

# RESIDUOS PELIGROSOS



**SERIE**  
**Fascículos**



**SEGURIDAD**  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA



**CNPC**  
COORDINACIÓN NACIONAL  
DE PROTECCIÓN CIVIL



**CENAPRED**  
CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN  
DE DESASTRES

SECRETARÍA DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN CIUDADANA

Rosa Icela Rodríguez Velázquez  
SECRETARIA DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN CIUDADANA

Laura Velázquez Alzúa  
COORDINADORA NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL

Enrique Guevara Ortiz  
DIRECTOR GENERAL DEL CENTRO NACIONAL  
DE PREVENCIÓN DE DESASTRES (CENAPRED)

1a. edición, 1993  
3a. reimpresión de la primera edición, 1996  
1a. impresión de la segunda edición, 1998  
D.R. Versión Electrónica 2021

© SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA  
Avenida Constituyentes 947, Edificio "B",  
Planta Alta, Colonia Belén de las Flores,  
Álvaro Obregón, C. P. 01110, Ciudad de México  
Teléfono: (55)1103 6000  
www.gob.mx/sspc

© CENTRO NACIONAL DE PREVENCIÓN DE DESASTRES  
Av. Delfín Madrigal Núm. 665, Col. Pedregal de Santo Domingo,  
Coyoacán, C.P. 04360, México, Ciudad de México  
Teléfonos: (55) 54 24 61 00  
Comentarios: editor@cenapred.unam.mx  
www.gob.mx/cenapred

© Autores:  
Dra. Georgina Fernández Villagómez  
M. en I. María Esther Arcos Serrano  
M. en I. Cecilia Izcapa Treviño  
M. en I. Lourdes Montserrat Meza Trejo  
Ing. Luis Soria Puente  
M. en I. Rubén Daría Rivera Balboa  
M. en I. Carmen del Pilar Tello Espinoza

Edición Responsable:  
Lic. Ricardo Cícero Betancourt

Subdirección Editorial:  
Violeta Ramos Radilla  
Ana Lilia Espitia Sánchez

Derechos reservados conforme a la ley.  
Impreso en México.Printed in Mexico

Distribución Nacional e Internacional:  
Centro Nacional de Prevención de Desastres

EL CONTENIDO DE ESTE DOCUMENTO ES  
EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL AUTOR



Fotografía: Archivo del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS), Colombia  
Revista Internacional de Ciencias de la Tierra.  
[http://www.e-geoconsulting.com/mapping/index.php?option=com\\_content&view=article&id=1564:ministerio-de-ambiente-y-desarrollo-sostenible-establece-plan-para-eliminar-residuos-peligrosos-de-p&catid=37:colombia&Itemid=85](http://www.e-geoconsulting.com/mapping/index.php?option=com_content&view=article&id=1564:ministerio-de-ambiente-y-desarrollo-sostenible-establece-plan-para-eliminar-residuos-peligrosos-de-p&catid=37:colombia&Itemid=85)

CONTENIDO

|                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------|----|
| Introducción                                                     | 1  |
| Panorama General del Manejo de los Residuos Peligrosos en México | 2  |
| Contaminación de Cuerpos Acuíferos                               | 6  |
| Contaminación Marina por Materiales y Residuos Peligrosos        | 10 |
| Contaminación del Suelo                                          | 14 |
| Manejo de los Aceites Gastados en México                         | 19 |
| Envase y Embalaje de Residuos Peligrosos                         | 26 |
| Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos                   | 29 |
| Bibliografía                                                     | 36 |

# INTRODUCCIÓN



Este fascículo, se elaboró con objeto de presentar un panorama general del manejo de los residuos peligrosos, donde se incluye su efecto en los diferentes medios (agua, suelo y aire), que se manifiesta a través de la contaminación de los mismos.

En primer término se analiza la situación que presentan actualmente estas sustancias a nivel nacional, el resto del documento se estructuró considerando las repercusiones que tienen en los diferentes medios. Los residuos peligrosos y su impacto a la salud, es por esto que se desarrollan los temas denominados: contaminación de cuerpos acuáticos; contaminación marina por materiales y residuos peligrosos; y contaminación del suelo.

Posteriormente se incluye el caso de los aceites usados, como un ejemplo de una sustancia con características muy particulares y la forma en que se realiza actualmente su manejo. La importancia de este residuo está sustentada en que ocupa un lugar muy importante en cuanto a su generación en volumen en nuestro país.

Por otra parte, y debido a que el manejo adecuado de los residuos peligrosos incluye todas las etapas inherente a éste, desde su generación hasta su disposición final, se integraron en el fascículo los avances logrados en: envase y embalaje de residuos peligrosos y transporte de materiales y residuos peligrosos.

Cabe destacar, que en este último rubro se está elaborando la normatividad correspondiente y el área de Riesgos Químicos del CENAPRED ha participado activamente proporcionando el apoyo técnico respectivo.

El tema de los residuos peligrosos es muy amplio y debido a su gran diversidad, en futuros fascículos y publicaciones de este Centro, se irán abordando otros aspectos relacionados con esta temática.

Con la finalidad de enriquecer el contenido de nuestras publicaciones, el Centro Nacional de Prevención de Desastres agradecerá el envío de sus opiniones y comentarios a:

Av. Delfín Madrigal N° 665, col. Pedregal de Santo Domingo, Delegación Coyoacán, México, D.F., C.P. 04360.



# PANORAMA GENERAL DEL MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO

Con la finalidad de cubrir las necesidades de consumo de la creciente población en nuestro país, diariamente se requiere incrementar la producción de artículos, algunos de ellos de primera necesidad como son alimentos y medicamentos o de otro tipo tales como productos para la higiene corporal, de limpieza, agroquímicos, etc. Durante los procesos de producción de estos bienes de consumo se generan residuos, algunos de ellos peligrosos que son los principales agentes causales de la contaminación en los diferentes medios como son el agua, el aire y el suelo.

Al respecto, la legislación mexicana a través de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, define en su Artículo Primero a los Residuos como *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. Además, establece que los residuos peligrosos son: Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, tóxicas, venenosas, reactivas, explosivas, inflamables, biológicas infecciosas o irritantes, representan un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente* (LGEEPA, 1994).

Actualmente se conocen más de 8 millones de productos químicos, de los cuales aproximadamente 700,000 son de uso común, donde se incluyen a los productos farmacéuticos y plaguicidas, llegando anualmente al mercado 1,000 nuevos productos químicos. En cuanto a los residuos peligrosos, se generan entre 300 y 400 millones de toneladas anuales a nivel mundial (PNUMA, 1990).

A la fecha no se cuenta con un inventario de residuos peligrosos en México; sin embargo, el Instituto Nacional de Ecología (INE) ha estimado una generación anual de 8 millones de toneladas de residuos peligrosos (líquidos y sólidos) a nivel nacional sin incluir los jales mineros. En el cuadro 1, se presenta la composición porcentual estimada de los residuos peligrosos generados con mayor frecuencia:



**CUADRO 1.- LOS RESIDUOS PELIGROSOS QUE SE GENERAN CON MAYOR FRECUENCIA**

| RESIDUOS               | PORCENTAJE (%) |
|------------------------|----------------|
| Disolventes            | 36.2           |
| Aceites y grasas       | 12.89          |
| Pinturas y barnices    | 7.71           |
| Soldaduras             | 5.63           |
| Resinas                | 4.45           |
| Ácidos y bases         | 2.72           |
| Derivados del petróleo | 2.46           |
| Metales pesados        | 2.01           |
| Adhesivos              | 1.69           |
| Freón                  | 1.15           |
| Lodos                  | 1.15           |
| Silicón                | 0.54           |
| Tintas                 | 0.35           |
| Plásticos              | 0.26           |
| Otros                  | 20.79          |

Fuente: Programa para la minimización y manejo integral de residuos industriales peligrosos en México 1996-2000.

En cuanto a la distribución de los residuos peligrosos por sector industrial, el INE señala que las principales industrias generadoras son la química básica, secundaria y petroquímica. La clasificación por rama industrial y sus aportaciones de residuos peligrosos al total nacional se muestra en el cuadro 2.

Además, se tiene la generación de residuos provenientes de la explotación minera que se estima entre 110 y 180 millones de toneladas anuales, algunos con características peligrosas debido a su alto contenido de metales pesados. El manejo de estos residuos está contemplado en el artículo 27, fracción IV de la Ley Minera vigente.

Otra fuente generadora de residuos es la industria petrolera que en sus procesos de refinación y petroquímica genera anualmente 1.7 millones de toneladas de éstos, considerándose peligrosos el 13% del total. Los residuos que se reciclan representan sólo el 0.1% y se estima que pueden ser reutilizados el 11% (Godinez, 1994).

Por otra parte, la infraestructura existente en el país para controlar adecuadamente los residuos peligrosos que se generan a nivel nacional equivale al 12% del volumen total estimado.

**CUADRO 2.- GENERACIÓN ESTIMADA DE RESIDUOS PELIGROSOS POR RAMA INDUSTRIAL (Aproximadamente 8 000 000 ton/año)**

| RAMA INDUSTRIAL         | PORCENTAJE (%) |
|-------------------------|----------------|
| Química básica          | 21.8           |
| Petroquímica            | 10.8           |
| Metales básicos         | 10.0           |
| Metal-mecánica          | 10.0           |
| Química secundaria      | 8.2            |
| Electrónica y eléctrica | 8.2            |
| Alimentos               | 5.5            |
| Minerales no metálicos  | 4.8            |
| Cueros y pieles         | 4.6            |
| Papel y celulosa        | 4.2            |
| Textil                  | 4.2            |
| Automotriz              | 3.6            |
| Plástico                | 1.6            |
| Caucho y goma           | 1.3            |
| Farmacéutica            | 1.2            |

Fuente: Programa para la Minimización y Manejo Integral de Residuos Industriales Peligrosos en México 1996-2000  
INE/SEMARNAP/1996

Las actividades desarrolladas actualmente para el control de los residuos peligrosos son (INE/SEMARNAP, 1996):

- ❑ Confinamientos
- ❑ Reciclaje de solventes
- ❑ Reciclaje de aceites
- ❑ Reciclaje energético de residuos combustibles
- ❑ Exportación de aceites contaminados con BPC
- ❑ Reciclaje de residuos con elementos metálicos

El Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) menciona que, "ante la desproporción que existe entre los volúmenes generados de residuos peligrosos y la infraestructura para el tratamiento de los mismos, la industria tiene dos alternativas: almacenar los residuos transitoriamente dentro de sus instalaciones o deshacerse clandestinamente de ellos, mezclándolos con basura municipal o depositándolos en drenajes municipales o cuerpos de agua" (INEGI, 1994).

Por lo anterior, según el INE la última opción es la predominante, ya que cerca del 90% de los residuos peligrosos adoptan estados líquidos, acuosos o

semilíquidos cuyo impacto ambiental aún no ha sido documentado (INEGI, 1994).

Cabe señalar que en la frontera con los Estados Unidos de Norteamérica se han identificado alrededor de 1,673 empresas generadoras de residuos peligrosos, de las cuales 1,408 son industrias maquiladoras y el resto son nacionales. Además, se estima que dichas maquiladoras generan aproximadamente 62,000 toneladas anuales de residuos peligrosos, de éstas se envían a Estados Unidos de Norteamérica el equivalente a 32,707 ton/año y 10,932 ton/año se disponen en México. También se sabe que el 65% de empresas generadoras no manifiestan el lugar de disposición final de sus residuos lo que corresponde a alrededor de 16,504 ton/año (SEDESOL, 1994).

Por otra parte según datos de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA por sus siglas en inglés), las exportaciones de residuos tóxicos para su reciclaje en México se incrementaron 700% de 1987 a 1992, al pasar de 10,710 a 72,178 toneladas. En 1992 y 1993 el monto representó casi 50% de los residuos exportados por los Estados Unidos (INEGI, 1994).

Lo citado anteriormente se realiza a pesar de que México es firmante del Convenio de Basilea, el cual regula el movimiento transfronterizo de residuos peligrosos. Este convenio prohíbe la

exportación de residuos peligrosos para disposición final, pero lo permite con muchas regulaciones en la recuperación de materiales secundarios o para reciclaje (INEGI, 1994), lo que ayuda a que estos residuos ingresen "legalmente" para su reciclamiento y después sean abandonados en México sin encontrar sitios adecuados para su disposición final.

En cuanto a la generación y manejo de los residuos peligrosos a nivel internacional se puede citar el caso de los Estados Unidos de Norteamérica. Tomando en cuenta sólo la contribución de residuos domésticos, se estima que se generan 300,000 toneladas anuales de residuos peligrosos, los cuales se descargan al drenaje o a los rellenos sanitarios sin verificar la clase de sustancia de que se trata (World Resources Institute, 1992). Estos datos se pueden tomar como referencia para ubicar el nivel de generación de los residuos en nuestro país, pero se debe considerar la diferencia en los patrones de consumo de cada país, los factores económicos, grado de industrialización, etc.

Para la estimación del volumen generado de residuos peligrosos se deben considerar además las contribuciones industriales, para ello USEPA, con el objeto de tener la información de las descargas de residuos, desde 1986 solicita un reporte a las industrias de la cantidad de residuos liberados por ellas en cada uno

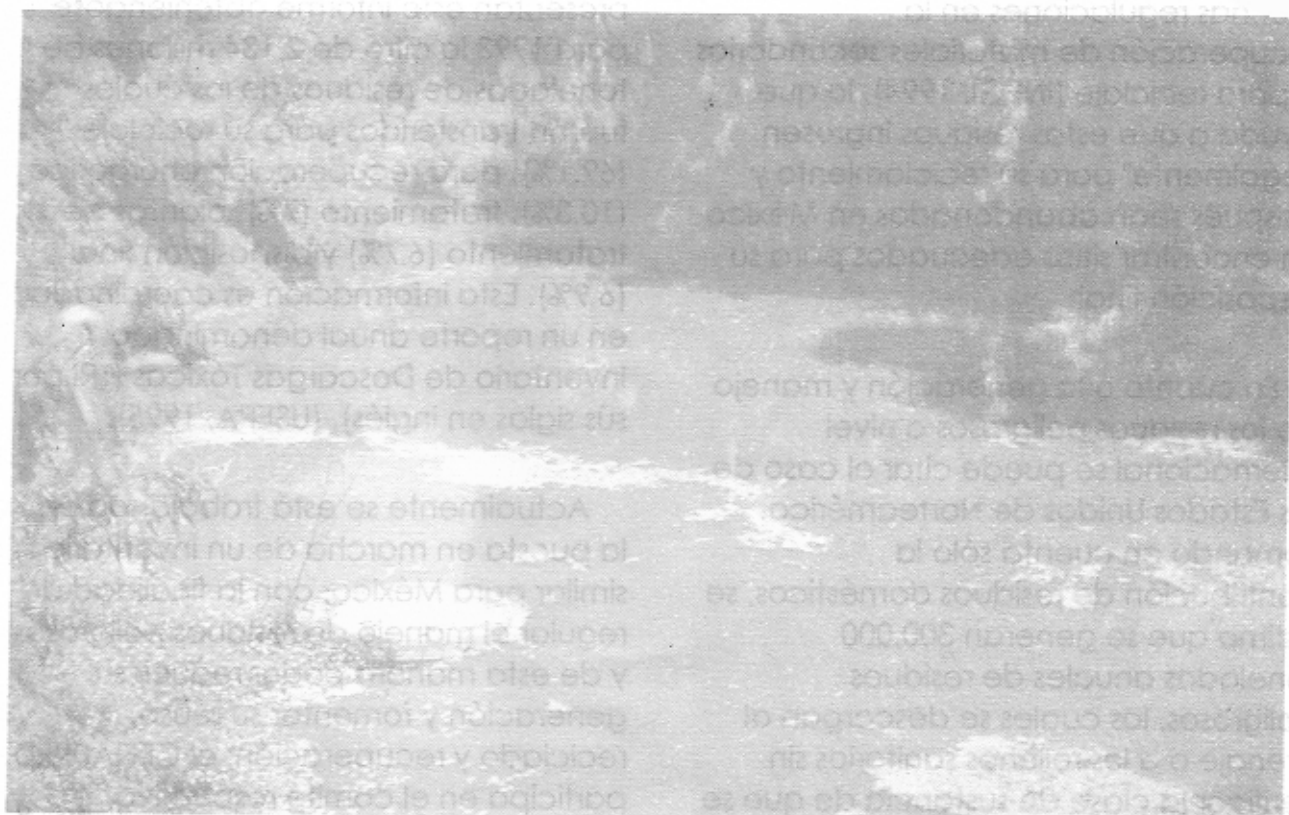
de los medio (agua, aire y suelo). Más de 23,000 instalaciones industriales presentan este informe obteniéndose para 1993 la cifra de 2,134 millones de toneladas de residuos de los cuales fueron transferidos para su reciclaje (69.1%), para recuperación energética (10.3%), tratamiento (7%), plantas de tratamiento (6.7%) y disposición final (6.9%). Esta información es coordinada en un reporte anual denominado Inventario de Descargas Tóxicas (TRI por sus siglas en inglés), (USEPA, 1995).

Actualmente se está trabajando en la puesta en marcha de un inventario similar para México, con la finalidad de regular el manejo de residuos peligrosos y de esta manera poder reducir su generación y fomentar su reuso, reciclado y recuperación; el CENAPRED participa en el comité respectivo coordinado por el INE, dicho inventario servirá para tener una visión real de la situación en México y ayudar en la toma de decisiones para emprender acciones al respecto.

Actualmente, se ha elaborado la Propuesta Ejecutiva Nacional del Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) de septiembre de 1996, y se llevó a cabo un estudio de caso en Querétaro.



# CONTAMINACIÓN DE CUERPOS ACUÁTICOS



Históricamente los asentamientos humanos se llevaron a cabo en las márgenes de los ríos, arroyos o cerca de cualquier tipo de corriente de agua, con el fin de satisfacer sus necesidades más elementales de ese líquido (para beber, preparar alimentos, aseo en general, etc). Posteriormente con la revolución industrial y la explosión demográfica, la demanda de agua potable de buena calidad aumenta y al mismo tiempo las ciudades e industrias se ven en la necesidad de retornar sus aguas residuales a la fuente de suministro común de agua.

De esta forma se plantea una curiosa paradoja del agua; es un recurso y al mismo tiempo un vehículo o receptáculo de desechos. Sin embargo, no existe contradicción entre estas dos funciones, debido a que el líquido está dotado de un poder autopurificante; cuanto más mezclada está el agua se producen más bacterias capaces de eliminar la materia orgánica que se le adicione. Pero este poder reductor no es infinito, ni se ejerce sobre los residuos químicos característicos del siglo XX y la práctica de vertido de residuos es desastrosa, tan pronto se rebasan los límites de la autodepuración (Bethemont, 1980).

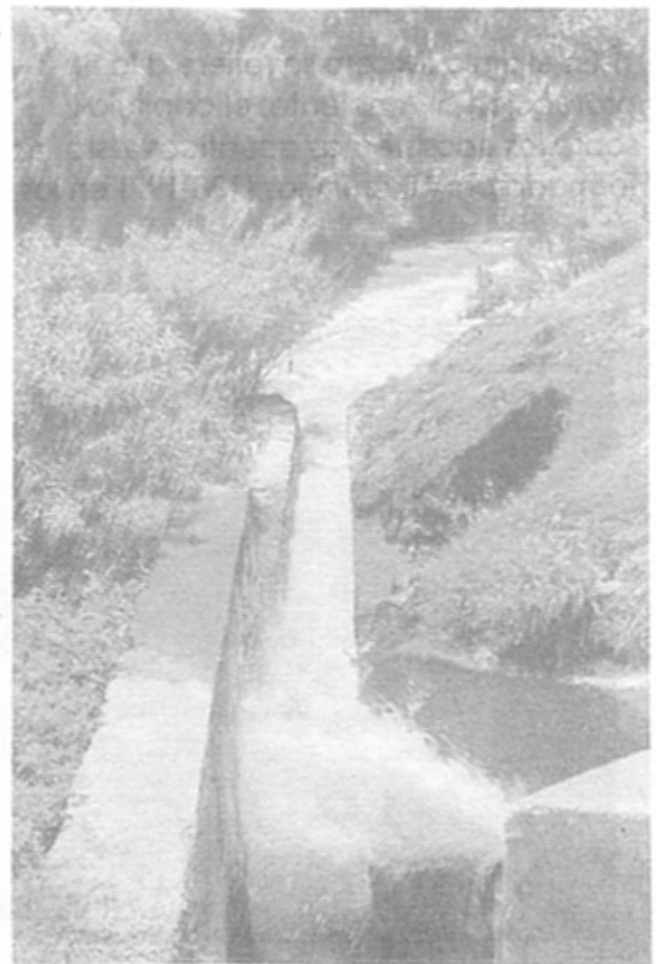


Hoy en día la contaminación de los cuerpos acuáticos es un problema que debe tomarse en cuenta, debido a que la calidad del agua está en función de su utilización, y se define por un determinado número de parámetros cualitativos y cuantitativos.

En México se cuenta con volúmenes de agua suficientes para satisfacer las demandas de abastecimiento de todos los sectores, pero el creciente deterioro en la calidad del recurso hidráulico, debido a la contaminación por descargas de aguas residuales sin tratar, limita sus posibilidades e incrementa sustancialmente el riesgo de afectar la salud pública y el ambiente. Tal es el caso de las

epidemias gastrointestinales, ya que en las aguas contaminadas los microorganismos encuentran un medio propicio para su desarrollo. También se encuentran residuos peligrosos procedentes de las descargas industriales, y plaguicidas y fertilizantes provenientes de las aguas de escurrimiento agrícola.

Actualmente 20 cuencas hidrológicas tienen grandes problemas de eutroficación (CNA 1993), lo cual indica el desequilibrio ecológico de los cuerpos de agua y por ende, la producción de especies acuáticas comerciales se abate como efecto de



las condiciones adversas, por ejemplo, baja concentración de oxígeno disuelto, alta concentración de sólidos suspendidos, potencial de hidrógeno alto o bajo, escasez de alimento, falta de penetración de luz solar al cuerpo acuático, etc.

La Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca emite las reformas a la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente en diciembre de 1996. Esta ley se refiere a la preservación y restauración del equilibrio ecológico, así como la protección del ambiente en el territorio nacional y las zonas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción.

En el título tercero se refiere a la protección al Ambiente; el capítulo I sobre los ecosistemas acuáticos, está formado por 10 artículos (188-197) en los

cuales se presentan los criterios que se deben seguir para el control de la contaminación de los cuerpos de agua por descargas residuales industriales, por medio de las Normas Oficiales Mexicanas, a las que estarán sujetas dichas descargas para verter sus aguas ya tratadas a los diferentes cuerpos acuáticos.

Sin embargo, no ha sido suficiente dicha reglamentación, ya que hasta la fecha los cuerpos acuáticos se siguen contaminando y la calidad del agua continúa decreciendo en forma acelerada, aumentando los riesgos a la salud, ya que en el agua se encuentran presentes sustancias tóxicas y gran cantidad de microorganismos patógenos. Por consiguiente, es necesario realizar un estudio completo de impacto ambiental para conocer con precisión el grado de deterioro

ambiental en los diferentes sistemas acuáticos y proponer algunas alternativas de soluciones viables. Para esto y debido a lo complejo que suelen ser los problemas ambientales es necesaria la formación de un grupo interdisciplinario.





En el cuadro 3 se muestran algunos ejemplos de cuerpos receptores contaminados que se han publicado en los diferentes medios de difusión, así como los efectos al medio y las causas de la contaminación.

**CUADRO 3.- CONTAMINACIÓN DE CUERPOS RECEPTORES**

| ESTADO O CIUDAD | SISTEMA ACUÁTICO                  | CAUSAS DE CONTAMINACIÓN                 | EFFECTOS AL MEDIO                                   |
|-----------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------|
| Mazatlán        | Estero                            | Descargas industriales y residuales     | No pescar, peces contaminados                       |
| Tlaxcala        | Río Zahuapán                      | Descargas Industriales                  | Contaminado                                         |
| Villahermosa    | Laguna Mecoacán                   | Hidrocarburos                           | 10,000 ton. de ostión muerto                        |
| Querétaro       | Presa Santa Catarina              | Detergentes y cloro                     | 1 ton. de tilapias muertas                          |
| Querétaro       | Presa Paso de Tablas              | Descargas industriales y residuales     | 40 ton. de peces muertos                            |
| Veracruz        | Ríos Blanco y Papaloapan          | Descargas industriales                  | Contaminados                                        |
| Cd. Juárez      | Río Bravo                         | Descargas industriales y BPC* (500 ppm) | No pescar, peces contaminados                       |
| Hidalgo         | Presa Mamithí                     | Textil y rastros                        | 80 ton. de peces muertos                            |
| Hidalgo         | Presa Mamithí                     | Líquidos de transformadores             | 50 ton. de peces muertos                            |
| Tlaxcala        | Presa Atlangatepec                | Descargas industriales                  | Contaminada                                         |
| Zihuatanejo     | Bahía de Zihuatanejo              | Descargas municipales                   | Muy contaminada                                     |
| Cuernavaca      | Lagunas de Tequesquitengo         | Descargas municipales                   | Producción baja                                     |
| Aguascalientes  | Presa Niágara y Cedazo            | Descargas municipales                   | Mueren cientos de peces                             |
| Jalisco         | Lago de Chapala                   | Descargas municipales                   | Contaminado                                         |
| Jalisco         | Río Santiago                      | Descargas industriales                  | Contaminado                                         |
| Coatzacoalcos   | Estero Monzapán                   | Descargas industriales                  | Mueren cientos de organismos de diferentes especies |
| Veracruz        | Río Cotaxtla                      | Petroquímica e industria azucarera      | Miles de mojarraas muertas                          |
| Colima          | Laguna de Coyutlán                | PEMEX                                   | Mueren peces                                        |
| Morelos         | Ríos Yautepec, Apatlaco y Cuautla | Descargas industriales                  | Contaminado                                         |
| Culiacán        | Río Culiacán                      | Descargas industriales                  | Contaminado                                         |
| Toluca          | Río Lerma                         | Descargas industriales                  | "Río muerto"                                        |
| Temoac          | Río Amatzinac                     | Tenería y granjas                       | Contaminado                                         |
| Salina Cruz     | Playa Salinas del Marqués         | Petróleo                                | Peces y ostiones contaminados                       |

\* Bifenilos Policlorados

Fuente: Arcos, M.E. y G. Fernández 1995

Como se puede observar son varios estados los que tienen sistema acuáticos contaminados, lo que implica riesgos a la salud y al equilibrio del ecosistema.

# CONTAMINACIÓN MARINA POR MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS

Los mares y océanos del mundo cubren aproximadamente las tres cuartas partes de la superficie terrestre y contienen alrededor de 1350 millones de kilómetros cúbicos de agua, representando esto más del 97% de toda el agua del planeta. Con estas cifras es fácil pensar en ellos como un vertedero inagotable para los desechos; sin embargo, ésta no es su función.

El grupo de expertos sobre los aspectos científicos de la contaminación marina (GESAMP por sus siglas en inglés) ha determinado que: "Las huellas del hombre se localizan por todas partes en los océanos. Puede observarse contaminación con sustancias químicas y basura de los

polos a los trópicos y de las playas a las profundidades abismales" (Industry and Environment, 1992).

## I. ZONAS DE MAYOR CONTAMINACIÓN

La opinión de la mayoría de los científicos es que los océanos abiertos están contaminados, pero no en la severidad que se presenta en las zonas costeras.

Esto se debe a que estas zonas, generalmente son poco profundas y de bajo oleaje en relación con las áreas alejadas de la playa, en donde se permite mejor el mezclado de los contaminantes.

Las zonas costeras reciben la mayor cantidad de contaminación debido a que la mayoría de ésta se origina en la tierra y llega al mar o cerca de la costa por medio de tres rutas principales: los ríos, los drenajes o bien se deposita por la acción atmosférica (precipitación pluvial).



Estas contribuciones son descargas concentradas de residuos, provenientes de las industrias que tienden a situarse a lo largo de la costa debido a la disponibilidad de la materia prima en esas regiones o a necesidades del transporte.

El cuadro 4 proporciona la estimación relativa de las diferentes actividades humanas a la contaminación marina, en ésta se excluye el flujo natural de los sedimentos y las sustancias disueltas de la tierra que se depositan en el mar.

| CUADRO 4.- ESTIMACIÓN DE LA CONTRIBUCIÓN RELATIVA DE LAS DIFERENTES ACTIVIDADES HUMANAS                                                |            |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| FUENTE                                                                                                                                 | PORCENTAJE |
| Descargas por arrastre de fuentes localizadas en tierra                                                                                | 44%        |
| Atmósfera                                                                                                                              | 33%        |
| Transportación marítima                                                                                                                | 12%        |
| Vertido*                                                                                                                               | 10%        |
| Producción costera                                                                                                                     | 1%         |
| * La mayor parte de este tipo de depósitos es de residuos industriales localizados en áreas lejanas al mar o de sedimentos de dragado. |            |
| Fuente: GESAMP, The State of the Marine Environment, UNEP, Regional Seas Reports and Studies, No. 115, 1990                            |            |

Otra fuente importante de contaminación marina son las emisiones industriales, municipales y agrícolas. Algunas de ellas provienen de los puntos de origen, por ejemplo: descargas de aguas residuales procedentes de las industrias o de los drenajes de zonas habitacionales a los

ríos, pero otras tienen fuentes difusas, por ejemplo: filtraciones de plaguicidas de las tierras agrícolas a los ríos.

Además de los nutrientes y sedimentos, los ríos transportan numerosos tipos de contaminantes, entre ellos se incluyen materia orgánica, compuestos orgánicos, inorgánicos y sintéticos, metales, así como compuestos del petróleo y sus derivados.

## II. MATERIALES DE MAYOR INCIDENCIA

La deposición de los metales en los océanos se ha incrementado significativamente debido a las actividades humanas, entre las que se incluyen los lixiviados de los jales mineros y las descargas al agua de numerosas fuentes industriales y municipales, además de fuentes difusas. Entre los elementos químicos de mayor interés se encuentran: Aluminio, cadmio, cobre, estaño, hierro, mercurio, molibdeno, plomo y zinc.

La descarga directa al mar de residuos y materiales peligrosos a través de tuberías es un problema grave, debido a que los residuos no se diluyen previamente en el ambiente por lo que pueden tener un impacto altamente significativo a nivel local, estas descargas pueden ser de origen municipal o bien industrial.



Los materiales y residuos peligrosos pueden envenenar a los organismos marinos y algunas de sus toxinas tienden a acumularse a través de las cadenas alimenticias. Los organismos con poca o nula movilidad como los mariscos pueden ser particularmente vulnerables a la contaminación.

Entre los metales, el mercurio es especialmente contaminante porque en el ambiente marino la forma inorgánica de este elemento puede convertirse a orgánica, que es más tóxica y se bioacumula a través de la cadena alimenticia.

### **III. IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN**

Se ha observado el impacto de la contaminación en peces y aves, pero también la salud humana ha sido afectada. Esto se presenta a veces por la contaminación de los alimentos

marinos, o bien al estar en contacto directo por inmersión en agua con alto índice de contaminantes.

Considerando todas las rutas de transporte de los contaminantes al ambiente marino, se observa que comparten una característica en común: causan mayor contaminación en las zonas costeras.

La contaminación de las zonas costeras tiene un impacto económico y ecológico de gran importancia, debido a que con excepción de algunas áreas de los océanos abiertos, las aguas costeras son los únicos ambientes marinos con productividad biológica significativa; son el equivalente marino de los bosques de lluvia tropical en la tierra. Además, más de la mitad de la población humana del planeta habita dentro de los 60 kilómetros de las costas y esta proporción se encuentra en aumento.

La humanidad ha considerado desde la antigüedad a las aguas costeras como fuente de alimento, en la actualidad el 95% de los peces capturados provienen de estas regiones, y la mitad de la población de los países en vías de desarrollo depende de ellos para satisfacer más del 30% de su dieta de proteína animal. La contaminación del mar y de los organismos marinos ocasiona daños a la salud y problemas económicos para las comunidades que dependen del mar como fuente alimenticia, de turismo u otros.



#### IV. MEDIDAS PREVENTIVAS

En la actualidad se están realizando esfuerzos para abatir la presencia de ciertas sustancias peligrosas en el mar. En el cuadro 5, se pueden ver las especies químicas que están siendo controladas en Europa, las cuales se pretende sean reducidas en cuanto a su ingreso al mar, en un 50% para 1995.

| CUADRO 5.- MATERIALES CUYOS APORTES SERÁN REDUCIDOS EN UN 50% PRA 1995 CON BASE EN EL AÑO 1985                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Atrazina<br>Arsénico<br>Azinfos Etílico<br>Azinfos Metílico<br>Cadmio<br>Cloroformo<br>Cobre<br>Cromo<br>DDT<br>1,2 Dicloroetano<br>Diclorvos<br>Dioxinas<br>Drins (aldrin, dieldrin, endrin, isodrin)<br>Endosulfán<br>Fenitrotión Fentiión<br>HCH<br>Hexaclorobenceno<br>Hexaclorobutadieno<br>Malatión<br>Mercurio<br>Níquel<br>Paratión<br>Paratión Metílico<br>Pentaclorofenol<br>Plomo<br>Simazina<br>Tetracloroetileno<br>Tetracloruro de Carbono<br>Terbutil Estaño y sus Compuestos<br>Triclorobenceno<br>Tricloroetileno<br>1,1,1 - Triclorometano<br>Trifenil estaño y sus compuestos<br>Trifluralin<br>Zinc |
| Fuentes: Dangerous substances in water: a practical guide<br>environmental data services Ltd., London, 1992                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |

El Programa de Medio Ambiente de Naciones Unidas tiene contemplado a su vez diez Programas Regionales Marinos para la protección de los ecosistemas, México se encuentra, junto con otros 24 países, dentro del Plan de

Acción del Caribe, formando parte de uno de los programas antes mencionados.

Los residuos sólidos también son un asunto de sumo interés, se estima que se depositan en el mar más de 6 millones de toneladas anuales de éstos conteniendo materiales flotantes no biodegradables tales como plásticos, latas, etc. (ver cuadro 6).

Se debe considerar al mar como una fuente de recursos necesarios para la vida humana, por lo que debe preservarse y evitar que se continúen realizando acciones que aumenten su grado de contaminación.

| CUADRO 6.- TIEMPO DE PERMANENCIA DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS EN EL MAR |                |
|--------------------------------------------------------------------|----------------|
| Boleto de autobús                                                  | 2-4 meses      |
| Tela de algodón                                                    | 1-5 meses      |
| Soga                                                               | 3-14 meses     |
| Calcetín de lana                                                   | 1 año          |
| Piezas de madera pintada                                           | 13 años        |
| Lata de estaño                                                     | 100 años       |
| Lata de aluminio                                                   | 200-300 años   |
| Botella de plástico                                                | 450 años       |
| Botella de vidrio                                                  | No determinado |
| Fuente: Hellenic Marine Environmental Protection Association, 1990 |                |

# CONTAMINACIÓN DEL SUELO



Recientemente han adquirido mayor importancia los problemas relacionados con la contaminación del suelo por el depósito de residuos peligrosos, debido al riesgo potencial que representan para la salud pública y el ambiente, ya que los suelos afectados pueden filtrar los contaminantes hacia el agua o bien éstos pueden migrar a la atmósfera.

Durante años la disposición irresponsable e inadecuada de residuos peligrosos en múltiples lugares sin control ha ocasionado un grave problema de contaminación de suelos. Los lugares donde más frecuentemente se depositan los residuos industriales son terrenos baldíos, parajes desolados y patios traseros de las industrias, lo cual

provoca también el deterioro del aire y del agua. Además, en los basureros municipales también se depositan muchos residuos industriales que se mezclan con residuos domésticos.

Existe una gran variedad de sustancias tóxicas que contaminan los suelos, cuya presencia se debe a la disposición de materiales peligrosos que se desechan de diversos procesos industriales o bien por derrames accidentales de compuestos químicos.

La mayoría de los desechos peligrosos se pueden clasificar en tres categorías generales: hidrocarburos, compuestos orgánicos volátiles y compuestos inorgánicos.

Los suelos contaminados alojan una gran variedad de sustancias químicas tóxicas, cuyas concentraciones pueden variar desde algunas partes por billón de un sólo contaminante, hasta altas concentraciones de una mezcla de varias sustancias. En Estados Unidos se han realizado algunos estudios para determinar los contaminantes más comunes en la mayoría de los suelos afectados. El cuadro 7 muestra una lista de los contaminantes de mayor incidencia en el suelo, estos datos se obtuvieron de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA).

**CUADRO 7.- PRINCIPALES CONTAMINANTES LOCALIZADOS EN 1,035 SUELOS CONTAMINADOS, EN ESTADOS UNIDOS SEGÚN ESTUDIOS DE LA AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL (USEPA), JUNIO 1991**

| SUSTANCIA                      | INCIDENCIA |
|--------------------------------|------------|
| Tricloroetileno                | 246        |
| Plomo                          | 230        |
| Cromo                          | 173        |
| Bifenilos policlorados         | 156        |
| Metales pesados                | 147        |
| Tetracloroetileno              | 138        |
| Benceno                        | 137        |
| Tolueno                        | 131        |
| Compuestos orgánicos volátiles | 129        |
| Arsénico                       | 119        |
| Cadmio                         | 100        |
| Tricloroetano                  | 86         |
| Cobre                          | 74         |
| Zinc                           | 71         |
| Cloruro de Vinilo              | 68         |
| Xileno                         | 67         |
| Cloroformo                     | 65         |
| Fenoles                        | 64         |
| Dicloroetano                   | 60         |
| Solventes                      | 57         |
| Cianuros                       | 53         |
| Níquel                         | 43         |
| Dicloroetileno                 | 45         |
| Etil benceno                   | 45         |

Generalmente estos compuestos están mezclados e interactuando entre sí, lo que hace más difícil la restauración

del suelo, por lo cual antes de aplicar algún tratamiento de descontaminación es necesario hacer un análisis tanto cualitativo como cuantitativo para determinar las sustancias presentes y sus concentraciones.

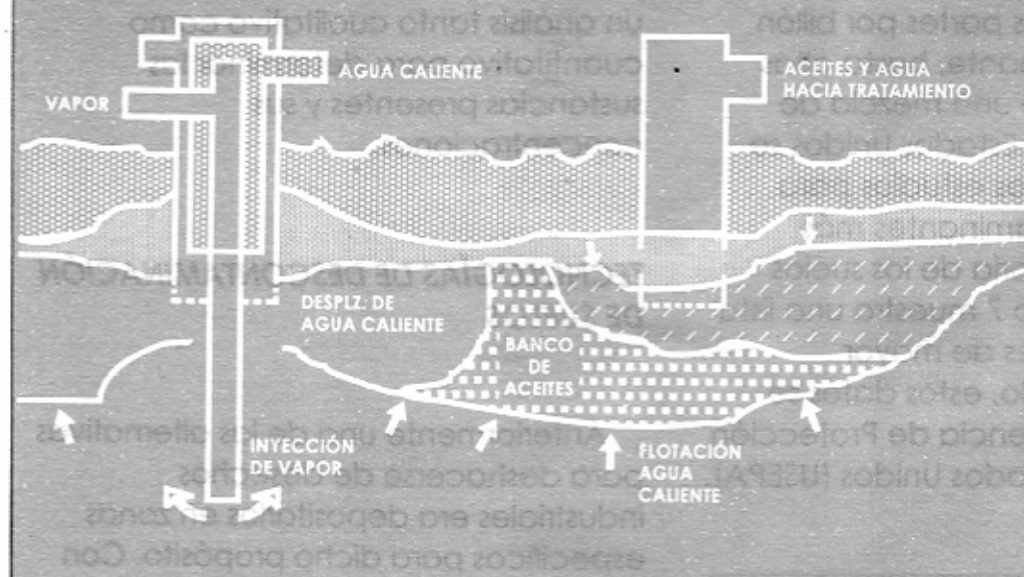
## TECNOLOGÍAS DE DESCONTAMINACIÓN DE SUELOS

Anteriormente una de las alternativas para deshacerse de desechos industriales era depositarlos en zonas específicas para dicho propósito. Con el paso del tiempo se han desarrollado nuevas técnicas y procesos para la estabilización de estos residuos, protegiendo así los suelos. Sin embargo, se necesitan tratar los suelos que de alguna forma se han visto afectados por la disposición inadecuada de desechos tóxicos, ya que representan un peligro para todo tipo de vida.

Las técnicas de descontaminación de suelos se clasifican dentro de los siguientes grupos dependiendo del tipo de proceso:

- Técnica de inyección directa
- Técnica de extracción con solventes
- Técnica mediante microorganismos para la degradación de contaminantes orgánicos

**FIGURA 1.- ESQUEMA DEL PROCESO CROW PARA DESCONTAMINACIÓN DE SUELOS**  
**SITE TECH. PROFILE. WESTERN RESEARCH INSTITUTE. JAMES SPEIGHT. NOV., 1991**



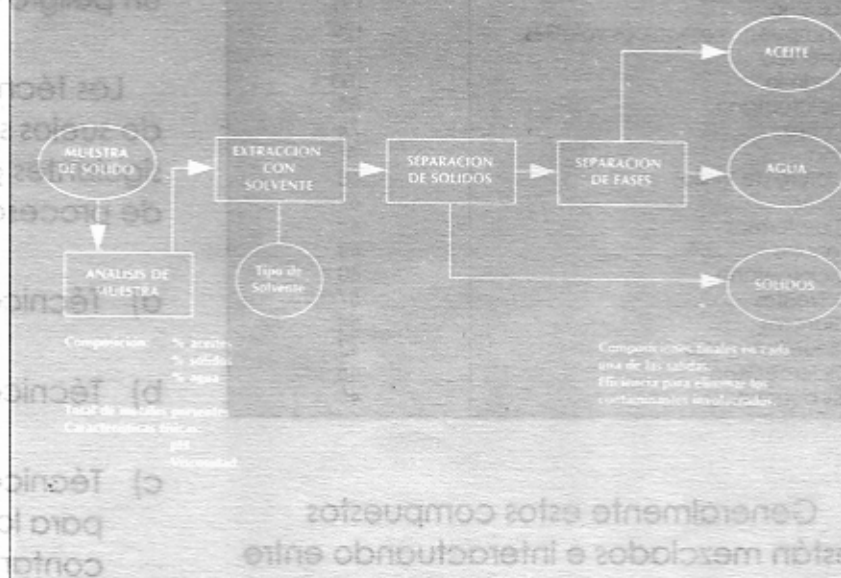
El método de extracción se basa en la propiedad que tienen algunos contaminantes orgánicos de disolverse en presencia de algún disolvente debido a la similitud de polaridades entre ambos. El proceso se muestra en la Figura 2.

Dependiendo del tipo de contaminante que se encuentre en el lugar se determina la técnica adecuada para tratarlo.

La técnica de inyección directa se fundamenta en el acarreo de sustancias volátiles alojadas en el suelo mediante la inyección de fluidos gaseosos, entre los que se encuentran el aire y el vapor de agua. Generalmente estos fluidos se introducen a elevada temperatura, para que los contaminantes se evaporen y salgan a la superficie con mayor facilidad acompañados del agente acarreador. (Figura 1)

**FIGURA 2.- PLANTEAMIENTO PARA REALIZAR UNA TÉCNICA DE DESCONTAMINACIÓN DE SUELOS POR EXTRACCIÓN**

**LANNY D. WEIMER. COMPAÑÍA DE CONSERVACIÓN DE RECURSOS. ELUCOTT, JUNIO, 1991**





El procedimiento y los fundamentos de esta técnica son sencillos; se requiere inicialmente conocer los tipos de contaminantes que se encuentran presentes en el suelo, para determinar el solvente de extracción más adecuado para el tratamiento. Las fases formadas se separan; la fase sólida queda libre de contaminantes, posteriormente se procede a recuperar el solvente de extracción para volver a utilizarse.

La biorrestauración de suelos implica la estimulación de la microfauna superficial para degradar los contaminantes del lugar, en algunos casos es necesario agregar microorganismos con metabolismo especializado para degradar los contaminantes. El objetivo de la biodegradación es transformar los residuos orgánicos en biomasa y compuestos más simples (productos del metabolismo de los microorganismos, como el dióxido de carbono, metano y sales inorgánicas).

En la República Mexicana actualmente se está aplicando la biorrestauración para el tratamiento de suelos contaminados con hidrocarburos.

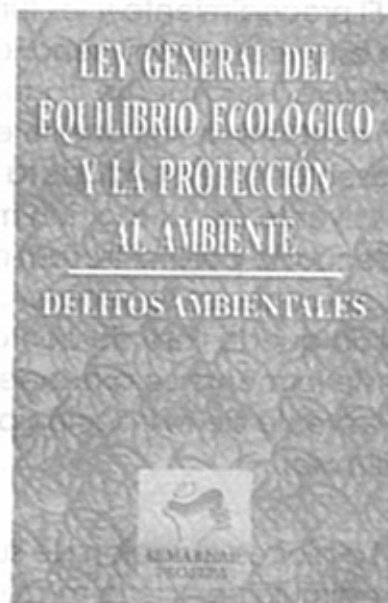
De los sitios en que es muy probable que se encuentren grandes problemas de contaminación, debido al tipo de proceso que se lleva a cabo en la región son las zonas donde se ubica la industria del petróleo y sus derivados, que constituyen uno de los principales focos de atención.

México cuenta con grandes depósitos de petróleo localizados en zonas bien identificadas. En la mayoría de estas regiones se han instalado diferentes tipos de industrias para la explotación y refinación del petróleo, las cuales han contribuido a la contaminación de sus alrededores y a la destrucción de ecosistemas. Además de las actividades petroleras se deben tener en cuenta los patios traseros de muchas industrias donde se depositan a cielo abierto subproductos de los mismos procesos.

También hay que considerar las zonas forestales donde se trata la madera para su preservación, debido a que durante los procesos empleados es factible que haya derrames hacia el suelo.

## LEGISLACIÓN

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente que entró en vigor el 1 de marzo de 1988, contiene lo referente a actividades de control en el manejo y disposición de residuos industriales peligrosos. Los artículos 150 al 153 del capítulo VI del Título Cuarto contienen lo relacionado a la instalación y operación de sistemas de recolección, transporte, almacenamiento, reuso, tratamiento, reciclaje, incineración y disposición final de los residuos peligrosos, bajo la supervisión de la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca (SEMARNAP), y en los artículos 134 al 144 del capítulo IV del Título Cuarto incluye ahora lo referente a la prevención y control de la contaminación del suelo en las nuevas modificaciones hechas a la Ley en diciembre de 1996.



# MANEJO DE ACEITES GASTADOS EN MÉXICO

Los aceites son sustancias de uso extendido en la industria, donde se emplean ya sea cumpliendo funciones de lubricación, transferencia de calor, transferencia de energía o como materia prima para la elaboración de productos; en los hogares se emplean de manera cotidiana en diferentes aparatos de uso doméstico y como lubricante en vehículos.

La Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-1993 incluye dentro de las listas de residuos peligrosos distintos tipos de aceites gastados, por lo cual estos residuos deberán manejarse de acuerdo a lo establecido en la legislación ambiental aplicable a los residuos peligrosos. Sin embargo, tradicionalmente los generadores de aceite gastado lo han vertido o depositado en forma clandestina en terrenos baldíos, tiraderos, drenajes, cuerpos de agua, etc. A continuación se explican algunos de los aspectos a considerar en el manejo de los aceites gastados en México.

## DETERIORO DE LOS ACEITES

El deterioro de los diferentes tipos de aceites es resultado del cambio en las propiedades físicas y químicas, generado internamente por contaminantes de origen interno o externo. La variación en las propiedades físicas se origina por la acción directa de materiales extraños como son: arena, partículas de soldadura, partículas metálicas, polvos abrasivos, humedad, etc; que pueden entrar al equipo o mecanismo durante la fabricación, montaje, reparación, mantenimiento u operación.

La modificación en las propiedades químicas se debe principalmente a las reacciones de oxidación que producen inicialmente hidroperóxidos. A continuación éstos se desdoblán por medio de mecanismos complicados de oxidación, reducción, deshidratación y condensación, dando lugar a la formación de ácidos carboxílicos, aldehídos, cetonas, barnices, gomas, lacas, alcoholes, ésteres, resinas y asfaltos.

## CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS DE ACEITE

Los residuos o desechos de aceite son aquellos aceites que se contaminaron durante el almacenamiento, manipulación o uso; pueden clasificarse en dos clases principales: aceites gastados y aceites no gastados.

El aceite gastado es un aceite terminado derivado del petróleo o sintético que como resultado del uso sus propiedades físicas y químicas se han modificado, por lo que deja de ser apropiado para el propósito original a que fue destinado (Nolan, 1990).

Los aceites no gastado son aceites básicos o aceites terminados que sin haberse usado presentan contaminación que los hace inadecuados para su empleo (Nolan, 1990)

## CARACTERÍSTICAS DEL ACEITE GASTADO

La composición del aceite gastado varía de acuerdo al:

origen: derivado del petróleo o sintetizado químicamente

uso: para transportación, industrial, proceso, etcétera

A partir del análisis químico realizado a muestras de aceites gastados generados por la industria y el transporte se determinó lo siguiente:

- ❑ Concentración elevada de plomo, en concentraciones menores a la del plomo pero aún elevadas se encuentra el zinc seguido del bario (Mueller Ass, 1989)
- ❑ Concentraciones de diferentes compuestos clorados que fluctúan en un intervalo de concentración de menos de 1 ppm a varios miles de ppm (Pollution Tech., 1992)
- ❑ Concentraciones de solventes aromáticos que para el xileno y tolueno oscilan de 500 a 5000 ppm y para el benceno de 110 a 300 ppm.
- ❑ Concentraciones de bifenilos policlorados en un intervalo de 0 a 3800 ppm; sin embargo, la mayoría de las muestras que presentan BPC no rebasan 50 ppm



Las muestras de aceites gastados, presentan como principales características físicas:

- ❑ Bajo valor del punto de inflamación, probablemente debido a la presencia de materiales clorados altamente inflamables y a solventes orgánicos
- ❑ Baja viscosidad ocasionada por la presencia de solventes orgánicos
- ❑ Contenido de agua de 0 a 67%, en donde la fracción acuosa presenta altas concentraciones de sodio, zinc, bario, calcio, hierro, fósforo, magnesio, boro, estaño y plomo, en forma iónica o de sales.
- ❑ Contenido calorífico de 4 142 a 23 045 BTU/Lb (36 235 a 201 605.8 cal/kg) con un promedio menor al que presenta el aceite básico virgen de 20 000 BTU/Lb (174 967 cal/kg) y mayores; lo anterior se atribuye a la presencia de sólidos inorgánicos y agua.

## **GENERACIÓN DE ACEITES GASTADOS**

La generación de aceites gastados está relacionada directamente con el consumo de aceite terminado; sin embargo, cada aplicación específica a que se destine el aceite produce un volumen particular de aceite gastado. En algunas aplicaciones es posible

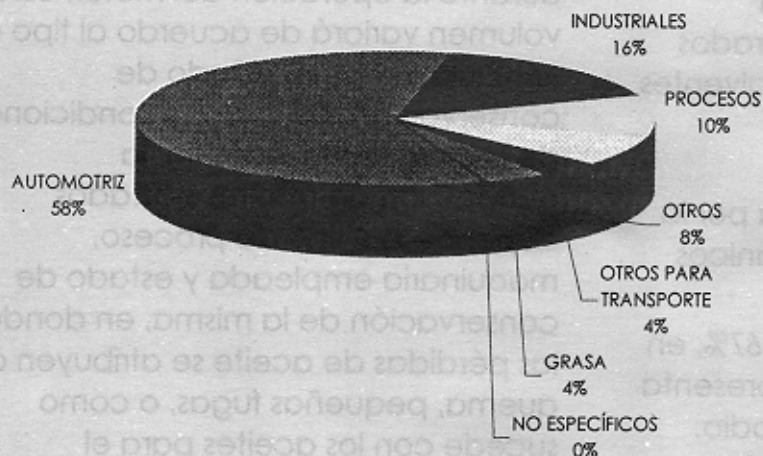
recuperar como aceite gastado el mismo volumen de aceite empleado, en otras no es así. En el caso del aceite de motor, la pérdida o aceite irrecuperable se atribuye a su quema durante la operación del motor, este volumen variará de acuerdo al tipo de vehículo, modelo, estado de conservación del motor y condiciones de trabajo; en la industria, la generación de aceites gastados depende del tipo de proceso, maquinaria empleada y estado de conservación de la misma, en donde las pérdidas de aceite se atribuyen a su quema, pequeñas fugas, o como sucede con los aceites para el maquinado de metales- donde se emplean aceites solubles- al mezclado con agua y a su posterior disposición o manejo como agua residual.

El consumo total de aceites terminados y grasas en 1992 fue aproximadamente de 689 700 metros cúbicos. A partir del consumo anterior puede estimarse el volumen generado mediante el empleo de los factores de generación desarrollados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América (USEPA), considerando que el 73.4% del consumo se destinaron al transporte y el porcentaje restante a la industria, se obtiene un volumen de aceites gastados de 371 555 metros cúbicos. (SEMIP, 1994).

**FIGURA 3.- DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO DE ACEITE BÁSICO DE ACUERDO A SU DESTINO**

**CONSUMO DE LUBRICANTES POR SECTOR, 1992**

681.351 MILLONES DE L/AÑO (SEMIP, 1994)



cuyo volumen fue de 1.3 millones de litros en el mismo año (SEMIP, 1994).

Al volumen de aceite gastado destinado a reciclaje se agrega un volumen desconocido que fue reusado, en la preparación de durmientes, plataformas de madera, impermeabilización de estructuras de madera, y en talleres de vidrio, talleres de cerámica,

### MANEJO DE LOS ACEITES GASTADOS

Los aceites gastados tienen la particularidad de poseer una demanda significativa en el mercado de los residuos, puesto que pueden reciclarse o reusarse. En 1992, se reciclaron aproximadamente 30 millones de litros de aceites gastados (alrededor de 6.8% del volumen estimado por la SEMIP, empleando como factor de generación 0.65 del consumo de lubricantes); 25.6 millones de litros se destinaron a la re-refinación y a la regeneración (mediante el proceso ácido-arcilla), y aproximadamente 5 millones de litros fueron utilizados en la elaboración de combustibles alternos; además, PEMEX elaboró a partir de aceites gastados un producto llamado "Nacional Templar Compuesto", utilizado para templar piezas de acero

ladrilleras, baños públicos y panaderías como combustible. Además de disponerse en confinamiento controlado 5 000 toneladas de aceites gastados y 1 300 toneladas de grasas en el estado de Nuevo León en 1993.

### EMPRESAS DE SERVICIOS DE MANEJO PARA ACEITES GASTADOS

Oficialmente se reportan 155 empresas autorizadas para el manejo de residuos peligrosos; de las cuales 9 se dedican al reciclaje de aceites lubricantes gastados, 3 a la elaboración de combustibles alternos y 3 a la incineración de combustibles alternos (INE/SEMARNAP, 1996).

## **TECNOLOGÍAS APLICADAS EN MÉXICO PARA EL RECICLAJE DE LOS ACEITES GASTADOS**

Las principales tecnologías disponibles en el país para el reciclaje de aceites gastados son: la elaboración de combustibles alternos, el proceso de re-refinación de aceite Phillips y el proceso ácido-arcilla.

### **ELABORACIÓN DE COMBUSTIBLES ALTERNOS**

El tratamiento de los aceites gastados mediante operaciones físicas y químicas para la obtención de un combustible es deseable debido a que éstos poseen un contenido calorífico de aproximadamente 138 000 BTU/galón (9831.98 kcal/l equivalente a 92.6% del contenido calorífico del combustóleo). En México, el empleo de aceites gastados como combustible líquido en equipo no industrial es una práctica de la cual no existen reportes; en cambio la formulación de combustibles alternos elaborados a partir de residuos clasificados como peligrosos, entre los que se cuenta como constituyente a los aceites gastados, se ha desarrollado con gran intensidad. Actualmente los combustibles alternos se destinan para su combustión exclusivamente en hornos cementeros. Estos hornos son equipos de calentamiento directo por combustión en los cuales los gases de combustión entran en contacto directo

con los materiales de proceso, por lo cual se incorporan elementos y compuestos que no fueron destruidos por efecto de la temperatura en el producto obtenido de los hornos (clinker). La combustión de estos combustibles en hornos cementeros se considera apropiada puesto que el tiempo de residencia de los gases de combustión fluctúa entre los 4 y 6 segundos, que aunado a la temperatura en el interior del horno (superior a los 1000 grados centígrados) permiten la destrucción casi total de los compuestos orgánicos que constituyen el combustible.

La calidad del clinker requerida para la elaboración de cemento limita el contenido de metales y otros compuestos en el combustible alterno. La simulación del efecto que producen sobre la operación del horno y en las características del clinker, la variación en los diferentes compuestos y propiedades del combustible alterno, así como del análisis de pruebas de quemado, permiten establecer las concentraciones máximas de los constituyentes en los combustibles alternos y el porcentaje de sustitución de combustibles convencionales que posibiliten el cumplir con las normas para la emisión de contaminantes a la atmósfera.

## TECNOLOGÍAS DE RE-REFINACIÓN Y REGENERACIÓN

Hasta mediados de 1995, el país contaba con dos tecnologías aplicadas a la re-refinación y regeneración de aceites gastados, éstas son:

### a) Proceso Phillips

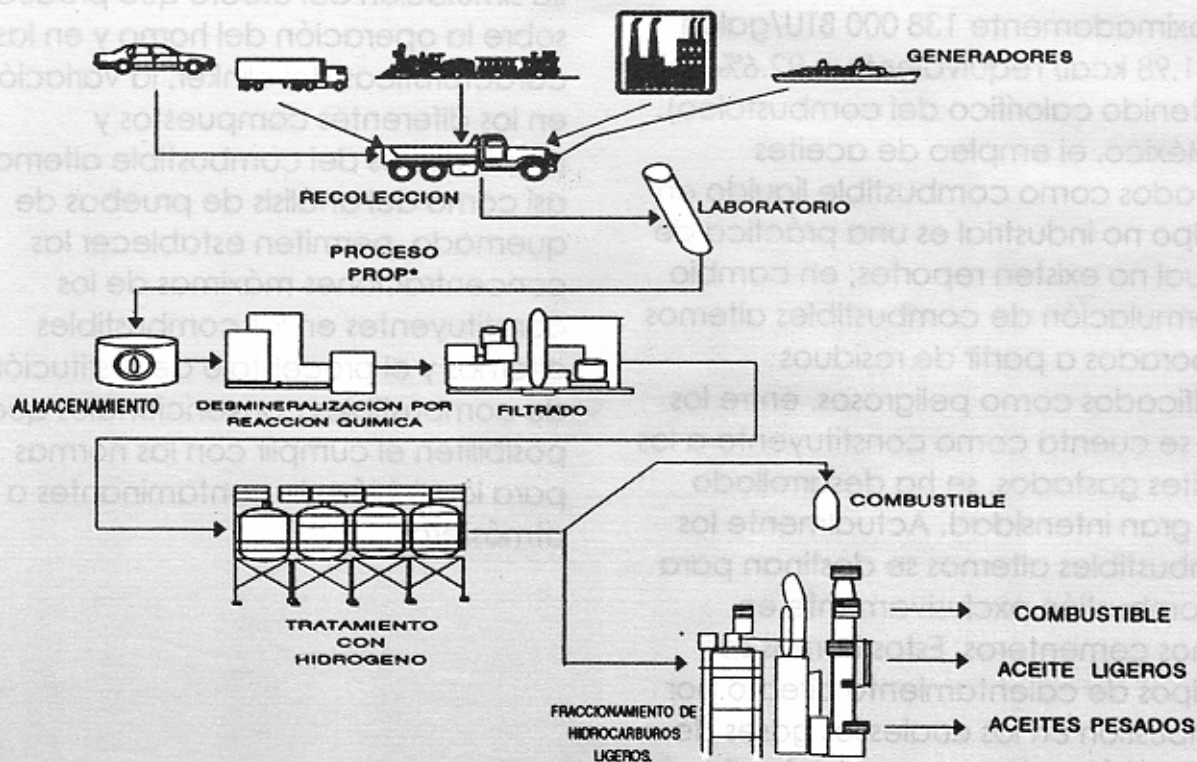
El proceso *Phillips* como tecnología de re-refinación fue explotada comercialmente por la empresa TEXACO, S.A. de C.V. hasta mediados de 1995, fecha en que las divisiones

recolección y refinación de esta empresa dieron fin a sus actividades.

La empresa disponía de una planta recolectora ubicada en Ecatepec, Edo. de México, encargada de comprar y transportar el aceite gastado a la planta de refinación localizada en la Ciudad de Querétaro, Qro.

La planta recolectora de Ecatepec poseía una capacidad de almacenamiento de 4 500 metros cúbicos. La planta de re-refinación empleaba una versión modificada del proceso *Phillips* con capacidad de  $37.85 \times 10^6$  l/año, y diseñada para un flujo de alimentación de 438 l/s,

FIGURA 4. DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE RE-REFINACIÓN DE LOS ACEITES GASTADOS

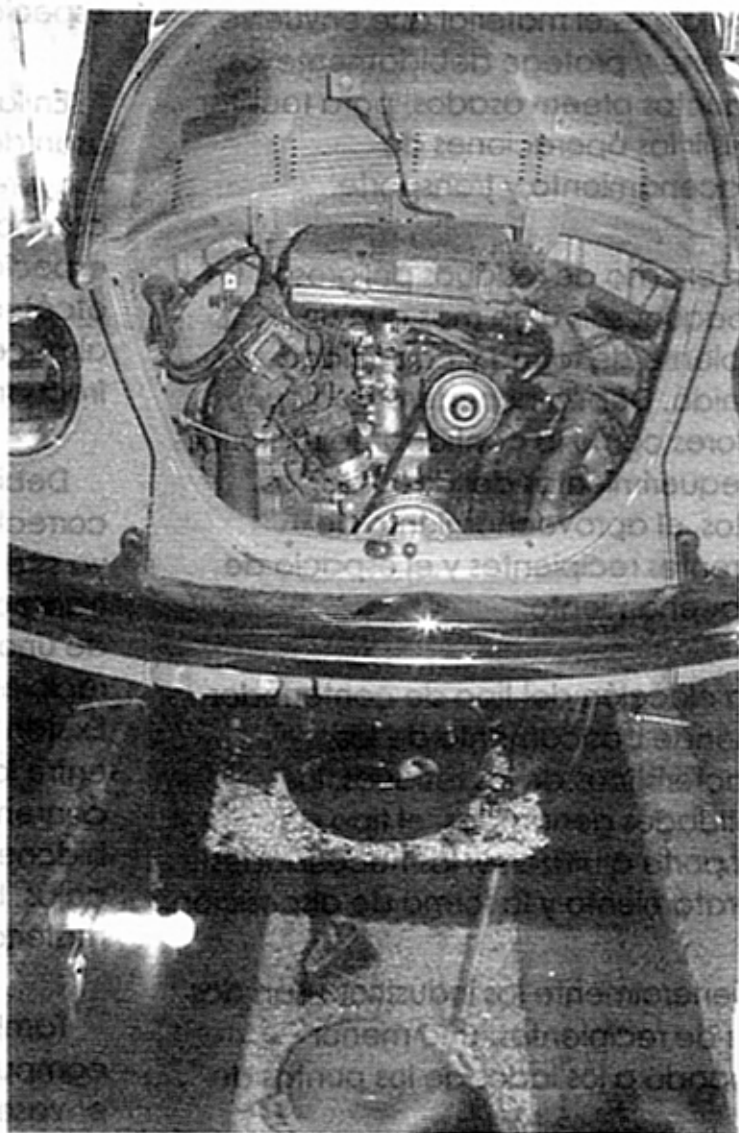




con un porcentaje de recuperación de 90% de la fracción de aceite en la materia prima. El proceso estaba dividido en dos etapas principales: desmetalización e hidrotratamiento, y no recibía aceites gastados con bifenilos policlorados o un contenido elevado de cloro.

#### **b) Proceso ácido-arcilla**

La capacidad instalada de las empresas formalmente establecidas, que utilizan este proceso para la regeneración de aceites gastados asciende en 1994, aproximadamente a 45.4 millones de litros anuales, ubicadas éstas en los estados de México, Jalisco y Guanajuato. Los desechos generados por el proceso ácido-arcilla se tratan antes de comercializarse para su empleo en la elaboración de impermeabilizantes, la construcción de carpetas asfálticas, la impregnación de láminas de cartón, formulación de hules negros para materiales sujetos a escasa presión y otras aplicaciones. (SEMIP, 1994)



# ENVASE Y EMBALAJE DE RESIDUOS PELIGROSOS

Con la finalidad de que los materiales peligrosos se puedan manipular o transportar adecuadamente sin riesgos para el operario, es necesario contar con el envase y embalaje apropiado dependiendo del tipo de sustancia.

Un envase es cualquier recipiente o envoltura en el cual está contenido el producto para su distribución o venta. Embalaje es el material que envuelve, contiene y protege debidamente los productos preenvasados, para facilitar y resistir las operaciones de almacenamiento y transporte.

En el caso de residuos peligrosos, los empaques son algo más que un recipiente de forma y capacidad definida. Deben considerarse algunos factores como la cantidad de material, los requerimientos del depósito, los costos, el aprovechamiento de diferentes recipientes y el espacio de almacenamiento.

La elección del tipo de contenedor depende básicamente de las características de los residuos, las cantidades generadas, el tipo de transporte a utilizarse, las necesidades de tratamiento y la forma de disposición.

Generalmente las industrias usan dos tipos de recipientes: uno menor colocado a los lados de los puntos de

generación del proceso industrial y uno mayor que puede ser un silo o compartimiento de cemento ubicado en las áreas de almacenamiento de la industria. Los recipientes menores generalmente son tambores de 200 litros, recipientes plásticos tipo bomboneras, sacos de plástico o de papel, contenedores removibles y contenedores con ruedas construidos especialmente.

En las áreas de almacenamiento se usan de modo general contenedores mayores e intercambiables, compartimientos de cemento especialmente construidos, silos, etcétera, de manera que los residuos se almacenan a granel, lo cual es frecuente en muchas industrias.

Debido a la importancia de envasar correctamente los residuos peligrosos, ya sea para almacenamiento o transporte, se incrementa la necesidad de una adecuada selección del tipo de recipiente que contendrá los residuos. Existen muchos tipos de recipientes entre los cuales se encuentran: contenedores, tambores, latas, tanques, bidones, porrones, cilindros, barriles, cajas, botes o sacos de diferentes materiales.

También existen envases y embalajes compuestos que consisten en un envase y embalaje exterior y un

recipiente interior, contruidos de tal forma que juntos forman un envase y embalaje integral.

Se pueden utilizar envases reacondicionados para envasar residuos peligrosos, los cuales deben limpiarse hasta eliminar los restos de cualquier sustancia que hayan contenido anteriormente, la corrosión interna y externa y los revestimientos y etiquetas exteriores; y se deben restaurar para obtener su forma y contorno originales, y por último se inspeccionan después de la limpieza, ya que no deben presentar picaduras por corrosión, disminución del espesor del material, fatiga del metal, roscas o cierres deteriorados u otros defectos de importancia.

Los residuos peligrosos se deben colocar en envases de buena calidad, contruidos y cerrados de forma que al estar listos para su transporte y durante el almacenamiento, no se presente ninguna fuga debido a cambios de temperatura, humedad o presión.

Una vez seleccionado el modelo de envase y embalaje se debe someter a las siguientes pruebas:

- De caída
- De estanquidad
- De presión interna
- De apilamiento

## MARCADO

Todo envase y embalaje destinado a residuos peligrosos debe llevar marcas perfectamente visibles, indelebles, legibles y su tamaño estará en proporción al envase y embalaje.

*El marcador debe indicar:*

- El símbolo de envase y embalaje de la Organización de las Naciones Unidas, que se emplea para certificar que cumple con las especificaciones de la Norma Oficial Mexicana referente a la construcción y a los métodos de prueba.
- La clave de designación del envase y embalaje indica el tipo de material y la categoría de éste.
- Una clave compuesta indica el grupo de envase y embalaje que ha superado las pruebas y la densidad relativa para el transporte de líquidos, y en el caso de transporte de sólidos o de envases y embalajes interiores se pondrá el peso bruto máximo en kilogramos.
- La letra S señala que el envase y el embalaje se usa para el transporte de material sólido o de envase y embalaje interior y que ha superado la prueba hidráulica.

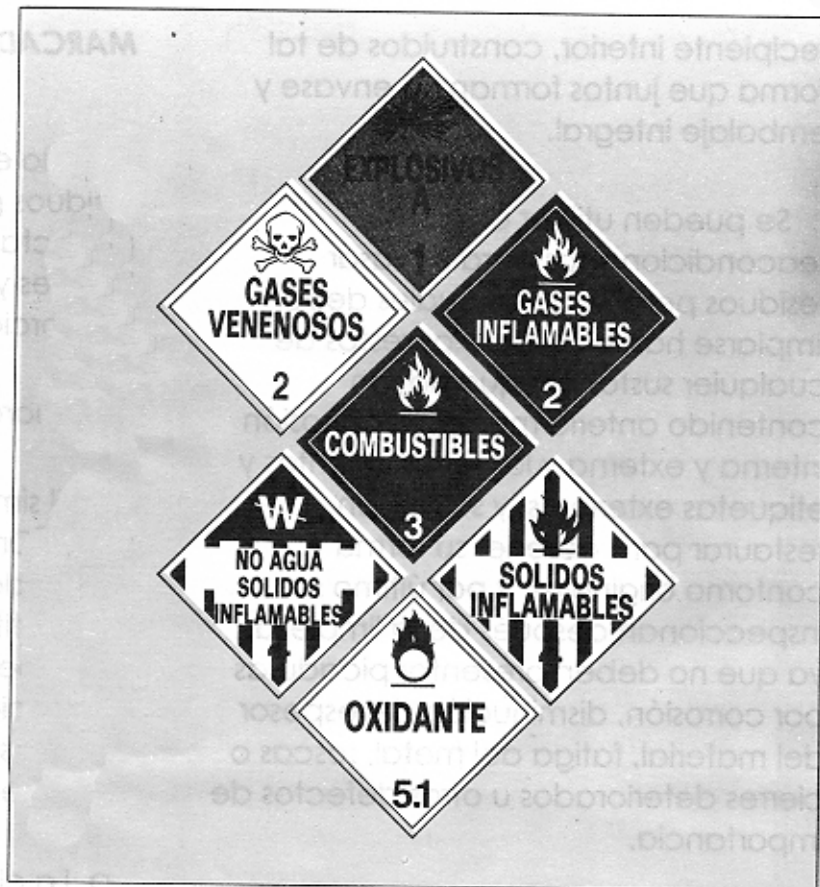
- ❑ Los dos últimos dígitos del año de fabricación del envase y embalaje.
- ❑ El signo distintivo del país de fabricación.
- ❑ El nombre u otra marca que identifique al fabricante.

### ETIQUETADO

Las etiquetas tienen la finalidad de identificar la naturaleza del riesgo potencial del material o residuo peligroso mediante el uso de símbolos, formas y colores de los envases y embalajes, como una primera orientación útil para la manipulación y estiba de éstos.

Las etiquetas deben ser cuadradas con dos vértices opuestos en posición vertical en forma de rombo y llevan una línea del mismo color del símbolo paralela al borde exterior.

Las etiquetas están divididas en dos partes iguales, en la parte superior de la etiqueta se coloca el símbolo gráfico y en la inferior el nombre de la clase o división, o del grupo de compatibilidad que indica la naturaleza del riesgo. Todas las etiquetas deben llevar el número correspondiente a la clase en el



vértice inferior; el número de las Naciones Unidas se colocará en la parte superior derecha fuera del rombo. Estos son algunos de los aspectos que deben tomarse en cuenta debido a la importancia de un envase correcto de los residuos peligrosos, ya sea para el almacenamiento o transporte. Por lo tanto, se incrementa la necesidad de una adecuada selección del tipo de recipiente que contendrá los residuos, así como el correcto etiquetado y las pruebas a que debe someterse, para evitar accidentes que puedan poner en riesgo la salud del personal encargado de manipular los residuos o bien del ambiente y la población en general.



# TRANSPORTE DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS

La creciente demanda de productos para satisfacer las necesidades de la población aunada a la incesante industrialización que se observa en todo el orbe, trae como consecuencia el aumento en la transportación de sustancias, algunas de ellas consideradas dentro del rubro de peligrosas (para la clasificación y características de estas sustancias ver los cuadros 9 y 10).

**CUADRO 9.- CLASIFICACIÓN DE LOS MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS**

| CLASE O DIVISIÓN DE RIESGO     | NOMBRE DE LA ETIQUETA O CARTEL      |
|--------------------------------|-------------------------------------|
| 1.1                            | Explosivo 1.1                       |
| 1.2                            | Explosivo 1.2                       |
| 1.3                            | Explosivo 1.3                       |
| 1.4                            | Explosivo 1.4                       |
| 1.5                            | Explosivo 1.5                       |
| 1.6                            | Explosivo 1.6                       |
| 2.1                            | Gas inflamable                      |
| 2.2                            | Gas no-inflamable                   |
| 2.3                            | Gas venenoso                        |
| 3 (Líquido inflamable)         | Líquido inflamable                  |
| Líquido combustible            | (ninguna)                           |
| 4.1                            | Sólido inflamable                   |
| 4.2                            | Combustible espontáneamente         |
| 4.3                            | Peligroso con la humedad            |
| 5.1                            | Oxidante                            |
| 5.2                            | Peróxido orgánico                   |
| 6.1 (Grupos de empaque I y II) | Veneno                              |
| 6.1 (Grupos de empaque III)    | Manténgase alejado de los alimentos |
| 6.2                            | Sustancia infecciosa                |
| 7                              | Radioactivo blanco-I                |
| 7                              | Radioactivo amarillo-II             |
| 7                              | Radioactivo amarillo-III            |
| 7 empaques Vacíos              | Vacío                               |
| 8                              | Corrosivo                           |
| 9                              | Clase 9                             |

**CUADRO 10.- CARACTERÍSTICAS DE LOS MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS DE ACUERDO A LA CLASE QUE PERTENECEN**

| CLASE | NOMBRE                                                           | DIVISIÓN | CARACTERÍSTICAS                                                                                             |
|-------|------------------------------------------------------------------|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1     | Explosivos                                                       | 1.1      | Riesgo de explosión de toda la masa                                                                         |
|       |                                                                  | 1.2      | Riesgo de proyección                                                                                        |
|       |                                                                  | 1.3      | Riesgo de incendio y/o que se produzcan efectos de onda de choque o de proyección                           |
|       |                                                                  | 1.4      | Sin riesgo significativo de explosión                                                                       |
|       |                                                                  | 1.5      | Explosivos muy insensibles; agentes detonantes                                                              |
|       |                                                                  | 1.6      | Sustancias detonantes extremadamente insensibles                                                            |
| 2     | Gases comprimidos (líquidos, disueltos a presión y refrigerados) | 2.1      | Gases inflamables                                                                                           |
|       |                                                                  | 2.2      | Gases comprimidos no inflamables                                                                            |
|       |                                                                  | 2.3      | Gases venenosos                                                                                             |
| 3     | Líquidos inflamables y combustibles                              | 3.1      | Líquidos inflamables                                                                                        |
|       |                                                                  | 3.2      | Líquidos combustibles                                                                                       |
| 4     | Sólidos inflamables                                              | 4.1      | Sólidos inflamables                                                                                         |
|       |                                                                  | 4.2      | Materiales espontáneamente combustibles                                                                     |
|       |                                                                  | 4.3      | Materiales que presentan peligro al entrar en contacto con el agua                                          |
| 5     | Oxidantes (peróxidos orgánicos)                                  | 5.1      | Oxidantes                                                                                                   |
|       |                                                                  | 5.2      | Peróxidos orgánicos                                                                                         |
| 6     | Venenosos (tóxicos) e infecciosos                                | 6.1      | Venenosos por inhalación, ingestión o absorción                                                             |
|       |                                                                  | 6.2      | Tóxicos, evitese el contacto con alimentos                                                                  |
|       |                                                                  | 6.3      | Infecciosos                                                                                                 |
| 7     | Radioactivo                                                      |          |                                                                                                             |
| 8     | Corrosivo                                                        |          |                                                                                                             |
| 9     | Diversos                                                         | 9.1      | Materiales que no se pueden clasificar en ninguna categoría pero que presentan riesgos al ser transportados |
|       |                                                                  | 9.2      | Materiales que presentan riesgos ecológicos y que no pueden clasificarse en otra categoría                  |

En México ante la actual formación de bloques comerciales, como es el caso del conformado mediante el Tratado de Libre Comercio de América del Norte (TLC), se requiere de la homologación de la legislación para estar acorde con los países con los que se han establecido lazos comerciales.

Nuestro país no se ha mantenido al margen de ello, por lo que es necesario analizar cuál es la situación internacional en cuestión de la reglamentación del transporte de materiales y residuos peligrosos, como una medida de prevención de incidentes o de accidentes que pongan en peligro la salud de los individuos o puedan provocar algún daño al ambiente.

## **I. MARCO LEGAL**

La pauta en relación a la normatividad internacional del Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos es dictada por la Organización de las Naciones Unidas a través de su Programa para el Medio Ambiente, quien mediante el documento "Recomendaciones Relativas al Transporte de Mercancías Peligrosas", establece los lineamientos generales que posteriormente adopta cada país miembro de ese organismo de acuerdo a las necesidades propias de cada uno de ellos.

Para elaborar la normatividad nacional, se ha considerado aparte del documento antes señalado, la legislación de los Estados Unidos de Norteamérica cuya normatividad se encuentra compendiada en el documento conocido como CFR, (Código de Regulaciones Federales) en la actualidad se cuenta aproximadamente con 80,000 normas entre las de origen obligatorio y las voluntarias, por lo que es necesario señalar que para el área del Transporte de Materiales Peligrosos en específico se refiere el CFR 49.

Aún más, la actual integración de bloques comerciales, como es el caso del TLC o el ingreso de México a organismos internacionales como es el OCDE (Organización de Cooperación y Desarrollo Económico), propicia que las legislaciones entre los países traten de ser homologadas para beneficiar el intercambio de productos, mediante sus rutas comerciales.

El transporte de Materiales y Residuos Peligrosos es una fuente primaria de riesgo a la exposición a las sustancias tóxicas. El vínculo entre el generador o el usuario de un Material Peligroso y el destino final del material es el transportista. De acuerdo a ello se ve la necesidad de establecer en todo el esquema estructural del manejo de los Materiales Peligrosos una transportación segura, para todos aquellos que están involucrados de una u otra forma con el transporte de este tipo de sustancias, para que les facilite la adquisición de medidas preventivas y de seguridad.

## II. PREVENCIÓN

Con la finalidad de abatir los riesgos durante el transporte de los materiales y residuos peligrosos, se recomienda a cada uno de los encargados de cumplir con las siguientes funciones y realizarlas adecuadamente (las funciones no se encuentran enumeradas de una forma exhaustiva, únicamente se señalan las que se consideran prioritarias):

1. Determinar el nombre adecuado de embarque del material o residuo peligroso.
2. Establecer la clase o clases de riesgos del material o residuo peligroso.
3. Seleccionar los números de identificación UN (de acuerdo a la clasificación de Naciones Unidas), que consiste en cuatro dígitos.
4. Identificar la o las vías más adecuadas para llegar al destino final.
5. Determinar y seleccionar el empaque adecuado al tipo de material o residuo que se va a transportar.
6. Seleccionar la o las etiquetas y aplicarlas en los empaques como se requiere.
7. Marcar el empaque, inclusive los empaques sobrepuestos, tomando en cuenta que todas las marcas deben de ser:
  - Durables y en español, impresas o sujetas a la superficie del empaque o en una etiqueta, rótulo o señal.
  - De un color con un fondo que contraste profundamente y que no se oscurezca por las etiquetas o pegamentos.
  - Colocadas fuera del área de otras marcas que puedan reducir la visibilidad
8. Preparar los Documentos de Embarque.
9. Elaborar la Hoja de Emergencias en Transportación y ubicarla en el lugar adecuado.
10. Realizar la certificación del material (mediante la firma de la persona responsable).
11. Proceder a la carga, bloqueo y sujeción del material o residuo.
12. Seleccionar y ubicar en los lugares estipulados para ello, los carteles adecuados de acuerdo al riesgo principal del material.

13. Verificar en todo momento que la persona a cargo de determinada función tenga conocimiento de los requerimientos.

**"Es obligación de toda persona que ofrece materiales o residuos peligrosos para su transporte instruir a cada uno de sus jefes, agentes y empleados que tengan alguna responsabilidad para preparar los materiales o residuos peligrosos para su embarque de acuerdo con las reglamentaciones aplicables".**

Como una revisión final y antes de enviar el embarque a transporte, **"INSPECCIONE VISUALMENTE SU EMBARQUE"**.

### III. DELIMITACIÓN DE FUNCIONES

En el cuadro 11 se presentan las funciones que deben realizar cada uno de los responsables del transporte de materiales y residuos peligrosos, para lograr un buen desarrollo de la tarea global.

**CUADRO 11.- FUNCIONES OBLIGATORIAS A REALIZAR POR LOS RESPONSABLES DEL TRANSPORTE DE MATERIALES Y RESIDUOS PELIGROSOS**

| ÁREA DE REGLAMENTACIÓN                                       | EMBARCADOR | TRANSPORTISTA | VERIFICADOR DEL TRANSPORTISTA* | RECEPTOR |
|--------------------------------------------------------------|------------|---------------|--------------------------------|----------|
| Identificación y clasificación del material                  | ■          |               |                                |          |
| Empaque                                                      | ■          |               | ■                              |          |
| Segregación y protección de la carga                         |            | ■             |                                |          |
| Etiquetado                                                   | ■          |               | ■                              |          |
| Marcado                                                      | ■          |               | ■                              |          |
| Carteles                                                     | ■          | ■             | ■                              |          |
| Documentos de embarque                                       | ■          |               | ■                              |          |
| Reporte de accidentes y derrames                             |            | ■             |                                |          |
| Limpieza del vehículo de transporte                          |            | ■             |                                |          |
| Inspección al recibir los embarques                          |            |               |                                | ■        |
| Requisitos específicos de acuerdo a la vía de transportación |            | ■             |                                |          |

\* Se requiere que el transportista verifique el cumplimiento del embarcador con estas responsabilidades reglamentarias.

Fuente: ICF Analysis of Hoxie, P. and Woodman, D., "Risks of Hazardous Substance Spills from Unmarked Package or Containers", U.S. Department of Transportation, p. 19, 1992



#### IV. APOYOS TÉCNICOS EN CASO DE ACCIDENTES

Para atender las emergencias de una manera inmediata y adecuada durante el transporte de este tipo de sustancias se cuenta con los siguientes recursos:

##### GUÍA NORTEAMERICANA DE RESPUESTA A EMERGENCIAS

Tras la incorporación de Canadá al TLC (Tratado de Libre Comercio) se emitió una *Guía norteamericana de respuestas a emergencias 1996*, hoy vigente en los 3 países.

La Guía está dividida en 4 secciones de colores (Cervantes, J.A., 1997):

- ❑ **Amarillo.** Se usa para una lista de aproximadamente 2 700 productos, en la que inicialmente se enuncia el número de identificación o bien el número asignado por las Naciones Unidas (NU), el número de guía de respuesta a emergencias y el nombre del material.

Los nombres de los materiales se enlistan en orden numérico progresivo según el NU. Es decir: esta sección se consulta cuando el NU es el único dato conocido.

- ❑ **Azul.** Si no se sabe el NU pero sí el nombre del material, se debe



consultar esta sección. En ella se encuentra la misma lista de la sección amarilla, ordenada alfabéticamente. En este tipo de búsqueda es importante saber sinónimos de los materiales.

- ❑ **Verde.** Corresponde a una sección en la que se desarrollan 2 tablas, relativas a:
  - Derrames pequeños y grandes y relación de distancias por evacuar. Únicamente se enuncian los nombres sombreados de los productos considerados en las listas de las secciones amarilla y azul.
  - Material peligroso reactivo al agua, con emanación de vapores tóxicos en un radio de 0.5 a 10 km.

- ❑ **Anaranjado.** Conciene a una descripción de 61 guías de respuesta en casos de emergencia; en ellas se consideran acciones que se deben efectuar en caso de emergencia con respecto a:

- Riesgos a la salud
- Fuego y explosión
- Ropa y explosión
- Ropa protectora
- Evacuación
- Derrame o fuga
- Primeros auxilios

Finalmente se encuentran unas notas en papel blanco, donde se incluyen algunos temas relevantes:

- ❑ Acciones de protección
- ❑ Información acerca de la tabla de distancia de acción protectora
- ❑ Aislamiento
- ❑ Ropa de protección personal
- ❑ Control de incendios y derrames
- ❑ Glosario

- ❑ **Números telefónicos para respuesta a emergencias** ocurridas en Canadá, Estados Unidos y México.

## **DOCUMENTOS DE EMBARQUE**

Los documentos de embarque pueden consistir en: Una orden de embarque, el conocimiento de embarque, el manifiesto de residuos peligrosos o algún otro documento que pueda servir para un propósito similar y que contenga la información requerida. Este documento debe ser portado por el transportista en un sitio específico y podrá utilizarse en caso de accidente para establecer o verificar la identidad del material.

# HOJA DE INFORMACIÓN DE RESPUESTA A EMERGENCIAS EN EL TRANSPORTE DE MATERIALES PELIGROSOS

La Hoja de Emergencias en Transportación es aquella que puede utilizarse en la mitigación de un incidente que involucre materiales o residuos peligrosos, deberá mantenerse en los vehículos e instalaciones de transporte en donde la sustancia peligrosa se recibe, almacena o maneja durante el transporte y como mínimo deberá contener la siguiente información:

- La descripción básica y nombre técnico del material o residuo peligroso.
- Los riesgos a la salud inmediatos.
- Precauciones inmediatas que se deben considerar en caso de un incidente o accidente.
- Métodos inmediatos para manejo de incendios.
- Métodos iniciales para manejo de derrames o fugas sin incendio; y
- Medidas básicas de primeros auxilios.

Esta información deberá estar escrita en español, en forma legible y sobre todo debe estar disponible para utilizarse fuera del empaque que

contiene el material o residuo peligroso.

Asimismo, se deberá asentar en los documentos de embarque inmediatamente después de la descripción del material o residuo peligroso, el número de un teléfono de respuesta a emergencias con servicio las 24 horas. El teléfono de respuesta a las emergencias deberá monitorearse siempre que el material peligroso se encuentre en transporte.

La aplicación adecuada de las pautas de acción antes señaladas redundará en un abatimiento de los riesgos intrínsecos de la transportación de estos materiales.

|                                                                                                                                                                                                                                           |  |                                                            |                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1. RAZÓN SOCIAL Y DIRECCIÓN DE LA COMPAÑÍA<br><br><input type="checkbox"/> FABRICANTE <input type="checkbox"/> IMPORTADOR<br><input type="checkbox"/> USUARIO <input type="checkbox"/> DISTRIBUIDOR<br><input type="checkbox"/> GENERADOR |  | 3. NOMBRE DEL PRODUCTO O RESIDUO COMERCIAL<br><br>QUÍMICO: | 6. COMPAÑÍA TRANSPORTADORA                                                                                                                |
| 2. TELÉFONOS DE EMERGENCIA Y FAX DEL EXPEDIDOR                                                                                                                                                                                            |  | 4. CLASIFICACIÓN                                           | 7. TELÉFONOS DE EMERGENCIA Y FAX                                                                                                          |
| 8. ESTADO FÍSICO                                                                                                                                                                                                                          |  | 5. UN DEL MATERIAL                                         | 10. AVISAR AL SISTEMA NACIONAL DE EMERGENCIA Y A LAS AUTORIDADES LOCALES, POLICÍA FEDERAL DE CAMINOS Y PUERTOS, BOMBEROS, CRUZ ROJA, ETC. |
| 9. PROPIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS                                                                                                                                                                                                            |  |                                                            |                                                                                                                                           |
| 11. EQUIPO Y MEDIOS DE PROTECCIÓN PERSONAL<br>EN CASO DE ACCIDENTE<br>• PARE EL MOTOR<br>• PONGA SEÑALES EN ZONA DE PELIGRO<br>• ALÉJE A TODA PERSONA INNECESARIA DE LA ZONA DE PELIGRO                                                   |  |                                                            |                                                                                                                                           |
| 12. RIESGOS<br>• SI OCURRE ESTO                                                                                                                                                                                                           |  | 13. ACCIONES<br>• HAGA ESTO                                |                                                                                                                                           |
| 14. INFORMACIÓN / EXPOSICIÓN                                                                                                                                                                                                              |  | 15.                                                        |                                                                                                                                           |
| 16. CONTAMINACIÓN                                                                                                                                                                                                                         |  | 17.                                                        |                                                                                                                                           |
| 18. INFORMACIÓN MÉDICA                                                                                                                                                                                                                    |  | 19.                                                        |                                                                                                                                           |
| 20. DERRAMES / FUGAS                                                                                                                                                                                                                      |  | 21.                                                        |                                                                                                                                           |
| 22. FUGAS / EXPLOSIÓN                                                                                                                                                                                                                     |  | 23.                                                        |                                                                                                                                           |
| 24. NOMBRE                                                                                                                                                                                                                                |  | FIRMA                                                      | PUERTO TELEFONO                                                                                                                           |
| 25. ESTA HOJA DEBERÁ ESTAR EN UN LUGAR ACCESIBLE PARA SER USADA EN CASO DE EMERGENCIA Y DEBERÁ SER REQUERIDA EN SU TOTALIDAD                                                                                                              |  |                                                            |                                                                                                                                           |

## BIBLIOGRAFÍA

- Arbouille, D. y Vernet J.-P. "Les sédiments, l'eau et la pollution" en *Thema Magazine sur la recherche scientifique dans les hautes écoles suisses*. No. 8. Noviembre 1989.
- Arcos M., C. Izcapa, et al., "Tecnologías de Tratamiento para la Descontaminación de Suelos". CENAPRED, Enero de 1994.
- Arcos M.E. y G. Fernández, "Metodología para el saneamiento de ecosistemas acuáticos contaminados por fuentes antropogénicas". Caso de estudio Río San Juan, Querétaro. CENAPRED, mayo de 1995.
- Bathemont Jacques. "Geografía de la utilización de las Aguas Continentales". Oikostau, S.A. Ediciones, Barcelona, España. 1980.
- Cervantes, J.A., "Transporte de Materiales y Residuos Peligrosos", Revista Prevención, No. 19, CENAPRED, agosto-diciembre, 1997.
- Comisión Nacional del Agua. Ley de Aguas Nacionales. SARH, México D.F. 1992.
- Committee on Restoration of Aquatic Ecosystems. "Restoration of Aquatic Ecosystems". Science, Technology, and Public Policy, National Academy Press, Washington, D.C. 1992.
- C.N.A. "Programa de Saneamiento de Cuencas". Subdirección General de Administración del Agua, Gerencia de Calidad, Reuso del Agua e Impacto Ambiental, Subgerencia de Saneamiento de Cuencas y Reuso. 1993
- Fernández G., C. Izcapa., et al., Documento Técnico Informativo sobre el Manejo de Residuos Peligrosos". Serie 2. "Envase y Embalaje de Residuos Peligrosos". CENAPRED. Octubre 1994.
- GESAMP. "State of our seas" en *UNEP Regional Bulletin for Europe*. No. 8. Verano 1990.
- Godínez, R.R. Confinamientos de Residuos Peligrosos en la Frontera Norte de México, El caso de Coahuila, Texas (Tesis). Fac. de Derecho, UNAM, 1994
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. Estadística del Medio Ambiente. INEGI, México, D.F., 1994
- LGEEyPA (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente). SEMARNAP/PROFEPA, México, D.F. 1997
- Mc. Cabe citado por Freeman M.H. "Standar Handbook of Hazardous Waste Treatment and Disposal". Mc. Graw-Hill Book Company, 1988.
- Mueller Associates, Inc "Waste Oil, Reclaiming Technology utilization and Disposal. Editorial Noyes Data corporation, New Jersey U.S.A., 1992.
- Nolan J. J., Harris C. y Cavanaugh O.P., "Used Oil: Disposal Options, Management Practices and Potential Liability". Tercera edición. Government Institutes, Inc. Estados Unidos. 1990.
- PNUMA. Registro Internacional de Productos Químicos Potencialmente Tóxicos. RIPQT, México, D.F., 1990
- Pollution Technology Research. "Environmental Consequences of and Processes for Energy Technologies". Editorial Noyes Data Corporation, New Jersey U.S.A., 1990.
- Programa para la minimización y manejo integral de residuos industriales peligrosos en México 1996-2000 INE/SEMARNAP, 1a. edición, septiembre, 1996.
- Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal (SEMIP) "La Industria de los Lubricantes en México", enero de 1994.
- SEDESOL. Informe de la Situación General en Materia de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente 1991-1992. INE, México, D.F., 1992
- SEDESOL. Residuos Peligrosos en el Mundo y en México. INE, México, D.F., 1994
- Sorí, L. Documento Técnico Informativo sobre el Manejo de Residuos Peligrosos. Serie 4, "Transporte de Residuos Peligrosos". CENAPRED. Junio 1994.
- UNEP. "Marine pollution from land-based sources facts and figures" en *Industry and Environment*. Vol. 15 No. 1-2. Junio, 1992
- United Nations. "Recommendations on the Transport of Dangerous Goods". 8a. edición. Nueva York, 1993
- USEPA, 1993. Toxics Release Inventory. EPA, marzo 1995
- World Resources Institute. The 1992 Information Please Environmental Almanac. Houghton Mifflin Company, Boston, 1992.



# SERIE Fascículos

| No. | Título                                                     |
|-----|------------------------------------------------------------|
| 1   | La Prevención de Desastres y la Protección Civil en México |
| 2   | Sismos                                                     |
| 3   | Inundaciones                                               |
| 4   | Volcanes                                                   |
| 5   | Huracanes                                                  |
| 6   | Riesgos Químicos                                           |
| 7   | Incendios                                                  |
| 8   | Erosión                                                    |
| 9   | Residuos Peligrosos                                        |
| 10  | Incendios Forestales                                       |
| 11  | Inestabilidad de Laderas                                   |
| 12  | Tsunamis                                                   |
| 13  | Heladas                                                    |
| 14  | Sequías                                                    |
| 15  | Tormentas Severas                                          |

## **“Fascículo Residuos Peligrosos”**

Se terminó de imprimir en Ediciones Especializadas Mexicanas, S.A. de C.V.

Escape No. 4-D, Col. Industrial Alce Blanco, Naucalpan, Estado de México, México, en octubre de 1998. La edición en papel bond de 44 kg. en interiores y en couché de 135 g. en la portada, consta de 5,000 ejemplares más sobrantes para reposición.

Estuvo al cuidado del Lic. Ricardo Cícero y de Violeta Ramos.



**SEGURIDAD**  
SECRETARÍA DE SEGURIDAD  
Y PROTECCIÓN CIUDADANA

**Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana**  
**Coordinación Nacional de Protección Civil**  
Centro Nacional de Prevención de Desastres

Av. Delfín Madrigal 665, Col. Pedregal de Santo Domingo, Coyoacán,  
Ciudad de México, C.P. 04360

[www.gob.mx/cenapred](http://www.gob.mx/cenapred)