

4.23

Tetracloroetileno

**4.23.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA**

**4.23.1.1 SINONIMOS**

**4.23.1.2 DESCRIPCION**

**4.23.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES**

**4.23.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS**

**4.23.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS**

**4.23.1.5.1 Incompatibilidades**

**4.23.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS**

**4.23.2.1 PRODUCCION**

**4.23.2.1.1 Proceso de Cloración de Acetileno**

**4.23.2.1.2 Proceso de Oxidación**

**4.23.2.1.3 Proceso a Partir de Cloración de Hidrocarburos e  
Hidrocarburos Clorados**

**4.23.2.2 APLICACIONES Y USOS**

**4.23.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD**

**4.23.3.1 INHALACION**

**4.23.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS**

**4.23.3.3 INGESTION**

**4.23.3.4 EFECTOS CRÓNICOS**

**4.23.3.5. EFECTOS SISTÉMICOS**

**4.23.4 INFORMACIÓN TOXICOLOGICA**

**4.23.5 RESPUESTA A ACCIDENTES**

**4.23.5.1 PRIMEROS AUXILIOS**

**4.23.5.1.1 Exposición en Ojos**

**4.23.5.1.2 Exposición en la piel**

**4.23.5.1.3 Inhalación**

**4.23.5.1.4 Ingestión**

**4.23.5.1.5 Rescate**

**4.23.5.2 INCENDIOS**

**4.23.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS**

4.23.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

4.23.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

4.23.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA

4.23.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

4.23.8.1 FRASES DE SEGURIDAD

4.23.8.2 ALMACENAMIENTO

4.23.9 USOS Y CONTROLES

4.23.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

4.23.10.1 AIRE

4.23.10.2 AGUA

4.23.10.3 SUELO

4.23.11 ECOTOXICIDAD

4.23.12 LINEAMIENTOS DE GESTION AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

4.23.13 BIBLIOGRAFÍA

#### 4.23.1 IDENTIDAD DE LA SUSTANCIA QUÍMICA <sup>(5,8)</sup>

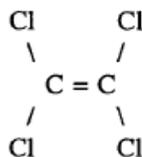
Fórmula: C<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub>

Estructura Molecular:

CAS: 127-18-4

Número UN: 1897

Clase de Riesgo Principal UN: 6.1



##### 4.23.1.1 SINÓNIMOS

Tetracloruro de Etileno, Percloroetileno, PERC, PER, PERK, 1,1,2,2-Tetracloroetileno, Tetracloroeteno, Dicloruro de Carbono <sup>(2,5,7)</sup>.

Se conoce comercialmente bajo muchas marcas registradas, dentro de las cuales están Dee-Solve, Didakene, Dow-Per, Perclene, Percosolov, Tetraleno, Tetropil, Tetralex, Dowclene EC, Perawin y otros <sup>(2,5,7)</sup>.

##### 4.23.1.2 DESCRIPCIÓN

Es un químico sintético que a temperatura ambiente es un líquido poco viscoso, incoloro y de olor dulce. Se evapora rápidamente al aire libre pero no es una sustancia inflamable o explosiva. Su vapor es más pesado que el aire. Su olor se puede detectar en el ambiente a partir de concentraciones de 1 ppm y su sabor se detecta en el agua desde 0,3 ppm. Es casi insoluble en agua pero es muy afín con solventes orgánicos, como el alcohol etílico, el éter y aceites. Disuelve materia orgánica con facilidad y por ende tiene aplicabilidad como solvente <sup>(3,4,5,6)</sup>.

Se usa de forma difundida en la limpieza de telas y ropa en general y en el desengrasado de metales. También se usa como materia prima para la producción de otras sustancias químicas <sup>(4)</sup>.

##### 4.23.1.3 COMPOSICIÓN / INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES

Los diferentes grados técnicos en los que se produce el Tetracloroetileno pueden contener agentes estabilizantes, que pueden incluir aminas, mezclas de epóxidos, ésteres y otros químicos como acetona, compuestos de acetileno, anilina, ésteres de boro, n-butano, 2-cresol, diisopropilamina, acetato de etilo, derivados de hidracina, alcohol isobutílico y dióxido de azufre entre otros <sup>(7)</sup>.

##### 4.23.1.4 PROPIEDADES FÍSICAS <sup>(2,6,8)</sup>

Tabla 69. Propiedades físicas del Tetracloroetileno

PROPIEDAD	VALOR
Peso Molecular (g/mol)	165,85
Estado Físico	Líquido
Punto de Ebullición (°C) (760 mmHg)	121,2
Punto de Fusión (°C)	-22,7
Presión de Vapor (mmHg)	4,42; 0 °C 14,25; 20 °C 438,79; 100 °C
Gravedad Específica (Agua = 1)	1,623
Densidad del Vapor (Aire = 1)	5,83
Velocidad de Evaporación (Acetato de Butilo = 1)	No Disponible
Kow	2,5
Constante de la Ley de Henry (atm*m <sup>3</sup> /mol)	9X10 <sup>-4</sup>

C<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub>

Tetracloroetileno

**Tabla 69. Propiedades físicas del Tetracloroetileno (continuación)**

PROPIEDAD	VALOR
Solubilidad en Agua (g/ml)	0,015%; 20 °C
Límites de Inflamabilidad (% vol)	No Aplica
Temperatura de Auto ignición (°C)	No Disponible
Punto de Inflamación (°C)	No Reportado
pH	No Reportado

#### 4.23.1.5 PROPIEDADES QUÍMICAS

Es el derivado mas estable de todos los etanos y Etilenos Clorados. Reacciona con Oxígeno o con aire en presencia de luz generando Cloruro de tricloroacetilo y fosgeno. Este proceso se puede evitar agregando estabilizantes como aminas o fenoles. Sin embargo, esta vía se usa para la producción del Cloruro de tricloroacetilo. Por cloración de esta sustancia se obtiene Hexacloroetano.

Gracias a la estabilidad que le confiere la presencia de todos sus átomos de Cloro, no se presentan reacciones de polimerización con esta sustancia. Aunque se considera una sustancia muy estable, a temperaturas mayores de 300 °C se descompone en fosgeno y Cloruro de Hidrógeno, que son agentes altamente irritantes para el sistema respiratorio <sup>(1,6)</sup>.

##### 4.23.1.5.1 Incompatibilidades

La única condición que hace que el Tetracloroetileno presente incompatibilidades con otras sustancias es el calor. Reacciona con agentes oxidantes fuertes como el Acido Nítrico o el tetraóxido de Nitrógeno y con álcalis fuertes como el Hidróxido de Sodio o Carbonato de Potasio, pero solo a elevadas temperaturas. Reacciona de forma explosiva con Potasio fundido, igualmente genera explosión cuando reacciona con bario o litio a elevadas temperaturas <sup>(6,10)</sup>.

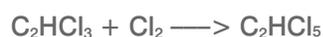
### 4.23.2 PRODUCCIÓN, APLICACIONES Y USOS

#### 4.23.2.1 PRODUCCIÓN

De forma natural, el Tetracloroetileno se produce junto con el Tricloroetileno por algunas algas marinas, no obstante en cantidades bajas. De forma industrial, se puede producir por tres vías, cloración de acetileno, por oxiclación de Etileno y 1,2-dicloroetano y finalmente por cloración a altas temperaturas de Hidrocarburos de entre 1 y tres Carbonos <sup>(1,5,7)</sup>.

##### 4.23.2.1.1 Proceso de Cloración de Acetileno <sup>(1)</sup>

Las reacciones importantes que intervienen en esta vía de producción son las siguientes:



Aunque es posible la cloración directa a partir del acetileno, la mayoría de las plantas existentes en el mundo la realizan usando en cambio Tricloroetileno, que es un proceso menos costoso porque requiere menos etapas de procesamiento ya que está incluido como una sección en el proceso a partir del acetileno. La cloración del Tricloroetileno se realiza en fase líquida entre 70 y 110 °C en presencia de un Acido de Lewis como catalizador, que usualmente es tricloruro de hierro (FeCl<sub>3</sub>) en concentraciones de entre el 0,1 y el 1%; esta primera reacción produce pentacloroetano. El pentacloroetano sufre posteriormente un proceso de rompimiento catalítico sobre carbón activado o rompimiento en fase líquida que lo llevan hasta Acido Clorhídrico y Tetracloroetileno.

#### 4.23.2.1.2 Proceso de Oxidación de Etileno y 1, 2-dicloroetano <sup>(1)</sup>

La producción de Tetracloroetileno por medio de este procedimiento incluye la siguiente reacción:



Como se ve, este procedimiento genera principalmente Tricloroetileno y Tetracloroetileno. Se generan otros subproductos pesados como Hexacloroetano, hexaclorobutadieno y Bencenos Clorados, pero estos se retiran del proceso en separaciones posteriores a la reacción. El mayor subproducto ligero que se obtiene es el tetraclorometano, el cual se recircula al proceso.

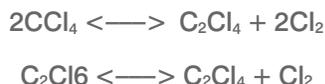
#### 4.23.2.1.3 Proceso a Partir de la Cloración de Hidrocarburos e Hidrocarburos Clorados <sup>(1)</sup>

Este proceso se puede seguir por tres rutas de transformación diferentes:

- 1- Cloración en alta temperatura de Etileno, 1,2-dicloroetano o Hidrocarburos Clorados de 2 Carbonos.
- 2- Clorinólisis de baja presión.
- 3- Clorinólisis de alta presión.

En el procedimiento de alta temperatura se hace pasar el alimento junto con el Cloro necesario por un lecho de catalizador, que puede ser fijo o fluidizado, a temperaturas que pueden estar entre 200 y 550 °C. Los catalizadores que se usan de forma corriente en este tipo de procesos incluyen sílica, alúmina, y carbón activado. La corriente de salida está constituida principalmente por Tetracloroetileno y Acido Clorhídrico aunque también se forma Hexacloroetano y Hexaclorobenceno como subproductos pesados y Dicloroetileno, tetracloroetanos y Tricloroetileno como subproductos ligeros que se recirculan al reactor.

Los procesos de clorinólisis están gobernados por dos equilibrios termodinámicos:



C<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub>

Tetracloroetileno

Aquí, la producción de Tetracloroetileno se favorece por el incremento en la temperatura y la disminución de la presión y del exceso de Cloro.

En el proceso de clorinólisis de baja presión el alimento está constituido por Hidrocarburos o Hidrocarburos Clorados de preferiblemente dos o tres Carbonos. Es un tipo de proceso muy flexible en cuanto a su materia prima ya que puede partir desde Etileno o desde Hidrocarburos mas grandes Clorados o sin clorar. La presión de operación oscila entre 0,2 y 1,0 MPa y la temperatura entre 600 y 800 °C. Los tiempos de residencia de los reactores que se emplean en estos procesos son usualmente no mayores de 10 segundos. Existen otras variantes en este procedimiento que se explican con algún detalle en Ullman 's Encyclopedia of Industrial Chemistry <sup>(1)</sup>.

La reacción de clorinólisis de alta presión no requiere de catalizadores; se realiza a presión de operación de 20,0 Mpa y 600 °C de temperatura. Una de las ventajas de este proceso es que puede usar alimento de más alto peso molecular para la transformación hasta Tetracloroetileno, de esta forma acepta Hidrocarburos de tipo aromático y alicíclico; otra de las ventajas que presenta el proceso es la facilidad de separación del Tetracloroetileno del Cloro y del Acido Clorhídrico gracias a la alta presión que se maneja. Aparte de lo anterior no existe ninguna otra ventaja que se pueda destacar.

#### 4.23.2.2 APLICACIONES Y USOS

El principal uso del Tetracloroetileno se encuentra como solvente en la limpieza en seco de telas y metales. También se usa en el procesamiento y terminado de fibras textiles, como solvente de extracción, como fluido de intercambio de calor, en la fumigación de granos y en la manufactura de Fluorocarbonados <sup>(7)</sup>.

La mayor ventaja que presenta esta sustancia como solvente la constituye su cualidad de no ser inflamable y poderse usar de forma segura en unidades de operación en seco sin mayores precauciones. En el procesamiento textil se usa como solvente de escorias que remueve aceites de las telas luego de las operaciones de tejido <sup>(1, 5, 6)</sup>.

Sus propiedades como solvente de grasas, ceras y compuestos orgánicos le permite ser usado en limpieza al vapor o en fase líquida de partes metálicas terminadas o en procesos intermedios <sup>(5, 6)</sup>.

El Tetracloroetileno se puede encontrar en productos domésticos como removedores de pintura, productos repelentes de agua, lubricantes de silicona, adhesivos y limpiadores para madera entre muchos otros <sup>(6)</sup>.

### 4.23.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD

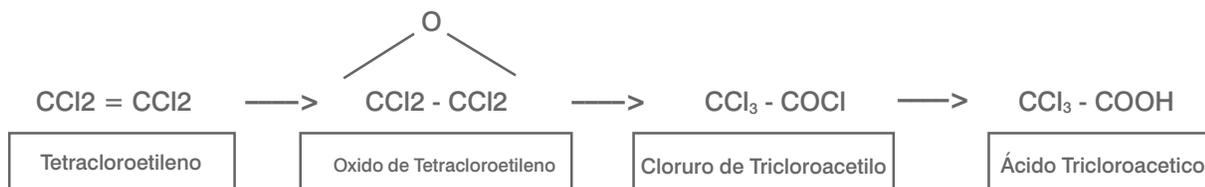
#### Frases de Riesgo <sup>(9)</sup>

**R40:** Posibles efectos cancerígenos

**R51/53:** Tóxico para los organismos acuáticos, puede provocar a largo plazo efectos negativos en el medio ambiente acuático

Las exposiciones a Tetracloroetileno se pueden producir por fuentes medioambientales, laborales y de productos de consumo. Los niveles a los que están expuestos el común de las personas tanto en áreas rurales como en áreas urbanas son tan bajos que no se presentan efectos importantes en la salud; no obstante, aquellas personas que intervienen en la manufactura o transformación de la sustancia en fábricas o industrias si pueden presentar exposiciones de alguna consideración. Otro conjunto de personas que se encuentran dentro del grupo de alto riesgo son aquellas que trabajan en lavanderías donde se usa el Tetracloroetileno en procedimientos de lavado en seco, pero aún aquí los niveles son tolerables en condiciones de buena ventilación <sup>(4, 7)</sup>.

El Tetracloroetileno se puede absorber en el organismo de forma cutánea, oral o respiratoria pero la mayor parte entra por ingestión o por respiración. Una vez dentro del organismo solo se metaboliza cerca del 3% y el resto regresa al ambiente sin ningún cambio a través de la respiración. Los metabolitos que se generan permanecen en el cuerpo durante algunos días principalmente en la sangre y tejido graso y luego se eliminan por la orina <sup>(4, 6)</sup>. El proceso metabólico que sigue el Tetracloroetileno una vez ingresa al organismo se ilustra a través del siguiente esquema:



El vapor de Tetracloroetileno es narcótico. Altas concentraciones de Tetracloroetileno en áreas cerradas o pobremente ventiladas pueden causar mareo, dolor de cabeza, somnolencia, confusión, náusea, dificultad para hablar y para caminar, inconciencia y, en casos extremos, la muerte. La inhalación o ingestión de Tetracloroetileno puede causar depresión del sistema nervioso central y efectos cardiovasculares; además, de acuerdo con estudios realizados en animales, presenta efectos en riñones e hígado y algunos efectos en embriones a concentraciones muy altas. En concentraciones altas, esta sustancia irrita los ojos, membranas mucosas y el tracto respiratorio. De forma líquida es irritante para la piel y puede causar efectos como enrojecimiento, formación de llagas, escaldaduras y en general quemaduras de tipo químico. Los daños que se pueden presentar en el sistema nervioso central ocurren de forma inmediata en seguida de una exposición mientras que el daño en órganos, como el hígado y los riñones, se puede retardar por espacio de horas e incluso días <sup>(3, 6, 11)</sup>.

#### 4.23.3.1 INHALACIÓN

Debido a las características y forma de uso del Tetracloroetileno, la inhalación de sus vapores constituye la forma más común de exposición en cualquier ámbito. La fuente más común reportada para exposiciones respiratorias la consti-

tuyen los establecimientos de lavado en seco donde se trabaja con este material; el personal que labora en estos lugares puede estar expuesto a niveles de Tetracloroetileno tan altos como 4000 mg/m<sup>3</sup> pero por lo general son más bajos si se tiene buena ventilación; personas que viven cerca de estos sitios se exponen a niveles mayores que el común de la gente pero aún estos niveles no causan efectos adversos en la salud; aquellos que llevan a sus casas ropa procedente de lavanderías liberan pequeñas cantidades de Tetracloroetileno en el ambiente doméstico, sin embargo la exposición es poco significativa<sup>(3,4,7)</sup>.

La cantidad que se absorbe en el organismo por causa de una exposición por inhalación a esta y, en general, a cualquier sustancia que se encuentre presente en el aire que se respira depende de su concentración en el aire, de la frecuencia respiratoria, de la profundidad de la inhalación y del tiempo de permanencia en el ambiente contaminado<sup>(4,7)</sup>.

El Tetracloroetileno es un químico de rápida absorción vía pulmonar; circunstancia que se favorece si se desarrolla actividad física moderada en el ambiente contaminado. A través de los pulmones esta sustancia alcanza el torrente sanguíneo y desde allí se distribuye por todo el organismo reteniéndose principalmente en el tejido graso del cuerpo. La vida media del Tetracloroetileno en el organismo se encuentra alrededor de 320 minutos para la sangre y 580 minutos para el tejido graso, sin embargo la eliminación completa del químico puede tardar varios días o incluso semanas. La inhalación repetida resulta en acumulación transitoria de este compuesto en el organismo<sup>(5)</sup>.

El Tetracloroetileno se puede percibir por el olfato para la mayoría de las personas en el intervalo entre 5 y 50 ppm, donde no presenta efectos adversos agudos para la salud humana. El olor es una forma adecuada de aviso ante exposiciones agudas con esta sustancia pero no así a exposiciones crónicas ya que las personas expuestas generan fatiga del olfato que hace que aumente su límite inferior de percepción<sup>(6)</sup>.

Niveles de Tetracloroetileno de entre 75 y 100 ppm en el aire pueden causar irritación ocular leve, niveles de 216 ppm o mayores producen irritación respiratoria de forma inmediata. En concentraciones de entre 100 y 300 ppm se comienzan a sentir los primeros efectos sobre el sistema nervioso central, que pueden incluir somnolencia, dolor de cabeza y pérdida de la coordinación en los movimientos. Durante exposiciones de 1000 a 1500 ppm durante periodos de 2 horas se presentan además cambios en el estado de ánimo, debilidad muscular, mareo fuerte y perturbación de las funciones del sistema nervioso. Exposición a mayores concentraciones por periodos mas prolongados pueden conllevar colapso respiratorios, coma y en algunos casos la muerte. A concentraciones altas, el Tetracloroetileno es un agente anestésico potente y por tal razón se puede presentar muerte súbita por causa de una depresión severa del sistema respiratorio en seguida de una exposición por inhalación<sup>(5,6)</sup>.

La exposición a esta sustancia puede generar Síndrome de Disfunción Reactiva de Vías Respiratorias (RADS), que es un tipo de asma producto de exposición a agentes irritantes químicos. Los vapores de esta sustancia son más pesados que el aire y se pueden acumular en espacios pobremente ventilados o de baja altura, lo que puede generar peligros de asfixia en individuos que se encuentren en dichas áreas<sup>(6)</sup>.

Niños expuestos a los mismos niveles que adultos pueden absorber dosis mayores porque ellos poseen mayor área pulmonar en relación a su área corporal y tienen mayor frecuencia respiratoria. Además pueden estar expuestos a concentraciones mayores por causa de su baja estatura<sup>(6)</sup>.

#### 4.23.3.2 CONTACTO CON PIEL / OJOS

Los vapores de Tetracloroetileno tienen una velocidad de absorción por la piel relativamente mucho menor que por la exposición respiratoria. El principal efecto que se presenta sobre la piel y los ojos obedece a irritaciones y quemaduras locales por contacto<sup>(4)</sup>.

Los efectos en los ojos por causa vapores de Tetracloroetileno en el aire inician su aparición a concentraciones de



100 a 200 ppm; en donde se produce irritación leve y pasajera. En niveles de entre 200 y 600 ppm se siente sensación de ardor y punzadas dolorosas y por arriba de 1000 ppm la irritación ocular es severa e insoportable aún en cortos periodos de tiempo <sup>(5,6)</sup>.

Las salpicaduras de Tetracloroetileno en los ojos causan irritación, irritación severa de las membranas mucosas, hinchazón, lacrimación y sensibilización ante la luz <sup>(6)</sup>.

El contacto directo del líquido o de vapores de alta concentración (mayores de 1000 ppm) con la piel causa irritación, sensación de ardor y formación de llagas en periodos cortos. La exposición prolongada mayor a 5 horas a Tetracloroetileno en forma líquida puede causar quemaduras químicas que de acuerdo con la intensidad de la duración pueden ser de segundo o tercer grado o ambas en diferentes zonas del cuerpo <sup>(5,6)</sup>.

#### **4.23.3.3 INGESTIÓN**

La ingestión no es una forma común para el ingreso de grandes cantidades de Tetracloroetileno al organismo como para tener efectos agudos, no obstante, este tipo de contacto con la sustancia se puede presentar en casos accidentales o en intentos de suicidio. En mínimas cantidades puede ingresar al organismo cuando se ingieren bebidas o alimentos contaminados; que tanto ingrese por esta vía depende de cuanto esté presente en el alimento que se ingiera <sup>(4)</sup>.

Cuando el Tetracloroetileno ingresa al cuerpo por esta ruta, se absorbe rápida y completamente hasta alcanzar el torrente sanguíneo, de donde se distribuye al tejido graso de todo el cuerpo. De esta forma ocurre acumulación transitoria en el hígado, riñones y grasa aunque no en el cerebro <sup>(5)</sup>.

La ingestión de Tetracloroetileno puede causar efectos sistémicos en el hígado y riñones iguales a los que se presentan por su inhalación. En ratas, la cantidad suficiente reportada para producir el deceso de la mitad de la población corresponde a entre 3000 y 4000 mg/kg; en estos casos, la muerte de los animales fue precedida de temblores, falta de coordinación en los movimientos y depresión severa del sistema nervioso central <sup>(5,6)</sup>.

#### **4.23.3.4 EFECTOS CRÓNICOS**

La exposición prolongada a Tetracloroetileno puede causar desordenes de la memoria y de la concentración, problemas en la visión, mareo constante, irritabilidad, falta de coordinación de los movimientos y perturbaciones del sueño. Los efectos neurológicos crónicos que se presentan por la exposición de Tetracloroetileno tienen que ver con sus propiedades solventes sobre componentes orgánicos en las células cerebrales <sup>(5)</sup>. La exposición crónica puede causar anomalía en el funcionamiento del hígado y los riñones. En la piel se puede generar dermatitis crónica <sup>(3,6)</sup>.

En trabajadores de lavanderías donde se trabaja con Tetracloroetileno se han reportado pérdidas en la capacidad de percepción de colores; los niveles de exposición en estos lugares es en promedio de 7,3 ppm y el tiempo acumulada de exposición de en promedio 106 meses. Estudios posteriores con relación a este efecto demuestran que se presenta no por desordenes oculares sino por trastornos neurológicos de la visión <sup>(5)</sup>.

En investigaciones en ratas, se ha encontrado que la exposición crónica intermitente (103 semanas) a 400 ppm de Tetracloroetileno en el aire genera úlcera estomacal, la cual no se presentó a concentraciones de 200 ppm bajo las mismas condiciones <sup>(5)</sup>. En estudios en ratas, dosis de 470 mg/kg/día durante 5 días a la semana por 78 semanas resultan mortales para la mitad de la población en análisis.

#### **4.23.3.5 EFECTOS SISTÉMICOS**

##### **4.23.3.5.1 Efectos Cardiovasculares**

Aunque existen solo algunas referencias al respecto de los efectos cardiovasculares generados por la exposición oral, dérmica o respiratoria con Tetracloroetileno en seres humanos, se reporta que esta sustancia esta asociada con la

presencia de arritmias cardíacas por exposición respiratoria <sup>(5)</sup>.

#### **4.23.3.5.2 Efectos Hematológicos**

No se han reportado efectos hematológicos por exposición respiratoria, oral o dérmica en forma aguda o crónica debidos al contacto con Tetracloroetileno.

#### **4.23.3.5.3 Efectos Musculares**

No hay estudios reportados con relación a los efectos musculares causados por la exposición aguda o crónica por cualquier vía a Tetracloroetileno.

#### **4.23.3.5.4 Efectos Hepáticos**

El hígado es uno de los órganos objetivo para el Tetracloroetileno luego de exposiciones agudas dérmicas, orales o respiratorias. La exposición respiratoria a altos niveles de Tetracloroetileno puede causar daños hepáticos como ictericia o hepatomegalia; estos efectos por lo general se presentan luego de varios días después de la exposición. De forma oral o cutánea, los efectos generados son similares a los que se dan por inhalación <sup>(5,6)</sup>.

En animales se han reportado lesiones hepáticas luego de exposición respiratoria. Los estudios reportan necrosis de células hepáticas a concentraciones de 400 ppm en ratas y cirrosis en conejillos de indias a la misma concentración <sup>(5)</sup>.

#### **4.23.3.5.5 Efectos Renales**

A muy altos niveles de exposición en el aire se presenta presencia de proteínas y sangre en la orina y fallo renal relacionado con la retención de líquidos en los individuos expuestos. No existen efectos renales reportados causados por exposición a bajos niveles de Tetracloroetileno en forma crónica <sup>(6)</sup>.

#### **4.23.3.5.6 Efectos Endocrinos**

No se encontraron estudios relacionados con los efectos endocrinos de la exposición a Tetracloroetileno en forma aguda o crónica.

#### **4.23.3.5.7 Efectos Inmunológicos**

No existen estudios en seres humanos relacionados con los efectos inmunológicos que se pueden presentar por exposición a Tetracloroetileno. Algunos estudios en ratas reportan susceptibilidad a crecimiento bacteriano infeccioso en los pulmones luego de exposición por inhalación a 50ppm durante 3 horas <sup>(5)</sup>.

#### **4.23.3.5.8 Efectos Neurológicos**

El sistema nervioso central es el objetivo principal de la exposición por inhalación a vapores de Tetracloroetileno. La exposición aguda, dependiendo de la concentración, puede causar de cambios transitorios de estado de ánimo, irritabilidad, dolor de cabeza, cambios transitorios en el comportamiento, falta de coordinación, trastornos del lenguaje, náusea y efectos anestésicos que en algunos casos pueden llevar al estado de coma o a la muerte. La acción depresiva del Tetracloroetileno sobre el sistema nervioso central obedece a su efecto de solvente sobre los componentes lipídicos y protéicos de las membranas celulares en las neuronas <sup>(5,6)</sup>.

Los efectos anestésicos se documentaron para concentraciones de 500 a 5000 ppm. Cambios de ánimo, ataxia, debilidad muscular y mareo se reportaron a concentraciones de 1000 a 1500 ppm por periodos menores a 2 horas. En 2000 ppm por 5 a 7 minutos se reporta colapso respiratorio inminente. En periodos de exposición de 7 horas a 100 ppm se reporta dolor de cabeza, mareo, dificultad del habla y adormecimiento <sup>(5)</sup>.

Los efectos neurológicos agudos que se presentan luego de ingestión de Tetracloroetileno son similares a los que se presentan por inhalación. Se presentan efectos anestésicos, somnolencia y coma. Otros efectos reportados incluyen adormilamiento y alucinaciones.



#### 4.23.4 INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA

DL<sub>50</sub> (oral, ratas): 2629 mg/kg<sup>(12)</sup>

CL<sub>50</sub> (inhalación, ratas): 32,2 g/m<sup>3</sup>/8 horas<sup>(12)</sup>

La mayoría de los estudios en seres humanos orientados a identificar problemas de desarrollo, reproducción y cáncer en la exposición a Tetracloroetileno se han realizado sobre empleados de lavanderías que usan esta sustancia en procedimientos de lavado en seco.

La IARC (International Agency for Research of Cancer) ha clasificado al Tetracloroetileno dentro del grupo de sustancias probablemente cancerígenas teniendo como base una serie de estudios en animales. En seres humanos, se ha reportado incidencia significativa de cáncer de vejiga, pulmón, hígado, riñón y esófago en empleados de lavanderías de ambos sexos que están expuestos a bajos niveles de Tetracloroetileno en el ambiente laboral (hasta 20 ppm) por largos periodos de tiempo<sup>(3,5,6)</sup>.

Se han reportado desordenes reproductivos en mujeres que trabajan como empleadas en lavanderías donde se usa Tetracloroetileno; los efectos incluyen desordenes menstruales y aborto espontáneo; no obstante los resultados son poco concluyentes debido al reducido número de personas analizadas en cada ensayo y a falta de controles al respecto de exposición a otros químicos<sup>(3,5)</sup>.

No se han reportado efectos teratogénicos o genotóxicos en animales o humanos en los estudios llevados a cabo para estos fines<sup>(5)</sup>.

#### 4.23.5 RESPUESTA A ACCIDENTES

Toda persona que entre en contacto con un material químico peligroso no solo debe estar atento a realizar medidas preventivas sino también debe conocer acerca de procedimientos de emergencia, que pueden ayudar a evitar que un incidente menor se transforme en una catástrofe.

##### 4.23.5.1 PRIMEROS AUXILIOS

No existe un antídoto para contrarrestar los efectos del Tetracloroetileno. El tratamiento consiste en soporte de las funciones respiratorias y cardiovasculares de las personas afectadas<sup>(6)</sup>. Para casos de exposición aguda es necesario que la víctima luego de recibir los primeros auxilios sea remitida a un centro hospitalario para tratamiento posterior.

##### 4.23.5.1.1. Exposición en Ojos

Si entra Tetracloroetileno en forma líquida o como vapor en los ojos, éstos se deben lavar inmediatamente con grandes cantidades de agua, levantando ocasionalmente el párpado superior e inferior para retirar cualquier rastro de Tetracloroetileno que haya podido haberse acumulado en esta área y represente un peligro posterior. Si se presenta irritación ocular luego de la aplicación de los primeros auxilios, la víctima se debe remitir para asistencia médica. No se deben usar lentes de contacto cuando se trabaje con esta sustancia. Si existen objetos extraños en los ojos, como lentes de contacto, éstos se deben retirar primero antes de efectuar cualquier procedimiento de primeros auxilios teniendo cuidado de no causar lesiones adicionales<sup>(6,11)</sup>.

##### 4.23.5.1.2 Exposición en la Piel

La persona afectada se debe retirar de la fuente de exposición lo más rápidamente posible. Si Tetracloroetileno entra en contacto con la piel, el área afectada se debe lavar de forma rápida usando agua y jabón. Si la exposición implica el traspaso de esta sustancia a través de la ropa, ésta se debe retirar inmediatamente y la piel afectada se debe lavar con agua y jabón. Si existe irritación de la piel luego de la exposición, la víctima se debe remitir por asistencia médica en el menor tiempo posible<sup>(11)</sup>.

##### 4.23.5.1.3 Inhalación

La persona afectada se debe retirar de la exposición y se debe llevar a un área con aire fresco. Si la víctima ha dejado

de respirar, se deben administrar procedimientos de respiración artificial hasta su recuperación o hasta la llegada de personal calificado de atención. La persona afectada se debe mantener en reposo y caliente. Si la víctima está respirando con mucho esfuerzo y en el lugar de la emergencia existen medios para la administración de Oxígeno de un respirador, este procedimiento se debe realizar hasta la llegada del personal de atención especializado <sup>(11)</sup>.

#### 4.23.5.1.4 Ingestión

Una persona que haya ingerido Tetracloroetileno se debe remitir para asistencia médica de forma inmediata. No se debe inducir el vómito en la persona afectada. La víctima debe ingerir gran cantidad de agua y, si está disponible en el lugar del accidente, una suspensión de entre 60 y 90 gramos de carbón activado en 2 tazas de agua para una persona adulta y entre 25 y 50 gramos de carbón activado en 1 taza de agua para niños <sup>(6, 11)</sup>.

#### 4.23.5.1.5 Rescate

La persona afectada se debe retirar de la zona de peligro. Para mejor desempeño en momentos de emergencia, se deben aprender los procedimientos de emergencia de la instalación y conocer la ubicación del equipo de rescate antes que se presente la necesidad.

#### 4.23.5.2 INCENDIOS

Esta no es una sustancia inflamable o explosiva. Si esta sustancia se ve envuelta en incendios, el personal de atención debe portar máscaras de respiración autocontenida debido a la liberación de gases tóxicos que se puede presentar <sup>(11)</sup>.

#### 4.23.5.3 PROCEDIMIENTOS EN CASO DE DERRAMES O FUGAS <sup>(11)</sup>

Si esta Tetracloroetileno se derrama o escapa, se deben efectuar los siguientes procedimientos:

- Ventilar el área de derrame o de fuga.
- Recolectar el material derramado con arena seca o aserrín para su posterior disposición.

Las personas que no porten equipo de seguridad se debe retirar de la zona de fuga o derrame hasta que se hayan completado los procedimientos de limpieza.

#### 4.23.6 NIVELES PERMISIBLES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL

**TLV (TWA; 8 horas; ACGIH):** 25 ppm; 170 mg/m<sup>3</sup> (1995) <sup>(5, 10)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria general):** 100 ppm; 670 mg/m<sup>3</sup> (1993) <sup>(5, 10)</sup>

**PEL (TWA; 8 horas; OSHA para la industria de la construcción):** 100 ppm; 670 mg/m<sup>3</sup> (1993) <sup>(5, 10)</sup>

**IDLH (NIOSH):** 150 ppm; 1020 mg/m<sup>3</sup> (1994) <sup>(10)</sup>

**STEL (TWA; 15 minutos; ACGIH):** 100 ppm; 670 mg/m<sup>3</sup> (1995) <sup>(10)</sup>

**TLV:** Threshold Limit Value (Valor Límite Umbral).

**PEL:** Permissible Exposure Limit (Límite Permissible de Exposición).

**IDLH:** Immediately Dangerous to Life and Health (Peligroso Inmediatamente para la vida y la Salud).

**STEL:** Short Time Exposure Limit (Límite de Exposición en Periodos Cortos)

#### 4.23.7 EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL <sup>(11)</sup>

- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar ropa impermeable, guantes, escudos faciales y otros materiales de protección apropiados necesarios para prevenir contacto con la piel prolongado o repetido con Tetracloroetileno líquido.
- La ropa no impermeable que se contamine Tetracloroetileno líquido se debe retirar rápidamente y no se debe volver a usar hasta que se retire de ella el Tetracloroetileno.

C<sub>2</sub>Cl<sub>4</sub>

Tetracloroetileno

- La ropa que se humedezca con Tetracloroetileno se debe ubicar en contenedores cerrados hasta que se vaya a realizar su descontaminación. La persona que deba lavar o limpiar la ropa contaminada debe estar informada acerca de los peligros presentes por la exposición a Tetracloroetileno.
- Los empleados deben estar provistos y obligados a usar gafas de seguridad a prueba de salpicaduras donde exista la posibilidad que Tetracloroetileno líquido entre en contacto con los ojos.
- Donde exista alguna posibilidad de que Tetracloroetileno líquido entre en contacto con los ojos de los trabajadores, se debe proveer una ducha lava ojos en las cercanías inmediatas al área de trabajo.

#### 4.23.7.1 PROTECCIÓN RESPIRATORIA <sup>(11)</sup>

Se deben usar respiradores (máscaras de respiración) cuando las prácticas de control de ingeniería y de operación no son técnicamente alcanzables, cuando tales controles están en proceso de instalación o cuando fallan y necesitan ser reemplazados. Los equipos de respiración pueden ser también usados para operaciones donde se requiere ingresar en tanques o recipientes cerrados y en situaciones de emergencia. En adición al uso de respiradores y equipos de respiración, se debe instituir un programa completo de seguridad respiratoria que debe incluir entrenamiento, mantenimiento, inspección, limpieza y evaluación.

**Tabla 70. Protección respiratoria mínima para Tetracloroetileno en el aire**

Condición	Protección Respiratoria Mínima Arriba de 100 ppm (OSHA)
Concentración de vapores de hasta 500 ppm	Cualquier respirador con cartucho químico con pieza facial completa y cartuchos para vapores orgánicos. Una máscara de gases de tipo mentón o con cilindro para vapores orgánicos frontal o posterior. Cualquier respirador con suministro de aire con pieza facial completa, yelmo o capucha Cualquier dispositivo de respiración autocontenido con pieza facial completa para todo el rostro.
Concentración mayor a 500 ppm o concentraciones desconocidas	Dispositivo de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva. Una combinación de respirador que incluya un respirador de suministro de aire con pieza facial completa operado en demanda de presión o cualquier otro modo de presión positiva o flujo continuo y un dispositivo de respiración autocontenido operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva.
Lucha contra el fuego	Dispositivo de respiración autocontenido con pieza facial completa operado en demanda de presión u otro modo de presión positiva
Evacuación	Cualquier máscara de gases que provea protección contra vapores orgánicos Cualquier dispositivo de respiración autocontenido para evacuación.

Tomado de "OSHA; Occupational Health Guideline for Tetracloroethylene" (11)

#### 4.23.8 CONDICIONES PARA MANEJO Y ALMACENAMIENTO SEGURO ORIENTADAS A DISMINUIR EL RIESGO A LA SALUD HUMANA

Antes de trabajar con Tetracloroetileno, el personal implicado en su manipulación se debe entrenar en su manejo y almacenamiento. Además debe estar entrenado en el uso del equipo de protección personal.

##### 4.23.8.1 FRASES DE SEGURIDAD <sup>(9)</sup>

**S2:** Manténgase fuera del alcance de los niños

**S23:** No respirar los gases/humos/vapores/aerosoles (denominación adecuada a especificar por el fabricante)

**S62:** En caso de ingestión no provocar el vómito: acúdase inmediatamente al médico y muéstrelle el envase

**S36/37:** Usense indumentaria y guantes de protección adecuados

#### 4.23.8.2 ALMACENAMIENTO

Sustancias como etanos y etenos Clorados deben ser analizados cuidadosamente antes de su almacenamiento en búsqueda de agua, Acidos libres y cantidad adecuada de agentes estabilizantes ya que su descomposición provoca corrosión excesiva en tanques de almacenamiento metálico donde se confine por largos periodos de tiempo <sup>(1)</sup>. Se debe tener cuidado en el almacenamiento de esta sustancia en recipientes plásticos o con recubrimientos orgánicos ya que esta sustancia es un solvente muy fuerte que puede atacar este tipo de materiales <sup>(1)</sup>.

El área de almacenamiento de Tetracloroetileno debe estar muy bien ventilada con especial atención a las áreas cercanas al piso, debe ser un lugar fresco, separado del lugar de almacenamiento de las sustancias que constituyen sus incompatibilidades y protegido contra la acción de los rayos solares directos.

#### 4.23.9 USOS, GENERACIÓN Y CONTROLES <sup>(11)</sup>

**Tabla 71. Usos, generación y control de emisiones de Tetracloroetileno**

Uso / Generación	Control
Usado como solvente de lavado en seco; como agente desengrasante y de limpieza en metales; en desengrase con vapor de partes metálicas.	Ventilación local del proceso; ventilación de dilución general; equipo de protección personal.
Usado como químico intermedio en la producción de fluorocarbonados, pesticidas y ácido tricloroacético.	Ventilación local del proceso; ventilación de dilución general; equipo de protección personal.
Usado en la limpieza industrial de telas y textiles en general.	Ventilación local del proceso; ventilación de dilución general; equipo de protección personal.
Usado como solvente en la industria del caucho, textiles, impresión, jabones y como removedor de pinturas.	Ventilación local del proceso; ventilación de dilución general; equipo de protección personal.
Usado como agente de extracción de aceites minerales y vegetales y como fungicida.	Ventilación local del proceso; ventilación de dilución general; equipo de protección personal.

#### 4.23.10 COMPORTAMIENTO EN EL AMBIENTE

Por lo general y gracias a su alta volatilidad, los escapes de Tetracloroetileno al medio ambiente se dirigen casi de forma exclusiva a la atmósfera. La fuente primordial de liberación la constituye, más que sus procesos de producción, sus usos, en donde se requiere que se volatilice junto con impurezas en procesos de limpieza en seco de partes metálicas y de lavado de textiles <sup>(4)</sup>.

Puede entrar al suelo o al agua durante su disposición junto con material de desecho o cuando se producen fugas en tanques de almacenamiento subterráneos y también por causa de fenómenos de deposición húmeda desde la atmósfera <sup>(4)</sup>.

##### 4.23.10.1 AIRE

El proceso de transformación dominante para el Tetracloroetileno en la atmósfera es una reacción con radicales hidroxilo generados fotoquímicamente. Su vida media por acción de esta ruta se ha calculado entre 70 y 250 días. Estas reacciones son dependientes de la temperatura y por tal motivo en los meses más cálidos los periodos de degradación pueden ser menores. Los productos generados por esta vía incluyen fosgeno, Cloruros de Cloroacetilo, Acido Fórmico, monóxido de Carbono, Tetracloruro de Carbono y Acido Clorhídrico <sup>(3, 5, 7)</sup>.

La larga vida media que presenta el Tetracloroetileno en el aire hace pensar que existe para él un transporte global de gran escala. Datos de estudios enfocados en esta materia demuestran la presencia de Tetracloroetileno en áreas remotas, lejos de cualquier fuente de producción o manejo humano <sup>(4,5)</sup>.

El Tetracloroetileno atmosférico puede sufrir procesos de deposición húmeda pero no de deposición seca. La reacción de Tetracloroetileno con ozono en la atmósfera es muy lenta para considerarla como una vía de remoción <sup>(5)</sup>.

El Tetracloroetileno ambiental no alcanza por lo regular niveles muy altos como para considerarse tóxico para la salud de seres humanos, plantas o animales. Las concentraciones de Tetracloroetileno en áreas rurales son por lo general de unas 0,16 ppb, en zonas urbanas de 0,79 ppb y 1,3 ppb para lugares cercanos a fuentes de emisión <sup>(5,7)</sup>.

#### **4.23.10.2 AGUA**

El Tetracloroetileno puede alcanzar lechos de agua por medio de fugas, derrames y vertimientos desde plantas que lo usan en procesos de limpieza, como la de los metales y de las telas y textiles. También puede llegar por acción de la deposición húmeda en la lluvia del Tetracloroetileno atmosférico <sup>(5)</sup>.

La vía de eliminación más rápida del Tetracloroetileno en el agua es la volatilización a la atmósfera; ésta se ve retardada debido a que el Tetracloroetileno es mas denso que el agua y además poco soluble en ella y por tanto tiende a permanecer en el fondo. Otros factores que influyen la velocidad de volatilización del Tetracloroetileno desde el agua incluyen la temperatura ambiente, el movimiento de la masa de agua, la profundidad del lecho acuoso y el movimiento del aire que arrastra la sustancia <sup>(3,5)</sup>.

Otra vía de transformación del Tetracloroetileno en el agua consiste en la degradación microbiana hasta otras sustancias que pueden llegar a tener efectos igualmente nocivos como el Tricloroetileno y pequeñas cantidades de cis y trans Dicloroetileno. Esta se da manera prioritaria en lechos con aguas predominantemente estancadas como en lagos y pozos profundos; en concordancia con este hecho, se ha reportado que la vida media del Tetracloroetileno en ríos es de entre 3 y 30 días mientras que en lagos su valor es diez veces mayor (30 a 300 días) <sup>(3,4,5,7)</sup>.

El Tetracloroetileno no se transforma de manera rápida en medio acuoso natural por causa de reacciones de fotólisis o hidrólisis, las que solo se presentan a temperaturas y pH altos <sup>(5)</sup>.

No existe evidencia que el Tetracloroetileno se acumule en animales acuáticos como peces, almejas y otros pero si se ha detectado su presencia en bajas cantidades en diversos estudios <sup>(4)</sup>.

La concentración en el agua es tan baja que rara vez alcanza los niveles de 1 ppm y por lo general las concentraciones en el agua se encuentran en el orden de 1 ppt (parte por trillón). No obstante las cantidades aumentan en lugares cerca de fuentes de emisión hasta 1500 ppb <sup>(5,7)</sup>.

#### **4.23.10.3 SUELO**

La cantidad relativa de Tetracloroetileno liberada en el suelo solo llega a un 0,07% del total liberado en el medio ambiente. Muchos de los procesos en los que se usa el Tetracloroetileno como solvente involucran su reciclaje por varios métodos; éstos producen lodos contaminados con Tetracloroetileno que son una de las fuentes de liberación en el suelo. Otra de las formas de contaminación del suelo se puede presentar por fenómenos de lixiviación desde lugares de disposición no seguros así como también por el escape desde tanques de almacenamiento subterráneos <sup>(5)</sup>.

La eliminación del Tetracloroetileno del suelo se da en forma principal por acción de la volatilización, donde los factores principales involucrados corresponden a la temperatura ambiente, la velocidad del aire y el tipo de suelo. La velocidad de volatilización del Tetracloroetileno en el suelo es mas baja por lo regular que en el agua teniendo un valor 10 o 100

veces menor. La principal razón para este comportamiento se relaciona con fenómenos de adsorción y afinidad por diferentes sustratos presentes en el suelo <sup>(5)</sup>.

La biodegradación del Tetracloroetileno en el suelo solo ocurre bajo condiciones específicas y solo se lleva a cabo hasta un porcentaje definido. La principal limitante corresponde a la presencia de bacterias anaeróbicas apropiadas ya que de otro modo, el Tetracloroetileno inhibe por algún tiempo la actividad bacteriana. La descomposición bacteriana del Tetracloroetileno en el suelo genera principalmente Tricloroetileno <sup>(5)</sup>.

Se han reportado contenidos de Tetracloroetileno en diferentes suelos del orden de hasta 6 ppm <sup>(5)</sup>.

#### 4.23.11 ECOTOXICIDAD <sup>(7)</sup>

Toxicidad para Peces

Trucha arcoiris CL<sub>50</sub>, 96 horas: 21,4 mg/l

#### Toxicidad en Algas

*Phaeodactylum tricornutum* EC<sub>50</sub>: 10,5 mg/l

#### Toxicidad en Invertebrados

*Elminius modestus* CL<sub>50</sub>, 48 horas: 3,5 mg/l

#### 4.23.12 LINEAMIENTOS DE GESTIÓN AMBIENTAL PARA SU DISPOSICION

Una posibilidad para el tratamiento de residuos que contienen Tetracloroetileno consiste en la retención sobre algún material absorbente como arena seca o carbón activado para luego efectuar su disposición en un relleno de seguridad apropiado y abalado por el gobierno local. Otra posibilidad consiste en la incineración a temperaturas mayores de 450 °C previa mezcla con un combustible como gasolina. En éste último la combustión debe ser completa para evitar la formación de fosgeno y se debe instalar una torre de absorción de gases para retirar el Acido Clorhídrico que se forma en el proceso <sup>(5)</sup>.



Tetracloroetileno

#### 4.23.13 BIBLIOGRAFÍA

1. Editores: Elvers B; Hawkins S. y otros; Ullman 's Encyclopedia of Industrial Chemistry; Volumen 6; Quinta edición completamente revisada; Editorial VCH; New York, U.S.A.; 1989.
2. Environmental Protection Agency (EPA). List of IRIS Substances, Tetrachloroethylene [en línea]. Enero de 1987, última revisión Marzo de 1988 [citado Julio 28 de 2003]. Disponible en <http://www.epa.gov/iris/subst/0106.htm>.
3. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. ToxFAQ 's for Tetrachloroethylene (PERC) [en línea]. Septiembre de 1997 [citado Julio 28 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/tfacts18.html>
4. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Public Health Statement for Tetrachloroethylene [en línea]. Septiembre de 1997 [citado Julio 28 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/phs18.html>
5. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Toxicological Profile for Tetrachloroethylene [en línea]. Septiembre de 1997 [citado Julio 28 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/toxprofiles/tp18.html>
6. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. Medical Management Guidelines for Tetrachloroethylene [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualización Julio 30 de 2003 [citado Julio 28 de 2003]. Disponible en <http://www.atsdr.cdc.gov/MHMI/mmg18.html>

7. Organización Mundial de la Salud. *Environmental Health Criteria 31, Tetrachloroethylene* [en línea]. 1984 [citado Julio 28 de 2003].
8. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *International Chemical Safety Cards, Tetrachloroethylene* [en línea]. Abril de 2000 [citado Julio 28 de 2003]. Disponible en [http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/\\_icsc00/icsc0076.htm](http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/icsc/dtasht/_icsc00/icsc0076.htm)
9. Organización Internacional del Trabajo (OIT). *Chemical Safety Training Modules, Annex 4. List of Classified Chemicals* [en línea]. Fecha de publicación desconocida, actualizado Septiembre de 1999 [citado Mayo 15 de 2003]. Disponible en <http://www.ilo.org/public/english/protection/safework/cis/products/safetytm/clasann4.htm>
10. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). *Sampling Information, Perchloroethylene* [en línea]. Fecha de publicación desconocida [citado Julio 28 de 2003]. Disponible en [http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH\\_260500.html](http://www.osha.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_260500.html)
11. Occupational Safety & Health Administration (OSHA). *Occupational Health Guideline for Tetrachloroethylene* [en línea]. 1978 [citado Julio 28 de 2003]. Disponible en <http://www.cdc.gov/niosh/pdfs/0599.pdf>
12. Mallinckrod, Baker Inc. *Material Safety Data Sheet, Tetrachloroethylene* [en línea]. Mayo de 2003 [citado Agosto 4 de 2003]. Disponible en <http://www.jtbaker.com/msds/englishhtml/T0767.htm>

Tetracloroetileno