCC)
- Administración de Seguridad y Salud de Estados Unidos (OSHA)
- Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional de los Estados Unidos (NIOSH)
- Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA)
- Centro Canadiense de Salud y Seguridad Ocupacional (CCOHS)

Además, hay una serie de organizaciones no gubernamentales que son ampliamente reconocidos y respetados, como:

- Organización Mundial de la Salud (OMS).
- Organización Internacional del Trabajo (OIT).
- Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC).
- Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo.

Los documentos incluyen los códigos de prácticas, documentos de orientación y resúmenes toxicológicos.

Salud Laboral y Bases de Datos de Seguridad - Existe una amplia gama de bases de datos de Salud y Seguridad Ocupacional a la que se puede acceder a través de Internet. Algunas bases de datos están disponibles de forma gratuita, pero otras (bases de datos de texto completo) por lo general requieren una suscripción. Los siguientes son algunos ejemplos:

- Enciclopedia ILO.
- Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades (ATSDR) (Estados Unidos).
- Programa Internacional de Seguridad Química - INCHEM.
- Registro de Efectos Tóxicos de Sustancias Químicas (RTECS).

Otras fuentes - Hay muchas posibles fuentes de información publicadas en Internet. Sin embargo, deben tenerse cuidado, en particular aquellos que son del tipo auto-publicado, ya que pueden representar los puntos de vista personal o de organizaciones que pueden o no pueden ser apoyadas por evidencia científica. Del mismo modo, los artículos pueden ser publicados en periódicos y revistas populares que no han sido revisadas por pares.

Otra fuente potencialmente valiosa de información es a través de grupos de discusión o foros de la red entre los especialistas. Información valiosa también se puede obtener a través de las asociaciones profesionales de higiene industrial pertinentes como:

- Sociedad Británica de Higiene Ocupacional (BOSH).
- Instituto Australiano de Higienistas Ocupacionales (AIOH).
- Asociación Americana de Higiene Industrial (AIHA).
- Asociación Internacional de Higiene Ocupacional (IOHA).

## 10.2.3 REACH (Registro, Evaluación, Autorización y Restricción de Regulaciones Químicas)

Durante muchos años ha habido una serie de bases de datos nacionales que detallan los riesgos de los productos químicos que se utilizan en la industria. Sin embargo, ha habido preocupación de que el sistema (sobre todo dentro de la Unión Europea) ha sido fragmentado y lento para responder. Además, como los productos químicos son objeto de comercio internacional, la seguridad química es una preocupación mundial y esto ha llevado a una serie de iniciativas internacionales.

En 2006, el Enfoque Estratégico para la Gestión Internacional de Químicos (SAICM) puso en marcha la participación de más de 140 países. SAICM tiene como objetivo garantizar que la gestión de los productos químicos en todo el mundo sea tal que ayude a alcanzar el objetivo fijado en la Cumbre Mundial 2002 sobre el Desarrollo Sostenible.

Este objetivo prevé que “para el año 2020, los productos químicos se produzcan y utilicen reduciendo al mínimo los efectos adversos significativos en la salud humana y el medio ambiente. “

El REACH tiene la intención de ayudar a la Unión Europea para lograr los objetivos del SAICM y racionalizar el marco legislativo anterior. El REACH es actualmente la legislación sobre sustancias químicas más ambicioso en el mundo y se aplica a todos los países de la Unión Europea. Sin embargo, muchos otros países también están considerando adoptar el mismo enfoque.

El REACH hace que la industria (fabricantes e importadores) encargados de evaluar y gestionar los riesgos que plantean los productos químicos y el suministro de información de seguridad sea adecuada a sus usuarios.

El registro de productos químicos por parte de los fabricantes e importadores es requerido para la

Los usuarios intermedios tienen la obligación de utilizar las sustancias de forma segura de acuerdo con la información de gestión de riesgos. Ellos también tienen el deber de informar a los fabricantes e importadores sobre la forma en que utilizan la sustancia y si la usan de manera diferente a los escenarios de exposición documentados, con el objetivo de convertirlo en un uso identificado.

Cabe señalar que para todas las sustancias (o preparados) que estén clasificados como peligrosas o de muy alta preocupación (CMR, PBT o mPmB), los fabricantes e importadores deben preparar y suministrar Fichas de Datos de Seguridad (FDS) a los usuarios intermedios y distribuidores que recomienden medidas de gestión de riesgos apropiadas.

Para facilitar la introducción del REACH hay una fase de implementación con sustancias altamente preocupantes y sustancias producidas en muy grandes cantidades que se incluyeron en el ámbito de aplicación de REACH a finales de 2010. Las cantidades pequeñas de sustancias de no muy alta preocupación vendrán bajo el ámbito de aplicación de REACH para el año 2013 o 2018, dependiendo de las cantidades.

Gestión del día a día de los aspectos técnicos, científicos y administrativos de REACH es responsabilidad de la Agencia Europea de Sustancias Químicas (ECHA) en Helsinki.

Para ciertas sustancias que son carcinógenas, mutágenas o tóxicas para el sistema reproductor (sustancias CMR), se concederá la autorización si el productor o importador puede demostrar que los riesgos derivados de la utilización en cuestión sean controlados adecuadamente. Esto significa que los científicos deben ponerse de acuerdo sobre un "umbral de seguridad" por debajo del cual una sustancia no crea efectos negativos para el cuerpo humano o el medio ambiente.

Para las demás materias y sustancias con propiedades persistentes, bioacumulativas o tóxicas (PBT, VPVB), donde el control adecuado no es posible CMR, sólo se concederá la autorización si no existe una alternativa más segura y cuando los beneficios socioeconómicos de la utilización de la sustancia compensan los riesgos.

Para todas las sustancias que se producen en cantidades de 10 toneladas o más por año, los fabricantes e importadores deben preparar una Evaluación de Seguridad Química (CSA) y un informe de seguridad química (CSR).

Si la evaluación de la seguridad química muestra que la sustancia está clasificada como peligrosa o es de muy alta preocupación (CMR, PBT o mPmB), también se requiere que los fabricantes e importadores generen escenarios de exposición (ES) o evaluaciones de riesgo para los usos identificados de la sustancia.

La evaluación debe:

- Abordar todos los usos identificados de la sustancia.
- Considerar todas las etapas del ciclo de vida de la sustancia.
- Tener en cuenta los posibles efectos adversos de la sustancia.
- Tomar en cuenta las medidas de gestión de riesgos recomendadas.

gran mayoría de las sustancias producidas o importadas en cantidades superiores a 1 tonelada por año. Ellos están obligados a recopilar información completa sobre las propiedades del producto químico y presentar una información técnica sobre la sustancia química y cómo manejar efectivamente el riesgo que entraña su uso.

Adicionalmente puede requerirse autorización específica para las sustancias extremadamente peligrosas (carcinógenas, mutágenas, sustancias tóxicas para el sistema reproductor (CMR), y sustancias persistentes, bioacumulativas y tóxicas (PBT) o que sean muy persistentes y muy bio-acumulativas (mPmB).

Una comparación entre el sistema actual en la Unión Europea y el REACH se da en la Tabla 10.1:

Sistema actual	REACH
Hay vacíos en el conocimiento acerca de muchas de las sustancias químicas en el mercado europeo.	REACH cerrará las brechas de conocimiento por el suministro de información sobre los peligros y riesgos de las sustancias químicas producidas o importadas en cantidades superiores a 1 tonelada / año por fabricante / importador.
La carga de la prueba" está en las autoridades: ellos necesitan demostrar que el riesgo por utilización de una sustancia química no es seguro antes de que puedan imponer restricciones".	"La carga de la prueba" estará en la industria. Es necesario demostrar que el riesgo por la utilización de un producto químico puede ser adecuadamente controlado, y recomendar las medidas apropiadas. Todos los actores de la cadena de suministro estarán obligados a garantizar la seguridad de las sustancias químicas que manejan.
El requisito de NOTIFICACIÓN para "nuevas sustancias" comienza a un nivel de producción de 10 kg. Ya a este nivel, se necesita una animación de ensayo. A 1 tonelada, una serie de pruebas en animales se requieren.	El REGISTRO será requerido para las antiguas y las nuevas sustancias cuando la producción o importación llega a 1 tonelada. Tan lejos como sea posible, se reducirá al mínimo o los ensayos con animales.
Es relativamente costoso introducir una nueva sustancia en el mercado. Esto fomenta el uso continuado de productos químicos no probados "existentes" e inhibe la innovación.	La innovación de sustancias seguras será desarrollado bajo REACH a través de: más exenciones para la investigación y el desarrollo; menores costos de registro para nuevas sustancias; y la necesidad de considerar sustancias sustitutivas cuando aplique autorizaciones.
Los poderes públicos están obligados a realizar evaluaciones complejas de riesgo que son lentos y engorrosos.	Industria será responsable de evaluar que la seguridad de los usos identificados, antes de la producción y la comercialización. Las autoridades podrán centrarse en temas de gran preocupación.

La enfermedad del legionario se caracteriza principalmente por neumonía y síntomas parecidos a la gripe. Es fatal en aproximadamente el 10 - 15% de los casos. Los hombres son más propensos a desarrollar la enfermedad que las mujeres; otros factores de riesgo son la edad y el estado general de salud.

La legionela abunda en agua dulce natural, incluyendo ríos, lagos, arroyos y estanques. Hay una fuerte probabilidad de concentraciones muy bajas de las bacterias existentes en todos los sistemas de aguas abiertas, incluidas las de los servicios de construcción. Las fuentes más comunes de los brotes de legionelosis han sido torres de refrigeración y sistemas de agua en grandes edificios, especialmente los hospitales y hoteles.

Las principales formas de prevenir y controlar la propagación de la enfermedad de los legionarios es controlar el crecimiento inicial de la bacteria en los sistemas de agua y evitar la generación de aerosoles.

Las zonas de mayor riesgo incluyen:

- Torres de enfriamiento
- Tanques de almacenamiento de agua y calentadores
- Servicios de agua fría y caliente en los locales donde los ocupantes son particularmente susceptibles (residencias de ancianos, hospitales, etc.)
- Humidificadores y o lavadoras que crean un chorro de gotas de agua y en donde la temperatura del agua supere los 20 °C
- Balnearios y piscinas
- Sistemas de rociadores contra incendios

Algunos factores que influyen en el crecimiento son:

- Temperatura del agua - Las temperaturas en el rango de 20°C -

- Grupo de riesgo 2 - (Riesgo individual moderado, riesgo comunitario limitado). Un patógeno que puede provocar una enfermedad humana o animal y que podría ser un peligro para los trabajadores de laboratorio, pero es poco probable que se propague a la comunidad, la ganadería y el medio ambiente. Exposiciones de laboratorio pueden causar una infección grave, pero el tratamiento eficaz junto con las medidas preventivas, hacen que el riesgo de propagación sea limitado.

- Grupo de riesgo 3 - (Alto riesgo individual, bajo riesgo de la comunidad). Un patógeno que pueda causar una enfermedad grave, pero que no se transmite de una persona a otra.

- Grupo de riesgo 4 - (Alto riesgo individual y comunitario). Un patógeno que produce generalmente una enfermedad humana o animal grave y puede transmitirse fácilmente de una persona a otra, directa o indirectamente.

## 11.2 LEGIONEL A Y FIEBRE DEL HUMIDIFICADOR

### 11.2.1 Legionela

La enfermedad del legionario fue reconocida por primera vez en 1976, cuando se produjo un brote entre los delegados que asistían a una convención de la Legión Americana en Filadelfia. El agente causal fue identificado más tarde como *Legionella pneumophila*.

La bacteria causa dos patrones de la enfermedad en los seres humanos; Fiebre de Pontiac (una enfermedad similar a la gripe leve) y enfermedad de los legionarios. Entra en el cuerpo cuando se inhalan finas gotitas de agua contaminada. La bacteria no se transmite de persona a persona.

La fiebre de Pontiac es una enfermedad "auto limitada" con un período de incubación más corto y síntomas más leves que la enfermedad del legionario. La fiebre de Pontiac afecta un mayor porcentaje de las personas expuestas, pero hasta ahora no ha sido fatal.

## 11. RIESGOS BIOLÓGICOS

### 11.1 INTRODUCCIÓN A LOS RIESGOS BIOLÓGICOS

El curso y este manual han concentrado su atención en los productos químicos y su incidencia en los procesos industriales comunes. Esta última sección cubre algunos de los problemas asociados a los riesgos biológicos. No pretende ser una revisión exhaustiva de todos los riesgos biológicos, sino una visión general de algunos problemas comunes.

Una diferencia fundamental entre los riesgos químicos y biológicos es que los agentes biológicos, ya sean bacterias, virus u hongos, bajo condiciones adecuadas tienen la capacidad de replicarse rápidamente a sí mismos. Esto significa que el enfoque en el control no es sólo evitar el contacto con el agente, sino también garantizar que se eviten las condiciones favorables para el crecimiento del organismo.

Las tres categorías principales de agentes biológicos que estaremos cubriendo son bacterias, virus y hongos.

- Bacterias - microorganismos unicelulares que viven en el suelo, agua y aire. Hay miles de bacterias de diferentes tipos - muchas son inofensivas, o incluso beneficiosas; pero algunas bacterias son patógenas, es decir que causan enfermedad. Ejemplos de enfermedades causadas por bacterias son: la enfermedad del legionario, varios tipos de intoxicación alimentaria (por ejemplo, *Salmonella*) y el ántrax. Los antibióticos se utilizan para tratar infecciones bacteriales.

- Virus - diminutos organismos parásitos que sólo pueden reproducirse dentro de las células vivas. Se componen de ácidos nucleicos (ARN o ADN) con una capa de proteína. Los virus más grandes

conocidos son aproximadamente 1000 veces más pequeños que el promedio de las bacterias. Los virus causan muchas enfermedades incluyendo el resfriado común, gripe, el sarampión, la rabia, la hepatitis y el SIDA.

- Los antibióticos son ineficaces contra los virus, pero muchas enfermedades virales son controladas a través de vacunas.

- Hongos - son plantas simples que carecen de clorofila y de las estructuras normales de la planta (ej. hojas, tallos, etc.). Los hongos incluyen levaduras y mohos.

La respuesta de cada individuo a la exposición a microorganismos depende de su estado de inmunidad, es decir, el poder del individuo para resistir la enfermedad. Hay muchos factores que intervienen en la inmunidad, entre ellos:

- Si el individuo ya ha experimentado una enfermedad en particular
- Niveles de inmunización
- Resistencia individual
- Fatiga
- Edad

Para simplificar la forma de administrar los riesgos de diferentes organismos, estos se clasifican en diferentes grupos de riesgo. Las medidas de control necesarios deben ser tomadas para cada grupo de riesgo:

- Grupo de Riesgo 1 - (Bajo riesgo individual y comunitario). Un organismo que es poco probable que cause enfermedades humanas o animales.

### 11.3.1 Hepatitis B

La hepatitis B es un virus de transmisión sanguínea y de transmisión sexual que causa la inflamación del hígado. Muchas personas infectadas no presentan síntomas, mientras que otros manifiestan signos similar a la gripe con náuseas e ictericia. La Hepatitis B puede causar hepatitis crónica

(inflamación del hígado) y daños en el hígado a largo plazo.

La hepatitis B es más común en algunas partes del mundo, como el sudeste de Asia, África, el Medio y Lejano Oriente y Europa meridional y oriental. La OMS estima que hay 350 millones de personas crónicamente infectadas en todo el mundo.

El virus de correo se puede transmitir por contacto con sangre o fluidos corporales infectados de una persona infectada. El intento de eliminar sin éxito la hepatitis B después de seis meses conduce al estado de portador crónico. Muchas personas que se vuelven portadores crónicos no tienen síntomas y no saben que están infectadas.

Las precauciones generales incluyen la protección contra el contacto de sangre a sangre. Además, todos los trabajadores de la salud deben ser vacunados contra la hepatitis B y debe demostrarse que han dado una respuesta serológica a la vacuna. Las precauciones universales deben ser atendidas en el ámbito hospitalario.

### 11.3 ENFERMEDADES TRANSMITIDAS POR LA SANGRE

La transmisión en el lugar de trabajo puede ocurrir a través de lesiones corto punzantes y el contacto de sangre infectada y otros fluidos corporales con las membranas mucosas o piel no intacta.

El riesgo de adquisición ocupacional de un virus transmitido por la sangre se relaciona con:

- La prevalencia del virus en la población de pacientes.
- La eficiencia de la transmisión del virus después de un solo contacto con el fluido / tejido infectado.
- La naturaleza y frecuencia de contacto ocupacional a sangre.
- La concentración del virus en la sangre.

Las ocupaciones de mayor riesgo incluyen el cuidado de la salud y personal de servicios de emergencia, así como aquellos que viajan y trabajan en países con alta prevalencia de la enfermedad.

La protección consiste en evitar el contacto sanguíneo tomando precauciones, como:

- Uso de guantes y mascarillas.
- Cubrir los cortes y heridas con un vendaje impermeable.
- Tener cuidado con el uso de objetos punzantes.
- Asegurarse que todo el equipo utilizado este esterilizado adecuadamente.
- Asegurarse de la eliminación de material infectado.
- Control la contaminación de la superficie de trabajo.
- Mantener buenos hábitos higiénicos.
- Inmunización apropiada para “un riesgo” particular en los trabajadores (por ejemplo, la hepatitis B).

### 11.2.2 Fiebre del humidificador

La fiebre del humidificador, está asociada con la exposición a diferentes tipos de microorganismos, incluidas diversas bacterias y hongos que se encuentran en los depósitos de las unidades de humidificación y aire acondicionado. Los microorganismos se han encontrado en sistemas de ventilación grandes, así como en unidades pequeñas. Las concentraciones elevadas de estos organismos se pueden dispersar en el medio ambiente en forma de aerosoles durante el funcionamiento normal.

“La fiebre del humidificador” generalmente es similar a la fiebre causada por la gripe con escalofríos, dolor de cabeza, dolor muscular y fatiga. Estos síntomas generalmente se presentan un par de horas después de la exposición y por lo general desaparecen en uno o dos días. Sin embargo, en algunos casos puede manifestarse como una alveolitis alérgica.

Los controles para evitar la fiebre del humidificador consisten en asegurar que las bacterias y los hongos no se multipliquen y alcancen altas concentraciones en el depósito de agua. Los enfoques incluyen programas de limpieza y mantenimiento regulares, junto con la desinfección.

45°C favorecen el crecimiento (temperatura óptima 37°C). La proliferación de las bacterias es poco probable por debajo de 20°C, y el organismo no sobrevive por encima de 60°C.

- El agua estancada favorece la proliferación.
- Presencia de sedimentos, incrustaciones y lodos.
- Presencia de otros microorganismos (algas, amebas y bacterias) o un biofilm (una capa de microorganismos contenidos en una matriz que puede formar un fango en superficies).

Control:

- Deben tomarse medidas para minimizar el riesgo de exposición para prevenir la proliferación de legionella en el sistema y reducir la presencia de gotas de agua y aerosoles.
- Minimizar la liberación de agua atomizada.
- Evitar que la temperatura del agua permanezca entre 20°C y 45°C (principal mecanismo de control).
- Evitar el estancamiento del agua.
- Evitar el uso de materiales que pueden albergar o ayudar al crecimiento de bacterias y otros organismos.
- Mantener depósitos de agua limpia (evitar sedimentos etc.)
- Mantener sistemas de tratamiento de agua adecuados que incluyen biosidas.
- Asegurarse de que el sistema funciona de forma segura y correcta y está bien mantenido.

La toma de muestras para evaluar la calidad del agua es una parte esencial del régimen de tratamiento de agua y debe incluir, tanto las pruebas químicas como microbiológicas.

- Cutáneo – es la forma más común después del contacto con la piel. Un punto rojo en el sitio de la infección desarrolla una lesión (pustula) con un centro negro. Sin tratamiento, la lesión normalmente benigna comienza a sanar después de unos 10 días. En una pequeña proporción de casos, las bacterias de la lesión entran en el torrente sanguíneo produciendo una septicemia que puede ser fatal.

- Pulmonar o ántrax por inhalación – ocurre por la inhalación del material que contiene esporas. Las esporas entran en los pulmones y son absorbidos por el sistema inmune. Los síntomas iniciales son similares a los de la gripe, pero estos se desarrollan rápidamente cuando las esporas germinan en el tejido linfático, se multiplican y producen una toxina potente. La enfermedad progresa con dificultad para respirar, decoloración de la piel y desorientación, lo que lleva al coma y la muerte dentro de 24 - 48 horas.

Las principales ocupaciones en riesgo incluyen a los trabajadores agrícolas, mataderos de animales, elaboración de productos, veterinarios y las industrias de la lana y de bronceado.

Las medidas de control incluyen la eliminación de ántrax en animales de granja, elevados niveles de higiene personal, incluyendo la cobertura de los cortes con apósitos impermeables y formación.

### 11.4.2 Leptospirosis (grupo de riesgo 2)

La principal forma de leptospirosis es la enfermedad de Weil, que es una enfermedad potencialmente mortal causada por la bacteria *Leptospira* por contacto con la orina o tejido de animales infectados. Los síntomas son parecidos a los de la gripe, como fiebre, dolor de cabeza, vómitos, dolores musculares, neumonía y posible insuficiencia renal y muerte. Puede entrar en el cuerpo a través de abrasiones, cortes en la piel y a través de la mucosa de la boca, la nariz y la conjuntiva.

## 11.4 ZONOSIS

La zoonosis es causada por infecciones que se transmiten naturalmente de los animales a los humanos. Hay más de 150 zoonosis conocidas que van desde tífus, al ántrax y la rabia. Las zoonosis afectan principalmente a las personas que trabajan de cerca con los animales y productos de origen animal, así como los trabajadores agrícolas, de laboratorios, veterinarios, forestales y personas que trabajan en las industrias de la lana y de bronceado.

La infección puede ocurrir a través del contacto con:

- Un animal y productos animales (carne, harina de huesos, piel, plumas, pieles, lana).
- Tejidos y fluidos corporales de animales (sangre, saliva, etc.)
- Los productos del parto (placenta, etc.)
- Residuos orgánicos (orina, estiércol, heces).
- Materiales contaminados (tierra, ropa, etc.).

La infección puede tener lugar por inhalación, ingestión o por medio de la piel abierta o contacto con las membranas mucosas.

### 11.4.1 Antrax (ACDP Grupo 3)

La enfermedad es causada por los formadores de esporas de bacterias *Bacillus Anthracis*. Muchos animales pueden portar la bacteria del ántrax o esporas, incluyendo vacas, caballos, cabras y ovejas. Las esporas en cueros, lana y pelo de animales pueden representar un problema en los procesos de fabricación posteriores en los que se utilizan estos productos. Las esporas son muy resistentes y las tierras de pastoreo pueden permanecer infectadas durante muchos años.

Hay dos formas principales de cómo la enfermedad de ántrax puede ocurrir en los seres humanos; ántrax cutáneo (una enfermedad de la piel) y ántrax pulmonar (que afecta a los pulmones).

### 11.3.3 VIH - (Virus de Inmunodeficiencia Humana)

El VIH es la infección que a través de la destrucción progresiva de las células inmunes específicas conduce al SIDA. El VIH es una enfermedad de transmisión sexual y del virus por transmisión sanguínea.

- Las personas con VIH por lo general no tienen síntomas por un período prolongado de tiempo, mientras el virus actúa lentamente al debilitar el sistema inmunológico del organismo.

- Cuando el sistema inmunitario de una persona se ha debilitado, él o ella es susceptible a otras enfermedades, especialmente infecciones (por ejemplo, tuberculosis, neumonía) y cáncer, muchos de las cuales normalmente no son una amenaza para una persona sana. En esa etapa de la infección severa la persona a menudo se diagnostica con SIDA. SIDA significa Síndrome de Inmunodeficiencia adquirida.

- Por lo general, la causa de la enfermedad y la muerte eventual de una persona con VIH no es el virus en sí, sino las enfermedades a las que el virus ha hecho que la persona sea vulnerable. Con tratamiento médico una persona con SIDA puede superar una enfermedad, pero por lo general sucumbir a otra. Las personas con VIH casi siempre mueren prematuramente.

El VIH es una infección grave. Sin tratamiento, se espera que la mayoría de las personas mueran por esta infección.

Actualmente no existe una vacuna o cura para el VIH. Sin embargo hay un tratamiento llamado terapia antirretroviral altamente activa (HAART). El tratamiento suprime el virus del VIH y puede revertir el daño al sistema inmune durante algún tiempo, prolongando la vida de las personas infectadas. El virus está cambiando continuamente, a veces se vuelven resistentes a los fármacos actuales, por lo que la terapia HAART puede no ser una solución a largo plazo y no es una cura.

### 11.3.2 Hepatitis C

La hepatitis C es un virus transmitido por la sangre que provoca la inflamación del hígado. No existe una vacuna disponible para prevenir la infección de hepatitis C. La infección por hepatitis C afecta a diferentes personas de diferentes maneras; muchos no experimentan síntomas, mientras que otras experimentan cansancio extremo. Los síntomas reportados incluyen fatiga, pérdida de peso, náuseas, síntomas de gripe, problemas para concentrarse, dolor abdominal e ictericia.

Se estima que alrededor del 15 - 20% de las personas infectadas eliminan la infección naturalmente dentro de los primeros 6 meses. Para el resto, la hepatitis C es una infección crónica que puede abarcar varias décadas y puede durar toda la vida.

En el 80 - 85% de los individuos que no logran eliminar la infección, naturalmente, el resultado es extremadamente variable. Muchas personas nunca desarrollan cualquier signo o síntoma de enfermedad hepática en su vida y ni siquiera saben que han sido infectadas. Otras personas llegan a desarrollar una enfermedad hepática grave.

La Organización Mundial de la Salud estima que hay 170 millones de portadores de hepatitis C en todo el mundo. El virus se transmite cuando la sangre de una persona infectada entra en el torrente sanguíneo de otra. La prevención se centra en evitar que la sangre de individuos infectados entre en contacto con los demás.

Los usuarios de drogas inyectables están en alto riesgo de infección, se debe utilizar siempre material de inyección estéril. En un entorno de atención de la salud, las precauciones universales deben ser atendidas; toda la sangre y los fluidos corporales deben ser tratados como potencialmente infecciosos en todo momento.

## 11.7 MODIFICACIÓN GENÉTICA

La modificación genética es una tecnología desarrollada en los últimos 30 años para alterar las características de los organismos vivos, como plantas o animales. Se trata de la adición de nuevo material genético en un organismo.

Los organismos genéticos modificados (OGM) tienen amplias aplicaciones. Se utilizan en la investigación médica y biológica, la producción de fármacos y la agricultura. Hasta ahora la mayor aplicación de la modificación genética ha sido en la producción de cultivos alimentarios que son más resistentes a las enfermedades, o al ataque de insectos, o con el aumento de rendimiento de los cultivos.

Los beneficios de la modificación genética son potencialmente enormes. En el futuro, los beneficios potenciales incluyen nuevos tratamientos para enfermedades, cultivos que son más resistentes a las plagas y enfermedades, alimentos de mayor valor nutritivo y la producción de fármacos a partir de plantas.

Sin embargo, hay una serie de inquietudes con respecto a esta tecnología. En principio, algunas personas tienen preocupaciones acerca de la alteración de los sistemas biológicos que han evolucionado de forma natural. Además, a muchas personas les preocupa que aún no seamos capaces de entender todas las ramificaciones potenciales de la manipulación genética.

Una preocupación particular ha sido la posibilidad de que las plantas modificadas genéticamente por polinización cruzada (o "saliente") con otras variedades de cultivos "naturales", originen otras variedades con propiedades que aún no han sido evaluadas. La seguridad de los organismos modificados genéticamente en la cadena alimentaria también ha sido cuestionada.

Como resultado de estas preocupaciones, han sido implementados controles estrictos en el uso y la producción de organismos modificados genéticamente.

Ha habido muchas pandemias en el pasado, incluyendo las causadas por los virus de la fiebre tifoidea, el cólera, la peste bubónica y la gripe.

La peste bubónica mató a decenas de millones de personas en Europa en la Edad Media. La pandemia del virus de la gripe más grave registrado ocurrió entre 1918 y 1920 cuando se estimó a la "gripe española" de haber matado al menos a 40 millones de personas. Más recientemente la "gripe de Hong Kong" se estima que ha matado alrededor 1 millón de personas en los finales de 1960.

Nuevas cepas del virus de la gripe siguen apareciendo en los animales con el potencial de que cualquier nueva cepa en particular podría causar una pandemia futura. Estas nuevas cepas del virus de la gripe se producen cuando se transmiten a los seres humanos de otras especies animales como cerdos, pollos o patos.

Un ejemplo reciente de una nueva variante de la cepa de virus de la gripe H5N1 ("gripe aviar") que fue encontrado en 2004 en aves en Vietnam. Para el año 2007 se habían encontrado numerosos casos a través de Asia y gran parte de Europa. Ha habido víctimas humanas entre las personas que han tenido contacto cercano con aves infectadas. No ha habido, o ha sido limitada, la transmisión de la enfermedad de persona a persona.

La gripe aviar H5N1 no se clasifica como una pandemia ya que el virus aún no se puede propagar fácilmente o de forma sostenible entre la población humana. Sin embargo, si el virus se combina con una cepa de virus de la gripe humana un nuevo sub-tipo puede evolucionar que podría ser altamente contagiosa en los seres humanos.

Otra preocupación relacionada con las pandemias es que muchos microorganismos se están volviendo resistentes a muchos de los antibióticos actualmente en uso. Estos microorganismos resistentes a los antibióticos (a veces llamadas "superbacterias") pueden contribuir al resurgimiento de muchas enfermedades que están actualmente bien controladas, por ejemplo la tuberculosis.

Una gama de bacterias comunes también son cada vez más resistentes a los antibióticos conduciendo a un aumento en el número de infecciones adquirida. Un ejemplo bien conocido es el aureas *Staphylococcus* resistente a la metilina (MRSA).

Los mohos se pueden encontrar a donde haya humedad, oxígeno y una fuente de nutrientes. Crecen en la materia orgánica muerta, como en vegetación en descomposición y hojas muertas, especialmente en las zonas húmedas sombreadas.

En situaciones industriales las panaderías, cervecerías, lecherías y los invernaderos son ejemplos de lugares ideales para que crezcan mohos. Cualquier área donde se almacenan alimentos frescos también son posibles sitios donde es viable el crecimiento de moho. Los ejemplos bien documentados incluyen graneros o silos, sobre todo si el grano se ha almacenado ligeramente húmedo.

De hecho, en cualquier ambiente interior, el moho puede crecer en lugares húmedos, como en sótanos mal ventilados, baños, humidificadores y unidades de aire acondicionado. Pueden desarrollarse en cualquier área donde las superficies o materiales están húmedas. La reducción de los niveles de humedad es el factor más importante en la mitigación de crecimiento de mohos.

## 11.6 PANDEMIA

Una pandemia puede ser definida como una epidemia de una enfermedad infecciosa que se propaga a lo largo de un área geográfica amplia (varios países, un continente o incluso en todo el mundo) y afecta a una gran proporción de la población.

Una pandemia puede comenzar cuando se produzcan las siguientes condiciones:

- Aparición de una enfermedad, o una cepa particular de una enfermedad, nueva a una población.
- El agente afecta a los humanos, causando una enfermedad grave.
- El agente se propaga fácilmente y de manera sostenible entre los humanos.

El riesgo ocupacional incluye a agricultores, trabajadores agrícolas, acuicultores, trabajadores de la construcción, de la industria del agua, de la industria del ocio, de alcantarillado y de laboratorio.

### 11.4.3 Salmonelosis

La salmonelosis es el nombre dado a una infección causada por cualquier bacteria del grupo de la salmonella. La bacteria *Salmonella* puede ser transportada por la mayoría de los tipos de animales de granja. Las infecciones se asocian generalmente con la ingestión de alimentos contaminados o puedan resultar del contacto con animales de granja y estiércol; por ejemplo, usando las manos contaminadas para comer, beber o fumar.

Los síntomas se presentan de repente, alrededor de 12 a 24 horas después de la infección e incluyen malestar general, dolor de cabeza, náuseas, dolor abdominal, diarrea y fiebre. Los síntomas suelen durar de 2 a 3 días, pero pueden persistir durante más tiempo. También se puede presentar deshidratación o septicemia (envenenamiento de la sangre).

## 11.5 MOHOS

Los Mohos son hongos microscópicos que crecen en forma de hilos o filamentos de ramificación. Se reproducen por medio de esporas microscópicas que pueden dar lugar a un nuevo crecimiento de moho que a su vez puede producir millones de esporas.

Si es inhalado, las esporas de hongos pueden causar rinitis alérgica u otras respuestas alérgicas como por ejemplo alveolitis.

## 12. REFERENCIAS

AIOH (2007): Principles of Occupational Health and Hygiene. AIOH, 2007

BSI (1993): BS EN 481:1993 Workplace atmospheres – Size fraction definitions for measurement of airborne particles. Permission to reproduce extracts from BS EN 481:1993 is granted by BSI. British Standards can be obtained in PDF or hard copy formats from the BSI online shop: [www.bsigroup.com/Shop](http://www.bsigroup.com/Shop) or by contacting BSI Customer Services for hard copies only: Tel: +44 (0)20 8996 9001, Email: [cservices@bsigroup.com](mailto:cservices@bsigroup.com)

Envirowise (2002): GG354 - Surface cleaning and preparation: choosing the best option.

Harrington, J.M. and Gardiner, K. (1994): Occupational Hygiene. Blackwell Science.

SE (1992): Control of silica dust in foundries. HSE 1992

HSE (2008): About latex allergies. [www.hse.gov.uk](http://www.hse.gov.uk) (accessed January 2009)

HSE (2008): Hairdressing. What does contact dermatitis look like? HSE 2008

HSE (2008): RR274 Nanoparticles: An occupational hygiene review. Tranter, M. (1999): Occupational Hygiene and Risk Assessment  
U.S. Department of Health and Human Services (2002): Health effects from exposure to fibrous glass, rock wool or slag wool. Contract 205-1999-00024 2002

# EFECTOS EN LA SALUD DE SUSTANCIAS PELIGROSAS



**CRP ACADEMIA**

Centro de Conocimiento en Higiene Ocupacional



**OH learning**

advancing occupational hygiene worldwide