



PROFEPA

PROCURADURÍA FEDERAL DE
PROTECCIÓN AL AMBIENTE



MEDIO AMBIENTE
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



CENAPRED
CENTRO NACIONAL DE
PREVENCIÓN DE DESASTRES



PROFEPA
PROCURADURÍA FEDERAL DE
PROTECCIÓN AL AMBIENTE



ENAPROC
ESCUELA NACIONAL DE
PROTECCIÓN CIVIL

Programa de Capacitación a Distancia 2023

Sustancias Químicas Peligrosas

Principales Desastres Internacionales y Nacionales con Sustancias Químicas Peligrosas

Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED)
31 de Marzo de 2023

Ing. Enrique S. Ortiz Espinosa
Director de Emergencias Ambientales, PROFEPA



2023
Francisco
VILLA

A hand wearing a blue nitrile glove holds a glass Erlenmeyer flask containing a yellowish-orange liquid. The flask has volume markings at 50, 75, and 100. In the background, a glass pipette is shown with a single drop of liquid hanging from its tip. The entire scene is set against a blue-tinted laboratory background with other glassware visible.

Sustancia

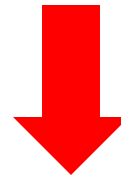
Clase particular de materia homogénea cuya composición es fija y químicamente definida, compuesta por moléculas y/o átomos.

*Aquel **elemento** químico y sus **compuestos** en estado natural u obtenidos mediante cualquier proceso de producción, incluidos los aditivos necesarios para conservar su estabilidad y las impurezas que resulten del proceso utilizado, y excluidos los disolventes que puedan separarse sin afectar a la estabilidad de la sustancia ni modificar su composición. **

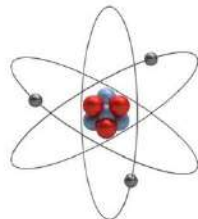
Sustancia Química



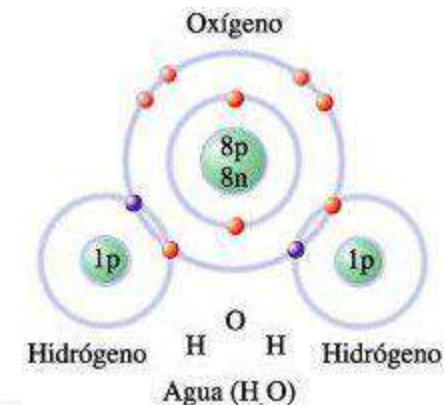
Una sustancia es un **elemento químico** y sus **compuestos** en su estado natural u obtenidos por algún proceso de fabricación.



Elemento.- Tipo de materia formada por átomos de la misma clase. Los átomos que lo constituyen, poseen un número determinado de protones en su núcleo haciéndolo pertenecer a una categoría única clasificada por su número atómico



Compuesto: Sustancia formada por la combinación química de dos o más elementos de la tabla periódica. Los compuestos son representados por una fórmula química.



Sustancia Química

Concepto

Elemento

Compuesto

Definición



Tipo de materia formada por átomos de la misma clase.

Materia formada por la combinación química de dos o más elementos de la tabla periódica.

Representación

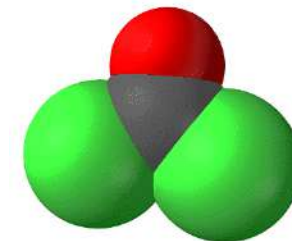
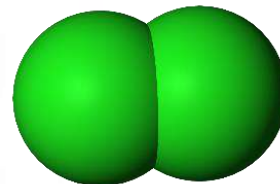


Símbolos

Formulas / Números

Cl₂

COCl₂ / Número (CAS)



Número existente



118 (Tabla Periódica)



193 millones (CAS)

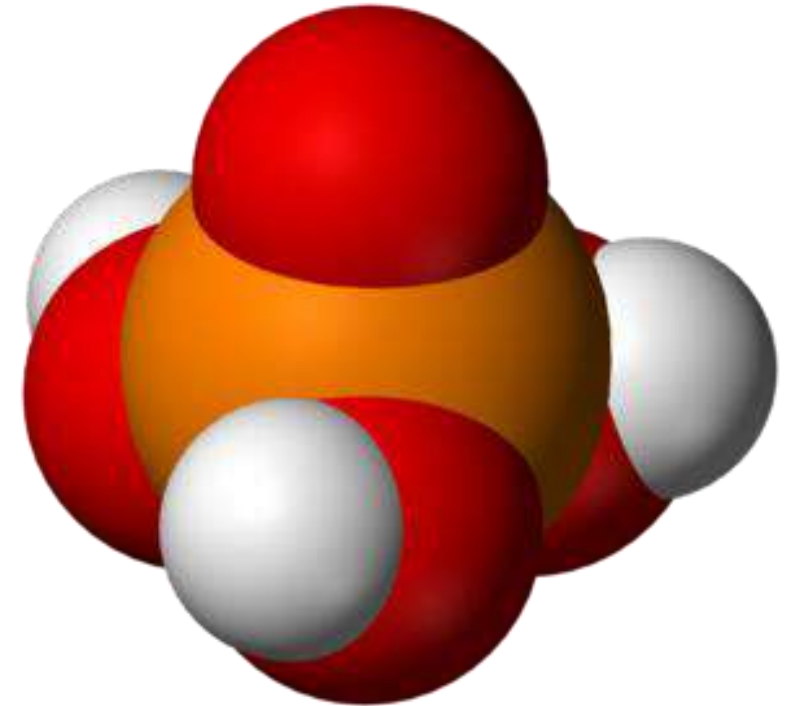
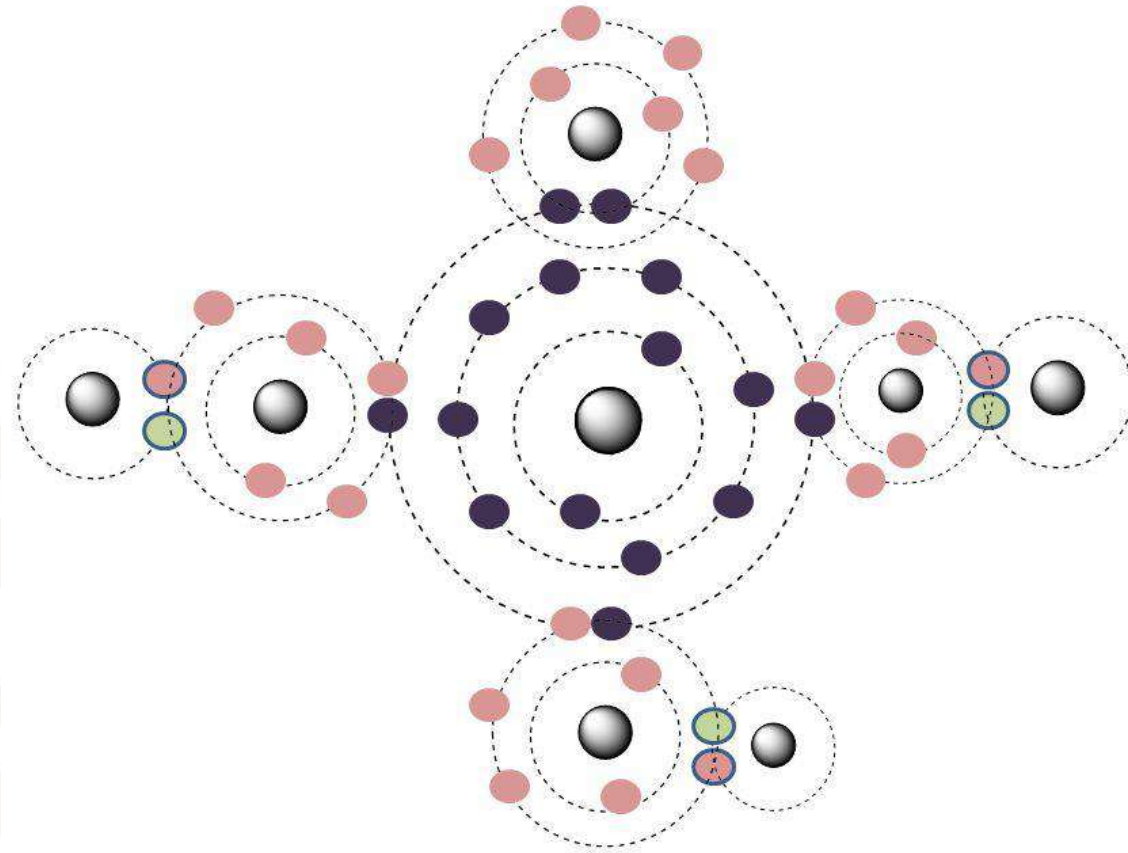
Estimaciones del número de sustancias químicas existentes

El número de sustancias químicas posibles depende del número de elementos y de sus compuestos, así como de las distintas formas en que pueden unirse para formar nuevos compuestos.



Si este último cálculo es correcto, entonces, evidentemente, no todas las combinaciones posibles existen de forma física en el universo.

Representación de las Sustancia Químicas



Ácido Fosfórico (H₃PO₄)

Características de las Sustancia Química

Estado físico
Incompatibilidad
Mutagéncida
Temp. de fusión
Biológico infeccioso
Coeficiente de partición
Reactividad
Persistencia
Movilidad
Olor
Estabilidad
Carcinogenicidad
Viscosidad
Peso molecular
Temp. de inflamación
Densidad
Polimerización
Toxicidad
Teratogenicidad
CL₅₀
Presión de vapor
Corrosividad
Color
DL₅₀
Bioacumulación
Solubilidad
Toxicidad
pH
Temp. de ebullición
Temp. de autoignición
Explosividad
Degradabilidad
Temp. de descomposición
Inflamabilidad
Inflamabilidad

Peligros de las Sustancias Químicas

Nombre de la Sustancia	
SALUD	4
INFLAMABILIDAD	3
REACTIVIDAD	1
Letras o Símbolos del EPP	



Peligros de las Sustancias Químicas



PELIGROS FÍSICOS



PELIGROS AL AMBIENTE



PELIGROS A LA SALUD

Peligro para la salud	Toxicidad aguda	Irritantes
Corrosión	Comburentes	Inflamables
Explosivos	Gases a presión	Medio ambiente

Características de las Sustancia Química

Estado físico

Biológico infeccioso

Movilidad

Temp. de inflamación

CL₅₀

Toxicidad

Temp. de ebullición

Temp. de descomposición

Incompatibilidad

Coeficiente de partición

Olor

Estabilidad

Densidad

Corrosividad

pH

Inflamabilidad

Reactividad

DL₅₀

Presión de vapor

Mutagénicidad

Carcinogenicidad

Polimerización

Color

Temp. de autoignición

Degradabilidad

Temp. de fusión

Persistencia

Viscosidad

Toxicidad

Bioacumulación

Explosividad

Peso molecular

Teratogenicidad

Solubilidad



Sustancias Peligrosas





Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Última reforma DOF 11-04-2022)

ARTÍCULO 3o.- Para los efectos de esta Ley se entiende por:

XXIII.- Material peligroso: Elementos, sustancias, compuestos, residuos o mezclas de ellos que, independientemente de su estado físico, represente un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales, por sus características **corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas**

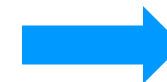
XXXII.- Residuo: Cualquier material generado en los procesos de extracción, beneficio, transformación, producción, consumo, utilización, control o tratamiento cuya calidad no permita usarlo nuevamente en el proceso que lo generó;

XXXIII.- Residuos peligrosos: son aquellos que posean alguna de las características de **corrosividad, reactividad, explosividad, toxicidad, inflamabilidad o que contengan agentes infecciosos** que le confieran peligrosidad, así como envases, recipientes, embalajes y suelos que hayan sido contaminados cuando se transfieran a otro sitio y por tanto, representan un peligro al equilibrio ecológico o el ambiente.

Material Peligroso



Sustancia Peligrosa



Residuo Peligroso



Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Última reforma DOF 11-04-2022)

CAPÍTULO V Actividades Consideradas como Altamente Riesgosas

ARTÍCULO 146. La Secretaría, previa opinión de las Secretarías de Energía, de Economía, de Salud, de Gobernación y del Trabajo y Previsión Social, conforme al Reglamento que para tal efecto se expida, establecerá la clasificación de las actividades que deban considerarse altamente riesgosas en virtud de las características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas para el equilibrio ecológico o el ambiente, de los materiales que se generen o manejen en los establecimientos industriales, comerciales o de servicios, considerando, además, los volúmenes de manejo y la ubicación del establecimiento.

Corrosivas

Reactivas

Explosivas

Tóxicas

Inflamables

Biológico-
Infecciosas



Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (Última reforma DOF 11-04-2022)

CAPÍTULO V Actividades Consideradas como Altamente Riesgosas

ARTÍCULO 146. La Secretaría, previa opinión de las Secretarías de Energía, de Economía, de Salud, de Gobernación y del Trabajo y Previsión Social, conforme al Reglamento que para tal efecto se expida, establecerá la clasificación de las actividades que deban considerarse altamente riesgosas en virtud de las características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas para el equilibrio ecológico o el ambiente, de los materiales que se generen o manejen en los establecimientos industriales, comerciales o de servicios, considerando, además, los volúmenes de manejo y la ubicación del establecimiento.

Corrosivas

Reactivas

Explosivas

Tóxicas

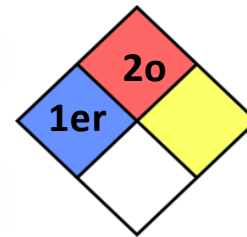
Inflamables

Biológico-
Infecciosas

Clasificación de las actividades que deban considerarse altamente riesgosas en virtud de las características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas para el equilibrio ecológico o el ambiente



ACUERDO por el que las Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, con fundamento en lo dispuesto por los Artículos 5o. Fracción X y 146 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 27 Fracción XXXII y 37 Fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, expiden el primer listado de actividades altamente riesgosas. (DOF: 28/03/1990)



ACUERDO por el que las Secretarías de Gobernación y Desarrollo Urbano y Ecología, con fundamento en lo dispuesto por los artículos 5o. fracción X y 146 de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente; 27 fracción XXXII y 37 fracciones XVI y XVII de la Ley Orgánica de la Administración Pública Federal, expiden el segundo listado de actividades altamente riesgosas. (DOF: 04/05/1992)

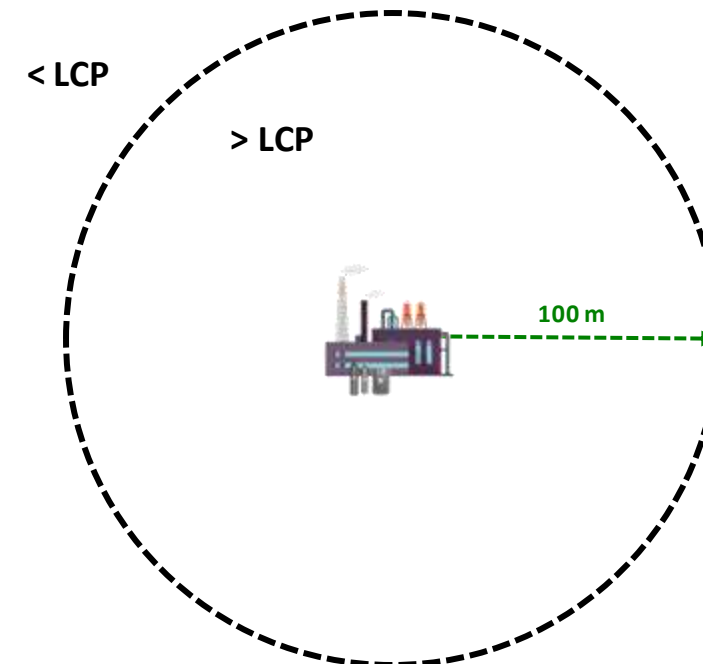
El criterio adoptado para determinar que actividades deben considerarse como altamente riesgosas, se fundamenta en que la acción o conjunto de acciones estén asociadas con el manejo de sustancias con propiedades inflamables, explosivas, tóxicas, reactivas, radioactivas, corrosivas o biológicas, en cantidades tales que, **en caso de producirse una liberación, sea por fuga o derrame de las mismas o bien una explosión, ocasionarían una afectación significativa al ambiente a la población o a sus bienes.**

Clasificación de las actividades que deban considerarse altamente riesgosas en virtud de las características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas para el equilibrio ecológico o el ambiente

Primer listado de actividades altamente riesgosas.
(DOF: 28/03/1990)

Que por lo tanto, se hace necesario determinar la cantidad mínima de las sustancias peligrosas con las propiedades antes mencionadas, que en cada caso convierten su producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final, en actividad que, de producirse una liberación, sea por fuga o derrame de las mismas, vía atmosférica, provocarían la presencia de límites de concentración superiores a los permisibles, en un área determinada por una franja de 100 metros en torno de las instalaciones de **nubes explosivas, la existencia, de ondas de sobrepresión.** A esta cantidad mínima de sustancia peligrosa, se le denomina cantidad de reporte.

Sustancias Tóxicas



LCP = Límites de concentración permisibles

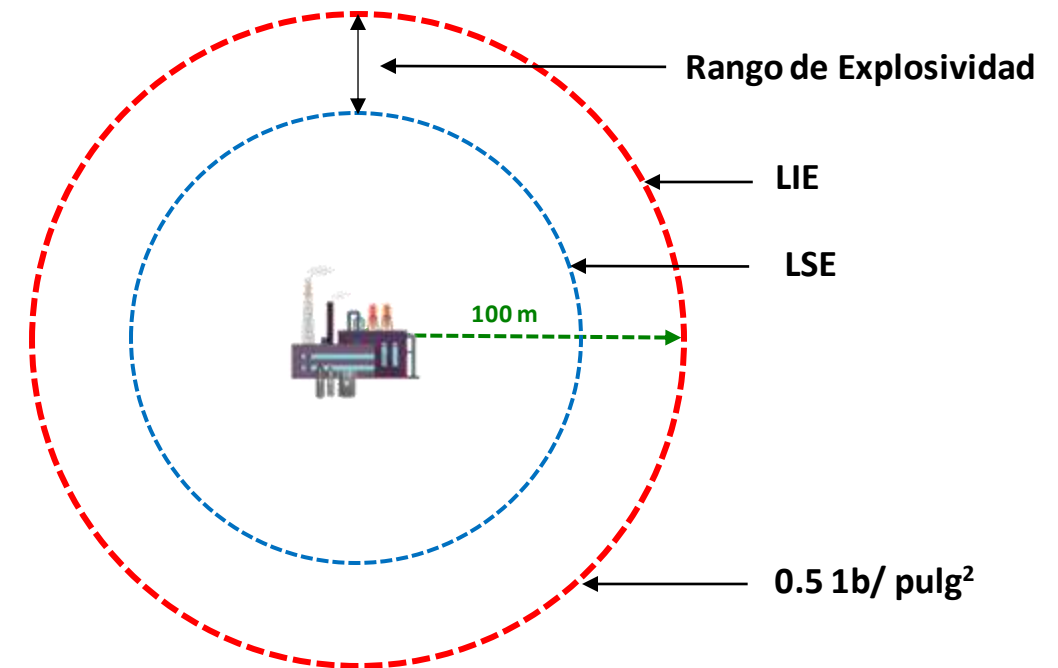
Clasificación de las actividades que deban considerarse altamente riesgosas en virtud de las características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas para el equilibrio ecológico o el ambiente

Segundo listado de actividades altamente riesgosas.
(DOF: 04/05/1992)

Que mediante este Acuerdo se expide el segundo listado de actividades altamente riesgosas que corresponde a aquéllas en que se manejen sustancias inflamables y explosivas, en cantidades tales que de producirse una liberación, ya sea por fuga o derrame de las mismas en la producción, procesamiento, transporte, almacenamiento, uso o disposición final provocaría la formación de nubes inflamables, cuya concentración sería semejante a la de su límite inferior de inflamación de nubes inflamables, cuya concentración sería semejante a la de su límite inferior de inflamabilidad, en un área determinada por una franja de 100 metros de longitud en torno de las instalaciones o medio de transporte dados, y en el caso de formación de nubes explosivas, la presencia de ondas de sobrepresión de 0.5 lb/ pulg³, en esa misma franja.

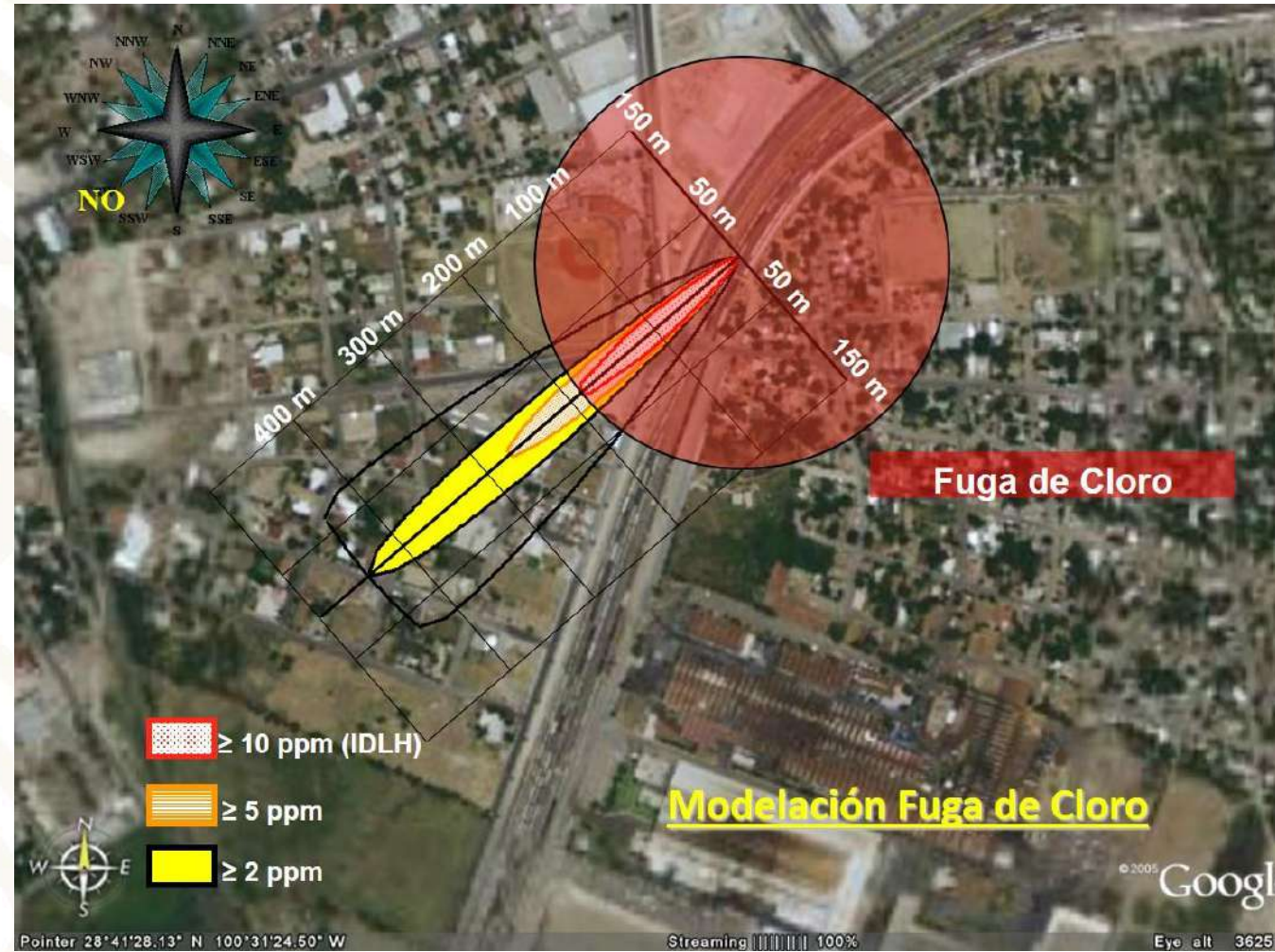
$$0.5 \text{ lb/ pulg}^2 = 0.0344 \text{ bares}$$

Sustancias Inflamables Explosivas



LIE = Límite inferior de inflamabilidad
LSE = Límite superior de inflamabilidad

Modelación de Fuga de Cloro





Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (DOF 28/01/1988) (Última reforma publicada DOF 21/10/2021)

Listados de Actividades Altamente Riesgosas.

1er. Listado (Manejo de Sustancias Tóxicas): 28 de marzo de 1990

2º. Listado (Manejo de Sustancias Inflamables y Explosivas): 04 de mayo de 1992

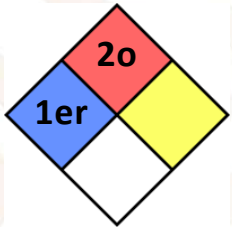
Sustancias Consideradas:

- 1er Listado Sustancias Tóxicas: $232-1 = 231$
- 2º Listado Sustancias Inflamables – Explosivas: $246-2=244$
- Sustancias Totales: 443
- Sustancias Tox – Inf – Exp: 32

Rangos de Cantidad de Reporte:

Tóxicas: $1.0 - 10^6$ kg

Inflamables – Explosivas: $500 - 2 \times 10^5$ kg
 10^4 bls.





Inmediatamente Peligroso para la Vida y la Salud (IPVS) (Immediately Dangerous To Life or Health, IDLH)

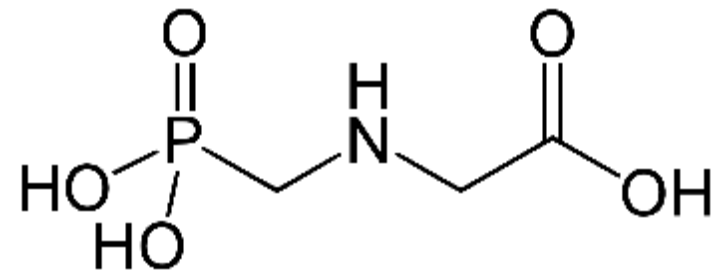
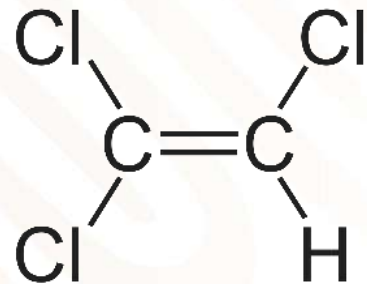
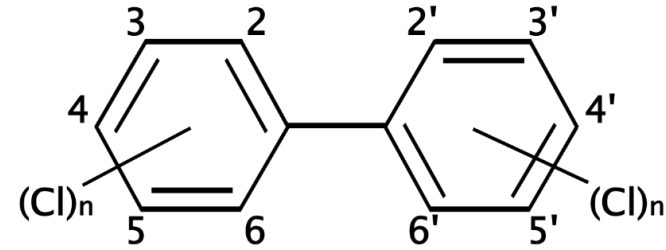
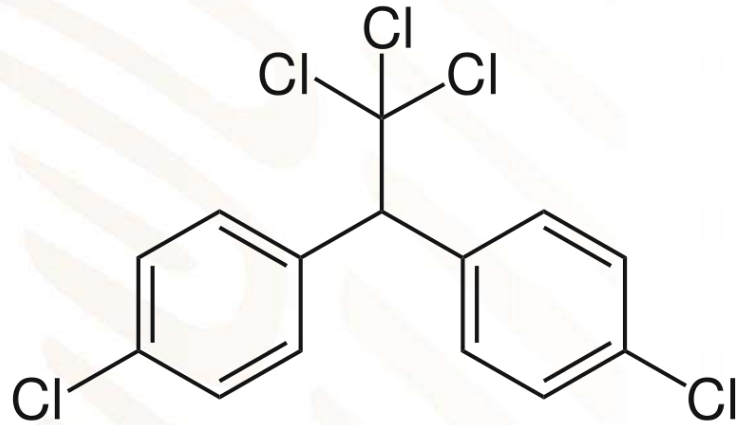
Concentración que representa una amenaza inmediata para la vida, y que puede producir efectos adversos irreversibles para la salud en un periodo de 30 minutos, o que puede afectar la capacidad de una persona para escapar de una atmósfera peligrosa.

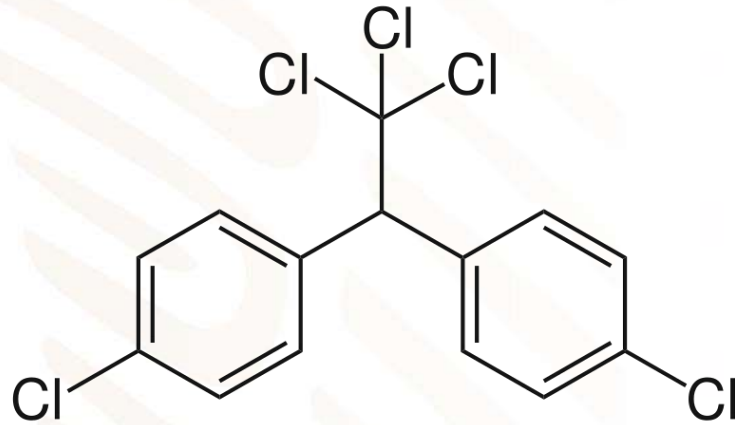
Substancia	No. CAS	Valor IDLH (1994)	Valor Nuevo / Actualizado (2016)
Acetonitrile	75-05-8	500 ppm	137 ppm
Acrylonitrile	107-13-1	85 ppm	60 ppm
Bromine trifluoride	7787-71-5		12 ppm (67 mg/m3)
Butane	106-97-8		1,600 ppm (>10% LEL)
n-Butyl Acrylate	141-32-2		113 ppm
Methyl isocyanate	624-83-9	3 ppm	0.12 ppm (0.28 mg/m3)
Methyl alcohol	67-56-1	25,000 ppm	6,000 ppm
Nitrogen dioxide	10102-44-0	20 ppm	13 ppm

Download the *NIOSH Pocket Guide to Chemical Hazards* (mNPG)

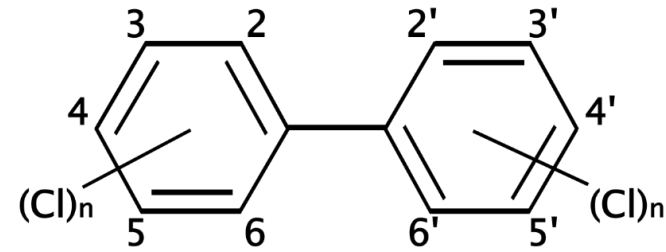
(<https://www.cdc.gov/niosh/docs/2005-149/pdfs/2005-149.pdf>)

<https://www.cdc.gov/spanish/niosh/npg-sp/pgintrod-sp.html>

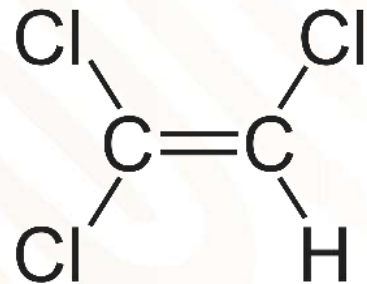




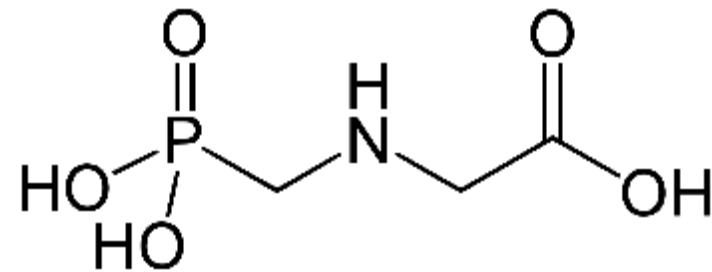
Diclorodifeniltricloroetano (DDT)



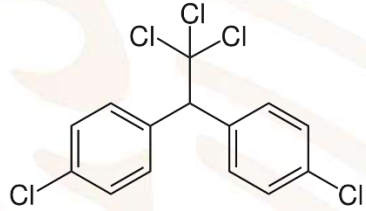
Policlorobifenilos (PCBs)



Tricloroetileno

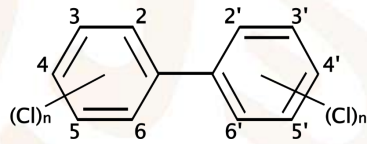


Glifosato



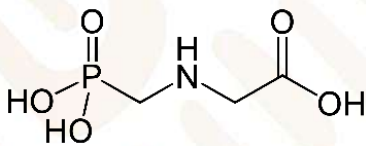
Diclorodifeniltricloroetano (DDT)

Algunos estudios han mostrado que las personas con niveles más altos de DDT en la sangre corren un mayor riesgo de presentar cáncer de hígado. También se observó cáncer de hígado en animales que fueron alimentados con DDT por largo tiempo. El Departamento de Salud y Servicios Humanos de los Estados Unidos (DHHS) ha determinado que se puede anticipar razonablemente que el DDT sea carcinógeno (que cause cáncer) en los seres humanos. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA) clasificó el DDT, el DDE y el DDD como probables carcinógenos en los seres humanos, mientras que la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) determinó que el DDT posiblemente cause cáncer en los seres humanos. (IDLH = 500 mg/m³)



Policlorobifenilos (PCBs)

Unos pocos estudios de trabajadores han asociado exposición a BPCs con ciertos tipos de cáncer tales como cáncer del hígado y del tracto biliar. Ratas que comieron alimentos con altos niveles de BPCs por dos años contrajeron cáncer del hígado. El DHHS ha determinado que es razonable predecir que los BPCs son carcinogénicos. La IARC y la USEPA han determinado que los BPCs son probablemente carcinogénicos en seres humanos.

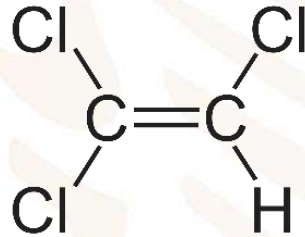


Glifosato

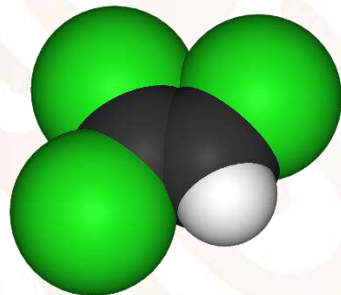
La clasificación de la [USEPA](#) para glifosato es improbable (“not likely”) que sea carcinógeno (causar el cáncer) para los humanos, basada en la evidencia hecha en animales y humanos. La IARC ha clasificado el glifosato como probablemente (“probably”) carcinógeno a los humanos, que significa que había evidencia suficiente de cáncer en los animales, pero evidencia limitada de cáncer en los humanos.

Tricloroetileno (TCE),

Científicos advierten que un químico de amplio uso es causa potencial del Parkinson



CAS = 79-01-6 IDLH = 1,000 ppm



Estudios recientes han señalado al tricloroetileno (TCE) como una causa potencial de la enfermedad de Parkinson, sustancia que ya había sido asociada a un mayor riesgo de cáncer y abortos espontáneos. Sin embargo, su papel en el Parkinson había sido pasado por alto, hasta ahora.

El TCE es una molécula simple, incolora, de seis átomos empleada para descafeinar el café, desengrasar las piezas metálicas y lavar la ropa en seco, entre otros usos y se vinculó por primera vez con el Parkinson en 1969.

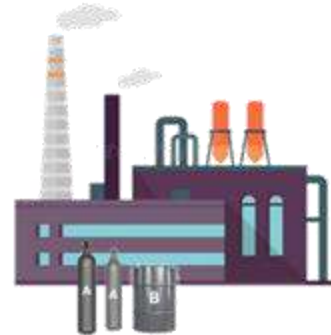
El uso de TCE alcanzó su punto máximo en la década de 1970, cuando alrededor de 10 millones de personas en los EUA tuvieron contacto con el químico o algo que lo contenía (pegamentos, pesticidas, tintas, pinturas, joyería, jabones, refrigerantes, anestesia, café descafeinado y tratamientos para la migraña, etc.)

Su uso está restringido en la Unión Europea y en algunos estados de EE.UU., pero aún existe una demanda global. Los científicos argumentan que en áreas donde se ha prohibido el químico, las personas siguen expuestas a él debido a la contaminación del agua y el suelo.

Estudios previos apuntan el vínculo del TCE con el Parkinson. En uno de ellos participaron tres trabajadores de una planta industrial y en otro, un mecánico de automóviles. Otro estudio, en el que participaron 198 gemelos realizado en 2011, mostró que los expuestos a TCE tenían cinco veces más probabilidades de desarrollar Parkinson.



Ingreso de las Sustancias Químicas al Ambiente



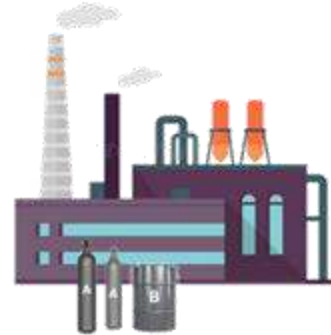
Peligro

Ingreso de las Sustancias Químicas al Ambiente

Ente vulnerable



Peligro



Ente vulnerable

Ente vulnerable



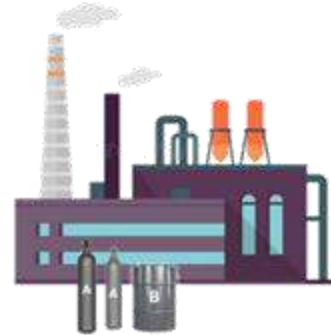
Ingreso de las Sustancias Químicas al Ambiente

Ente vulnerable



Peligro

Ente vulnerable



Ente vulnerable

Riesgo



Ingreso de las Sustancias Químicas al Ambiente

Ente vulnerable



Peligro



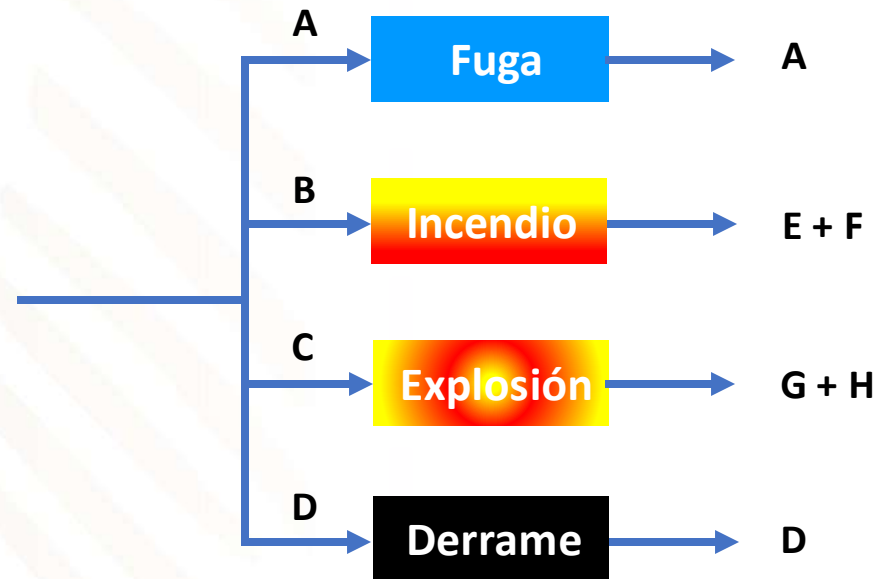
Ente vulnerable

Emergencia

Ente vulnerable



Ingreso de las Sustancias Químicas al Ambiente





Principales Emergencias Químicas *en México*



$$\bar{X}_{\text{anual}} = 722.04 \text{ emergencias/año}$$

$$\bar{X}_{\text{día}} = 1.98 \text{ emergencias/día}$$



Emergencias Químicas Reportadas a la PROFEPA (Período 2000 - 2022)

Definiciones *

Contingencia

Situación de riesgo, no planeada e inesperada, derivada de las actividades humanas o fenómenos naturales que puede poner en peligro al ambiente, la población o sus bienes.

Situación, no planeada e inesperada, derivada de la actividad humana o fenómenos naturales que afectan al ambiente, población o sus bienes. (PCC Mex. - USA, 17/11/17)

Emergencia

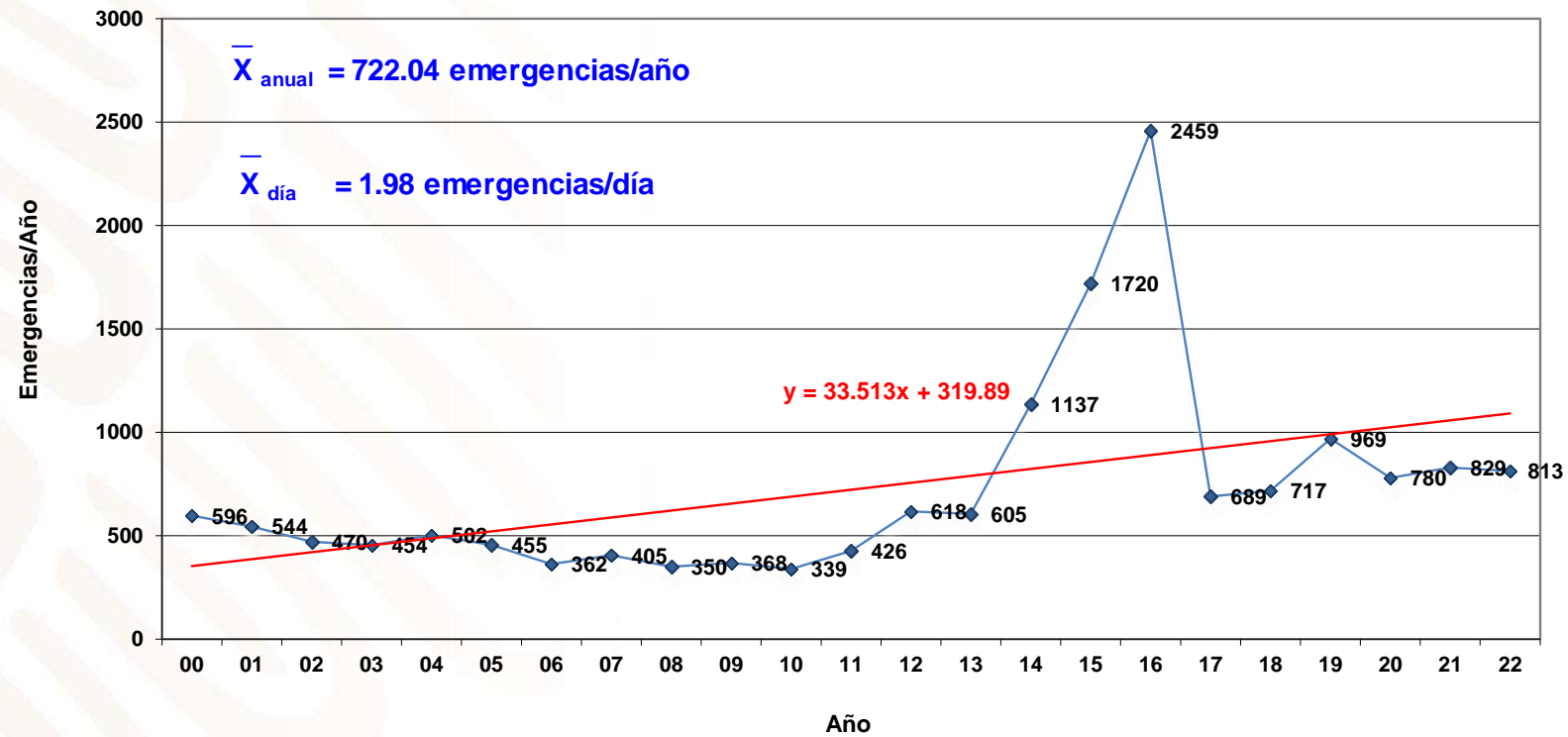
Emergencia Química

Situación, no planeada e inesperada, que resulta de la liberación, al ambiente, de una o mas sustancias químicas las cuales afectan a la población, al ambiente y/o sus bienes.



Emergencias Químicas Reportadas a la PROFEPA (Período 2000 - 2022)

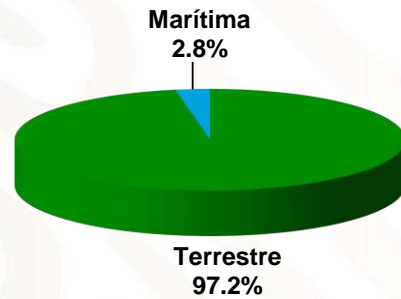
Tendencia



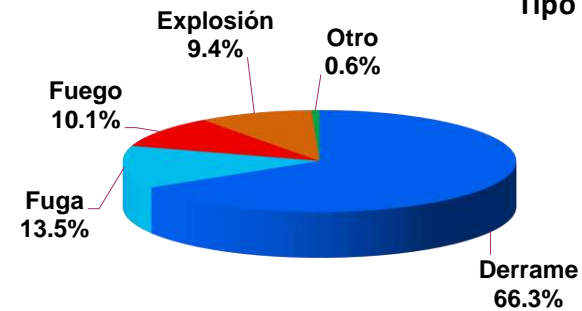
Emergencias Químicas Reportadas a la PROFEPA (Período 2000 - 2022)

Características de las Emergencias

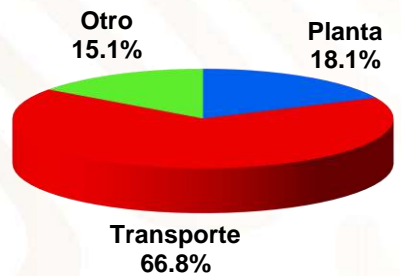
Localización



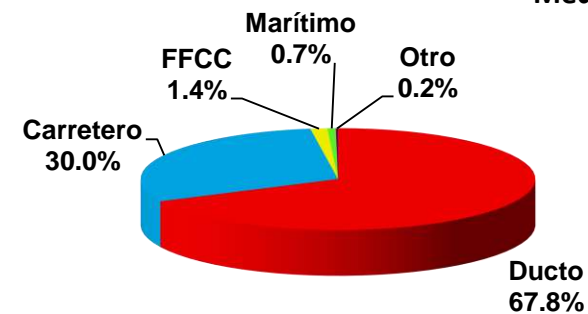
Tipo



Ubicación



Medio de Transporte






Pozo Ixtoc, Sonda de Campeche, Méx.
03/06/1979

Pozo Ixtoc I, México



- Lugar:** Sonda de Campeche, Golfo de México, México
- Fecha:** 3 de junio de 1979
- Evento:** Derrame e incendio de aproximadamente 3,100,000 barriles de petróleo crudo proveniente del pozo Ixtoc I.
- Causas:** Salida a presión de petróleo y gas durante los trabajos de perforación
- Control del Evento:** Para la contención del derrame se instaló un sistema recolector fijo, consistente en un embudo invertido sumergido de base octagonal de 12 m de distancia entre caras opuestas y 6 m de altura. En forma paralela se emplearon barras flotantes de contención y dispersantes químicos. El derrame de petróleo crudo tuvo una duración de 281 días, del 3/VI/79 al 9/III/80, aunque los trabajos de taponamiento se declararon oficialmente terminados el 25 de marzo de 1980.
- Daños:** Impacto ecológico ocasionado por la liberación de aproximadamente 3,100,000 barriles de petróleo crudo, de los cuales se estima quedaron a la deriva alrededor de 1,023,000 barriles. Dado que el evento se presentó a 94 km. de la costa, los daños ambientales causados fueron relativamente pequeños.
- Hasta antes del derrame de la Deep Water Horizont en 2010 , el derrame del pozo Ixtoc I era considerado el mayor de su tipo a nivel mundial en términos de la cantidad de petróleo liberado al medio ambiente.

A firefighter in a helmet and jacket is seen from the back, looking towards a massive fire and explosion at night. The scene is filled with bright orange flames and thick black smoke. The firefighter's helmet is dark with a gold-colored stripe. The background is a large, intense fire with a massive plume of smoke rising into the dark sky. The ground is covered in ash and debris, with some smaller fires burning in the distance.

1er BLEVE a nivel mundial

Fuga y explosiones (BLEVE) de mas de
15 mil metros cúbicos de gas LP.

San Juan Ixhuatepec, Edo Méx, 19/11/1984
(aprox. 500 fallecidos)

San Juan Ixhuatepec I, México



- Lugar:** Terminal Satélite Norte de Pemex, San Juan Ixhuatepec, Edo. de Mex., México.
- Fecha:** 19/11/84 (5:30 h)
- Evento:** Fuga y explosiones (BLEVE) de mas de 15 mil metros cubicos de gas LP. Se presentaron un total 12 explosiones mayores las cuales generaron un gran numero de explosiones menores, mismas que afectaron un radio de mas de 800 metros alrededor de la Terminal de PEMEX.
- Causas:** Fuga de gas lp en una tubería de alimentación de 8" a una de las esferas de almacenamiento. El gas fugado al alcanzar la flama de un mechero de piso se prende generandose el fenómeno de "Flash back", el cual alcanza las tuberías de alimentación, dando inicio al calentamiento de las esferas y la posterior explosión de una de ellas, desencadenando con esto una serie explosiones posteriores.
- Control del Evento:** Para el control del siniestro se requirió la ayuda de mas de 7 mil personas, incluidos mas de 200 bomberos, tanto de PEMEX, como del DF y de diferentes municipios del Edo. de Méx., socorristas, policías, voluntarios y ejercito, quienes, una vez ocurridas las explosiones, se limitaron al enfriamiento, mediante la aplicación de chorros de agua, de las esferas de almacenamiento y al rescate y evacuación de la población. El evento fue controlado después de 18 h de haberse iniciado.
- Daños:** 650 defunciones, 2,500 lesionados, mas de 25 mil damnificados, 60 mil evacuados y daños materiales estimados en mas de 2 mil millones de pesos.



3er. Evento de Agroquímicos a nivel mundial

Derrame, incendio y explosión de aprox. 38,000 l de plaguicidas organoclorados y organofosforados.



ANAVERSA (Agricultura Nacional de Veracruz S.A. de C.V.), Córdoba, Ver.



Lugar: Córdoba, Ver., México

Fecha: 03/04/1991

Evento: Derrame, incendio y explosión de aproximadamente 38,000 litros de plaguicidas organoclorados y organofosforados (18,000 lts. de metil paratión, 8,000 lts. de paraquat, 3,000 lts. de ácido 2,4-diclorofenoxiacético, 1,500 lts. de pentaclorofenol y considerables cantidades de malatión, lindáneo, fosforo de zinc y hexaclorobenceno). También se encontró, aunque no reportados oficialmente, diazinón, endrín, forátó y disulfutón.

Causas: Un cortocircuito causó una explosión, el derrame y la combustión de miles de litros de sustancias químicas usadas para fabricar fertilizantes y plaguicidas.

Daños: Mas de 1,500 personas intoxicadas, 221 hospitalizadas, 2,000 familias evacuadas y 400 enviadas a refugios temporales. 78 % de la población mostró signos de intoxicación aguda, 236 personas presentaron afectaciones del sistema nervioso, 118 del sistema respiratorio y 282 efectos dermatológicos, entre otros. Diferente fuentes han documentado 1,500 fallecimientos a consecuencia de diversos tipo de cáncer provocados por el contacto con dioxinas que se generaron por la mezcla y combustión de los químicos que se almacenaban en dicha planta. La nube de gases tóxicos que se originó como resultado del incendio se esparció por toda la ciudad y los derrames de los plaguicidas, a través del drenaje, contaminaron mantos freáticos, arroyos y depósitos de agua potable que posteriormente consumieron los pobladores.

Reparación de Daños:

ANAVERSA nunca se responsabilizó de los daños causados a sus trabajadores, a la población y al ambiente. En Junio de 1991 se le multó con \$ 238,000 y se ordenó la clausura definitiva de la planta. La sanción impuesta no cubrió la totalidad de los daños causados al ambiente. Luego de pagar la multa, los dueños de ANAVERSA cobraron una póliza por \$ 700,000 y cambiaron la fábrica al estado Puebla. El caso ANAVERSA se llevó en 1996, ante la Comisión Interamericana de Derechos Humanos quién, en Mayo de 1999, anunció que, dadas las razones que dieron origen a la denuncia ya no existían, daba por cerrado el caso.



Principales Emergencias Químicas en el Mundo





ICMESA (Industrie Chimiche Meda Società), Seveso, Italia (10/06/1976)
2,000 personas intoxicadas y un gran número de animales muertos

Seveso, Italia, 1976



Lugar: Seveso, Italia

Fecha (hr): 10/06/76 (12:37 hrs.)

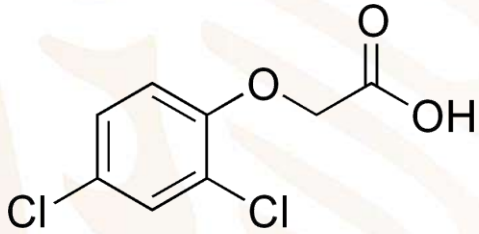
Evento: Emisión al ambiente, en forma de nube tóxica, de 0.5 A 2 Kg de dioxina (2,3,7,8-tetraclorodibenzoparadioxina) en la planta de "ICMESA Chemical Company".

Causas: Fallas humanas (inadecuada aplicación de medidas de seguridad, así como un inadecuado diseño y operación del reactor).

Daños: La nube tóxica, la cual se estima contenía una concentración de 3,500 ppm, afectó a 2,000 personas, las cuales fueron evacuadas hasta 15 días después de ocurrido el evento, y causó la muerte a un gran número de animales domésticos y de granja. Al día siguiente del evento se declaró contaminada un área de 5 km², más tarde se encontró que el área afectada era 5 veces mayor.

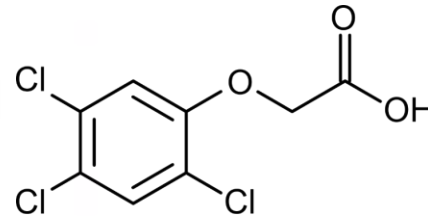
Reparación de Daños: El gobierno italiano tuvo que pedir ayuda a expertos internacionales para el tratamiento médico de los intoxicados y para la limpieza de la zona contaminada.

Seveso, Italia, 1976



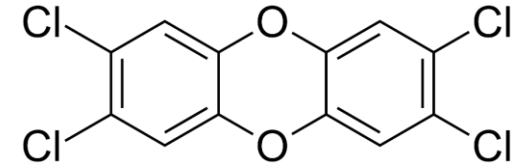
Ácido 2,4-diclorofenoxiacético (2,4-D)

IDLH = 100 mg/m³ *

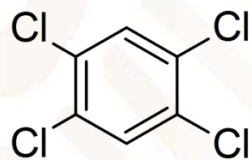


Ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético (2,4,5-T)

DLH = 250 mg/m³ *

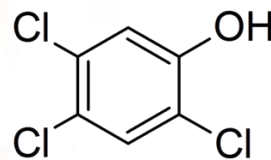


2,3,7,8-tetraclorodibenzodioxina (TCDD)



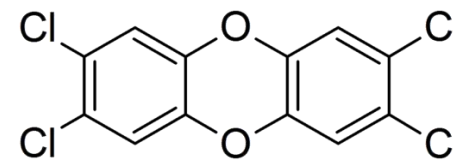
1,2,4,5-tetraclorobenceno

NaOH



2,4,5-triclorofenol

high temp.



2,3,7,8-tetraclorodibenzodioxina (TCDD)

* <https://www.cdc.gov/niosh/npg/npgd0583.html>



La Niña del Napalm



El 8 de junio de 1972, con apenas nueve años de edad, Kim Phuc corrió llorando por el dolor causado por el napalm que Estados Unidos vertió sobre Tran Bang, su aldea en Vietnam del Sur.

El nombre "napalm" procede del acrónimo del ácido nafténico y ácido palmítico, más tarde se usaron jabones de aluminio de ácidos nafténicos y del aceite de coco. Al mezclar el jabón alumínico con gasolina se obtiene un gel de gasolina. Esto produce una sustancia altamente inflamable y que arde lentamente. Puede apagarse mediante la inmersión total en agua o con privación de oxígeno, pero en cualquier otro caso arde indefinidamente. Es posible encenderlo con cualquier cosa que prenda la gasolina normal. La empresa que lo fabrica es la Dow Chemical Company.

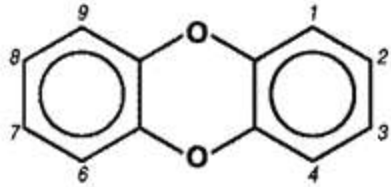
El "agente naranja" es un defoliante químico utilizado extensamente por la Fuerza Aérea estadounidense entre 1962 y 1971 durante la guerra de Vietnam. El objetivo era defoliar los densos bosques para descubrir los escondites y las rutas de suministro del Vietcong y fumigar sus tierras de cultivo con el fin de privarlos de su suministro de alimentos.

El agente es una mezcla 1:1 de dos herbicidas el 2,4-D y el 2,4,5-T fabricados para el Departamento de Defensa, principalmente por Monsanto Corporation y Dow Chemical. Las fuerzas estadounidenses llevaron a cabo más de 6.000 misiones, rociando un total de 45.677.937 litros de agente naranja.

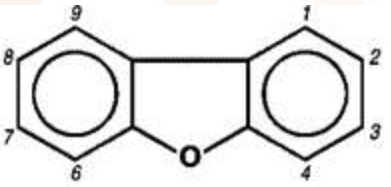
Posteriormente se descubrió que el 2,4,5-T utilizado para producir el Agente Naranja estaba mezclado con TCDD, un compuesto de dioxina extremadamente tóxico. Se le dio el nombre de Agente Naranja por las franjas de color naranja en los barriles utilizados para su transporte, y fue de lejos el más ampliamente utilizado de los llamados «herbicidas arcoíris».

Dioxinas

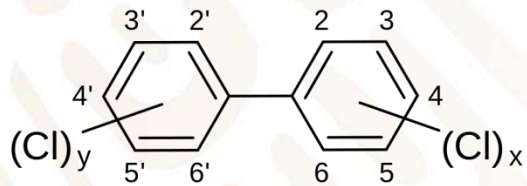
Con el nombre de dioxinas se designa un grupo de compuestos organoclorados que abarca los siguientes compuestos:



- Policlorodibenzo-p-dioxinas (PCDD): De los **75 congéneres teóricos** de este grupo se considera que **7 son tóxicos**.



- Policlorodibenzofuranos (PCDF): De los **135 congéneres teóricos** de este grupo se considera que **10 son tóxicos**.



- Policlorobifenilos (PCBs): De los **209 congéneres teóricos** de este grupo se considera que **12 presentan un perfil toxicológico similar a dioxinas** (PCBs no orto y mono-orto). Por ello se les ha llamado PCBs similares a dioxinas. El resto posee un perfil toxicológico diferente.



Dioxinas

De este conjunto de compuestos, por tanto, **29 congéneres entrañan riesgos toxicológicos** con perfiles parecidos. Sin embargo, el nivel de toxicidad es diferente para cada uno de los congéneres.

Estos compuestos son contaminantes ambientales que están presentes en el aire, en el agua, en las plantas y, de manera muy importante en suelos y sedimentos, y en alimentos de origen animal. Cuando un alimento está contaminado con dioxinas, suelen estar presentes más de un congéneres.

Para poder evaluar la toxicidad que presenta un alimento que contiene dioxinas es necesario disponer de parámetros que den idea de la toxicidad global de la mezcla de dioxinas. En este sentido, se han diseñado dos parámetros:

- **Factor de Equivalencia Tóxica (FET)**
- **Concentración de Equivalentes Tóxicos (EQT).**



Dioxinas

Factor de Equivalencia Tóxica (FET)

La similitud de los aspectos toxicológicos del conjunto de dioxinas ha permitido establecer un parámetro para poder definir la toxicidad relativa de cada uno de los compuestos. Se trata del Factor de Equivalencia Tóxica (FET Toxic Equivalency Factor), que utiliza a la **2,3,7,8-tetraclorodibenzodioxina (TCDD)** (uno de los compuestos más tóxicos) como referencia asignándole el valor 1. Al resto de congéneres se les asigna un valor de FET considerando la toxicidad relativa al comparar el congénere con la TCDD.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) a través del Programa Internacional de Seguridad Química (IPCS), ha establecido y, regularmente ha re-evaluado los valores FET para cada uno de los congéneres. La última revisión tuvo lugar en el año 2005.

Concentración de Equivalentes Tóxicos (EQT)

Debido a la presencia de dioxinas en alimentos y a la alta toxicidad que presentan estos compuestos, la Unión Europea ha establecido niveles máximos permitidos en productos para alimentación humana y para alimentación animal. Estos niveles no han sido fijados para cada congénere por separado, sino para la suma de todos. Por ello se expresa como “Suma de dioxinas (EQT PCDD/F-PCB OMS)”.

Para calcular la EQT tenemos que multiplicar la concentración de cada congénere por su valor FET y sumarlos todos.

Dioxinas

Factores de Equivalencia Tóxica (FET)

Organización Mundial de la Salud, 2005

Congéneres	FET OMS 2005	Congéneres	FET OMS 2005
Policlorodibenzodioxinas (PCDD)		PCB similares a dioxinas	
2,3,7,8-TCDD	1	PCB no-orto	
1,2,3,7,8-PeCDD	1	PCB 77	0.0001
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1	PCB 81	0.0003
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1	PCB 126	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1	PCB 169	0.03
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01		
OCDD	0.0003		
Policlorodibenzofuranos (PCDF)		PCB mono-orto	
2,3,7,8-TCDF	0.1	PCB 105	0.00003
1,2,3,7,8-PeCDF	0.03	PCB 114	0.00003
2,3,4,7,8-PeCDF	0.3	PCB 118	0.00003
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1	PCB 123	0.00003
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1	PCB 156	0.00003
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1	PCB 157	0.00003
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1	PCB 167	0.00003
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01		
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01		
OCDF	0.0003		

Tabla 1. Factores de Equivalencia Tóxica (FET) establecidos por la Organización Mundial de la Salud en 2005.¹

Norma Oficial Mexicana Nom-098-Semarnat-2002, Protección Ambiental-Incineración de Residuos, Especificaciones de Operación y Límites de Emisión de Contaminantes (DOF 01/10/2004)

Compuesto	Factor de Equivalencia Tóxica
Dioxinas	
2,3,7,8-TCDD	1.0
1,2,3,7,8-PeCDD	0.5
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDD	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDD	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	0.01
1,2,3,4,6,7,8,9-OCDD	0.001
Furanos	
2,3,7,8-TCDF	0.1
1,2,3,7,8-PeCDF	0.05
2,3,4,7,8-PeCDF	0.5
1,2,3,4,7,8-HxCDF	0.1
1,2,3,6,7,8-HxCDF	0.1
1,2,3,7,8,9-HxCDF	0.1
2,3,4,6,7,8-HxCDF	0.1
1,2,3,4,6,7,8-HpCDF	0.01
1,2,3,4,7,8,9-HpCDF	0.01
1,2,3,4,6,7,8,9-OCDF	0.001

Concentración de Equivalentes Tóxicos (EQT) de Dioxinas

Compuesto	Concentración (pg/g peso fresco) ([S _i])	FET OMS 2005	[S _i]x FET_i
2,3,7,8-TCDD	1,20	1	1,20
1,2,3,4,7,8-HxCDD	0,89	0,1	0,089
1,2,3,4,6,7,8-HpCDD	5,92	0,01	0,0592
2,3,7,8-TCDF	0,75	0,1	0,075
1,2,3,7,8-PeCDF	1,63	0,03	0,0489
2,3,4,7,8-PeCDF	11,22	0,3	3,366
2,3,4,6,7,8-HxCDF	3,45	0,1	0,345
PCB 81	0,98	0,0003	0,000294
PCB 126	10,24	0,1	1,024
PCB 157	6,02	0,00003	0,000181
			$EQT = \sum_i ([S_i] \times FET_i) = 6,21 \text{ pg/g}$

Tabla 3. Concentraciones de los congéneres de dioxinas y compuestos análogos halladas por cromatografía de gases y Factores de Equivalencia Tóxica (FET) publicados por la OMS en 2005. Cálculo de la Concentración de Equivalentes Tóxicos (EQT)

En este caso el valor obtenido es de 6.21 pg/g de peso fresco. Es decir:

Suma de dioxinas (EQT PCDD/F-PCB OMS) = 6,21 pg/g peso fresco

Suma de dioxinas (EQT PCDD/F-PCB OMS) = 6,21 pg/g peso fresco

Factores de Conversión

1 g = 1,000 mg

1 mg = 1,000 µg

1 µg = 1,000 ng

1 ng = 1,000 pg

Seveso: el Desastre y la Directiva

- La directiva Seveso es el nombre genérico de una serie de directivas europeas que exigen a los Estados miembros de la Unión Europea que **identifiquen las instalaciones industriales que presentan un riesgo de accidentes graves, denominados "emplazamientos Seveso"**, y que mantengan un alto nivel de prevención.
- Esta directiva toma su nombre del desastre de Seveso que tuvo lugar en Italia en 1976 y que impulsó a los estados europeos a adoptar una política común para **la prevención de los principales riesgos industriales**.

Directiva Séveso 1 (24/06/1982)

El accidente en Seveso fue un evento determinante para la definición de una regulación a nivel europeo sobre riesgos de esta naturaleza, y que acabó por incluirse en la Directiva relacionada con los **riesgos de accidentes graves en ciertas actividades industriales** (82/501/CEE), conocida como "Séveso 1".

La cuestión que se destacó, a partir de la experiencia del accidente, fue la de **la falta de información necesaria para que la población afectada y las autoridades responsables pudiesen actuar oportunamente después del accidente**. El accidente de ICMESA se considera, de hecho, un **"desastre de información"**.

La Directiva pretendió **promover una armonización de los reglamentos nacionales, haciendo de la comunicación un elemento de seguridad fundamental relacionado con este tema**.

La parte más innovadora de la Directiva es la que consta en su Artículo 8º, relacionada con la **información al público**. La Directiva diseñó una especie de **red de información entre las autoridades públicas y las industrias, y entre las industrias y las partes que se encuentran en riesgo potencial**.



Seveso: el Desastre y la Directiva



Directiva Seveso 2 (09/12/1996)

Debido a nuevos accidentes, y en virtud de las correcciones que se fueron produciendo en la aplicación de las Legislaciones en vigor, se adoptó en 1996 una nueva Directiva que substituyó a la “Séveso 1” y que fue reconocida como la Directiva “Séveso 2”.

En esta Directiva aparecieron nuevas demandas que comenzaron a incidir en la **planificación del territorio** como un elemento integrante en la prevención de accidentes graves, actuando coherentemente con la preocupación por focalizarla en la **protección del ambiente**.

En muchos de los Artículos de la Directiva “Séveso 2”, particularmente en su Artículo 13º, se consagró el reconocimiento de **darle a la población un papel activo en su “derecho a la participación”**, aunque todavía en una etapa embrionaria.

Directiva Seveso 3 (16/12/2003)

La Directiva “Séveso 2”, en el año 2003, fue modificada para dar lugar a la Directiva “Séveso 3”. El motivo de estos cambios estuvo en el accidente que se produjo el **21 de Septiembre del 2001 en la fábrica de químicos AZF en Toulouse, Francia**, una instalación clasificada como “Séveso”.

Esta Directiva pasó a incluir las **operaciones de procesamiento y almacenaje de las materias minerales producidas por las industrias extractoras, relacionadas con sustancias peligrosas**; y cuya innovación fundamental fue la de prolongar el cumplimiento de las obligaciones de la gestión a las empresas sub-contratadas que trabajasen en los establecimientos incluidos en la normativa “Séveso”.





Union Carbide, Bhopal India (03/12/1984)
13,000 Fallecidos y mas de 300,000 afectados

Bhopal, India, 1984



Lugar: Union Carbide, Bhopal, India

Fecha (hr): 3/12/84 (11:00 h)

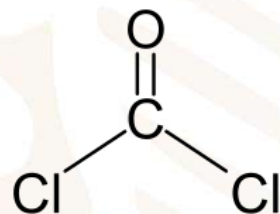
Evento: Fuga de una nube toxica conteniendo aproximadamente 25 ton de metilisocianato proveniente de la empresa Union Carbide.

Causas: Fallas humanas (inadecuada aplicación de los sistemas de seguridad de los procesos). Una aspecto clave fue la falta de refrigeración del tanque 610 donde ocurrió el evento.

Daños: Se estima que entre 6,000 y 8,000 personas murieron en la primera semana tras el escape tóxico y al menos otras 12 000 fallecieron posteriormente como consecuencia directa de la catástrofe, que afectó a más de 600,000 personas, 150,000 de las cuales sufrieron graves secuelas. Además, perecieron también miles de cabezas de ganado y animales domésticos. Todo el entorno del lugar del accidente quedó seriamente contaminado por sustancias tóxicas y metales pesados que tardarán muchos años en desaparecer. La planta química fue abandonada tras el accidente.

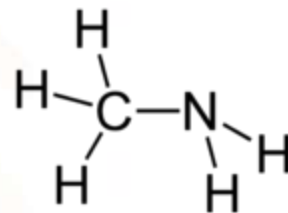
Reparación de Daños: Union Carbide llegó a un acuerdo con el Estado indio y pagó 470 millones de dólares por los daños y perjuicios causados, los cuales fueron insuficientes porque el Estado asiático se quedó una parte y lo que quedaba apenas se ha podido utilizar para cubrir gastos médicos de unos pocos de los enfermos, adicionalmente pago 50 millones a sus abogados. Solo los daños económicos del evento (dejando a un lado las compensaciones justas a las victimas) fueron estimadas en alrededor de 4.1 billones de dolares. Union Carbide acepto la "responsabilidad moral" de la catástrofe de Bhopal, sin embargo se reusó a pagar los costos reales de los daños ocasionados

Producción del Sevín

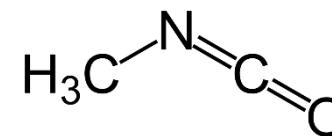


Fosgeno
(IDLH = 2 ppm)

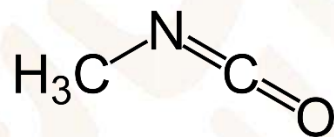
+



Monometilamina
(IDLH = 100 ppm)

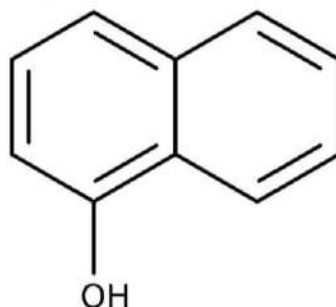


Isocianato de metilo
(IDLH = 0.12 ppm (0.28 mg/m³))

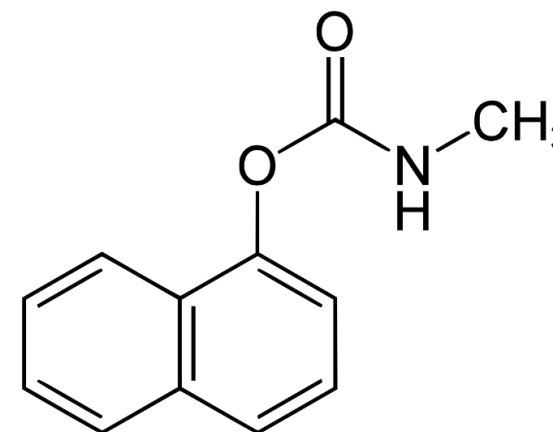


Isocianato de metilo
(IDLH = 0.12 ppm (0.28 mg/m³))

+

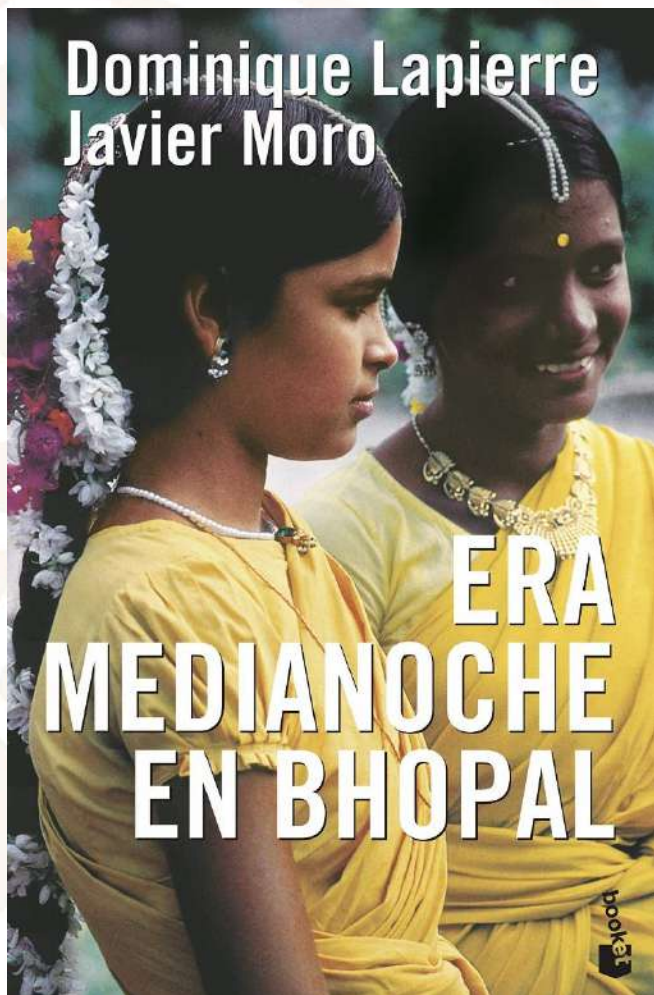


Alfa naftol



Sevín

Era Medianoche en Bhopal



Era medianoche en Bhopal es un libro escrito por Dominique Lapierre y Javier Moro, que narra el accidente de la planta química de la empresa Union Carbide en la ciudad india de Bhopal en 1984. Los autores vivieron durante tres años en Bhopal a finales de los años 90 para documentarse para el libro.

Editorial PLANETA, Barcelona, España, 2004.





Toulouse, Francia (21/09/2001)
30 fallecidos y 2,500 lesionados

Toulouse, Francia, 2001



Lugar: Toulouse, Francia

Fecha (h): 21 de septiembre de 2001 (10:17 h)

Evento: Explosión de entre 15 y 20 toneladas de nitrato amónico en una fábrica de fertilizantes, situada a 3 kilómetros de Toulouse (Francia), propiedad de la empresa Azote Fertilisants (AZF), que pertenecía al grupo Grande Paroisse.

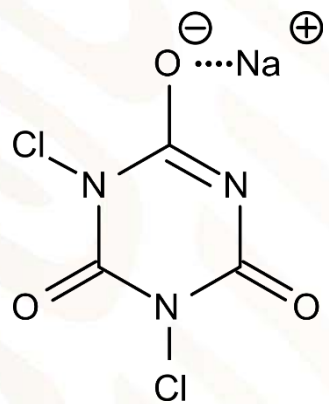
Causas: Se manejaron varias hipótesis: ataque terrorista, presencia de helicópteros en la zona, un arco eléctrico o una doble explosión. La investigación judicial oficial llevada a cabo concluyó que el accidente de AZF fue un accidente químico ocasionado por la combinación accidental entre el dicloroisocianurato de sodio (DCCNa) y el nitrato de amonio, originándose una explosión.

Daños: La explosión formó un cráter de 40 metros de diámetro y 7 metros de profundidad en el suelo. La zona norte de la factoría quedó prácticamente destruida, causando la **muerte de 30 personas**, 22 dentro de la factoría y 8 fuera. Unas **2,500 personas resultaron heridas**, de las cuales 30 graves. Algunos tanques de nitrato de amonio fueron destruidos y, como consecuencias medioambientales, se produjo la contaminación del río Garoña. Se produjo la destrucción casi completa de edificios en un radio de 450 metros.

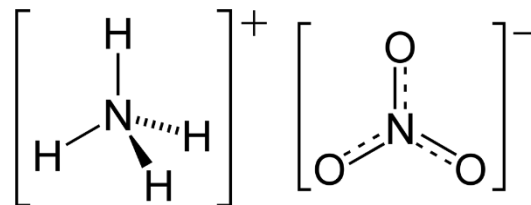
En total, **25,550 viviendas** resultaron afectadas en distinto grado, de las cuales 11,180 lo estaban seriamente y más de 1200 familias tuvieron que ser realojadas. La gran preocupación de la población era la nube tóxica que se cernía sobre los cielos de la ciudad, con restos de amoniaco y cloro en suspensión. El análisis de consecuencias reveló que la explosión fue comparable a una explosión de 20 a 40 toneladas de TNT, lo que significa que podrían haber detonado de entre 40 y 80 toneladas de nitrato de amonio.



Toulouse, Francia, 2001



Dicloroisocianurato de sodio



Nitrato de amonio



Toulouse, Francia, 2001

Conclusiones del accidente de Toulouse: aplicación a la estimación de pérdidas por explosiones *

Pico de sobrepresión ΔP_{max} (bar)	Daños
0,01	Rotura de algún cristal
0,02	Daños en techos de viviendas. 10% de las ventanas rotas
0,03	Viviendas habitables después de reparaciones simples. Daños estructurales menores
0,03-0,07	Rotura de cristales. Daños en marcos de ventanas
0,07	Rotura de todos los cristales de las ventanas
0,07-0,15	Habitables tras grandes reparaciones. Tejados dañados. 25% de todas las paredes han fallado. Daños en marcos y puertas. Rotura de paneles de fibrocemento. Desprendimiento de paneles de aluminio o acero
0,16-0,20	Colapso parcial de estructuras de hormigón, destrucción total de viviendas ordinarias
0,20-0,27	La maquinaria pesada industrial sufre daños leves. Rotura de tanques de almacenamiento de líquidos, colapso de estructuras metálicas en edificios de construcción ordinaria
0,35	Los daños no son reparables. Entre el 50 y el 75 % de las paredes exteriores están dañadas
0,47	Vuelcos de vagones
0,50	Rotura de paredes de ladrillo. Las casas requieren demolición
0,70	Demolición del 75% de las casas
1-2	100% destrucción

0.5 lb/in2



- El accidente de Toulouse ha vuelto a poner de manifiesto las consecuencias devastadoras de la explosión de almacenamientos de nitrato amónico, riesgo que se tenía por «controlado» en el sector.
- En consecuencia, deben revisarse los Sistemas de Gestión de Seguridad (SGS) de las industrias que realizan este tipo de actividad de manera que se asegure el control del riesgo, tanto en lo que respecta a las medidas preventivas (incompatibilidades, actividades, etc.) como a las tendentes a la reducción de las consecuencias (cantidades máximas, segregación, etc.)
- Los hallazgos respecto del grado de reactividad del nitrato amónico como explosivo hacen que deban ser revisadas las estimaciones de pérdidas derivadas de accidentes de este tipo

* Luis Bravo de la Iglesia Gerente del Área de Seguridad Industrial ITSEMAP Se Tecnológicos MAPFRE



Explosión de 25 ton de ANFO, Nadadores, Coah., 09/09/2007
(28 fallecidos, 131 lesionados, 55 vehículos dañados)

Nadadores, Coahuila (09/09/2007)



Lugar: Km 37+300 de la carretera federal No. 30, Monclova - San Pedro, tramo Monclova - Ejido San Juan de Boquillas, Coahuila

Fecha (hr): 09/09/2007 (20:25 h)

Evento: Impacto de un tractocamión, con semirremolque, con una camioneta marca Ford, provocándose un incendio y posterior explosión de 25 ton. de material explosivo tipo ANFO proveniente de la empresa Explosivos Mexicanos ORICA S.A. de C.V.,

Causas: Falla humana por imprudencia en el manejo por parte del conductor de la camioneta, violación de medidas de seguridad en el despacho y transporte del material explosivo. Se menciona, sin ser una aseveración, que el tractocamión no portaba los rombos de riesgo del material explosivo transportado.

Daños: La explosión de 25 ton del explosivo ANFO produjo una onda expansiva en una extensión de 10 hectáreas y ocasionando la muerte de 28 personas, lesiones a más de 131, daños materiales a 55 vehículos aproximadamente, así como a casas habitación aledañas al lugar de la explosión, además de la ruptura de la superficie de rodamiento de la carpeta asfáltica de la carretera, por lo que se formó un cráter de 25 metros de diámetro y 2.5 metros de profundidad.

Reparación de Daños: Se desconoce. Se estima que los daños materiales ascendieron a más de 12.5 millones de pesos.





Tianjin, China (12/08/15)
(173 personas muertas, 797 heridos)

Tianjin, China, 2015



Lugar: Ciudad portuaria de Tianjin, en el noreste de China,

Fecha (hr): 12/08/2015 (23:40 h)

Evento: Dos poderosas explosiones tuvieron lugar en una bodega en el puerto de Tianjin donde se almacenaban productos químicos peligrosos e inflamables como **carburo de calcio, cianuro de sodio, nitrato de potasio, nitrato de amonio y nitrato de sodio**. En el lugar, había cerca de 700 toneladas de cianuro de sodio el cual cuando se quema, libera cianuro de hidrógeno, que es un gas altamente venenoso.

Causas: Se maneja la hipótesis de que el **agua rociada sobre algunos productos químicos** pudo haber sido el detonante, esto con base en que antes de las explosiones, varios bomberos se encontraban en el lugar intentando controlar un incendio.

Daños: Las 2 explosiones dejaron más de 173 personas muertas, 797 heridos y una gran zona de la ciudad devastada. El Centro de Redes Sismológicas de China dijo que la 1er explosión tuvo una potencia equivalente a tres toneladas de TNT, mientras que la segunda fue el equivalente de 21 toneladas.

La explosión destruyó una cantidad significativa de productos almacenados en el puerto y en sus alrededores. Grandes contenedores volaron por el aire y otros terminaron completamente deformados por la onda expansiva. La compañía Renault dijo que perdió cerca de 1.500 vehículos, mientras que Hyundai tenía parqueados cerca de 4.000 carros.

La onda expansiva recorrió varios kilómetros desde el puerto hasta zonas residenciales de la ciudad, sacudiendo edificios enteros, destrozando ventanas y arrancando las puertas de sus bisagras. Más de 720 personas fueron atendidas en hospitales, de los cuales cerca de 60 están en situación crítica o gravemente heridos.

Más de 200 expertos químicos y biológicos del ejército fueron enviados al lugar.



Explosión de 2,750 toneladas de nitrato de amonio, Pto. de Beirut, Libano, 04/08/2020
(más de 200 personas fallecidas, 7,000 lesionadas y 300.000 desplazadas.)

Puerto de Beirut, Líbano, 2020



Lugar: Puerto de Beirut, Líbano

Fecha (hr): 04/08/2020 (18:08 h)

Evento: Explosión de 2,750 toneladas de nitrato de amonio, confiscadas en 2014 a una embarcación y almacenadas en el puerto sin las medidas de seguridad adecuadas. La explosión de Beirut, una de las explosiones no nucleares más grandes de la historia, tuvo el equivalente a entre 1 y 2 kilotonnes de TNT.

Causas: Adicionalmente a la negligencia de las autoridades portuarias de Beirut, en el manejo del nitrato de amonio, se manejan dos hipótesis sobre la causa de la explosión, la primera asociada a un **incendio y explosión de juegos pirotécnicos almacenados**, previo a la explosión del nitrato de amonio, y a la **realización de trabajos de soldadura de una puerta del depósito**.

Daños: La explosión del 4 de agosto de 2020 mató a más de 200 personas y diezmó gran parte de la capital libanesa, destruyó 77,000 viviendas, hirió a 7,000 personas y desplazó a más de 300,000, entre los que se contaron 80.000 niños. El Banco Mundial estimó que la explosión causó aproximadamente \$8 mil millones en daños y pérdidas. Tres hospitales cerca del puerto fueron destruidos y otros tres resultaron dañados, dejando a Beirut con menos de la mitad de su infraestructura de salud previa a la explosión.

Reparación de Daños: Expertos de las UN han sostenido que la explosión y sus consecuencias han puesto de relieve los problemas sistémicos de un gobierno negligente y corrupción generalizada en el Líbano. En visita realizada a finales del 2022, un grupo de relatores especiales de UN descubrió que aún no se han establecido responsabilidades por la explosión, que las áreas afectadas siguen en ruinas y que los fondos de reconstrucción de la comunidad internacional apenas han comenzado a llegar a los beneficiarios legítimos.



Descarrilamiento de 11 vagones de materiales peligrosos
East Palestine, Ohio, USA, 03/02/2023



East Palestine, Ohio, USA, 2023



Lugar: East Palestine, Ohio, USA, a 60 kilómetros de la ciudad industrial de Pittsburgh y cercano a la frontera de Ohio con Pensilvania.

Fecha (hr): 03/02/2023 (20:54 h)

Evento: **Descarrilamiento de 38 vagones** de un tren de carga de mercancías generales, conformado por un total de 149 vagones, de los cuales 20 transportaban materiales peligrosos. De los 38 vagones descarrilados, **11 transportaban materiales peligrosos** los cuales se incendiaron, provocando el daño de otros 12 vagones no descarrilados. Según la USEPA, los 20 vagones de materiales peligrosos transportaban **cloruro de vinilo, acrilato de butilo, acrilato de 2-etilhexilo y éter monobutílico de etilenglicol.**

Causas: El informe preliminar apunta al sobrecalentamiento de un cojinete de las ruedas de uno de los vagones. El tren se descarriló cuando los operarios estaban tratando de frenar, después de que una señal de alarma había sonado alertando del sobrecalentamiento de un cojinete

Daños: El descarrilamiento provocó un gran incendio que generó una densa columna de humo lo que obligo al establecimiento de una zona de **evacuación de una milla** que afectó a unos **2,000 residentes**. Dado que los equipos de respuesta programaron un venteo controlado de 5 vagones para liberar y quemar el cloruro de vinilo, la zona de **evacuación se amplió a 2 millas** y se cavaron zanjas para contener el líquido de cloruro de vinilo liberado mientras se vaporizaba y quemaba. Los funcionarios advirtieron que **quemar el cloruro de vinilo liberaría dos gases preocupantes: cloruro de hidrógeno y fosgeno**, que se usó como arma en la Primera Guerra Mundial.

East Palestine, Ohio, USA, 2023



Daños:

El monitoreo continuo del aire realizado por el ferrocarril y por agencias gubernamentales no ha detectado niveles peligrosos en el área desde que a los residentes se les permitió regresar. El Departamento de Recursos Naturales de Ohio estima que el derrame afectó más de 11 kilómetros de arroyos y mató a unos 3.500 peces. De acuerdo con la EPA estatal, las cantidades de contaminantes encontradas hasta ahora no representan un riesgo para las ciudades que dependen del río para su agua potable y la mancha sigue diluyéndose a medida que avanza.



9 días después del descarrilamiento, la USEPA declaró que no había detectado contaminantes a “niveles preocupantes” aunque los residentes podrían seguir percibiendo olores. No hubo que lamentar víctimas mortales ni heridos.

Reparación de Daños:



La empresa ferroviaria Norfolk Southern donó 25.000 a la Cruz Roja Estadounidense para la instalación de refugios y hacer frente a la afluencia de personas, así mismo, proporcionó más de 1,2 millones de dólares en reembolsos y anticipos en efectivo a las familias para ayudar a cubrir los gastos de evacuación de alojamiento, viajes, alimentos, ropa y otros artículos. Una demanda federal presentada por dos residentes de Pensilvania busca obligar a Norfolk Southern a establecer un sistema de vigilancia sanitaria para los residentes de ambos estados y a pagar los cuidados correspondientes a quienes se encuentren en un radio de 50 kilómetros.



La USEPA de Ohio está trabajando en una limpieza en dos fases, que empieza por la retirada de materiales del lugar antes de pasar a una evaluación para un plan de remediación “Una vez finalizada la fase de emergencia de la operación, comenzarán los trabajos de remediación a largo plazo”. La USEPA informó a Norfolk Southern que tendrá que hacerse responsable de los costos asociados a la limpieza del lugar.

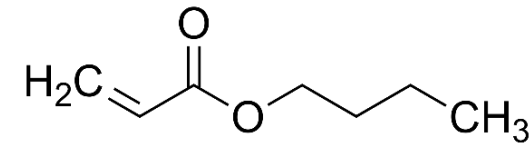


East Palestine, Ohio, USA, 2023

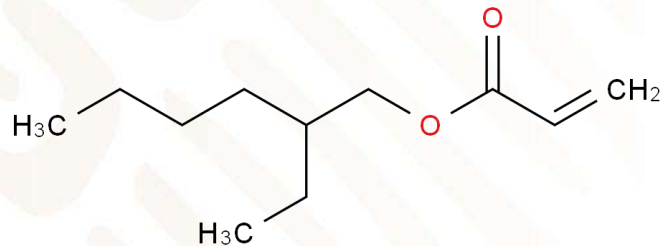
Principales Sustancias Químicas Involucradas



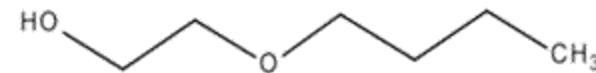
Cloruro de vinilo



Acrilato de butilo



Acrilato de 2-etilhexilo

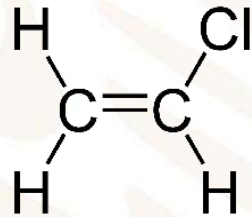


Éter monobutílico de etilenglicol

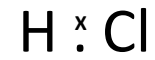


East Palestine, Ohio, USA, 2023

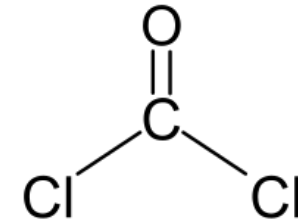
Combustión del Cloruro de Vinilo



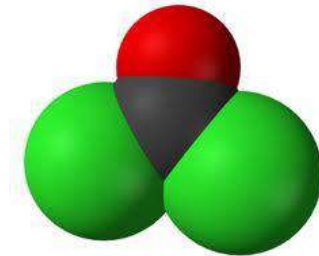
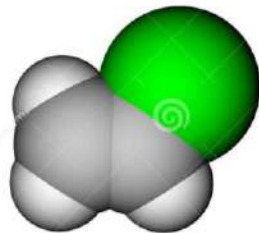
Cloruro de vinilo



Cloruro de hidrógeno



Fosgeno





AEGLs (Acute Exposure Guideline Levels) (Niveles Guía de Exposición Aguda)

Los **AEGLs** representan el umbral límite de exposición para la población y son aplicables a emergencias para periodos de exposición desde 10 minutos a 8 horas. Los valores de AEGLs-1, AEGLs-2 y AEGLs-3 serán definidos para uno de los cinco periodos de tiempo (10 y 30 min., 1 h., 4 h., y 8 h.) y se distinguirán por distintos grados de toxicidad. Se cree que los niveles de exposición recomendados son aplicables a la población incluyendo niños y otros individuos que puedan ser susceptibles. Los tres AEGLs han sido definidos como:

AEGL-1

Concentración a/o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles pero excluyendo los hipersusceptibles, puede experimentar una incomodidad notable. Concentraciones por debajo del AEGL 1 representan niveles de exposición que producen ligero olor, sabor u otra irritación sensorial leve.

AEGL-2

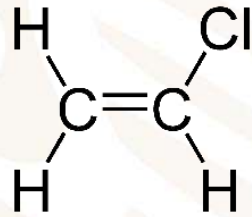
Concentración a/o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles pero excluyendo los hipersusceptibles, puede experimentar efectos a largo plazo serios o irreversibles o ver impedida su capacidad para escapar. Concentraciones por debajo del AEGL 2 pero por encima del AEGLs 1 representan niveles de exposición que pueden causar notable malestar.

AEGL-3

Es la concentración a/o por encima de la cual se predice que la población general, incluyendo individuos susceptibles pero excluyendo los hipersusceptibles, podría experimentar efectos amenazantes para la vida o la muerte. Concentraciones por debajo de AEGL 3 pero por encima de AEGL 2 representan niveles de exposición que pueden causar efectos a largo plazo, serios o irreversibles o impedir la capacidad de escapar

East Palestine, Ohio, USA, 2023

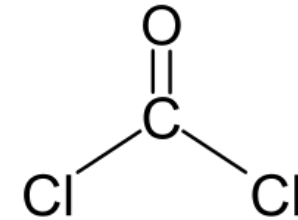
Combustión del Cloruro de Vinilo



Cloruro de vinilo



Cloruro de hidrógeno



Fosgeno

Niveles Guía de Exposición Aguda (AEGLs, Acute Exposure Guideline Levels)

Units: ppm					
	10 min	30 min	60 min	4 hr	8 hr
AEGL 1	450	310	250	140	70
AEGL 2	2800	1600	1200	820	820
AEGL 3	12000*	6800*	4800*	3400*	3400*

Units: ppm					
	10 min	30 min	60 min	4 hr	8 hr
AEGL 1	1.8	1.8	1.8	1.8	1.8
AEGL 2	100	43	22	11	11
AEGL 3	620	210	100	26	26

Units: ppm					
	10 min	30 min	60 min	4 hr	8 hr
AEGL 1	NR	NR	NR	NR	NR
AEGL 2	2.3	0.77	0.38	0.096	0.048
AEGL 3	7.8	2.6	1.3	0.33	0.16

NR = Not recommended due to insufficient data

Modelación de Fuga de Amoniaco



A person wearing a full-body white protective suit and a gas mask with two large circular lenses. They are holding a realistic globe of the Earth in their left hand. The background is a dark, textured wall.

Subprocuraduría de Inspección Industrial
Dirección General de Inspección de Fuentes de Contaminación

Ing. Enrique S. Ortiz Espinosa
Director de Emergencias Ambientales

Tel.- 54 49 63 91 (Directo)

E-mail: enrique.ortiz@profepa.gob.mx