|  |  |
| --- | --- |
| **Ir al inicio** | |
|  | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/home.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) | | [[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/barratit.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html)](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) |
| [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bbie-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/bienvenida.html)[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bger-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/generali.html)http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bprev-off.gif[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bprep-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/prepara.html)[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bres-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/respues.html)[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bcas-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/estudio.html)[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/blin-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/enlaces.html)[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bsal-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/sala.html) | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **NOCIONES BÁSICAS DE TOXICOLOGÍA APLICADAS A LAS EMERGENCIAS QUÍMICAS**  ***Nilda A.G.G. de Fernícola***    [**Accidentes químicos**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/nocibasi/#Accidentes) **|** [**Clasificación de los accidentes químicos**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/nocibasi/#Clasificación) | [**Aspectos toxicológicos para la atención de un accidente químico**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/nocibasi/#Aspectos) **|** [**Toxicología**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/nocibasi/#4) **|** [**Conclusiones**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/nocibasi/#Conclusiones) **|** [**Bibliografía**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/nocibasi/#Bibliografía)   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botizq.jpg](javascript:window.history.go(-1)) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botpower.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/nocibasi/nocibasi.ppt) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botpregu.jpg](http://bvsde.per.paho.org/aptutoriales/listar_preguntas.php?odbc=apquimicos&tema=18&file=index.html) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/print.jpg](javascript:window.print()) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/home.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botder.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/infoemer/index.html) | | [Anterior](javascript:window.history.go(-1)) | [Power Point](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/nocibasi/nocibasi.ppt) | [Módulo de preguntas y respuestas](http://bvsde.per.paho.org/aptutoriales/listar_preguntas.php?odbc=apquimicos&tema=18&file=index.html) | [Imprimir](javascript:window.print()) | [Inicio](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) | [Siguiente](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/infoemer/index.html) |   **1. Accidentes químicos**  La Organización Mundial de la Salud - OMS, utiliza los términos accidente químico y emergencia química para hacer referencia a un acontecimiento o situación peligrosa que resulta de la liberación de una sustancia o sustancias que representan un riesgo para la salud humana y/o el medio ambiente, a corto o largo plazo. Estos acontecimientos o situaciones incluyen incendios, explosiones, fugas o liberaciones de sustancias tóxicas que pueden provocar enfermedad, lesión, invalidez o muerte, a menudo de una gran cantidad de seres humanos.  Aunque la contaminación del agua o de la cadena alimenticia que resulta de un accidente químico puede afectar poblaciones dispersas, a menudo la población expuesta está dentro o muy próxima a una zona industrial. En un área urbana la población expuesta puede estar, por ejemplo, en las cercanías de un vehículo accidentado que transportaba sustancias peligrosas. Con menos frecuencia, la población expuesta está a cierta distancia del sitio del accidente, incluyendo zonas al otro lado de las fronteras nacionales.  Esta definición debe plantearse aunada al concepto de "incidente químico", en el que una exposición originada por liberaciones de una sustancia o sustancias químicas pueden resultar en enfermedad o posibilidad de ésta. El número de personas afectadas por un incidente químico puede ser muy reducido (incluso una sola), y la enfermedad, incapacidad o muerte puede ocurrir en un lapso considerable, por ejemplo años después del accidente.  Además de los efectos para la salud humana, los accidentes químicos pueden resultar en un daño considerable o a largo plazo al medio ambiente, con cuantiosos costos humanos y económicos (IPCS / OECD / UNEP / WHO1994).  **2. Clasificación de los accidentes químicos**  Desde la perspectiva de salud, existen varias maneras de clasificar los accidentes químicos, de las cuales ninguna es completa o mutuamente excluyente. Por ejemplo, la clasificación podría basarse en: las sustancias químicas involucradas, la cantidad, la forma física, dónde y cómo ocurrió la fuga; las fuentes de liberación; la extensión del área contaminada; el número de personas expuestas; las vías de exposición; y las consecuencias en la salud relacionadas con la exposición. Algunas consideraciones son necesarias para aclarar esta clasificación y se presentan a continuación:   * Las sustancias involucradas Las sustancias involucradas en un accidente pueden agruparse de acuerdo a si son:   + sustancias peligrosas, por ejemplo explosivas, líquidos o sólidos inflamables, agentes oxidantes, sustancias tóxicas o corrosivas;   + aditivos, contaminantes y adulterantes, por ejemplo en el agua potable, bebidas o alimentos, medicamentos y bienes de consumo; y   + productos radioactivos, que no son considerados en esta presentación.   La cantidad de la sustancia química liberada y sus propiedades tóxicas deberían también ser consideradas. Por ejemplo un kilo de cianuro de sodio es más peligroso que un kilo de gas cloro.   * Fuentes de la liberación Las liberaciones pueden originarse por la actividad humana o tener origen natural, es decir pueden ser antropogénicas o naturales. Entre las antropogénicas se incluyen: manufactura, almacenamiento, manipulación, transporte (ferrocarril, carretera, agua y tuberías), uso y eliminación. Entre las fuentes de origen natural se incluyen la actividad volcánica, incendios y toxinas de origen animal, vegetal o microbiano. * Extensión del área contaminada Los accidentes pueden clasificarse de acuerdo a si: fueron delimitados al área de una instalación y que no afectaron a nadie en el exterior; afectaron únicamente la vecindad inmediata de una planta; afectaron una zona extensa alrededor de la instalación o si se dispersaron mucho. * Número de personas expuestas Los accidentes podrán clasificarse por el número de personas afectadas, calculado en términos de muertes, lesionados y/o evacuados. Sin embargo, la gravedad de un accidente químico no puede determinarse únicamente sobre esta base y así se deberán tomar en cuenta todas las circunstancias y consecuencias conocidas. * Vías de exposición Desde la perspectiva de salud, las vías de exposición podrían ser un medio para clasificar los accidentes químicos. Existen cuatro vías principales: inhalación, exposición ocular, contacto con la piel e ingestión. Ninguna de estas vías es mutuamente excluyente. * Consecuencias para la salud Los accidentes químicos pueden ser clasificados también según las consecuencias médicas o para la salud, o en función del sistema u órgano afectado. Ejemplos de éstos serían los accidentes que causan efectos carcinogénicos, teratogénicos, dermatológicos, inmunológicos, hepáticos, neurológicos, pulmonares u otros (OPS/OMS, 1998).   **3. Aspectos toxicológicos para la atención de un accidente químico**  Algunos de los desastres que ocurrieron más recientemente pusieron en evidencia la necesidad del conocimiento de la toxicidad de los compuestos usados en la industria. Este conocimiento es esencial para la aplicación de un tratamiento efectivo y rápido de los efectos tóxicos, como también para el tratamiento de intoxicaciones accidentales. En el caso del accidente de Bhopal, que ocurrió en 1984 en la India, donde era fabricado el insecticida Carbaril, se produjo una emisión de isocianato de metilo. De esta sustancia poco o nada se conocía, en esa época, sobre su toxicidad y como consecuencia el tratamiento de las víctimas fue incierto y posiblemente inadecuado.  La pregunta que surge, ante la gran cantidad de sustancias químicas, es: "¿ Todas las sustancias químicas son tóxicas?". Probablemente la mejor respuesta sería: "No hay sustancias químicas seguras sino maneras seguras de usarlas (Timbrell, 1989).  En el documento OPS/OMS (1998) se aconseja que las autoridades locales deberían estar preparadas para tomar parte en el proceso de concientización y preparación para accidentes químicos, o en un programa similar, incluyendo el intercambio de toda la información importante con la comunidad y la industria local. Así, deberían participar en este proceso los hospitales y otras instalaciones destinadas al tratamiento, los profesionales de salud y los centros de información toxicológica y los centros para emergencias químicas.  Desde este punto de vista se considera importante que los participantes, en la atención de una emergencia química, tengan conocimientos básicos de toxicología. Estos conocimientos facilitarán las actividades de los profesionales que participan en la atención de la emergencia así como la protección adecuada para evitar efectos tóxicos.  En un artículo publicado por Gajraj, en 1988, en la revista UNEP Industry and Environment, sobre necesidades de capacitación en la mitigación y contención para accidentes, ya se consideraban los aspectos toxicológicos entre las actividades de ese tipo de curso.  **4. Toxicología**  La toxicología es la ciencia que estudia los efectos nocivos producidos por las sustancias químicas sobre los organismos vivos. Así, el individuo humano, los animales y las plantas pueden estar expuestos a una gran variedad de sustancias químicas. Éstas pueden ser desde metales y sustancias inorgánicas hasta moléculas orgánicas muy complejas.  Según el Programa Nacional de toxicología del Servicio de Salud Pública de EUA (EUA, 1999) existen en ese país 80,000 sustancias químicas a las que sus habitantes pueden estar expuestos a través de productos industriales y de consumo, como también por estar presentes en los alimentos, en el agua para beber y en el aire que se respira. Generalmente, se supone que relativamente pocas representan un riesgo significativo para la salud humana, en las concentraciones de exposición existentes, y que los efectos en la salud producidos por la mayoría de ellas son generalmente desconocidos.  En 1998, según otra publicación, el inventario de las sustancias químicas comerciales en Europa registró 100,000 comercializadas para varios propósitos. De acuerdo con la Asociación de las Industrias Químicas de la República Federal de Alemania solamente alrededor de 4,600 sustancias son producidas en cantidades superiores a 10,000 t anuales. El resto de las sustancias se usan en el laboratorio o en productos manufacturados.  **Conceptos básicos de toxicología**  Algunos términos de uso frecuente en toxicología son importantes y deben ser conocidos. Por ejemplo: sustancia peligrosa, riesgo, toxicidad, dosis, exposición, absorción, biodisponibilidad, distribución, acumulación, biotransformación, eliminación y efecto tóxico.  **Sustancia peligrosa**  Una sustancia peligrosa o un agente peligroso tiene la capacidad de causar daño en un organismo expuesto. Un ejemplo aclarará este concepto: la estricnina es una sustancia química muy tóxica. Cuando está dentro de un frasco perfectamente cerrado puede manipularse sin que se produzca un efecto tóxico. Su toxicidad no mudó pero al no estar en contacto con un organismo vivo no es posible evidenciar su capacidad de producir su efecto tóxico (Ottoboni, 1991).  **Riesgo**  Riesgo es la probabilidad de que aparezca un efecto nocivo debido a la exposición a una sustancia química.  **Toxicidad**  La toxicidad de una sustancia química se refiere a la capacidad de causar daño en un órgano determinado, alterar los procesos bioquímicos o alterar un sistema enzimático.  Todas las sustancias, naturales o sintéticas son tóxicas, es decir que producen efectos adversos para la salud en alguna condición de exposición. Es incorrecto denominar algunas sustancias químicas como tóxicas y otras como no tóxicas. Las sustancias difieren grandemente en su toxicidad. Las condiciones de exposición y la dosis son factores que determinan los efectos tóxicos (Ottoboni, 1991).  **Dosis**  Paracelso, en el Siglo XVI afirmó: "Todas las sustancias son tóxicas. No hay ninguna que no sea tóxica. La dosis establece la diferencia entre un tóxico y un médicamente". Esta afirmación continúa siendo de gran importancia para la toxicología e involucra la idea de dosis.  Una información muy usada es la denominada dosis letal 50 - DL50, que es la cantidad de una sustancia química que cuando es administrada en una sola dosis por vía oral, expresada en masa de la sustancia por masa de animal, produce la muerte en el 50% de los roedores en experimentación dentro de un período de observación de 14 días (Swanson, 1997). En la Tabla 1 se presenta la clasificación de las sustancias basada en el valor de la DL50.  **Tabla 1 DL50 aguda para algunas sustancias químicas (IPCS, 1997)**   |  |  | | --- | --- | | **Sustancia química** | **DL50, rata macho, vía oral; mg/kg de peso corporal** | | Etanol | 7,000 | | Cloruro de sodio | 3,000 | | Sulfato de cobre | 1,500 | | DDT | 100 | | Nicotina | 60 | | Tetradotoxina | 0.01 | | Dioxina (TCDD) | 0.02 |   Otro valor es la concentración letal 50 - CL50, que es la concentración en el aire de una sustancia química que cuando es inhalada continuamente por 8 horas produce la muerte en el 50% de los roedores en experimentación.  Si la dosis de una sustancia es suficientemente alta puede ser peligrosa para cualquier ser vivo, como también si la dosis de una sustancia muy tóxica es muy baja podrá no producir efecto adverso. El agua (un elemento esencial para la vida) al ingerirse en grandes cantidades puede resultar tóxica. Esto debido a que un volumen superior a aquél considerado como ingestión diaria normal para un adulto, entre 2 L y 2,5L, puede causar la eliminación por la orina de sustancias que son esenciales para el organismo.  El periodo de tiempo en el que se administra una dosis y la frecuencia son informaciones muy importantes.  Otro dato importante es el denominado concentración de interés (en inglés: levels of concern-LOCs) que es la concentración en el aire de una sustancia extremadamente peligrosa por encima de la que podrá producir efectos graves en la salud o la muerte como resultado de una sola exposición durante un período relativamente corto. Algunas publicaciones (USEPA, 1987) consideran el LOC como la décima parte de la concentración denominada de peligro inmediato para la vida o la salud (cuya sigla en inglés es IDLH), según publicado por el National Instituto of Occupational Safety and Health - NIOSH o de un valor aproximado del IDLH para animales.  **Exposición**  Para que una sustancia química produzca un efecto, ésta debe estar en contacto con el organismo. Las sustancias químicas pueden ingresar al organismo por tres vías principales: digestiva, respiratoria y dérmica. Después del ingreso, por cualquiera de estas vías, las sustancias químicas pueden ser absorbidas y pasar a la sangre, distribuirse por todo el organismo, llegar a determinados órganos donde son biotransformadas, producir efectos tóxicos y posteriormente ser eliminadas del organismo.  También una sustancia química puede entrar al organismo por otras vías como por ejemplo por inyección venosa o intramuscular pero estas vías no son de gran interés desde el punto de vista toxicológico y especialmente cuando se trata de accidentes producidos por sustancias químicas.  Un esquema bastante usado para clasificar las sustancias químicas según la toxicidad está basado en la duración de la exposición. Los toxicólogos generalmente buscan los efectos de la exposición aguda, subcrónica y crónica, y entender para cada una de estas tres exposiciones el tipo de efecto adverso.  **Absorción**  La absorción implica que la sustancia química atraviesa membranas biológicas. En el caso de que una sustancia sea ingerida, ésta puede ser absorbida en cualquier parte del tracto gastrointestinal. Así todo, la mayor absorción es en el intestino delgado de donde pasa al sistema circulatorio por la vena porta y la sustancia química es transportada directamente al hígado.  La inhalación es la vía más rápida por la cual ingresa una sustancia química al organismo. Un ejemplo es la inhalación del éter etílico, un gas anestésico, que al llegar al pulmón se absorbe, pasa a la sangre y posteriormente se observa el efecto. También pueden ingresar por la vía respiratoria sustancias como material particulado o gases.  La vía cutánea es otra vía de ingreso importante. El espesor de la piel en las distintas regiones del organismo influye la absorción. Así la región del abdomen y del escroto, donde la piel es más fina, la absorción es más rápida que en otras donde es más gruesa como la planta de los pies o la palma de la mano. El parathión es fácilmente absorbido por vía cutánea. Cuando un área grande de piel está en contacto con una sustancia química la cantidad absorbida será mayor que si se trata de una superficie pequeña. El tiempo de contacto también es importante, siendo mayor la absorción cuanto mayor es el tiempo de contacto.  **Biodisponibilidad**  Algunos factores físicos o químicos pueden afectar la absorción de una sustancia con relación a la cantidad a ser absorbida y al tiempo de absorción. Por ejemplo, no todas las formas químicas de un metal son bien absorbidas en el intestino, así en el caso de ingerirse mercurio metálico, poco será absorbido pero no ocurre lo mismo con un compuesto orgánico como el metilmercurio.  Otra situación es la siguiente, los compuestos de bario son tóxicos, pero el sulfato de bario es usado, en forma segura, como medio de contraste en las radiografías del colon debido a que esta sal es insoluble en agua y en grasa. No podría ser usado cloruro de bario porque su solubilidad en agua sería suficiente para que fuera absorbida una cantidad que podría producir efectos tóxicos.  Los anteriores son ejemplos de la importancia de la forma química del compuesto con relación a la absorción.  **Distribución**  Después que la sustancia química es absorbida se distribuye por la sangre a todo el organismo causando los efectos nocivos especialmente en el órgano blanco.  Se entiende por órgano blanco el órgano donde se evidencia primero un efecto nocivo. Para producir esos efectos la sustancia química debe alcanzar una concentración determinada en el órgano, por esta razón es importante la dosis. La existencia de un órgano blanco no significa que en los otros órganos no se verifiquen efectos y a medida que aumenta la dosis y el tiempo de exposición otros órganos serán afectados.  **Acumulación**  Una parte de la sustancia química, que es distribuida en el organismo, puede acumularse. Esto puede ocurrir también en la sangre ya que algunas sustancias pueden unirse a las proteínas sanguíneas. El flúor y el plomo pueden acumularse en los huesos, los bifenilospoliclorados (según la sigla en inglés, PCBs) pueden acumularse en la grasa; otro ejemplo es el cadmio que se une a las proteínas y se acumula en el riñón.  **Biotransformación**  Así como se utiliza la denominación del metabolismo para indicar la transformación de diferentes sustancias que son necesarias para la vida, se ha propuesto la denominación de biotransformación para el proceso de conversión de las sustancias que no son necesarias para el organismo como es el caso de las sustancias tóxicas. El término biotransformación describe cómo los organismos transforman las sustancias tóxicas absorbidas en otras de toxicidad menor y, en general solubles en agua, o en metabolitos de mayor toxicidad como es el caso del ácido fórmico en la biotransformación del metanol. En este proceso el hígado cumple una función importante.  **Eliminación**  Las sustancias solubles en agua son eliminadas por la orina. Las sustancias que son volátiles, como etanol y acetona, y los gases como el monóxido de carbono se eliminan parcialmente por el aire expirado. Algunas también son eliminadas por la leche y sudor.  **Efectos nocivos**  Los efectos tóxicos observados pueden ser: daño a los tejidos y otras modificaciones patológicas, lesiones bioquímicas, efectos teratogénicos, efectos en la reproducción, mutagenicidad, teratogenicidad, efectos irritantes y reacciones alérgicas. Los tres primeros puntos de contacto entre sustancias químicas presentes en el ambiente y el organismo son el tracto gastrointestinal, el sistema respiratorio y la piel. Debe recordarse que las sustancias químicas se absorben y pasan a la sangre, luego siguen al hígado, riñones, sistema nervioso y el sistema reproductivo, entre otros.  No es posible describir todos los efectos que pueden ser producidos por la gran cantidad de sustancias tóxicas y sólo será presentada, a continuación, una breve explicación.   * **Sistema respiratorio**   Los efectos observados, en la exposición a sustancias químicas por vía respiratoria, son irritación causada por gases como amoníaco, cloro, formaldehído, dióxido de azufre y polvos siendo que estos pueden contener metales como cromo. La respuesta típica para la exposición a concentraciones altas de estas sustancias es la constricción de los bronquios y esto es acompañado por disnea, es decir de una sensación de no poder respirar. Con este cuadro de constricción de las vías aéreas, el oxígeno no puede llegar tan rápido como es necesario para satisfacer la demanda del organismo.  Una segunda categoría de efectos en el sistema respiratorio es el daño causado en las células del tracto respiratorio. Ese daño puede producir la liberación de líquido para los espacios internos y resultar en su acumulación, denominado edema. Este edema puede ocurrir como un efecto retardado, que aparece después de exposición crónica o subcrónica.  El dióxido de nitrógeno (NO2) es un buen ejemplo de este efecto. Una exposición de larga duración puede causar enfisema, con pérdida de la capacidad del intercambio gaseoso respiratorio.  La tercera categoría de efecto, y de interés en la exposición causada por accidentes que involucran sustancias químicas, son las alergias. Las reacciones alérgicas son un grupo especial de efectos adversos. La exposición a una sustancia química antigénica resulta en la interacción de ésta con algunas proteínas para formar complejos denominados antígenos que provocan la formación de anticuerpos. Posteriores exposiciones a la sustancia química provocarán una reacción entre los antígenos y los anticuerpos presentes conduciendo a una serie de efectos bioquímicos y fisiológicos, hasta producir la muerte.   * **Tracto gastrointestinal y piel**   Las otras dos áreas del organismo que primero están en contacto con las sustancias químicas presentes en el ambiente son el tracto gastrointestinal y la piel. El tracto gastrointestinal es la entrada principal de sustancias ambientales presentes en los alimentos, en el agua y también en el suelo y polvo.  Las sustancias muy cáusticas, como el hidróxido de sodio, al ser ingeridas pueden causar efecto grave en el tracto gastrointestinal debido a que alteran la constitución química de las células de las membranas.  La irritación de la piel puede ser producida por una serie de sustancias químicas y es caracterizada por enrojecimiento, hinchazón y picazón que generalmente disminuye después que termina la exposición.  Las reacciones alérgicas pueden ser producidas por el mismo mecanismo que fue mencionado anteriormente.   * **Sistema circulatorio**   Las sustancias químicas son absorbidas y pasan a la sangre que las transporta a los distintos órganos. Cuando la concentración de las sustancias químicas o de sus productos de biotransformación alcanza altos niveles puede ocurrir intoxicación sistémica. Algunas sustancias químicas son directamente tóxicas para los diferentes elementos de la sangre y otras producen cambios en ciertos elementos de la sangre que provocan alteraciones en otros sistemas del organismo. Puede ser citado como ejemplo el monóxido de carbono (CO) que al ser inhalado se une a la hemoglobina produciendo carboxihemoglobina que impide el transporte de oxígeno por la sangre a los tejidos.   * **Hígado**   Las sustancias químicas que ingresan por vía digestiva se absorben y a través de la vena porta llegan al hígado. Las células hepáticas tienen una capacidad muy grande para biotransformar agentes xenobióticos, siendo convertidos, en general, en sustancias más hidrosolubles que se eliminan por vía renal.  Las sustancias hepatotóxicas se clasifican de acuerdo con el efecto nocivo que producen en el hígado. Algunas causan acumulación excesiva de lípidos; otras pueden producir la muerte de las células, es decir necrosis, y otras producen colestasis es decir la disminución de la secreción de bilis, que lleva a ictericia.   * **Riñón**   Varias sustancias químicas pueden producir efectos nocivos en los riñones por mecanismos de acción diferentes. Los metales pesados como mercurio, cadmio, cromo y plomo producen efectos sobre el túbulo renal. Concentraciones elevadas de metales presentes en el filtrado flomerular pueden dañar las funciones de los túbulos y producir la pérdida de grandes cantidades de moléculas esenciales para el organismo como glucosa y aminoácidos. En el caso de que la concentración de metales sea suficientemente alta puede ocurrir la muerte de las células y alterar la función renal como un todo. El tetracloruro de carbono y el cloroformo son hepatotóxicos y nefrotóxicos.   * **Sistema nervioso**   El sistema nervioso está relacionado con prácticamente todas las funciones mentales y físicas del organismo. Los neurotoxicólogos generalmente dividen los efectos tóxicos de acuerdo con el local primario de acción de la sustancia química.  Algunas sustancias químicas como el monóxido de carbono pueden producir falta de oxígeno o de glucosa en el cerebro con graves efectos para el organismo. Otras sustancias como el plomo y el hexaclorobenceno son capaces de producir pérdida de mielina, y algunos compuestos orgánicos del mercurio pueden producir efectos en las neuronas periféricas.   * **Sistema reproductivo**   El sistema reproductivo de hombres y de mujeres puede ser dañado por determinadas sustancias químicas. En los hombres algunas sustancias como DBCP y cadmio, pueden reducir o impedir la producción de esperma.  Alteraciones en el proceso reproductivo pueden ocurrir como, por ejemplo, la inducción de modificaciones fisiológicas y bioquímicas que reducen la fertilidad, e impiden el completo desarrollo del feto o del nacimiento normal.  Un aspecto muy bien estudiado de la toxicidad reproductiva es la llamada toxicidad del desarrollo. Esta área comprende el estudio de los efectos de las sustancias químicas en el desarrollo del embrión y del feto durante la exposición en el útero y en el desarrollo posterior del niño después del nacimiento. En esta época la exposición puede cesar o continuar porque la sustancia química recibida por la madre es transferida a la leche y también puede continuar toda la vida porque existen fuentes adicionales diferentes a las que la madre estuvo expuesta.   * **Teratogenicidad**   Después de la fertilización del óvulo, comienza la proliferación de las células que dan origen al feto. En los humanos, alrededor del noveno día comienza el proceso de diferenciación celular y los distintos tipos de células específicas que constituyen el organismo comienzan a formarse y migran a su posición apropiada. Esto ocurre hasta el desarrollo completo del feto. Algunas sustancias químicas pueden causar efectos en la descendencia que no son hereditarios y son denominadas sustancias teratogénicas.  Un medicamento, talidomida, puede ser mencionado como ejemplo de sustancia teratogénica. Éste, cuando fue ingerido por las mujeres durante el embarazo, produjo efectos teratogénicos en la descendencia.   * **Carinogenicidad**   Los individuos están expuestos a sustancias químicas que causan cáncer, es decir un tumor maligno, y éstas pueden estar presentes en el aire, agua, alimentos, productos de consumo y aún en el suelo.  Los expertos en cáncer, con pocas excepciones, no determinan la causa específica del cáncer en los individuos. En general se pueden descubrir los factores que contribuyen para la frecuencia de cáncer en grandes grupos de población.  Se considera que entre 70% y 90% de los cánceres humanos son de origen ambiental. Este término es usado en un sentido amplio abarcando sustancias químicas industriales y contaminantes, dieta, hábitos personales, fumar, comportamiento y radiaciones.  Los efectos referidos son un breve resumen de aquéllos indicados por Rodrick (1994) y estas informaciones son solamente con el objetivo de alertar sobre los diferentes efectos nocivos de las sustancias químicas sobre el organismo humano.  **5. Conclusiones**  Según Timbrell, actualmente los toxicólogos conocen solo parcialmente los mecanismos de los efectos tóxicos de las sustancias químicas. Como consecuencia la evaluación de riesgo para el organismo humano es difícil e incierta. Estas limitaciones necesitan ser recordadas por el público, los industriales, los economistas y por quienes están involucrados en los procesos de legislación y también por los toxicólogos.  Posiblemente el público espera mucho mas de los científicos en general y de los toxicólogos en particular. Los toxicólogos no pueden proveer todas las respuestas a las preguntas que el público muchas veces hace y más aún el público muchas veces demanda seguridad absoluta con relación a los compuestos químicos.  **6. Bibliografía**  BG Chemie. Toxicological Evaluations. Potential health hazards of existing chemicals. Vol. 12. Springer, 1998.  Gajraj, A.M. Training needs in accident mitigation and containment. UNEP Industry and Environment. 11(3), 28-30, 1988.  Hill, M.K. Understanding environmental pollution. Cambridge University Press. USA, 1997. p. 317.  International Programme on Chemical Safety. Organization for Economic Co-Operation and Development / United Nations Environmental Programme - Industry and Environment Programme Activity Centre / World Health Organization - European Centre for Environment and Health. Health aspects of chemical accidents. OECD Environment Monograph 81. UNEP IE/PAC Technical Report 19. Paris, 1994. p.147.  IPCS. Training Module NO 1. Chemical Safety. World Health Organization. 1997.  National Toxicology Program. Fiscal Year 1998 Annual Plan. U.S. Department of Health and Human Services. USA, 1999.  Organización Panamericana de la Salud. Accidentes químicos: Aspectos relativos a la salud. Guia para la preparación y respuesta. Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud. Washington, D.C. 1998.  Rodrich, J.V. Calculated risks. The toxicity and human health risks of chemicals in our environment. Cambridge University Press, 1994. p.256.  Swanson, M.B.; Davis, G.A.; Kincaid, L.E. e col. Environmental Toxicology and Chemistry 16, 2, 372-383; 1997.  Timbrell, J.A. Introduction to toxicology. Taylor and Francis Ltda. London, U.K. 1989. p.155.  U.S. Environmental Protection Agency. Federal Emergency Management Agency. U.S. Department of Transportation. Technical guidance for hazards analysis. 1987.   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botizq.jpg](javascript:window.history.go(-1)) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botpower.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/nocibasi/nocibasi.ppt) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botpregu.jpg](http://bvsde.per.paho.org/aptutoriales/listar_preguntas.php?odbc=apquimicos&tema=18&file=index.html) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/print.jpg](javascript:window.print()) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/home.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botder.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/infoemer/index.html) | | [Anterior](javascript:window.history.go(-1)) | [Power Point](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/nocibasi/nocibasi.ppt) | [Módulo de preguntas y respuestas](http://bvsde.per.paho.org/aptutoriales/listar_preguntas.php?odbc=apquimicos&tema=18&file=index.html) | [Imprimir](javascript:window.print()) | [Inicio](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) | [Siguiente](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/infoemer/index.html) | | | | |
| **Ir al inicio** | |
|  | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/home.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) | | [[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/barratit.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html)](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) |
| [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bbie-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/bienvenida.html)[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bger-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/generali.html)http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bprev-off.gif[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bprep-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/prepara.html)[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bres-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/respues.html)[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bcas-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/estudio.html)[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/blin-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/enlaces.html)[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bsal-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/sala.html) | | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **LA INFORMACIÓN EN LAS EMERGENCIAS QUÍMICAS**  ***Diego González Machín***    [**Introducción**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/infoemer/index.html#1) **| ¿**[**Qué requisitos debe tener la información para la prevención, preparación y respuesta a un accidente químico**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/infoemer/index.html#2)**? | ¿**[**Quiénes son los principales usuarios de la información**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/infoemer/index.html#3)**? |¿[Quiénes brindan la información](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/infoemer/index.html" \l "4)? | ¿**[**Qué recursos de información existen, cuáles están disponibles y para qué tipo de usuario**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/infoemer/index.html#5)**? |** [**Conclusión**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/infoemer/index.html#6)   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botizq.jpg](javascript:window.history.go(-1)) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botpower.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/infoemer/infoemer.ppt) | http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botpregu_n.gif | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/print.jpg](javascript:window.print()) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/home.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botder.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/clasiden/index.html) | | [Anterior](javascript:window.history.go(-1)) | [Power Point](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/infoemer/infoemer.ppt) | Módulo de preguntas y respuestas | [Imprimir](javascript:window.print()) | [Inicio](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) | [Inicio de la unidad](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/clasiden/index.html) |   **1. Introducción**  Al analizar retrospectivamente los eventos que involucran sustancias químicas, sus causas, las fallas en las actividades de respuesta y sus consecuencias en la salud humana o en el ambiente, es posible inferir que una buena planeación y preparación de los diferentes sectores involucrados en la respuesta, es uno de los elementos que puede contribuir en gran medida a prevenir la ocurrencia y a minimizar los efectos de los accidentes químicos.  Esa buena planeación y preparación debe basarse en información confiable, actualizada y asequible. La información es un elemento que comparten todas las actividades relacionadas con un accidente, sean éstas de prevención, preparación o respuesta. Seguidamente se tratará de responder a las siguientes interrogantes: ¿Qué requisitos debe tener la información? ¿Quiénes son los principales usuarios? ¿Cuál es la naturaleza de la información que se requiere y con qué fin? ¿De qué fuentes se puede obtener la información?  **2. ¿Qué requisitos debe tener la información para la prevención, preparación y respuesta a un accidente químico?**   * Debe ser actualizada. En dos sentidos:   a) En cuanto a la fuente, la cual debe estar enriquecida con las últimas experiencias ocurridas.  b) En cuanto al reporte de las actividades realizadas antes, durante y después de la ocurrencia de un accidente.   * Debe ser selectiva. La diseminación de la información debe tener en cuenta el tipo de receptor al que va dirigida y su nivel de actuación. * Debe estar disponible para todos. * Debe ser clara, concisa y fácilmente entendible. * Debe ser oportuna. La información debe proveerse en el momento que se requiere. Se debe tener en cuenta que los accidentes no avisan, por lo que debe ser posible acceder a la información las 24 horas del día y los 365 días del año. * Debe ser preparada y brindada por personal capacitado.   **3. ¿Quiénes son los principales usuarios de la información?**   * Personal involucrado en la organización y planeación de la respuesta. * Los primeros en acudir al lugar del accidente: bomberos, policías, Cruz Roja, personal paramédico, trabajadores de las instalaciones peligrosas y otros. * Sector salud en todos los niveles de la cadena de tratamiento (personal del "triage", hospitales y otras instalaciones adaptadas, cuidados intensivos, etc.). * Organizaciones de protección del medio ambiente. * Autoridades públicas. * Público en general (población potencialmente afectada). * Medios de difusión.   **4. ¿Quiénes brindan la información?**  Las fuentes principales de información antes y durante un accidente químico son:  a) La industria  Proporciona información relacionada con las actividades, procesos y puntos peligrosos, así como sobre la cantidad y naturaleza de los productos químicos que manipula, procesa y transporta.  b) Los centros especializados de información  Son centros que compilan, procesan y diseminan información relacionada con productos químicos. Lo ideal sería que los países cuenten con dos modalidades: los centros de respuesta química y los centros de información toxicológica. En países con mayor desarrollo industrial y por tanto más vulnerables a la ocurrencia de accidentes, sería muy beneficioso contar con una red de estos centros, los cuales deben funcionar las 24 horas del día y los 365 días del año. Además deben estar estrechamente comunicados entre sí en el nivel nacional, y mantener comunicación con centros y organizaciones internacionales. Estos centros deben tener personal capacitado para brindar la información contenida en sus bases de datos y publicaciones, y también para la interpretación y adaptación de la información a las diferentes circunstancias que se pueden presentar en un accidente químico.  c) Los organismos internacionales  Varias organizaciones internacionales, tales como el IPCS/OMS (Programa Internacional de Seguridad Química), PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos), ATSDR (Agencia para las Sustancias Tóxicas y el Registro de Enfermedades), OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económicos) y la OPS (Organización Panamericana de la Salud) preparan y diseminan información relacionada con productos químicos, que puede ser utilizada en el nivel nacional por los organismos reguladores y por el sector salud.  **5. ¿Qué recursos de información existen, cuáles están disponibles y para qué tipo de usuario?**  Son múltiples los recursos informativos que se pueden utilizar en las actividades de prevención, preparación y respuesta a emergencias que involucran sustancias químicas. A continuación se describen algunos de los más recomendados, de acuerdo con el tipo de usuario. Se ha considerado diferentes soportes de la información: textos impresos y bases de datos en disco compacto o accesibles a través de Internet.  **5.1 Información para los responsables de tomar decisiones: autoridades públicas**  El tipo de información que requieren está contenida en guías y directrices que orientan sobre cómo organizar las acciones de prevención, preparación y respuesta a los accidentes químicos. Además es necesario utilizar recursos que permitan:   * Hacer inventarios de instalaciones peligrosas: ubicación, actividades, procesos y puntos peligrosos, tipos y cantidades de productos químicos que están siendo procesados, almacenados, usados y transportados. * Clasificar los tipos de accidentes que pudieran ocurrir en una región determinada. * Identificar a la población potencialmente afectada. * Informar sobre las facilidades médicas disponibles: * Localización de hospitales y otras instalaciones médicas (dispensarios, policlínicos u otros centros de atención a la salud). * Recursos disponibles en instalaciones médicas: número de camas, equipamiento médico, medicamentos y antídotos, etc. * Principales medios de transporte de víctimas (ambulancias, helicópteros, transporte adaptado, etc.), y vías de evacuación. * Disponibilidad de laboratorios para investigaciones clínicas y toxicológicas.   Para dar respuesta a esta demanda de información se puede utilizar varias fuentes, como son:   * PNUMA; OIT; OMS. Programa Internacional de Seguridad sobre Sustancias Químicas (PISSQ). Accidentes químicos: aspectos relativos a la salud. Guía para la preparación y respuesta. Washington, DC: OPS; 1998, 140 p. * OECD. Guidance concerning health aspects of chemical accidents. París: OCDE; 1996. 62 p. * OECD. Guiding principles for chemical accident prevention preparedness and response. Environment Monograph Nº 51, París: OECD; 1992. 123 p. * PNUMA**.** Un proceso para responder a los accidentes tecnológicos. París: PNUMA; 1989. 70 p.   En Internet se encuentran las siguientes fuentes:   * Centro Regional de Información sobre Desastres (CRID). Es un centro de la Organización Panamericana de la Salud, que tiene su sede en Costa Rica, cuya dirección de Internet es:<http://www.crid.desastres.net/crid/index.htm>   Este centro genera mucha información relacionada con desastres naturales y tecnológicos de utilidad para los tomadores de decisión, cuenta con una Biblioteca Virtual de Desastres.   * OCDE. Chemical Accidents: <http://www.oecd.org/ehs/accident.htm>   En este sitio se encuentran en texto completo las monografías de la OCDE relacionadas con esta temática. Éstas son:   * OECD. Environment Monograph. No. 24. Accidents involving hazardous substances. * OECD. Environment Monograph No. 28. Prevention of accidents involving hazardous substances. Good Management practice. * OECD. Environment Monograph No. 30. The role of public authorities in preventing major accidents. * El Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente [http://www.unep.org](http://www.unep.org/) cuenta con varios sitios de interés: * Una página dedicada sólo al tema de desastres: permite hacer búsquedas de los documentos que están relacionados con el tema. * APELL. Awareness and Preparedness for Emergencies at Local Level: Process forresponding to technological accidents:   <http://www.uneptie.org/apell/home.html>  Este sitio brinda información sobre las publicaciones, estudios de casos y registro de accidentes seleccionados en todo el mundo desde 1970.   * UNEP-Chemical (IRPTC) <http://www.chem.unep.ch/default.htm>   Es un sitio dedicado a brindar información relacionada con temas de interés relacionados con sustancias químicas, como son los Contaminates Orgánicos Persistentes (COPs/ traducción de las siglas en inglés POPs) y del Consentimiento Previo Inormado (PIC).   * Otras organizaciones internacionales también generan mucha información que puede ser útil para tomadores de decisión y otros usuarios de la información, como son: * Organización Marítima Internacional: <http://www.unep.org/unep/partners/un/imo/home.htm> * Agencia Internacional de Energía Atómica: <http://www.iaea.org/worldaton> * Organización de las Naciones Unidas para el desarrollo Industrial/ UNIDO [http://www.unido.org](http://www.unido.org/) * Las Agencias Nacionales también producen buena información que puede ser utilizada en la prevención, preparación y en la respuesta a accidentes químicos. Tal es el caso de Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA): <http://www.epa.gov/swercepp/>   Este sitio está dedicado sólo a emergencias químicas y brinda para los tomadores de decisión muchas directrices que pueden ser adaptadas a la realidad nacional.   * De igual manera, si tenemos en cuenta la necesidad de realizar inventarios de instalaciones peligrosas, de recursos, etc., la EPA ha puesto a disposición de los usuarios la base de datos CAMEO (Computer-Aided Management of Emergency Operations): <http://www.epa.gov/ceppo/cameo/index.htm>   Este sitio brinda la posibilidad de copiar las bases de datos y softwares que contienen información específica de respuesta para una gran cantidad de productos y una serie de bases de datos para almacenamiento de información local sobre instalaciones peligrosas, inventario de sustancias químicas, inventario de recursos, contactos. Además permite elaborar mapas de riesgos y crear escenarios.   * CDC y NIOSH han puesto a disposición vía Internet las fichas Internacionales de Seguridad de Sustancias Químicas a texto completo:   <http://www.cdc.gov/niosh/ipcs/icstart.html>  Estas fichas fueron producidas por el Programa Internacional de Seguridad de Sustancias Químicas de la Organización Mundial de la Salud (IPCS/OMS) y brindan información concreta sobre las sustancias químicas y las acciones de emergencia para cada una de ellas. La información se amplía con propiedades fisicoquímicas de las sustancias, efectos en la salud de acuerdo con las vías de entrada y, si son agudos o crónicos, los límites de exposición ocupacional y otros. La información se ofrece para cada sustancia y no por grupos.  **5.2 Información para los primeros en acudir al lugar de la emergencia (bomberos, policías, personal paramédico y otros)**  Requieren información rápida que les permita actuar en la escena del accidente con el menor riesgo posible. Necesitan información sobre las propiedades físicoquímicas y toxicológicas de los productos involucrados en el accidente, sus efectos clínicos agudos y a largo plazo por diferentes vías de exposición, métodos para atender un derrame, una fuga, un incendio, etc., primeros auxilios a las víctimas de un accidente químico, equipo de protección personal y temas afines.  Las principales publicaciones que se puede utilizar son:   * Dangerous goods. Initial emergency response guide. 1992. CANUTEC. Canadá. * Guía de respuestas de emergencia. Respuesta inicial a accidentes con materiales peligrosos. Mutual de Seguridad. Chile. * Guía de respuestas iniciales en caso de emergencias ocasionadas por materiales peligrosos. 1992. SETIQ. México.   En Internet se encuentran las siguientes bases de datos:   * ERG 2000 Guía Norteamericana de Respuesta en Caso de Emergencia (GRENA 96) <http://www.tc.gc.ca/canutec/erg_gmu/erg2000_menu.htm>   Desarrollada conjuntamente por el Ministerio de Transporte de Canadá, el Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT) y la Secretaría de Comunicaciones y Transportes de México (SCT), para ser usado por bomberos, policías y personal de servicios de emergencia, quienes pueden ser los primeros en llegar a la escena de un incidente durante el transporte de un material peligroso.   * MSDS. Material Safety Data Sheet   <http://www.ilpi.com/msds/index.html>  Permite el acceso a varios sitios donde se encuentra información sobre hojas técnicas de seguridad de sustancias químicas.   * Chemical Hazard Response Information System (CHRIS)   <http://152.121.2.2/hq/g-m/mor/Articles/CHRIS.htm>  Además de brindar información sobre propiedades fisicoquímicas de las sustancias, riesgo de incendio, reactividad química, datos de transporte, etc., que pueden ser utilizados por diversos usuarios, brinda un resumen de la sustancia, sus características, acciones de emergencia y medidas de primeros auxilios.  La presentación de estas fuentes facilita la búsqueda rápida, en momentos en que la rapidez es un factor que minimiza la pérdida de vidas humanas y los efectos deletéreos en el ambiente. Las sustancias químicas se pueden encontrar por el nombre o número de identificación, el cual remite a una guía que agrupa a los productos de acuerdo con su tipo químico.  **5.3 Información para el personal de salud que brinda asistencia hospitalaria**  Este personal requiere información sobre:   * Descontaminación de pacientes. * Tratamiento médico (incluido el uso de antídotos) de acuerdo con las circunstancias, gravedad de las víctimas, vías de exposición y disponibilidad de medios, durante la cadena de atención a afectados (incluye asistencia prehospitalaria y hospitalaria). * Medidas de protección que debe tener el personal de rescate responsable de atender a las víctimas para evitar ser contaminados.   Esta información se puede obtener de publicaciones, tales como:   * Managing Hazardous Materials Incidents. ATSDR. Volumen II: Hospital Emergency Departments. Volumen III: Medical Management Guidelines for Acute Chemical Exposures. 1991.   Constituye un excelente material para el personal de salud, tanto en el nivel de planificadores como para los involucrados en la cadena de tratamiento de víctimas de un accidente químico. Presenta información sobre características fisicoquímicas, vías de exposición, usos, límites de exposición, propiedades físicas, incompatibilidades, efectos agudos y crónicos a la salud, manejo de pacientes en las diferentes áreas, desde el foco de contaminación hasta en instituciones con cuidados intensivos, y los principios de tratamiento del intoxicado, incluida la antidototerapia.   * Sullivan J.B. & Krieger G.R. Hazardous materials toxicology. Clinical principles of environmental health. Williams & Wilkins; 1992. ISBN 0-683-08025-3.   En Internet se encuentra la siguiente base de datos:   * Hazardous Substance Data Bank (HSDB) [http://toxnet.nlm.nih.gov](http://toxnet.nlm.nih.gov/)   Es un banco de datos a texto completo, con información sobre 4.300 productos químicos. Incluye aspectos toxicológicos y procedimientos para el manejo de emergencias, datos de identificación de los productos, propiedades fisicoquímicas, guías de emergencia de la DOT, clasificación NFPA, procedimientos de atención a incendios, explosiones, incompatibilidades de los productos, equipo de protección personal, métodos de limpieza de desechos, etc.  En disco compacto se encuentra:   * IPCS-INTOX   Este disco compacto contiene información sobre sustancias químicas, con datos organizados de manera que el usuario puede buscar una sustancia específica y obtener fácilmente acceso a la información que sobre dicha sustancia aparece en todas las bases de datos contenidas en el disco, las cuales son:   * IPCS Monografías de Información sobre tóxicos (PIMs). * IPCS Fichas Internacionales sobre Seguridad Química. * Base de datos CCOHS CHEMINFO, la que contiene amplia información sobre sustancias químicas y sus efectos a la salud, forma de tratarlos, etc. * Organización Panamericana de la Salud   Ha desarrollado varios instrumentos de información utilizables en las etapas de prevención, preparación y respuesta a un accidente químico:   * La División de Salud y Ambiente (HEP) a través del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente (CEPIS) ha desarrollado una Biblioteca Virtual en Salud y Ambiente [http://www.bvsde.paho.org](http://www.bvsde.paho.org/) con una sección dedicada a Toxicología que cuenta con mucha información utilizable en el área de emergencias químicas.   **6. Conclusión**  La información requerida para la prevención, planeación y respuesta a un accidente químico es amplia. Por tanto, resulta esencial identificar quiénes la brindan, qué recursos existen que sean de fácil acceso y qué vías de comunicación asegurarán el flujo adecuado de la información, en momentos en que pueden surgir problemas por interrupción de las líneas de comunicación o por errores humanos ocasionados por el estrés.   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botizq.jpg](javascript:window.history.go(-1)) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botpower.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/infoemer/infoemer.ppt) | http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botpregu_n.gif | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/print.jpg](javascript:window.print()) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/home.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botder.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/clasiden/index.html) | | [Anterior](javascript:window.history.go(-1)) | [Power Point](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/infoemer/infoemer.ppt) | Módulo de preguntas y respuestas | [Imprimir](javascript:window.print()) | [Inicio](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) | [Inicio de la unidad](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/clasiden/index.html) | | | | |
|  | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/home.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) | [[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/barratit.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html)](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) |
| [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bbie-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/bienvenida.html)[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bger-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/generali.html)http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bprev-off.gif[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bprep-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/prepara.html)[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bres-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/respues.html)[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bcas-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/estudio.html)[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/blin-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/enlaces.html)[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bsal-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/sala.html) | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **CLASIFICACIÓN E IDENTIFICACIÓN DE MATERIALES PELIGROSOS**  ***Rodolfo Arias Díaz***    [**Introducción**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/clasiden/index.html#1) **|** [**Sistema estandarizado para la identificación de riesgo de incendio de materiales peligrosos (NFPA 704)**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/clasiden/index.html#2) **|** [**Sistema de identificación de los materiales peligrosos UN/DOT/CANUTEC**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/clasiden/index.html#3) **|** [**Sistema de identificación de materiales peligrosos**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/clasiden/index.html#4) **|** [**Señales y colores. Características de identificación de los materiales peligrosos**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/clasiden/index.html#5) **|** [**Bibliografía**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/clasiden/index.html#6)   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botizq.jpg](javascript:window.history.go(-1)) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botpower.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/clasiden/clasiden.ppt) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botpregu.jpg](http://bvsde.per.paho.org/aptutoriales/listar_preguntas.php?odbc=apquimicos&tema=16&file=index.html&from=11&to=18) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/print.jpg](javascript:window.print()) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/home.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botder.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/peliasoc/index.html) | | [Anterior](javascript:window.history.go(-1)) | [Power Point](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/clasiden/clasiden.ppt) | [Módulo de preguntas y respuestas](http://bvsde.per.paho.org/aptutoriales/listar_preguntas.php?odbc=apquimicos&tema=16&file=index.html&from=11&to=18) | [Imprimir](javascript:window.print()) | [Inicio](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) | [Siguiente](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/peliasoc/index.html) |   **1. Introducción**  Las actividades que se requieren para controlar una emergencia con materiales peligrosos se basan en la identificación de los materiales o sustancias peligrosas involucradas. La facilidad y rapidez para hacerlo varia considerablemente a diferencia de que no se tenga ningún sistema de identificación.  En algunos casos, las placas (rótulos), etiquetas, papeles de embarque o envío y el conocimiento acerca de las sustancias almacenadas en la instalación o el informe de un testigo ocular, suponiendo que éste sea creíble, pueden hacer relativamente fácil el proceso de identificación. En otros casos, puede tomar una cantidad considerable de tiempo determinar la identidad de un material en un accidente o los productos de combustión presentan problemas especiales al determinar los peligros que puedan encontrarse.  Cuando no se conoce cuáles son los materiales involucrados, se debe suponer que existe una situación grave y se deben tomar las medidas de seguridad y precauciones máximas para prevenir cualquier efecto indeseable en el personal de emergencia o en cualquier otra persona en el área. Una vez que se ha identificado el material, se pueden determinar los peligros asociados con él y se puede hacer una evaluación de su impacto potencial. Se pueden establecer las medidas de control más apropiadas para ese tipo de material y sus peligros, así como medidas de seguridad tanto para el personal que atiende la emergencia como para el resto de la gente, respecto a los peligros que se corren.  Los materiales peligrosos son transportados y almacenados frecuentemente en grandes cantidades. Un escape accidental de estos materiales presenta un peligro potencial para el público y el medio ambiente. El accidente puede ser manejado más rápidamente cuando el material peligroso es identificado y caracterizado específicamente. Desafortunadamente, el contenido de los tanques o camiones de almacenaje puede que no esté especificado o adecuadamente identificado. Puede ser que los papeles de embarque o registros no estén disponibles. Incluso con tal información, se necesita una persona con experiencia para definir los peligros y su gravedad.  Debido a la necesidad inmediata de información concerniente a un material peligroso, se han desarrollado varios sistemas de identificación de estos materiales. Todos ayudan a que los que participan en el accidente se enfrenten con rapidez y seguridad a un problema que puede originar peligros a la salud o al medio ambiente.  El primer sistema que se presentará es el propuesto por la Asociación Nacional de Protección contra Incendios "National Fire Protection Association" (NFPA) y de manera específica el Sistema de Normas para la identificación de Riesgos de Incendio de Materiales, NFPA 704, el cual se emplea para tanques de almacenaje y recipientes pequeños (instalaciones permanentes). El segundo sistema se usa exclusivamente para depósitos y tanques transportados en la comercialización de los materiales peligrosos. El Departamento de Transporte (DOT) de los Estados Unidos de América es responsable de este sistema, apoyado en los lineamientos del sistema de clasificación propuesto por las Naciones Unidas. Su empleo se base en el uso de placas y etiquetas.  **2. Sistema estandarizado para la identificación de riesgo de incendio de materiales peligrosos (NFPA 704)**  El sistema de información se basa en el "rombo de la 704", que representa visualmente la información sobre tres categorías de riesgo: para la salud, inflamabilidad y reactividad, además del nivel de gravedad de cada uno. También señala dos riesgos especiales la reacción con el agua y su poder oxidante. El rombo ofrece una información inmediata, incluso a costa de cierta precisión y no hay que ver en él más de lo que estrictamente indica. El sistema normalizado (estandarizado) usa números y colores en un aviso para definir los peligros básicos de un material peligroso. La salud, inflamabilidad y la radioactividad están identificadas y clasificadas en una escala del 0 al 4, dependiendo del grado de peligro que presenten.  Las clasificaciones de productos químicos individuales se pueden encontrar en la "guía para materiales peligrosos" de la NFPA.  Tal información puede ser útil, no solo en emergencias sino también durante las actividades de atención a largo plazo, cuando se requiere caracterizar la evaluación.  Resumen del Sistema de Clasificación de Peligros (NFPA)   * **Peligros a la salud (azul)**  |  |  |  | | --- | --- | --- | | **No.** | **DESCRIPCIÓN** | **EJEMPLOS** | | 4 | Materiales que en muy poco tiempo pueden causar la muerte o daños permanentes, aunque se hubiera recibido pronta atención médica | Acrilonitrilo  Bromo  Paratión | | 3 | Materiales que en un corto tiempo pueden causar daños temporales o residuales, aunque se hubiera recibido pronta atención médica | Anilina  Hidróxidos  Ácido Sulfúrico | | 2 | Materiales que en exposición intensa o continua pueden causar incapacidad temporal o posibles daños residuales a menos que se dé pronta atención médica | Bromobenceno  Piridina | | 1 | Materiales que en exposición causan irritación, pero solo leves lesiones residuales, incluso si no se da tratamiento | Acetona Metanol | | 0 | Materiales que en exposición al fuego no ofrecen peligro más allá que el de un material combustible ordinario |  |  * **Peligros de inflamabilidad (incendio)**  |  |  |  | | --- | --- | --- | | **No.** | **DESCRIPCIÓN** | **EJEMPLOS** | | 4 | Materiales que se evaporan rápida o completamente a presión atmosférica y temperatura ambiente normal y se queman fácilmente en el aire | 1.3 Butadieno Propano  Óxido de Etileno | | 3 | Líquidos y sólidos que pueden encenderse bajo casi cualquier temperatura ambiente | Fósforo Acrilonitrilo | | 2 | Materiales que deben ser calentados moderadamente o ser expuestos a temperatura ambiente relativamente alta antes de que tenga lugar la ignición | 2-butanona  Querosina | | 1 | Materiales que deben ser precalentados antes que tenga lugar la ignición | Sodio  Fósforo rojo | | 0 | Materiales que no arderán |  |  * **Peligros de reactividad (amarillo)**  |  |  |  | | --- | --- | --- | | **No.** | **DESCRIPCIÓN** | **EJEMPLOS** | | 4 | Materiales que son capaces de detonar fácilmente o de tener descomposición explosiva o reacción a temperaturas y presiones normales | Peróxido de Benzoilo  Ácido pícrico | | 3 | Materiales que son capaces de tener reacción de detonación o explosión pero requieren una fuerte fuente de ignición o deben ser calentados confinados antes del inicio o reaccionan explosivamente con agua | Diborano  Óxido de Etileno  2-Nitro  Propadieno | | 2 | Materiales que en sí son normalmente inestables y sufren fácilmente un cambio químico violento pero no detonan o pueden reaccionar violentamente con agua o pueden formar mezclas potencialmente explosivas con el agua | Acetaldehido  Potasio | | 1 | Materiales que en sí son normalmente estables, pero pueden hacerse inestables a temperaturas elevadas o reaccionar con alguna liberación de energía mas no violentamente | Eter etílico  Sulfúrico | | 0 | Materiales que en sí son normalmente estables, incluso cuando son expuestos al fuego y que no reaccionan con el agua |  |  * **Especial (rombo blanco)**   El bloque blanco está designado para información especial acerca del producto químico. Por ejemplo, puede indicar que el material es radioactivo, en cuyo caso se emplea el símbolo correspondiente e internacionalmente aceptado. Si el material es reactivo se usa una W atravesada por una raya para indicar que un material puede tener una reacción peligrosa al entrar en contacto con el agua. No quiere decir "no use el agua", ya que algunas formas de agua, niebla o finamente rociada pueden utilizarse en muchos casos. Lo que realmente significa este signo es: El agua puede originar ciertos riesgos, por lo que deberá utilizarse con cautela hasta que se esté debidamente informado. Las letras OX indican la existencia de un oxidante, *ALC* para identificar materiales alcalinos y ACID para ácido, *CORR* para corrosivos y el símbolo internacional para los materiales radioactivos.  **3. Sistema de identificación de los materiales peligrosos UN/DOT/CANUTEC**  La administración del transporte de materiales peligrosos del Departamento de Transporte de los Estados Unidos (DOT), regula más de 1.400 materiales peligrosos. Las regulaciones exigen etiquetas en recipientes pequeños y placas en tanques y remolques. Las etiquetas y placas indican la naturaleza de peligro que presenta la carga. La clasificación usada en estas señales se basa en las diferentes clases de peligros definidas por los expertos de las Naciones Unidas.  El número de la clase de peligro de las sustancias se encuentra en la esquina o vértice inferior de la placa o etiqueta.  Para facilitar la intervención en accidentes donde se vea involucrados materiales peligrosos, se emplean placas para su identificación con el uso de cuatro dígitos. Este número procede de la tabla de materiales peligrosos de las regulaciones del *DOT, 49 CFR 172.101*. Este número de identificación (ID/UN) debe ser escrito también en los documentos de embarque o manifiestos de carga. En el caso de un accidente será mucho más fácil obtener el número de identificación de la placa que de los documentos de embarque. Una vez obtenido el número, se puede consultar la "**guía de respuesta inicial a la emergencia**" del DOT de los Estados Unidos o del CANUTEC, Canadá. Estas guías describen los métodos apropiados y las precauciones para reaccionar ante el escape de un material peligroso con un número de ID/UN. El sistema de DOT/CANUTEC va un paso más adelante ayudando al personal a dar respuesta, a diferencia del sistema NFPA. Sin embargo, el usar los dos sistemas cuando se responde a un accidente con materiales peligrosos, ayudará a identificar y caracterizar correctamente las sustancias involucradas.  **4. Sistema de identificación de materiales peligrosos**   |  |  | | --- | --- | | **No. Clase Peligro Naciones Unidas** | **DESCRIPCIÓN** | | 1 | Explosivos claves 1.1, 1.2, 1.3, 1.4 y 1.5 | | 2 | Gases inflamables, no inflamables y venenosos | | 3 | Líquidos inflamables | | 4 | Sólidos inflamables, sustancias de combustión espontánea y sustancias que reaccionan con el agua | | 5 | Sustancias comburentes y peróxidos orgánicos | | 6 | Sustancias venenosas y sustancias infecciosas | | 7 | Sustancias radioactivas | | 8 | Sustancias corrosivas | | 9 | Materiales peligrosos misceláneos no cubiertos por ninguna de las otras clases (peligrosas varias) |   **5. Señales y colores. Características de identificación de los materiales peligrosos**  De los más de 1.400 materiales peligrosos regulados por la administración de transporte del DOT y de acuerdo con los reglamentos de la misma administración en su Título 49, código de reglamentos federales, parte 172, subparte f, se requieren señales o marcas y colores específicos en los rótulos que deben colocarse en los tanques y remolques que transporten materiales peligrosos y se deben colocar etiquetas en los empaques (contenedores) que se transportan. Los reglamentos del DOT se aplican al transporte de materiales peligrosos tanto dentro como entre los estados de la Unión Americana. A partir de fines de los años 80 y principios de los 90, muchos países de la Región han implementado esta reglamentación en el transporte y almacenamiento de los materiales peligrosos.  Los rótulos (placas) y etiquetas indican la naturaleza del peligro que presenta la carga. La clasificación utilizada para los rótulos y etiquetas se base en los peligros naturales que de acuerdo con sus características físicas, químicas y toxicológicas tienen los materiales. El número de clase de peligro de las Naciones Unidas se encuentra en la esquina inferior del rótulo o etiqueta.  A cada material peligroso se le asigna un número de identificación. Los números precedidos por las letras "*UN*" (clasificación de las Naciones Unidas) están asociados con descripciones consideradas apropiadas tanto para carga internacional como para dentro del país. Los materiales peligrosos precedidos por las letras "*NA*" están asociados con descripciones que no están reconocidas para carga internacional, excepto hacia y desde Canadá. Cada etiqueta, rótulo o papel de envío debe contener el número de clase de peligro *UN* e *IMO* (Organización Marítima Internacional) y cuando sea apropiado, el número de división. El número deberá estar en negro o en algún otro color autorizado localizado en la esquina inferior del rótulo o etiqueta, o en la disposición del material peligroso en los documentos de envío. El número debe medir media pulgada (12,7 mm) o menos de altura. En ciertos casos, el número de clase o división puede reemplazar el nombre escrito de la clase de peligro en la de inscripción del documento de envío. Los números de clases y divisiones de las Naciones Unida tienen los siguientes significados.  **Tabla 1**   |  |  | | --- | --- | | **Clase 1** | **Explosivos** | | División 1.1 | Explosivos con peligro de explosión e masa | | División 1.2 | Explosivos con peligro de proyección | | División 1.3 | Explosivos con peligro predominante de incendio | | División 1.4 | Explosivos con peligro de estallido no significativo | | División 1.5 | Explosivos muy sensibles |   **Clase 1. Explosivos**  Símbolo: Bomba explotando en negro; fondo anaranjado y texto en negro.  División 1.1 Materiales que presentan un riesgo de explosión de toda la masa (se extiende de manera prácticamente instantánea a la totalidad de la carga).  División 1.2 Materiales que presentan un riesgo de proyección pero no un riesgo de explosión de toda la masa.  División 1.3 Materiales que presentan un riesgo de incendio y un riesgo que se produzcan pequeños efectos de onda, choque o proyección, o ambos efectos, pero no un riesgo de explosión de toda la masa. Se incluyen en esta división los siguientes materiales:   1. Aquellos cuya combustión dan lugar a una radiación térmica considerable; 2. los que arden sucesivamente, con pequeños efectos de onda, choque o proyección, o con ambos efectos.   División 1.4 Materiales que no presentan ningún riesgo considerable.  División 1.5 Materiales muy insensibles que presentan un riesgo de explosión de toda la masa.  **Clase 2. Gases inflamables, no inflamables y venenosos**  División 2.1 Gas inflamable. Símbolo Flama en blanco; fondo rojo y texto en blanco.  División 2.2 Gas no inflamable. Símbolo Cilindro de gas o bombona en blanco, fondo verde y texto en blanco.  División 2.3 Gas venenoso (tóxico) Símbolo Calavera y tibias cruzadas en negro, fondo blanco y texto en negro.  **Clase 3. Líquidos inflamables**  Símbolo Flama en blanco, fondo rojo y texto blanco.  División 3.1 Líquidos con punto de inflamabilidad bajo.  División 3.2 Líquidos con punto de inflamabilidad medio. Comprende los líquidos cuyo punto de inflamabilidad es igual o superior a 18 °C e inferior a 23 °C.  División 3.3 Líquidos con punto de inflamabilidad elevado. Comprende los líquidos cuyo punto de inflamabilidad es igual o superior a 23 °C pero no superior a 61 °C.  **Clase 4. Líquidos inflamables y con combustión espontánea**  División 4.1 Sólidos inflamables.  Símbolo Flama en negro, fondo blanco con siete franjas rojas verticales y texto en negro.  División 4.2 Sólidos espontáneamente combustibles.  Materiales que pueden experimentar combustión espontánea.  Símbolo Flama en negro fondo blanco (mitad superior), fondo rojo (mitad inferior) y texto en negro.  División 4.3 Peligro al contacto con el agua o con el aire.  Materiales que al contacto con el agua o con el aire, desprenden gases inflamables.  **Clase 5. Oxidantes y peróxidos orgánicos**  División 5.1 Oxidantes.  Materiales que sin ser necesariamente combustibles en sí mismos pueden, no obstante liberando oxígeno o por procesos análogos, acrecentar el riesgo de incendio y otros materiales con los que entren en contacto o la intensidad con que éstos arden.  Símbolo Flama sobre un círculo en negro, fondo amarillo y texto en negro.  División 5.2 Peróxidos orgánicos.  Materiales orgánicos de estructura bivalente 0-0 que se consideran derivados del peróxido de hidrógeno, en los que uno o ambos átomos de hidrógeno han sido reemplazados por radicales orgánicos que pueden experimentar una descomposición exotérmica autoacelerada. Además, presentan una o varias de las siguientes características:   * Ser susceptibles de experimentar descomposición explosiva * Arder rápidamente * Ser sensibles al impacto o al frotamiento * Reaccionar peligrosamente con otras sustancias * Producir lesiones en los ojos.   Símbolo Flama sobre un círculo en negro, fondo amarillo y texto en negro.  **Clase 6. Materiales venenosos (tóxicos) e infecciosos**  División 6.1 Venenosos: grupos de peligro I y II  Materiales que pueden causar la muerte o pueden producir efectos gravemente perjudiciales para la salud del ser humano si se ingieren o se inhalan o si entrar en contacto con la piel.  Símbolo Calavera y tibias cruzadas en negro, fondo blanco y texto en negro.  División 6.2 Nocivos, evítese contacto con alimentos. Grupo de peligro II.  Símbolo Espiga de trigo cruzada por una "X "en negro, fondo blanco y texto en negro.  División 6.3 Material infeccioso.  Materiales que contienen microorganismos patógenos.  Símbolo Tres círculos que interceptan a uno central en negro, fondo blanco y texto en negro. Solo se aplica para etiquetas.  **Clase 7. Radioactivos**  Categoría 1 Blanca.  Símbolo Trébol en negro, fondo amarillo (mitad superior), texto obligatorio (mitad inferior), "radioactivo", "contenido...", "Actividad...". En negro, categoría en rojo y fondo blanco.  Categoría 2 Amarilla.  Símbolo Trébol en negro, fondo amarillo (mitad superior) texto obligatorio (mitad inferior en blanco) "radioactivo", "contenido...", "Actividad...". En negro, categoría en rojo y fondo blanco. En un recuadro negro "índice de transporte".  **Clase 8. Corrosivos**  Materiales sólidos o líquidos que en su estado natural tienen en común la propiedad de causar lesiones más o menos graves en los tejidos vivos. Si se produce un escape de uno de estos materiales, su envase y/o embalaje, también pueden deteriorar otras mercancías o causar desperfectos en el sistema de transporte.  Símbolo Liquido goteando de dos tubos de ensayo sobre una mano y una plancha de metal en negro, fondo blanco (mitad superior) y fondo negro (mitad inferior) y texto en blanco.  **Clase 9. Materiales peligrosos misceláneos o varios**  Esta clase no está incluida en las clasificaciones anteriores. Posee características especiales; en ésta se ubican todos los materiales que por sus características no se pueden clasificar en las ocho clases anteriores.  Símbolo Siete franjas verticales en negro, fondo blanco (mitad superior) y fondo blanco (mitad inferior), número nueve subrayado.  **6. Bibliografía**   1. Dirección General de Puertos y Costas. Curso sobre manejo, transporte y almacenamiento de mercancías peligrosas en zonas portuarias. 1986. 2. Organización de Aviación Civil Internacional. Instrucciones técnicas para el transporte sin riesgo de mercancías peligrosas por vía aérea. 1989-1990. 3. Organización Marítima Internacional. Código marítimo internacional de mercancías peligrosas. 1987. 4. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Respuestas iniciales en casos de emergencias. CANUTEC. 1989. 5. EPA. Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. Curso de adiestramiento de reacción a los accidentes con materiales peligrosos. 1990. 6. Norma Oficial Mexicana. Envase y embalaje de materiales peligrosos. Sistema de señalización. 1988. 7. National Fire Protection Association. Sistema estandarizado para la identificación en casos de fuego para materiales peligrosos. 1987. 8. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Curso Nivel 1. Identificación y detección de mercancías peligrosas. 1989.  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botizq.jpg](javascript:window.history.go(-1)) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botpower.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/clasiden/clasiden.ppt) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botpregu.jpg](http://bvsde.per.paho.org/aptutoriales/listar_preguntas.php?odbc=apquimicos&tema=16&file=index.html&from=11&to=18) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/print.jpg](javascript:window.print()) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/home.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botder.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/peliasoc/index.html) | | [Anterior](javascript:window.history.go(-1)) | [Power Point](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/clasiden/clasiden.ppt) | [Módulo de preguntas y respuestas](http://bvsde.per.paho.org/aptutoriales/listar_preguntas.php?odbc=apquimicos&tema=16&file=index.html&from=11&to=18) | [Imprimir](javascript:window.print()) | [Inicio](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) | [Siguiente](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/peliasoc/index.html) | | | |
|  | | |
|  | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/home.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) | [[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/barratit.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html)](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) |
| [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bbie-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/bienvenida.html)[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bger-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/generali.html)http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bprev-off.gif[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bprep-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/prepara.html)[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bres-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/respues.html)[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bcas-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/estudio.html)[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/blin-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/enlaces.html)[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bsal-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/sala.html) | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **PELIGROS ASOCIADOS A CADA CLASE DE MATERIAL PELIGROSO**  ***Edson Haddad***    [**Introducción**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/peliasoc/index.html#1) **|** [**Riesgos químicos**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/peliasoc/index.html#2) **|** [**Bibliografía consultada**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/peliasoc/index.html#3)   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botizq.jpg](javascript:window.history.go(-1)) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botpower.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/peliasoc/peliasoc.ppt) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botpregu.jpg](http://bvsde.per.paho.org/aptutoriales/listar_preguntas.php?odbc=apquimicos&tema=16&file=index.html&from=01&to=10) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/print.jpg](javascript:window.print()) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/home.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botder.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/nocibasi/index.html) | | [Anterior](javascript:window.history.go(-1)) | [Power Point](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/peliasoc/peliasoc.ppt) | [Módulo de preguntas y respuestas](http://bvsde.per.paho.org/aptutoriales/listar_preguntas.php?odbc=apquimicos&tema=16&file=index.html&from=01&to=10) | [Imprimir](javascript:window.print()) | [Inicio](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) | [Siguiente](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/nocibasi/index.html) |   **1. Introducción**  Cuando se producen incidentes con productos químicos, es necesario tomar medidas y cuidados específicos para controlar diferentes situaciones, lo que exige la intervención de personas debidamente capacitadas y equipadas.  El conocimiento de los riesgos y características específicas de los productos usados es un factor de suma importancia. Para este fin, la ONU –Organización de las Naciones Unidas– agrupó estos productos en nueve clases distintas. A continuación, se abordarán los principales aspectos observados en los accidentes, de acuerdo con las clases de riesgo de los productos.  **2. Riesgos químicos**  **2.1 Clase 1 – Explosivos**  El explosivo es una sustancia que, sometida a una transformación química extremadamente rápida, produce grandes cantidades de gases y calor. Debido al calor, los gases liberados, por ejemplo el nitrógeno, oxígeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono y vapor de agua, se expanden a velocidades extremadamente altas, lo que provoca el desplazamiento del aire circundante y el aumento de la presión atmosférica normal (sobrepresión).  Muchas de las sustancias pertenecientes a esta clase son sensibles al calor, choque y fricción, tales como la azida de plomo y el fulminato de mercurio. Existen otros productos de esta misma clase que necesitan un intensificador para explotar.  Según la rapidez y sensibilidad de los explosivos, puede haber dos tipos de explosiones: la detonación y la deflagración.  La detonación es un tipo de explosión en el que la transformación química se produce muy rápidamente, con una velocidad de expansión de los gases muy superior a la velocidad del sonido en tal ambiente (en el orden de Km/s). La deflagración, en cambio, presenta una transformación química mucho más lenta y la velocidad máxima de expansión de los gases es la velocidad del sonido en tal ambiente. En este caso puede ocurrir la combustión.  Mientras que la detonación se caracteriza por presentar picos de presión elevada en un periodo extremadamente breve, en la deflagración ocurre lo contrario.  La sobrepresión generada a partir de una explosión, puede alcanzar valores elevados y provocar daños destructivos en las edificaciones y personas. La sobrepresión normalmente se expresa en bar. El siguiente cuadro contiene algunos valores característicos de daños a las estructuras.  **Cuadro 1. Valores de sobrepresión característicos de daños a las estructuras**   |  |  | | --- | --- | | **Sobrepresión (bar)** | **Daños en las estructuras** | | 0,3 | Catastróficos | | 0,1 | Graves | | 0,03 | 100% de ruptura de vidrios | | 0,01 | 10% de ruptura de vidrios |   Los daños catastróficos son las estructuras inhabilitadas debido al colapso. Los daños graves como una grieta, caída del techo, puerta dañada (arrancada), etc., no afectan a toda la estructura.  Es importante observar que el valor de 0,3 bar representa 3 metros de columna de agua, un valor que normalmente no implica "daños" para el ser humano. Esto quiere decir que el ser humano es más resistente a la sobrepresión que las estructuras porque no es una estructura rígida, lo que permite que el organismo absorba el impacto.  En el ser humano, el daño más común provocado por una explosión es la ruptura del tímpano que se produce con valores mayores de 0,4 bar de sobrepresión.  Dado que la explosión es un fenómeno extremadamente rápido e incontrolable, durante la atención de accidentes con productos de este tipo se deberán adoptar medidas preventivas. Estas medidas incluyen el control de los factores que pueden generar un aumento de temperatura (calor), choque y fricción.  En los casos de incendio, además del riesgo inminente de explosión, puede haber emanación de gases tóxicos o venenosos. En esos casos, además del uso de ropas especiales, lo adecuado para la protección respiratoria es el equipo autónomo de respiración de aire comprimido.  Estos equipos ofrecen protección limitada en los incendios provocados por sustancias explosivas porque sólo son eficientes para la protección contra los gases generados por el incendio, pero no contra los efectos causados por una explosión eventual.  Otro aspecto importante se refiere a la atención de las explosiones. Según las características del producto usado, es probable que la explosión no haya consumido toda la carga y haya dejado productos intactos en las inmediaciones del lugar del accidente, por lo que la remoción de los explosivos siempre debe ser manual y efectuarse con mucho cuidado.  **2.2 Clase 2 – Gases**  El gas es uno de los estados de la materia. En el estado gaseoso, la forma y volumen de la materia son variables. La fuerza de repulsión entre las moléculas es mayor que la de cohesión. Los gases se caracterizan por presentar baja densidad y capacidad para moverse libremente.  A diferencia de los líquidos y sólidos, los gases se expanden y contraen fácilmente cuando se alteran la presión y/o la temperatura.  Como los gases se expanden indefinidamente hasta ocupar el recipiente que los contiene, su estado físico representa una gran preocupación, independientemente del riesgo del producto. En caso de fuga, los gases tienden a ocupar todo el ambiente, incluso cuando poseen una densidad diferente a la del aire.  Además del riesgo inherente al estado físico, los gases pueden presentar otros peligros como inflamabilidad, toxicidad, poder de oxidación y corrosión, entre otros.  Algunos gases, como el cloro, presentan olor y color característicos, mientras que otros, como el monóxido de carbono, no presentan ni olor ni coloración, lo que puede dificultar su identificación en la atmósfera y las medidas de control durante una fuga eventual.  Como se vio al inicio, los gases se ven influenciados por variaciones de presión y/o temperatura. La mayoría de éstos se pueden licuar con el aumento de presión y/o disminución de temperatura. El amoníaco, por ejemplo, se puede licuar cuando se le somete a una presión de aproximadamente 8 kgf/cm2 o a una temperatura de aproximadamente -33,4 oC.  Una vez liberados, los gases licuados por acción de la presión y/o temperatura, tienden a retornar a su estado natural en las condiciones ambientales, es decir, a su estado gaseoso. Durante el cambio de estado líquido a gaseoso, el producto se expande considerablemente y genera volúmenes gaseosos mucho mayores que el volumen ocupado por el líquido. Esto se denomina tasa de expansión. El cloro, por ejemplo, tiene una tasa de expansión de 457 veces, es decir, un volumen de cloro líquido genera 457 volúmenes de cloro gaseoso.  Para reducir la tasa de evaporación del producto, se puede aplicar una capa de espuma sobre el charco formado, siempre y cuando este material sea compatible con el producto vertido.  Por lo expuesto, en las fugas de productos licuados se deberá dar prioridad a la de la fase gaseosa y no a la fuga en la fase líquida.  Una propiedad fisicoquímica relevante durante la atención a las fugas de gases es la densidad del producto en relación con el aire. Los gases más densos que el aire tienden a acumularse en el nivel del suelo y, por consiguiente, tendrán una dispersión difícil comparada con la de los gases, con una densidad próxima o inferior a la del aire.  Otro factor que dificulta la dispersión de los gases es la presencia de grandes obstáculos, como las edificaciones en las áreas urbanas.  Algunos gases considerados biológicamente inertes, es decir, que no son metabolizados por el organismo humano, pueden representar riesgos para el hombre bajo ciertas condiciones. Todos los gases, con excepción del oxígeno, son asfixiantes. Las grandes fugas, inclusive de gases inertes, reducen el contenido de oxígeno de los ambientes cerrados, lo que causa daños que pueden provocar la muerte de las personas expuestas.  Así, en ambientes confinados, se debe monitorear constantemente la concentración de oxígeno. En las situaciones en que la concentración de oxígeno es inferior a 19,5%, se deberán adoptar medidas para restablecer el nivel normal de oxígeno, es decir, un volumen de aproximadamente 21%. Estas medidas consisten básicamente en ventilación, natural o forzada, del ambiente.  Dadas las características del ambiente, la protección respiratoria tendrá que ser autónoma. En estas situaciones es muy importante monitorear frecuentemente el nivel de oxígeno y los posibles gases presentes en la atmósfera.  Se debe prestar atención especial cuando el gas es inflamable, principalmente si está confinado. Son prioritarias las mediciones constantes de los índices de explosión en el ambiente, a través del uso de equipos intrínsecamente seguros, y la eliminación de posibles fuentes de ignición.  Según las características del producto usado y el escenario del accidente, puede ser necesario aplicar neblina de agua para agotar los gases o vapores emanados por el producto.  La operación para el agotamiento de los gases será más eficiente, mientras mayor sea la solubilidad del producto presente en el agua, como es el caso del amoníaco y el ácido clorhídrico.  Cabe recordar que el agua usada para agotar los gases debe recolectarse posteriormente a fin de evitar la contaminación de los recursos hídricos en la región del accidente.  Para los productos con baja solubilidad en agua, el agotamiento de gases también se podrá realizar con neblina de agua que, en ese caso, actuará como un bloqueo físico frente al desplazamiento de la nube.  Cabe resaltar que la neblina de agua solamente se deberá aplicar sobre la nube y no sobre los eventuales charcos formados por el gas licuado, ya que provocaría una intensa evaporación del producto y, a la vez, un aumento de los vapores en la atmósfera.  Después de la fuga de un gas licuado, la fase líquida del producto estará a una temperatura próxima a su temperatura de ebullición, es decir, a un valor suficientemente bajo para que, en caso de contacto con la piel, no provoque quemaduras.  Otro aspecto relevante en los accidentes con productos gaseosos es la posibilidad de incendios o explosiones. Los recipientes con gases no inflamables también pueden explotar en caso de incendio. La radiación térmica de las llamas muchas veces es suficientemente alta para provocar un aumento de la presión interna del recipiente, lo que puede causar su ruptura catastrófica y, en consecuencia, su expulsión a grandes distancias con daños a las personas, estructuras y equipos cercanos.  En muchos casos, según el análisis de la situación, es probable que la alternativa más segura no sea extinguir el fuego, sino simplemente controlarlo, especialmente si es imposible eliminar la fuente de la fuga.  Algunos accidentes provocados por productos gaseosos de alta toxicidad o inflamabilidad, exigen la evacuación de la población de los alrededores. La decisión de evacuar o no a la población dependerá de algunas variables, como por ejemplo:   * riesgo presentado por el producto usado; * cantidad del producto vertido; * características fisicoquímicas del producto (densidad, tasa de expansión, etc.); * condiciones meteorológicas en la región; * topografía del lugar; * proximidad a áreas habitadas.   **2.2.1 Gases criogénicos**  Para licuar este tipo de gases, se deberán refrigerar a una temperatura inferior a -150 oC. Algunos ejemplos de estos gases son:  **Cuadro 2. Ejemplos de gases criogénicos y sus respectivas temperaturas de ebullición**   |  |  | | --- | --- | | **Substancia** | **Temperatura de ebullición** | | Hidrógeno | -253 ºC | | Oxígeno | -183 ºC | | Metano | -161,5 ºC |   Debido a su naturaleza "fría", los gases criogénicos presentan cuatro riesgos principales:  **Riesgos a la salud**  Debido a su baja temperatura, al entrar en contacto con el líquido o incluso con el vapor, los gases criogénicos pueden provocar severas quemaduras en el tejido.  La formación de una nube a partir de un gas criogénico siempre constituye un riesgo, dado que la densidad del vapor será mayor que la del aire porque la temperatura es muy baja, lo que provocará el desplazamiento del aire atmosférico y, por consiguiente, la reducción de la concentración de oxígeno en el ambiente.  **Efectos sobre otros materiales**  La baja temperatura de estos gases conllevará a situaciones de riesgo, ya que el simple contacto con otros materiales podrá dañarlos. Por ejemplo, el contacto del producto con tanques de almacenamiento de productos químicos los harán más frágiles, lo que conllevará a la fuga del producto almacenado.  Otro efecto significativo es la capacidad de los gases criogénicos para solidificar o condensar otros gases. No se debe olvidar que la temperatura de solidificación del agua es de 0 ºC a la presión atmosférica. Es decir, que el agua presente en la humedad atmosférica se podrá congelar y si esto ocurre cerca de, por ejemplo, una válvula (que puede ser la del mismo tanque con fuga), será más difícil realizar maniobras.  Por consiguiente, jamás se debe arrojar agua directamente sobre un sistema de escape o sobre las válvulas de un tanque criogénico ni en su interior, ya que el agua actuará como un objeto sobrecalentado (a 15 ó 20 ºC), formará vapores y, por lo tanto, aumentará la presión interna del tanque.  **Intensificación de los riesgos del estado gaseoso**  Además de los riesgos inherentes al propio estado gaseoso, visto anteriormente, la fuga de un gas criogénico podría intensificar tales riesgos.  Por ejemplo, la fuga de oxígeno licuado aumentará la concentración de este producto en el ambiente, lo que podría causar la ignición espontánea de ciertos materiales orgánicos. Por esta razón, no se deben utilizar ropas de material sintético (nylon), sino ropas de algodón. Un aumento de 3% en la concentración de oxígeno provocará un incremento de 100% en la tasa de combustión de un producto.  El hidrógeno, a su vez, puede impregnarse en materiales porosos y hacerlos más inflamables que en condiciones normales.  **Alta tasa de expansión en la evaporación**  Al ser expuestos a la temperatura ambiente, los gases criogénicos tienden a expandirse y generar volúmenes gaseosos muy superiores al volumen del líquido inicial.  En el caso del nitrógeno, un litro del producto líquido genera 697 litros de gas, mientras que para el oxígeno la proporción es de 863 veces. De esta manera, queda claro que los recipientes que contienen gases criogénicos o con un sistema de refrigeración dañado, jamás se podrán calentar porque corren el riesgo de causar la sobrepresurización del tanque, debido a que probablemente los sistemas de escape no soporten la demanda de vapores y conlleven a la ruptura del tanque.  La nube generada por la fuga de un gas criogénico será fría, invisible (la parte visible no indica la extensión total de la nube), dificultará la visibilidad y tenderá a acumularse sobre el suelo ya que, debido a la baja temperatura, la densidad del producto será mayor que la del aire. De esta forma, durante la atención a los accidentes causados por un gas criogénico, se deberán seguir estrictamente algunas reglas, entre las que destacamos:   * Trabaje en las áreas libres del derrame. * Evite entrar en la nube. Para hacerlo, use ropas herméticas no porosas, máscara autónoma de respiración, guantes de amianto o de cuero y botas de goma. * Utilice neblina de agua para contener la nube y fuertes chorros de agua para enfriar los tanques expuestos al fuego. No dirija el agua hacia los sistemas de escape de la presión ni hacia los charcos formados por el producto. * Evacue áreas grandes (600 m) alrededor de un tanque criogénico en llamas. No apague el fuego a no ser que sea posible detener el flujo de gas. * En caso de quemaduras, lave el área con agua tibia, afloje las ropas de la víctima y llévela al hospital. * Intente detener la fuga, pero si tiene dudas, controle la situación hasta que un técnico de la empresa fabricante del producto, con conocimiento más especializado, llegue al lugar.   Los temas abordados en este capítulo considerarán solo los riesgos inherentes al estado físico del producto y no sus riesgos intrínsecos, como la inflamabilidad, toxicidad o corrosión.  Las medidas específicas que se van a adoptar de acuerdo con el riesgo presentado por el producto, se describirán en los respectivos capítulos.  **2.3 Clase 3 – Líquidos inflamables**  Para una respuesta más segura en casos de accidentes con líquidos inflamables, es necesario tener pleno conocimiento de algunas de sus propiedades fisicoquímicas antes de adoptar cualquier medida. Estas propiedades, y sus respectivas aplicaciones son:  **Punto de ignición (Flash point)**  Es la menor temperatura en que una sustancia libera vapores en cantidades suficientes para que la mezcla de vapor y aire sobre su superficie propague una llama a partir del contacto con una fuente de ignición.  Si la temperatura ambiente de una región es de 25 ºC y se produce la fuga de un producto con un punto de ignición de 15 ºC, significa que el producto en esas condiciones está liberando vapores inflamables y sólo bastaría una fuente de ignición para que se produzca un incendio o una explosión.  Por otro lado, si el punto de ignición del producto fuera de 30 ºC, significa que éste no está liberando vapores inflamables. Por consiguiente, el concepto de punto de ignición está directamente relacionado con la temperatura ambiente.  **Límites de inflamabilidad**  Para quemar un gas o vapor inflamable se requiere, además de la fuente de ignición, una mezcla llamada "ideal" entre el aire atmosférico (oxígeno) y el gas combustible. La cantidad de oxígeno en el aire es prácticamente constante, un volumen aproximado de 21%.  La cantidad de gas combustible necesaria para la quema, varía para cada producto y sus dimensiones dependen de dos constantes: el límite inferior de explosión (LIE) y el límite superior de explosión (LSE).  El LIE es la mínima concentración de gas que, mezclada con el aire atmosférico, puede provocar la combustión del producto a partir del contacto con una fuente de ignición. Las concentraciones de gas inferiores al LIE no son combustibles porque en esa condición hay un exceso de oxígeno y poca cantidad del producto para la quema. Esa condición se llama "mezcla pobre".  El LSE es la máxima concentración de gas que, mezclada con el aire atmosférico, puede provocar la combustión del producto a partir del contacto con una fuente de ignición. Las concentraciones de gas superiores al LSE no son combustibles porque en esa condición hay un exceso del producto y poca cantidad de oxígeno para que se produzca la combustión. Esa condición se llama "mezcla rica".  Los valores del LIE y LSE generalmente se indican en porcentajes de volumen tomados a aproximadamente 20 ºC y 1 atm. Para cualquier tipo de gas, 1% en volumen representa 10.000 ppm (partes por millón).  Se puede concluir que los gases o vapores combustibles sólo queman cuando su porcentaje de volumen está entre los límites (inferior y superior) de explosión, que es la mezcla "ideal" para la combustión.  Si se hace un esquema, se tiene:  **Cuadro 3. Límites de explosión de gases o vapores combustibles**   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | |  | **0%** | | **......................** | **LIE** | | **..................** | **LSE** | | **.............** | **100%** | | **Concentración**  **(% en volumen)** | | **MEZCLA POBRE** | | | **MEZCLA IDEAL** | | | **MEZCLA RICA** | | | |  | | no hay  combustión | | | puede haber  combustión | | | no hay  combustión | | |   Como se mencionó anteriormente, los valores LIE y LSE varían de un producto a otro, el siguiente cuadro incluye algunos ejemplos:  **Cuadro 4. Ejemplos de LIE y LSE para algunos productos (%)**   |  |  |  | | --- | --- | --- | | **PRODUCTO** | **LIE** | **LSE** | | Acetileno | 2,5% | 80% | | Benceno | 1,3% | 79% | | Etanol | 3,3% | 19% |   Actualmente, existen equipos capaces de medir el porcentaje de volumen de un gas o vapor combustible en el aire. Estos instrumentos se conocen como "explosímetros".  Los explosímetros son equipos compuestos fundamentalmente por sensores, resistores y circuitos transistorizados. Su principio de funcionamiento se basa en el "Puente de Wheatstone".  Cuando la mezcla de gas combustible/aire penetra en el sensor del aparato, entra en contacto con un resistor calentado y provoca su combustión inmediatamente. El calor generado en esta quema modifica el valor del resistor y desequilibra el Puente de Wheatstone. Un circuito electrónico se encarga de mostrar una deflexión en el puntero de medición proporcional al calor generado por la quema.  Estos equipos son blindados y, por lo tanto, a prueba de explosiones, lo que significa que tanto la combustión que se produce en su interior, como cualquier cortocircuito eventual en sus partes electrónicas no provocan explosiones, incluso cuando se excede el LIE del gas.  En las operaciones de emergencia en donde existen gases o vapores combustibles que exigen el uso del explosímetro, es importante que el operador tome algunas precauciones básicas para su uso adecuado, como:   * Calibrar el aparato siempre en un área no contaminada por el gas. * Realizar mediciones frecuentes en diversos puntos de la región afectada y considerar las propiedades del gas y factores como la localización y dirección del viento, entre otros. * En lugares donde existen grandes cantidades de gas combustible, es conveniente calibrar el equipo después de cada medición para evitar su saturación, la que no siempre puede ser percibida por el operador.   Además del punto de ignición y del límite de inflamabilidad, se debe considerar la presencia de posibles fuentes de ignición.  En la mayoría de las situaciones de emergencia se encuentran diversos tipos de fuentes que pueden provocar la ignición de sustancias inflamables. Entre ellas se destacan:   * llamas vivas; * superficies calientes; * automóviles; * cigarrillos; * chispas por fricción; * electricidad estática.   Se debe dar atención especial a la electricidad estática ya que es una fuente de ignición de difícil percepción. En realidad, se trata de la acumulación de cargas electrostáticas que, por ejemplo, adquiere un camión-tanque durante el transporte.  Si por algún motivo el producto inflamable que se está transportando (líquido o gas), se debe transferir a otro vehículo o recipiente, será necesario que éstos estén interconectados a fin de evitar una diferencia de potencial, lo que podría generar una chispa eléctrica y presentar una situación de alto potencial de riesgo.  Cabe recordar que, al igual que los equipos de medición, todos los demás, como linternas y bombas, deben ser muy seguros.  Por cuestiones de seguridad, muchas veces no es recomendable la contención de un producto inflamable cerca del lugar de la fuga a fin de evitar altas concentraciones de vapores en lugares con mucho tránsito de personas o equipos.  **2.4 Clase 4 – Sólidos inflamables**  Estos sólidos incluyen todas las sustancias que se pueden inflamar en presencia de una fuente de ignición, en contacto con el aire o con el agua y que no están clasificadas como explosivos.  Según el estado físico de los productos de esta clase, el área afectada por un accidente generalmente es bastante restringida, ya que la movilidad en el medio es muy pequeña comparada con la de los gases o líquidos, lo que facilita las operaciones de control de la emergencia.  Son sólidos inflamables cuando están expuestos al calor, choque, fricción o llamas vivas. La facilidad de combustión será mayor mientras más "finamente" esté dividido el material.  Los conceptos del punto de ignición y límites de inflamabilidad presentados en el capítulo anterior, también son aplicables a los productos de esta clase. Como ejemplos de estos productos podemos citar el nitrato de urea y el azufre.  Existen también los productos sólidos que se pueden inflamar en contacto con el aire, incluso sin la presencia de una fuente de ignición. Debido a esta característica, la mayoría de estos productos son transportados en recipientes con atmósferas inertes o sumergidos en kerosene o agua.  Cuando se produce un accidente con estos productos, la pérdida de la fase líquida podría propiciar el contacto de los mismos con el aire, por lo que se deberá detener la fuga inmediatamente.  Otra medida que se puede adoptar en caso de accidente es arrojar agua sobre el producto para mantenerlo constantemente húmedo, siempre y cuando éste sea compatible con el agua para evitar su ignición espontánea.  El fósforo blanco o amarillo y el sulfuro de sodio son ejemplos de productos que combustionan espontáneamente en contacto con el aire.  Otras sustancias sólidas pueden, al interactuar con el agua, inflamarse espontáneamente o producir gases inflamables en cantidades peligrosas.  El sodio metálico, por ejemplo, reacciona de manera enérgica en contacto con el agua y libera el gas hidrógeno que es altamente inflamable. Otro ejemplo es el carburo de calcio que al interactuar con el agua libera acetileno.  Por lo general, los productos de esta clase, y principalmente los de las subclases 4.2 y 4.3, liberan gases tóxicos o irritantes cuando entran en combustión.  Según lo expuesto y, en relación con la naturaleza de los eventos, las medidas preventivas son muy importantes ya que las reacciones que estos productos provocan, se producen de manera rápida y prácticamente incontrolable.  **2.5 Clase 5 – Oxidantes y peróxidos orgánicos**  Un oxidante es un material que libera oxígeno rápidamente para soportar la combustión de los materiales orgánicos. Otra definición semejante afirma que el oxidante es un material que genera oxígeno a temperatura ambiente o con un ligero calentamiento.  Como se puede observar, ambas definiciones coinciden en que el oxígeno siempre es liberado por un agente oxidante.  Debido a la facilidad de liberación del oxígeno, estas sustancias son relativamente inestables y reaccionan químicamente con una gran variedad de productos.  A pesar de que la gran mayoría de las sustancias oxidantes no son inflamables, el simple contacto de éstas con productos combustibles puede generar un incendio, incluso sin la presencia de fuentes de ignición.  Otro aspecto que se debe considerar es la gran reactividad de los oxidantes con compuestos orgánicos. Por lo general, estas reacciones son enérgicas y liberan grandes cantidades de calor que pueden conllevar al fuego o explosión. Los oxidantes, inclusive en fracciones pequeñas, pueden causar la ignición de algunos materiales como el azufre, la terebintina, el carbón vegetal, etc.  Cuando la concentración de oxígeno se incrementa, también aumenta no sólo la tasa de combustión de un producto, sino que disminuye la cantidad necesaria para la quema o LIE, límite inferior de explosión, lo que puede dar lugar a la ignición espontánea del producto.  Cuando se calientan algunos productos de esa subclase, como por ejemplo los nitratos y percloratos, entre otros, liberan gases tóxicos que se disuelven en la mucosa del tracto respiratorio y producen líquidos corrosivos.  Como ejemplo de producto oxidante, se puede citar el peróxido de hidrógeno, comercialmente conocido como agua oxigenada. Este producto es un poderoso agente oxidante y, en altas concentraciones, reacciona con la mayoría de los metales, como el Cu, Co, Mg, Fe, Pb entre otros, lo que causará su descomposición con riesgo de incendio/explosión.  Aun sin la presencia de una fuente de ignición, las soluciones de peróxido de hidrógeno - en concentraciones mayores a 50% de peso (200 volúmenes) y en contacto con materiales combustibles - pueden causar la ignición de estos productos.  Los peróxidos orgánicos son agentes de alto poder oxidante, dado que la mayoría son irritantes para los ojos, piel, mucosas y garganta.  Los productos de esa subclase presentan una estructura – O – O – y se pueden considerar derivados del peróxido de hidrógeno (H2 O2), donde uno o ambos átomos de hidrógeno fueron sustituidos por radicales orgánicos.  De esta manera, los peróxidos orgánicos, al igual que los oxidantes, son térmicamente inestables y pueden sufrir una descomposición exotérmica y auto-acelerable y crear un riesgo de explosión. Estos productos también son sensibles al choque y fricción.  En los Estados Unidos, antes de aceptar un peróxido orgánico para la carga (en camión o en tren), el DOT – Departamento de Transporte, exige una serie de pruebas de sensibilidad, es decir, de punto de ignición, tasa de quema, descomposición térmica, prueba de impacto, entre otros. El DOT autoriza su carga únicamente después de estas pruebas y de la dilución del producto.  Si algunos productos están expuestos al hidrógeno o a oxidantes durante el almacenamiento, podrán formar peróxidos y habrá más probabilidad de ello si están en estado líquido.  Debido al riesgo de formación de peróxidos, para algunos compuestos se sugiere un periodo máximo de almacenamiento de tres meses, como por ejemplo, éter isopropílico, divinil acetileno, cloruro de vinilideno, potasio metálico y amida de sodio, entre otros.  Para otros productos se sugiere un periodo máximo de almacenamiento de 12 meses, como por ejemplo: éter etílico, tetrahidrofurano, dioxano, acetal, metilisobutilcetona, éter dimetílico de etilenglicol, éteres vinílicos, diciclopentadieno, metilacetileno, cumeno, tetrahidronaftaleno, ciclohexeno, metilciclopentano.  Otros compuestos corren el riesgo de formar peróxidos en caso de polimerización. El periodo de almacenamiento máximo sugerido para estos productos es de 12 meses. Entre éstos figuran el estireno, butadieno, tetrafluoretileno, vinil acetileno, acetato de vinilo, cloruro de vinilo, vinilpiridina y clorobutadieno.  Por consiguiente, cuando algunos productos están almacenados en estado líquido, su potencial para la formación de peróxidos aumenta, principalmente el butadieno, clorobutadieno y tetrafluoretileno, por lo que para estos casos se puede considerar un periodo máximo de almacenamiento de tres meses.  En caso de sospecha de formación de peróxido, se deberán adoptar los siguientes procedimientos básicos:   * Aísle el área. * Inspeccione visualmente los recipientes. * No intente moverlos. * Verifique si hay corrosión, moho u ondulaciones en el embalaje o en la tapa. De ser así, es un indicador de la existencia de peróxidos. * Verifique si hay formación de cristales blancos o polvo. * Si el sello de la tapa está roto, considere el material potencialmente explosivo. * Si hay sospecha de formación de peróxidos, no abra el embalaje, devuélvalo al fabricante. * Si tuviera que abrir el embalaje, gire la tapa lentamente en el sentido contrario a las agujas del reloj para tratar de minimizar la fricción. * Si hay resistencia al tratar de abrir la tapa, deténgase. Es un indicador de que el material es explosivo.   El cuadro 5 muestra la distancia y los daños provocados por peróxidos, según el volumen existente.  **Cuadro 5. Daños provocados por explosiones de peróxidos**   |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | | **VOLUMEN**  **(Litro)** | **DISTANCIA PARA DAÑOS (M)** | | | | | **Algunas**  **ventanas**  **rotas** | **La mayoría de las ventanas rotas** | **Estructuras**  **seriamente**  **dañadas** | **Daños**  **letales**  **para el hombre** | | 0,5 | 75 | 11 | 5 | 3 | | 1 | 96 | 14 | 6 | 4 | | 3,6 | 150 | 21 | 9 | 6 | | 18 | 250 | 37 | 15 | 10 | | 200 | - | 82 | 33 | 21 | | 1.800 | - | 175 | 71 | 45 | | 9.900 | - | 300 | 120 | 76 |   Fuente: Blasters Manual  Cuando sea necesario contener o absorber productos oxidantes o peróxidos orgánicos, se deberá considerar que la mayoría de éstos podrá interactuar con la materia orgánica y que, por lo tanto, en las acciones de contención/absorción no se podrá usar tierra, aserrín ni otro material incompatible. En esos casos se recomienda usar materiales inertes y humedecidos, por ejemplo, arena.  Muchos de los productos clasificados aquí necesitan equipos "específicos" para las operaciones de transbordo. Esto se debe a la alta inestabilidad química de ciertas sustancias de esa clase.  Uno de los métodos más utilizados y eficientes para la reducción de los riesgos que presentan los productos de la clase 5 es la dilución en agua, siempre y cuando el producto sea compatible con ésta. La finalidad de la dilución es reducir el poder oxidante y su inestabilidad. Por lo tanto, debido a la solubilidad de algunos de estos productos, el agua de dilución se deberá almacenar para evitar la contaminación.  En caso de fuego, el agua es el agente más eficiente de extinción ya que aparta el calor del material en cuestión.  La espuma y el CO2 no serán eficaces porque actúan con base en el principio de la exclusión del oxígeno atmosférico y esto no es necesario en un incendio causado por sustancias oxidantes.  **2.6 Clase 6 – Sustancias tóxicas**  Son sustancias que al ser ingeridas, inhaladas o entrar en contacto con la piel, incluso en pequeñas cantidades, pueden provocar la muerte o daños a la salud humana.  Las vías por las que los productos químicos pueden entrar en contacto con el organismo son tres:   * inhalación; * absorción cutánea; * ingestión.   La inhalación es la vía de entrada más rápida. La gran superficie de los alvéolos pulmonares, que representan de 80 a 90 m2 en un hombre adulto, facilita la absorción de gases y vapores, que pueden pasar a la corriente sanguínea y ser distribuidos a otras regiones del organismo.  En relación con la absorción cutánea, las sustancias tóxicas pueden actuar de dos formas. Primero, como tóxico localizado, cuando el producto que entra en contacto con la piel actúa en su superficie y causa una irritación primaria y localizada. Segundo, como tóxico generalizado, cuando la sustancia tóxica actúa con las proteínas de la piel o incluso penetra a través de ella, llega a la sangre y se dispersa por el organismo, con el riesgo de llegar a varios órganos.  Si bien la piel y la grasa actúan como una barrera protectora del cuerpo, algunas sustancias como el ácido cianhídrico, el mercurio y algunos plaguicidas tienen la capacidad de penetrar a través de la piel.  En cuanto a la ingestión, ésta se considera una vía secundaria de ingreso ya que el hecho sólo ocurrirá accidentalmente.  Los efectos generados por el contacto con sustancias tóxicas están relacionados con su grado de toxicidad y el tiempo de exposición o dosis.  Debido al alto riesgo que implican los productos de esta clase, durante las operaciones de atención de emergencias se requiere equipos de protección respiratoria.  Entre estos equipos están las máscaras faciales con filtros químicos y el equipo autónomo de respiración de aire comprimido.  Es necesario tener siempre presente que los filtros químicos sólo retienen los contaminantes atmosféricos sin proveer oxígeno y que, según las concentraciones, se pueden saturar rápidamente. Antes de elegir el tipo adecuado de filtro, se debe identificar el producto presente en la atmósfera.  El equipo autónomo de respiración de aire comprimido se deberá utilizar en ambientes confinados, cuando el producto empleado no se encuentre en la atmósfera en altas concentraciones.  Por lo general, la existencia de un producto en un ambiente se asocia con la presencia de un olor. Sin embargo, como se mencionó anteriormente, no siempre sucede esto. Algunas sustancias son inodoras, mientras que otras tienen la capacidad de inhibir el sentido olfativo y conllevar al individuo a situaciones de riesgo.  El gas sulfhídrico, por ejemplo, presenta un olor característico en bajas concentraciones, pero en altas concentraciones puede inhibir la capacidad olfativa.  De esta manera, es fundamental que en las operaciones de emergencia por productos de esta naturaleza, se realicen monitoreos constantes de la concentración de los productos en la atmósfera.  Los resultados obtenidos en estos monitoreos se podrán comparar con valores de referencia conocidos, como el LT –límite de tolerancia–, que es la concentración a la que un trabajador se puede exponer durante ocho horas diarias o 48 horas semanales sin sufrir efectos adversos para su salud, y el IDLH: valor inmediatamente peligroso para la vida al que una persona se puede exponer durante 30 minutos sin daños para su salud.  En vista del alto grado de toxicidad de los productos de la clase 6, es necesario recordar que la operación de contención de éstos es muy importante ya que normalmente son muy tóxicos para la vida acuática y representan un alto potencial de riesgo de contaminación en los cuerpos de agua. Por consiguiente, se debe prestar atención especial a los cuerpos de agua usados para la recreación, irrigación, alimentación de animales y abastecimiento público.  **2.7 Clase 7 - Sustancias radiactivas (no son tratadas en este documento)**  **2.8 Clase 8 – Corrosivos**  Son sustancias que presentan una severa tasa de corrosión al acero. Evidentemente, estos materiales también son capaces de provocar daños a los tejidos humanos. Básicamente, existen dos grupos principales con esas propiedades y se conocen como ácidos y bases.  Los ácidos son sustancias que, en contacto con el agua, liberan iones H+ y provocan alteraciones de pH en el intervalo de 0 (cero) a 7 (siete). Las bases son sustancias que, en contacto con el agua, liberan iones OH- y provocan alteraciones de pH en el intervalo de 7 (siete) a 14 (catorce).  Algunos ejemplos de este tipo de productos son el ácido sulfúrico, ácido clorhídrico, ácido nítrico, hidróxido de sodio e hidróxido de potasio, entre otros.  Muchos de los productos pertenecientes a esta clase reaccionan con la mayoría de los metales y como generan hidrógeno (gas inflamable), dan lugar a un riesgo adicional.  Algunos productos presentan como riesgo secundario un alto poder oxidante, mientras que otros pueden reaccionar enérgicamente con el agua o con otros materiales, por ejemplo, los compuestos orgánicos. El contacto de esos productos con la piel y ojos puede causar severas quemaduras, por lo que se deben emplear equipos de protección individual compatibles con tal producto. Para la manipulación de corrosivos, generalmente se recomienda usar ropas de PVC.  El monitoreo ambiental durante las operaciones con estos materiales se puede realizar a través de diversos parámetros, según el producto usado, entre los cuales cabe destacar las mediciones de pH y la conductividad.  En los accidentes con ácidos o bases que llegan a cuerpos de agua, se podrá producir una mayor o menor variación del pH natural, según diversos factores, como por ejemplo la concentración y cantidad del producto vertido, además de las características del cuerpo de agua afectado.  Uno de los métodos que se puede aplicar para reducir los riesgos es la neutralización del producto derramado. Esta técnica consiste en agregar un producto químico, de manera que se logre un pH próximo al natural.  Para la neutralización de sustancias ácidas generalmente se emplea el carbonato sódico y la cal hidratada, ambas con característica alcalina. El uso de cal viva no es recomendable debido a que su reacción con los ácidos es extremadamente enérgica.  Antes de llevar a cabo la neutralización, se deberá recolectar la mayor cantidad posible del producto derramado a fin de evitar el consumo excesivo del producto neutralizante y la generación de una gran cantidad de residuos.  Se deberá realizar la remoción total y disposición adecuada de los residuos provenientes de la neutralización.  Al final de este capítulo se presenta el cuadro 6 sobre neutralización de productos químicos, donde se relaciona la cantidad de agentes neutralizantes necesarios para los productos más comunes de esta clase.  Como se mencionó anteriormente, la neutralización es sólo una de las posibles técnicas para reducir los riesgos en los accidentes con sustancias corrosivas. También se deberán considerar otras técnicas como la absorción, remoción y dilución, según el caso.  Para elegir el método más adecuado se deben considerar los aspectos de seguridad y protección ambiental.  Si se opta por la neutralización del producto, se debe considerar que ésta consiste básicamente en la disposición de otro producto químico en el ambiente contaminado y que, por lo tanto, podrá haber reacciones químicas paralelas a la necesaria para la neutralización.  También se debe evaluar la característica del cuerpo de agua, que algunas veces conlleva a su monitoreo a fin de lograr una dilución natural del producto. Estos casos normalmente se producen en aguas corrientes en las que el control de la situación es más difícil debido a la movilidad del producto en el medio.  Cuando hay descontrol durante la neutralización, podrá haber una inversión brusca en la escala del pH, lo que producirá efectos mucho más dañinos para los ecosistemas que resistieron a la primera variación del pH. Por lo general, en los cuerpos de agua donde hay vida, no es recomendable la disposición de productos químicos sin la supervisión de especialistas.  Durante las reacciones de neutralización, mientras más concentrado esté el producto derramado, mayor será la liberación de energía en forma de calor, además de la posibilidad de que el agua salpique, por lo que se debe reforzar la necesidad del uso de ropas adecuadas de protección.  La técnica de dilución solamente se deberá usar cuando la contención del producto derramado sea imposible y si tiene un volumen bastante reducido debido a que el volumen de agua necesario para obtener concentraciones seguras con este método siempre será muy grande, en el orden de 1.000 a 10.000 veces el volumen del producto vertido.  Cabe resaltar que si el volumen de agua agregado al producto no es suficiente para diluirlo en niveles seguros, la situación se agravará debido al aumento del volumen de la mezcla.  Como se ha podido observar en lo expuesto anteriormente, la absorción y la recolección son las técnicas más recomendadas comparadas con la neutralización y la dilución.  Con el cuadro 6, use una cantidad K.Q del neutralizante elegido para neutralizar una cantidad Q de un producto.  Ejemplo: para neutralizar 1.000 kg de ácido sulfúrico 98%, use 1.000 x 1,60 = 1.600 kg de soda 50%.  **Cuadro 6. Neutralización de productos químicos**   |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | **NEUTRALIZANTE**  **(FACTOR K)** | HCl  30% | HCl  33% | HCl  36% | H2SO4  70% | H2SO4  98% | Cal hidratada 100%  Ca (OH)2 | Carbonato de sodio  (soda ASH) | NaOH  50% | NaOH  98% | Sulfito de sodio 100% Na2SO3 | | **PRODUCTO** | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | | Ácido clorhídrico 30% | N | N | N | N | N | 0,31 | 0,44 | 0,66 | 0,33 | N | | Ácido clorhídrico 33% | N | N | N | N | N | 0,36 | 0,50 | 0,73 | 0,36 | N | | Ácido clorhídrico 36% | N | N | N | N | N | 0,40 | 0,55 | 0,80 | 0,40 | N | | Ácido nítrico 98% | N | N | N | N | N | 0,60 | 0,80 | 1,25 | 0,65 | N | | Ácido sulfúrico 70% | N | N | N | N | N | 0,42 | 0,76 | 1,44 | 0,57 | N | | Ácido sulfúrico 98% | N | N | N | N | N | 0,80 | 1,10 | 1,60 | 0,80 | N | | Cloro 100% | N | N | N | N | N | 1,10 | 1,50 | 1,80 | 0,90 | N | | Hipoclorito de sodio 12% | N | N | N | N | N | N | N | N | N | 0,28 | | Soda cáustica 50% | 1,51 | 1,39 | 1,27 | 0,89 | 0,63 | N | N | N | N | N | | Soda cáustica 98% | 3,03 | 2,77 | 2,50 | 1,75 | 1,25 | N | N | N | N | N |   Fuente: CARBOCLORO S/A Industrias Químicas  **2.9 Clase 9 – Sustancias peligrosas diversas**  Esta clase agrupa a los productos que presentan riesgos diferentes de las demás clases.  Para estos productos se aplican todos los procedimientos básicos descritos en el capítulo 3 de este trabajo, además de otros específicos, según el tipo de producto y lugar del accidente.  **3. Bibliografía consultada**   * Schieler, L. & Pauze, D. Hazardous materials. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 1976. * Meyer, E. Chemistry of hazardous materials. Prentice - Hall Inc., New Jersey, 1977. * National Fire Academy. The chemistry hazardous materials. National Emergency Training Center. Student Manual, USA, 1983. * U. S. Environmental Protection Agency. Hazardous materials incident response operations. Emergency Response Division: Student Manual, 1990. * Stutz, D. R.; Ricks, R. C.; Olsen, M. F. Hazardous materials injuries: a handbook for pre-hospital care. Bradford Communications Corporation, Maryland, 1982. * Organización Mundial de la Salud. Guía para la descontaminación de bomberos y su equipo después de incidentes con materiales peligrosos. Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud. Metepec, 1989.  |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botizq.jpg](javascript:window.history.go(-1)) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botpower.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/peliasoc/peliasoc.ppt) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botpregu.jpg](http://bvsde.per.paho.org/aptutoriales/listar_preguntas.php?odbc=apquimicos&tema=16&file=index.html&from=01&to=10) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/print.jpg](javascript:window.print()) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/home.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botder.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/nocibasi/index.html) | | [Anterior](javascript:window.history.go(-1)) | [Power Point](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/peliasoc/peliasoc.ppt) | [Módulo de preguntas y respuestas](http://bvsde.per.paho.org/aptutoriales/listar_preguntas.php?odbc=apquimicos&tema=16&file=index.html&from=01&to=10) | [Imprimir](javascript:window.print()) | [Inicio](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) | [Siguiente](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/nocibasi/index.html) | | | |
|  | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/home.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) | [[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/barratit.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html)](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) |
| [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bbie-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/bienvenida.html)[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bger-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/generali.html)http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bprev-off.gif[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bprep-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/prepara.html)[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bres-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/respues.html)[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bcas-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/estudio.html)[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/blin-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/enlaces.html)[http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/images/botones/bsal-on.gif](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/sala.html) | | |

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **NOCIONES BÁSICAS DE TOXICOLOGÍA APLICADAS A LAS EMERGENCIAS QUÍMICAS**  ***Nilda A.G.G. de Fernícola***    [**Accidentes químicos**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/nocibasi/index.html#Accidentes) **|** [**Clasificación de los accidentes químicos**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/nocibasi/index.html#Clasificación) | [**Aspectos toxicológicos para la atención de un accidente químico**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/nocibasi/index.html#Aspectos) **|** [**Toxicología**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/nocibasi/index.html#4) **|** [**Conclusiones**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/nocibasi/index.html#Conclusiones) **|** [**Bibliografía**](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/nocibasi/index.html#Bibliografía)   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botizq.jpg](javascript:window.history.go(-1)) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botpower.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/nocibasi/nocibasi.ppt) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botpregu.jpg](http://bvsde.per.paho.org/aptutoriales/listar_preguntas.php?odbc=apquimicos&tema=18&file=index.html) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/print.jpg](javascript:window.print()) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/home.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botder.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/infoemer/index.html) | | [Anterior](javascript:window.history.go(-1)) | [Power Point](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/nocibasi/nocibasi.ppt) | [Módulo de preguntas y respuestas](http://bvsde.per.paho.org/aptutoriales/listar_preguntas.php?odbc=apquimicos&tema=18&file=index.html) | [Imprimir](javascript:window.print()) | [Inicio](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) | [Siguiente](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/infoemer/index.html) |   **1. Accidentes químicos**  La Organización Mundial de la Salud - OMS, utiliza los términos accidente químico y emergencia química para hacer referencia a un acontecimiento o situación peligrosa que resulta de la liberación de una sustancia o sustancias que representan un riesgo para la salud humana y/o el medio ambiente, a corto o largo plazo. Estos acontecimientos o situaciones incluyen incendios, explosiones, fugas o liberaciones de sustancias tóxicas que pueden provocar enfermedad, lesión, invalidez o muerte, a menudo de una gran cantidad de seres humanos.  Aunque la contaminación del agua o de la cadena alimenticia que resulta de un accidente químico puede afectar poblaciones dispersas, a menudo la población expuesta está dentro o muy próxima a una zona industrial. En un área urbana la población expuesta puede estar, por ejemplo, en las cercanías de un vehículo accidentado que transportaba sustancias peligrosas. Con menos frecuencia, la población expuesta está a cierta distancia del sitio del accidente, incluyendo zonas al otro lado de las fronteras nacionales.  Esta definición debe plantearse aunada al concepto de "incidente químico", en el que una exposición originada por liberaciones de una sustancia o sustancias químicas pueden resultar en enfermedad o posibilidad de ésta. El número de personas afectadas por un incidente químico puede ser muy reducido (incluso una sola), y la enfermedad, incapacidad o muerte puede ocurrir en un lapso considerable, por ejemplo años después del accidente.  Además de los efectos para la salud humana, los accidentes químicos pueden resultar en un daño considerable o a largo plazo al medio ambiente, con cuantiosos costos humanos y económicos (IPCS / OECD / UNEP / WHO1994).  **2. Clasificación de los accidentes químicos**  Desde la perspectiva de salud, existen varias maneras de clasificar los accidentes químicos, de las cuales ninguna es completa o mutuamente excluyente. Por ejemplo, la clasificación podría basarse en: las sustancias químicas involucradas, la cantidad, la forma física, dónde y cómo ocurrió la fuga; las fuentes de liberación; la extensión del área contaminada; el número de personas expuestas; las vías de exposición; y las consecuencias en la salud relacionadas con la exposición. Algunas consideraciones son necesarias para aclarar esta clasificación y se presentan a continuación:   * Las sustancias involucradas Las sustancias involucradas en un accidente pueden agruparse de acuerdo a si son:   + sustancias peligrosas, por ejemplo explosivas, líquidos o sólidos inflamables, agentes oxidantes, sustancias tóxicas o corrosivas;   + aditivos, contaminantes y adulterantes, por ejemplo en el agua potable, bebidas o alimentos, medicamentos y bienes de consumo; y   + productos radioactivos, que no son considerados en esta presentación.   La cantidad de la sustancia química liberada y sus propiedades tóxicas deberían también ser consideradas. Por ejemplo un kilo de cianuro de sodio es más peligroso que un kilo de gas cloro.   * Fuentes de la liberación Las liberaciones pueden originarse por la actividad humana o tener origen natural, es decir pueden ser antropogénicas o naturales. Entre las antropogénicas se incluyen: manufactura, almacenamiento, manipulación, transporte (ferrocarril, carretera, agua y tuberías), uso y eliminación. Entre las fuentes de origen natural se incluyen la actividad volcánica, incendios y toxinas de origen animal, vegetal o microbiano. * Extensión del área contaminada Los accidentes pueden clasificarse de acuerdo a si: fueron delimitados al área de una instalación y que no afectaron a nadie en el exterior; afectaron únicamente la vecindad inmediata de una planta; afectaron una zona extensa alrededor de la instalación o si se dispersaron mucho. * Número de personas expuestas Los accidentes podrán clasificarse por el número de personas afectadas, calculado en términos de muertes, lesionados y/o evacuados. Sin embargo, la gravedad de un accidente químico no puede determinarse únicamente sobre esta base y así se deberán tomar en cuenta todas las circunstancias y consecuencias conocidas. * Vías de exposición Desde la perspectiva de salud, las vías de exposición podrían ser un medio para clasificar los accidentes químicos. Existen cuatro vías principales: inhalación, exposición ocular, contacto con la piel e ingestión. Ninguna de estas vías es mutuamente excluyente. * Consecuencias para la salud Los accidentes químicos pueden ser clasificados también según las consecuencias médicas o para la salud, o en función del sistema u órgano afectado. Ejemplos de éstos serían los accidentes que causan efectos carcinogénicos, teratogénicos, dermatológicos, inmunológicos, hepáticos, neurológicos, pulmonares u otros (OPS/OMS, 1998).   **3. Aspectos toxicológicos para la atención de un accidente químico**  Algunos de los desastres que ocurrieron más recientemente pusieron en evidencia la necesidad del conocimiento de la toxicidad de los compuestos usados en la industria. Este conocimiento es esencial para la aplicación de un tratamiento efectivo y rápido de los efectos tóxicos, como también para el tratamiento de intoxicaciones accidentales. En el caso del accidente de Bhopal, que ocurrió en 1984 en la India, donde era fabricado el insecticida Carbaril, se produjo una emisión de isocianato de metilo. De esta sustancia poco o nada se conocía, en esa época, sobre su toxicidad y como consecuencia el tratamiento de las víctimas fue incierto y posiblemente inadecuado.  La pregunta que surge, ante la gran cantidad de sustancias químicas, es: "¿ Todas las sustancias químicas son tóxicas?". Probablemente la mejor respuesta sería: "No hay sustancias químicas seguras sino maneras seguras de usarlas (Timbrell, 1989).  En el documento OPS/OMS (1998) se aconseja que las autoridades locales deberían estar preparadas para tomar parte en el proceso de concientización y preparación para accidentes químicos, o en un programa similar, incluyendo el intercambio de toda la información importante con la comunidad y la industria local. Así, deberían participar en este proceso los hospitales y otras instalaciones destinadas al tratamiento, los profesionales de salud y los centros de información toxicológica y los centros para emergencias químicas.  Desde este punto de vista se considera importante que los participantes, en la atención de una emergencia química, tengan conocimientos básicos de toxicología. Estos conocimientos facilitarán las actividades de los profesionales que participan en la atención de la emergencia así como la protección adecuada para evitar efectos tóxicos.  En un artículo publicado por Gajraj, en 1988, en la revista UNEP Industry and Environment, sobre necesidades de capacitación en la mitigación y contención para accidentes, ya se consideraban los aspectos toxicológicos entre las actividades de ese tipo de curso.  **4. Toxicología**  La toxicología es la ciencia que estudia los efectos nocivos producidos por las sustancias químicas sobre los organismos vivos. Así, el individuo humano, los animales y las plantas pueden estar expuestos a una gran variedad de sustancias químicas. Éstas pueden ser desde metales y sustancias inorgánicas hasta moléculas orgánicas muy complejas.  Según el Programa Nacional de toxicología del Servicio de Salud Pública de EUA (EUA, 1999) existen en ese país 80,000 sustancias químicas a las que sus habitantes pueden estar expuestos a través de productos industriales y de consumo, como también por estar presentes en los alimentos, en el agua para beber y en el aire que se respira. Generalmente, se supone que relativamente pocas representan un riesgo significativo para la salud humana, en las concentraciones de exposición existentes, y que los efectos en la salud producidos por la mayoría de ellas son generalmente desconocidos.  En 1998, según otra publicación, el inventario de las sustancias químicas comerciales en Europa registró 100,000 comercializadas para varios propósitos. De acuerdo con la Asociación de las Industrias Químicas de la República Federal de Alemania solamente alrededor de 4,600 sustancias son producidas en cantidades superiores a 10,000 t anuales. El resto de las sustancias se usan en el laboratorio o en productos manufacturados.  **Conceptos básicos de toxicología**  Algunos términos de uso frecuente en toxicología son importantes y deben ser conocidos. Por ejemplo: sustancia peligrosa, riesgo, toxicidad, dosis, exposición, absorción, biodisponibilidad, distribución, acumulación, biotransformación, eliminación y efecto tóxico.  **Sustancia peligrosa**  Una sustancia peligrosa o un agente peligroso tiene la capacidad de causar daño en un organismo expuesto. Un ejemplo aclarará este concepto: la estricnina es una sustancia química muy tóxica. Cuando está dentro de un frasco perfectamente cerrado puede manipularse sin que se produzca un efecto tóxico. Su toxicidad no mudó pero al no estar en contacto con un organismo vivo no es posible evidenciar su capacidad de producir su efecto tóxico (Ottoboni, 1991).  **Riesgo**  Riesgo es la probabilidad de que aparezca un efecto nocivo debido a la exposición a una sustancia química.  **Toxicidad**  La toxicidad de una sustancia química se refiere a la capacidad de causar daño en un órgano determinado, alterar los procesos bioquímicos o alterar un sistema enzimático.  Todas las sustancias, naturales o sintéticas son tóxicas, es decir que producen efectos adversos para la salud en alguna condición de exposición. Es incorrecto denominar algunas sustancias químicas como tóxicas y otras como no tóxicas. Las sustancias difieren grandemente en su toxicidad. Las condiciones de exposición y la dosis son factores que determinan los efectos tóxicos (Ottoboni, 1991).  **Dosis**  Paracelso, en el Siglo XVI afirmó: "Todas las sustancias son tóxicas. No hay ninguna que no sea tóxica. La dosis establece la diferencia entre un tóxico y un médicamente". Esta afirmación continúa siendo de gran importancia para la toxicología e involucra la idea de dosis.  Una información muy usada es la denominada dosis letal 50 - DL50, que es la cantidad de una sustancia química que cuando es administrada en una sola dosis por vía oral, expresada en masa de la sustancia por masa de animal, produce la muerte en el 50% de los roedores en experimentación dentro de un período de observación de 14 días (Swanson, 1997). En la Tabla 1 se presenta la clasificación de las sustancias basada en el valor de la DL50.  **Tabla 1 DL50 aguda para algunas sustancias químicas (IPCS, 1997)**   |  |  | | --- | --- | | **Sustancia química** | **DL50, rata macho, vía oral; mg/kg de peso corporal** | | Etanol | 7,000 | | Cloruro de sodio | 3,000 | | Sulfato de cobre | 1,500 | | DDT | 100 | | Nicotina | 60 | | Tetradotoxina | 0.01 | | Dioxina (TCDD) | 0.02 |   Otro valor es la concentración letal 50 - CL50, que es la concentración en el aire de una sustancia química que cuando es inhalada continuamente por 8 horas produce la muerte en el 50% de los roedores en experimentación.  Si la dosis de una sustancia es suficientemente alta puede ser peligrosa para cualquier ser vivo, como también si la dosis de una sustancia muy tóxica es muy baja podrá no producir efecto adverso. El agua (un elemento esencial para la vida) al ingerirse en grandes cantidades puede resultar tóxica. Esto debido a que un volumen superior a aquél considerado como ingestión diaria normal para un adulto, entre 2 L y 2,5L, puede causar la eliminación por la orina de sustancias que son esenciales para el organismo.  El periodo de tiempo en el que se administra una dosis y la frecuencia son informaciones muy importantes.  Otro dato importante es el denominado concentración de interés (en inglés: levels of concern-LOCs) que es la concentración en el aire de una sustancia extremadamente peligrosa por encima de la que podrá producir efectos graves en la salud o la muerte como resultado de una sola exposición durante un período relativamente corto. Algunas publicaciones (USEPA, 1987) consideran el LOC como la décima parte de la concentración denominada de peligro inmediato para la vida o la salud (cuya sigla en inglés es IDLH), según publicado por el National Instituto of Occupational Safety and Health - NIOSH o de un valor aproximado del IDLH para animales.  **Exposición**  Para que una sustancia química produzca un efecto, ésta debe estar en contacto con el organismo. Las sustancias químicas pueden ingresar al organismo por tres vías principales: digestiva, respiratoria y dérmica. Después del ingreso, por cualquiera de estas vías, las sustancias químicas pueden ser absorbidas y pasar a la sangre, distribuirse por todo el organismo, llegar a determinados órganos donde son biotransformadas, producir efectos tóxicos y posteriormente ser eliminadas del organismo.  También una sustancia química puede entrar al organismo por otras vías como por ejemplo por inyección venosa o intramuscular pero estas vías no son de gran interés desde el punto de vista toxicológico y especialmente cuando se trata de accidentes producidos por sustancias químicas.  Un esquema bastante usado para clasificar las sustancias químicas según la toxicidad está basado en la duración de la exposición. Los toxicólogos generalmente buscan los efectos de la exposición aguda, subcrónica y crónica, y entender para cada una de estas tres exposiciones el tipo de efecto adverso.  **Absorción**  La absorción implica que la sustancia química atraviesa membranas biológicas. En el caso de que una sustancia sea ingerida, ésta puede ser absorbida en cualquier parte del tracto gastrointestinal. Así todo, la mayor absorción es en el intestino delgado de donde pasa al sistema circulatorio por la vena porta y la sustancia química es transportada directamente al hígado.  La inhalación es la vía más rápida por la cual ingresa una sustancia química al organismo. Un ejemplo es la inhalación del éter etílico, un gas anestésico, que al llegar al pulmón se absorbe, pasa a la sangre y posteriormente se observa el efecto. También pueden ingresar por la vía respiratoria sustancias como material particulado o gases.  La vía cutánea es otra vía de ingreso importante. El espesor de la piel en las distintas regiones del organismo influye la absorción. Así la región del abdomen y del escroto, donde la piel es más fina, la absorción es más rápida que en otras donde es más gruesa como la planta de los pies o la palma de la mano. El parathión es fácilmente absorbido por vía cutánea. Cuando un área grande de piel está en contacto con una sustancia química la cantidad absorbida será mayor que si se trata de una superficie pequeña. El tiempo de contacto también es importante, siendo mayor la absorción cuanto mayor es el tiempo de contacto.  **Biodisponibilidad**  Algunos factores físicos o químicos pueden afectar la absorción de una sustancia con relación a la cantidad a ser absorbida y al tiempo de absorción. Por ejemplo, no todas las formas químicas de un metal son bien absorbidas en el intestino, así en el caso de ingerirse mercurio metálico, poco será absorbido pero no ocurre lo mismo con un compuesto orgánico como el metilmercurio.  Otra situación es la siguiente, los compuestos de bario son tóxicos, pero el sulfato de bario es usado, en forma segura, como medio de contraste en las radiografías del colon debido a que esta sal es insoluble en agua y en grasa. No podría ser usado cloruro de bario porque su solubilidad en agua sería suficiente para que fuera absorbida una cantidad que podría producir efectos tóxicos.  Los anteriores son ejemplos de la importancia de la forma química del compuesto con relación a la absorción.  **Distribución**  Después que la sustancia química es absorbida se distribuye por la sangre a todo el organismo causando los efectos nocivos especialmente en el órgano blanco.  Se entiende por órgano blanco el órgano donde se evidencia primero un efecto nocivo. Para producir esos efectos la sustancia química debe alcanzar una concentración determinada en el órgano, por esta razón es importante la dosis. La existencia de un órgano blanco no significa que en los otros órganos no se verifiquen efectos y a medida que aumenta la dosis y el tiempo de exposición otros órganos serán afectados.  **Acumulación**  Una parte de la sustancia química, que es distribuida en el organismo, puede acumularse. Esto puede ocurrir también en la sangre ya que algunas sustancias pueden unirse a las proteínas sanguíneas. El flúor y el plomo pueden acumularse en los huesos, los bifenilospoliclorados (según la sigla en inglés, PCBs) pueden acumularse en la grasa; otro ejemplo es el cadmio que se une a las proteínas y se acumula en el riñón.  **Biotransformación**  Así como se utiliza la denominación del metabolismo para indicar la transformación de diferentes sustancias que son necesarias para la vida, se ha propuesto la denominación de biotransformación para el proceso de conversión de las sustancias que no son necesarias para el organismo como es el caso de las sustancias tóxicas. El término biotransformación describe cómo los organismos transforman las sustancias tóxicas absorbidas en otras de toxicidad menor y, en general solubles en agua, o en metabolitos de mayor toxicidad como es el caso del ácido fórmico en la biotransformación del metanol. En este proceso el hígado cumple una función importante.  **Eliminación**  Las sustancias solubles en agua son eliminadas por la orina. Las sustancias que son volátiles, como etanol y acetona, y los gases como el monóxido de carbono se eliminan parcialmente por el aire expirado. Algunas también son eliminadas por la leche y sudor.  **Efectos nocivos**  Los efectos tóxicos observados pueden ser: daño a los tejidos y otras modificaciones patológicas, lesiones bioquímicas, efectos teratogénicos, efectos en la reproducción, mutagenicidad, teratogenicidad, efectos irritantes y reacciones alérgicas. Los tres primeros puntos de contacto entre sustancias químicas presentes en el ambiente y el organismo son el tracto gastrointestinal, el sistema respiratorio y la piel. Debe recordarse que las sustancias químicas se absorben y pasan a la sangre, luego siguen al hígado, riñones, sistema nervioso y el sistema reproductivo, entre otros.  No es posible describir todos los efectos que pueden ser producidos por la gran cantidad de sustancias tóxicas y sólo será presentada, a continuación, una breve explicación.   * **Sistema respiratorio**   Los efectos observados, en la exposición a sustancias químicas por vía respiratoria, son irritación causada por gases como amoníaco, cloro, formaldehído, dióxido de azufre y polvos siendo que estos pueden contener metales como cromo. La respuesta típica para la exposición a concentraciones altas de estas sustancias es la constricción de los bronquios y esto es acompañado por disnea, es decir de una sensación de no poder respirar. Con este cuadro de constricción de las vías aéreas, el oxígeno no puede llegar tan rápido como es necesario para satisfacer la demanda del organismo.  Una segunda categoría de efectos en el sistema respiratorio es el daño causado en las células del tracto respiratorio. Ese daño puede producir la liberación de líquido para los espacios internos y resultar en su acumulación, denominado edema. Este edema puede ocurrir como un efecto retardado, que aparece después de exposición crónica o subcrónica.  El dióxido de nitrógeno (NO2) es un buen ejemplo de este efecto. Una exposición de larga duración puede causar enfisema, con pérdida de la capacidad del intercambio gaseoso respiratorio.  La tercera categoría de efecto, y de interés en la exposición causada por accidentes que involucran sustancias químicas, son las alergias. Las reacciones alérgicas son un grupo especial de efectos adversos. La exposición a una sustancia química antigénica resulta en la interacción de ésta con algunas proteínas para formar complejos denominados antígenos que provocan la formación de anticuerpos. Posteriores exposiciones a la sustancia química provocarán una reacción entre los antígenos y los anticuerpos presentes conduciendo a una serie de efectos bioquímicos y fisiológicos, hasta producir la muerte.   * **Tracto gastrointestinal y piel**   Las otras dos áreas del organismo que primero están en contacto con las sustancias químicas presentes en el ambiente son el tracto gastrointestinal y la piel. El tracto gastrointestinal es la entrada principal de sustancias ambientales presentes en los alimentos, en el agua y también en el suelo y polvo.  Las sustancias muy cáusticas, como el hidróxido de sodio, al ser ingeridas pueden causar efecto grave en el tracto gastrointestinal debido a que alteran la constitución química de las células de las membranas.  La irritación de la piel puede ser producida por una serie de sustancias químicas y es caracterizada por enrojecimiento, hinchazón y picazón que generalmente disminuye después que termina la exposición.  Las reacciones alérgicas pueden ser producidas por el mismo mecanismo que fue mencionado anteriormente.   * **Sistema circulatorio**   Las sustancias químicas son absorbidas y pasan a la sangre que las transporta a los distintos órganos. Cuando la concentración de las sustancias químicas o de sus productos de biotransformación alcanza altos niveles puede ocurrir intoxicación sistémica. Algunas sustancias químicas son directamente tóxicas para los diferentes elementos de la sangre y otras producen cambios en ciertos elementos de la sangre que provocan alteraciones en otros sistemas del organismo. Puede ser citado como ejemplo el monóxido de carbono (CO) que al ser inhalado se une a la hemoglobina produciendo carboxihemoglobina que impide el transporte de oxígeno por la sangre a los tejidos.   * **Hígado**   Las sustancias químicas que ingresan por vía digestiva se absorben y a través de la vena porta llegan al hígado. Las células hepáticas tienen una capacidad muy grande para biotransformar agentes xenobióticos, siendo convertidos, en general, en sustancias más hidrosolubles que se eliminan por vía renal.  Las sustancias hepatotóxicas se clasifican de acuerdo con el efecto nocivo que producen en el hígado. Algunas causan acumulación excesiva de lípidos; otras pueden producir la muerte de las células, es decir necrosis, y otras producen colestasis es decir la disminución de la secreción de bilis, que lleva a ictericia.   * **Riñón**   Varias sustancias químicas pueden producir efectos nocivos en los riñones por mecanismos de acción diferentes. Los metales pesados como mercurio, cadmio, cromo y plomo producen efectos sobre el túbulo renal. Concentraciones elevadas de metales presentes en el filtrado flomerular pueden dañar las funciones de los túbulos y producir la pérdida de grandes cantidades de moléculas esenciales para el organismo como glucosa y aminoácidos. En el caso de que la concentración de metales sea suficientemente alta puede ocurrir la muerte de las células y alterar la función renal como un todo. El tetracloruro de carbono y el cloroformo son hepatotóxicos y nefrotóxicos.   * **Sistema nervioso**   El sistema nervioso está relacionado con prácticamente todas las funciones mentales y físicas del organismo. Los neurotoxicólogos generalmente dividen los efectos tóxicos de acuerdo con el local primario de acción de la sustancia química.  Algunas sustancias químicas como el monóxido de carbono pueden producir falta de oxígeno o de glucosa en el cerebro con graves efectos para el organismo. Otras sustancias como el plomo y el hexaclorobenceno son capaces de producir pérdida de mielina, y algunos compuestos orgánicos del mercurio pueden producir efectos en las neuronas periféricas.   * **Sistema reproductivo**   El sistema reproductivo de hombres y de mujeres puede ser dañado por determinadas sustancias químicas. En los hombres algunas sustancias como DBCP y cadmio, pueden reducir o impedir la producción de esperma.  Alteraciones en el proceso reproductivo pueden ocurrir como, por ejemplo, la inducción de modificaciones fisiológicas y bioquímicas que reducen la fertilidad, e impiden el completo desarrollo del feto o del nacimiento normal.  Un aspecto muy bien estudiado de la toxicidad reproductiva es la llamada toxicidad del desarrollo. Esta área comprende el estudio de los efectos de las sustancias químicas en el desarrollo del embrión y del feto durante la exposición en el útero y en el desarrollo posterior del niño después del nacimiento. En esta época la exposición puede cesar o continuar porque la sustancia química recibida por la madre es transferida a la leche y también puede continuar toda la vida porque existen fuentes adicionales diferentes a las que la madre estuvo expuesta.   * **Teratogenicidad**   Después de la fertilización del óvulo, comienza la proliferación de las células que dan origen al feto. En los humanos, alrededor del noveno día comienza el proceso de diferenciación celular y los distintos tipos de células específicas que constituyen el organismo comienzan a formarse y migran a su posición apropiada. Esto ocurre hasta el desarrollo completo del feto. Algunas sustancias químicas pueden causar efectos en la descendencia que no son hereditarios y son denominadas sustancias teratogénicas.  Un medicamento, talidomida, puede ser mencionado como ejemplo de sustancia teratogénica. Éste, cuando fue ingerido por las mujeres durante el embarazo, produjo efectos teratogénicos en la descendencia.   * **Carinogenicidad**   Los individuos están expuestos a sustancias químicas que causan cáncer, es decir un tumor maligno, y éstas pueden estar presentes en el aire, agua, alimentos, productos de consumo y aún en el suelo.  Los expertos en cáncer, con pocas excepciones, no determinan la causa específica del cáncer en los individuos. En general se pueden descubrir los factores que contribuyen para la frecuencia de cáncer en grandes grupos de población.  Se considera que entre 70% y 90% de los cánceres humanos son de origen ambiental. Este término es usado en un sentido amplio abarcando sustancias químicas industriales y contaminantes, dieta, hábitos personales, fumar, comportamiento y radiaciones.  Los efectos referidos son un breve resumen de aquéllos indicados por Rodrick (1994) y estas informaciones son solamente con el objetivo de alertar sobre los diferentes efectos nocivos de las sustancias químicas sobre el organismo humano.  **5. Conclusiones**  Según Timbrell, actualmente los toxicólogos conocen solo parcialmente los mecanismos de los efectos tóxicos de las sustancias químicas. Como consecuencia la evaluación de riesgo para el organismo humano es difícil e incierta. Estas limitaciones necesitan ser recordadas por el público, los industriales, los economistas y por quienes están involucrados en los procesos de legislación y también por los toxicólogos.  Posiblemente el público espera mucho mas de los científicos en general y de los toxicólogos en particular. Los toxicólogos no pueden proveer todas las respuestas a las preguntas que el público muchas veces hace y más aún el público muchas veces demanda seguridad absoluta con relación a los compuestos químicos.  **6. Bibliografía**  BG Chemie. Toxicological Evaluations. Potential health hazards of existing chemicals. Vol. 12. Springer, 1998.  Gajraj, A.M. Training needs in accident mitigation and containment. UNEP Industry and Environment. 11(3), 28-30, 1988.  Hill, M.K. Understanding environmental pollution. Cambridge University Press. USA, 1997. p. 317.  International Programme on Chemical Safety. Organization for Economic Co-Operation and Development / United Nations Environmental Programme - Industry and Environment Programme Activity Centre / World Health Organization - European Centre for Environment and Health. Health aspects of chemical accidents. OECD Environment Monograph 81. UNEP IE/PAC Technical Report 19. Paris, 1994. p.147.  IPCS. Training Module NO 1. Chemical Safety. World Health Organization. 1997.  National Toxicology Program. Fiscal Year 1998 Annual Plan. U.S. Department of Health and Human Services. USA, 1999.  Organización Panamericana de la Salud. Accidentes químicos: Aspectos relativos a la salud. Guia para la preparación y respuesta. Organización Panamericana de la Salud / Organización Mundial de la Salud. Washington, D.C. 1998.  Rodrich, J.V. Calculated risks. The toxicity and human health risks of chemicals in our environment. Cambridge University Press, 1994. p.256.  Swanson, M.B.; Davis, G.A.; Kincaid, L.E. e col. Environmental Toxicology and Chemistry 16, 2, 372-383; 1997.  Timbrell, J.A. Introduction to toxicology. Taylor and Francis Ltda. London, U.K. 1989. p.155.  U.S. Environmental Protection Agency. Federal Emergency Management Agency. U.S. Department of Transportation. Technical guidance for hazards analysis. 1987.   |  |  |  |  |  |  | | --- | --- | --- | --- | --- | --- | | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botizq.jpg](javascript:window.history.go(-1)) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botpower.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/nocibasi/nocibasi.ppt) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botpregu.jpg](http://bvsde.per.paho.org/aptutoriales/listar_preguntas.php?odbc=apquimicos&tema=18&file=index.html) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/print.jpg](javascript:window.print()) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/home.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) | [http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/images/botder.jpg](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/infoemer/index.html) | | [Anterior](javascript:window.history.go(-1)) | [Power Point](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/nocibasi/nocibasi.ppt) | [Módulo de preguntas y respuestas](http://bvsde.per.paho.org/aptutoriales/listar_preguntas.php?odbc=apquimicos&tema=18&file=index.html) | [Imprimir](javascript:window.print()) | [Inicio](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/index.html) | [Siguiente](http://www.bvsde.paho.org/tutorial1/e/infoemer/index.html) | |