

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE  
MEXICO**



---

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ZARAGOZA**

**PLAGUICIDAS Y LA DISPOSICIÓN FINAL DE SUS  
CONTENEDORES**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE  
INGENIERO QUIMICO  
P R E S E N T A :  
**PEDRO FERIA HERNANDEZ**

DIRECTOR DE TESIS: M. EN C. LOURDES CASTILLO GRANADA



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

*Agradecimientos:*

*A MARBELIA SEGURA ORTIZ: mi esposa amada, te agradezco tu apoyo, paciencia y comprensión, durante todos estos años, sin tu ayuda no sería quien soy, eres parte fundamental de mi vida, te amo, me faltan palabras para agradecer todo tu apoyo, simplemente gracias compañera, gracias mi amor, gracias tucu, tucu.*

*A MIS PADRES: por el apoyo que me brindaron durante todos estos años de esfuerzo.*

*A OTILIA HERNÁNDEZ CISNEROS: mi mamá, te agradeceré siempre, por tu fortaleza, valentía, por darme la vida, por tu apoyo, comprensión y porque supiste ser mamá y papá a la vez, me faltarían las palabras para agradecerte mamá, infinitamente gracias.*

*A LA PROFRA. LOURDES CASTILLO GRANADA: quien es símbolo de respeto y profesionalismo gracias por su valiosa ayuda y comprensión, sin la cual no hubiera sido posible concretar este trabajo, muchísimas gracias maestra.*

*A DIOS: te agradezco infinitamente que me hayas permitido llegar al final, estoy a tu disposición cuando tu lo desees, gracias.*

*A TODOS MIS PROFESORES: quienes con sus conocimientos me ayudaron en mi formación profesional y me brindaron la oportunidad de ver un mundo diferente.*

*A TODOS MIS COMPAÑEROS DE GENERACION: Blasito, Hugo (oso), Sergio (cometin), José Luis (masitas), Enedino (enenpino), Braulio(briaulio), Arturo(cusco), Martin(chabelo), Jorge(jorgito), Martin(piedra), Ernesto(patolin), Ricardo(scrapi), Gabriela(la parka), Lucero(transformer), Jhonny alex, Jazmin(mufla), Laura(osa), Carmen(poca pompa), Javier(abuelo), Camila, lety, Antonio(ingeniero químico eleitrico),(botas),( cavernicolita),(la madame), (el sanguijuela), Ramiro, Carlos(el congo), (el flaco), (la lombriz panzona),(el elvis) y todos los demás que no recuerdo, gracias por compartir un pedacito de su vida conmigo “EL MAÑAS”*

*Ahora la tierra del nunca jamás se podrá entrar de frente y no de espaldas como antes, las puertas se abren y es tiempo de entrar, vamos adelante...*

Índice	
Resumen	
INTRODUCCION	
MARCO TEORICO	
	PLAGUICIDAS
	CLASIFICACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS
	FACTORES NATURALES QUE PROVOCAN LA DEGRADACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS
	PROBLEMÁTICA DE LOS PLAGUICIDAS
EFFECTOS QUE PRODUCEN LOS PLAGUICIDAS	
	TOXICIDAD Y EFECTO DE LOS PLAGUICIDAS
	EFECTO QUE PRODUCEN LOS PLAGUICIDAS SOBRE LOS ECOSISTEMAS
	LA PROBABILIDAD DE EFECTOS ADVERSOS EN EL SER HUMANO, LA BIOTA ACUÁTICA Y TERRESTRE
ASPECTOS JURIDICOS	
	ASPECTOS JURÍDICOS RELACIONADOS CON EL MANEJO DE ENVASES VACÍOS DE PLAGUICIDAS EN MÉXICO
	NORMAS OFICIALES MEXICANAS
	DATOS QUE SE REQUIEREN PARA EVALUAR LA PELIGROSIDAD DE LOS PLAGUICIDAS
	ASPECTOS JURÍDICOS EN ALGUNOS PAÍSES DE AMÉRICA CENTRAL Y SUDAMÉRICA
	ARGENTINA
	BRASIL
	COLOMBIA
	COSTA RICA
capitulo 4	ENVASES VACÍOS DE PLAGUICIDAS Y EL TRIPLE LAVADO
4.1	ENVASES VACÍOS DE PLAGUICIDAS COMO RESIDUOS PELIGROSOS
4.2	PROGRAMA PARA EL MANEJO Y DISPOSICIÓN SEGURA DE ENVASES VACÍOS DE PLAGUICIDAS
4.3	INFRAESTRUCTURA DE MANEJO DE LOS ENVASES VACÍOS DE PLAGUICIDAS COMO RESIDUOS PELIGROSOS
4.4	SITUACIÓN ACTUAL
4.5	TIPOS DE ENVASES UTILIZADOS PARA CONTENER PLAGUICIDAS
4.6	ACCIONES PREVIAS A LA ELIMINACIÓN DE LOS ENVASES VACÍOS DE PLAGUICIDAS
4.7	TRIPLE LAVADO DE LOS ENVASES VACÍOS
4.8	MANEJO DEL ENVASE DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DEL TRIPLE LAVADO
4.9	ALTERNATIVA EN DESARROLLO PARA DISMINUIR LA GENERACIÓN DE ENVASES
ELIMINACION Y CONFINAMIENTO DE ENVASES	
	ASPECTOS TECNOLÓGICOS DE LA ELIMINACIÓN DE ENVASES VACÍOS
	SISTEMAS DE ELIMINACIÓN
	RECICLADO
	REUTILIZACIÓN TÉRMICA O ENERGÉTICA
	REUTILIZACIÓN DE ENVASES
	INCINERACIÓN EN HORNOS ESPECIALES
	INCINERACIÓN DE ENVASES A CAMPO ABIERTO
	ELIMINACIÓN EN BASUREROS
	SITUACIÓN EN LA REGIÓN DE CENTRO Y SUDAMÉRICA
	ARGENTINA
	ACCIONES PARA EL MANEJO DE LOS ENVASES VACÍOS
	BRASIL

	ACCIONES PARA EL MANEJO DE LOS ENVASES VACÍOS	
	COLOMBIA	
	COSTA RICA	
	CENTROS DE ACOPIO EN PAÍSES DE LA REGIÓN	
RESULTADOS Y CONCLUSIONES		
	RESULTADOS	
	CONCLUSIONES	
	RECOMENDACIONES	
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXO NORMAS OFICIALES MEXICANAS		
ANEXO TIPOS COMUNES DE PLÁSTICOS Y SU COMPOSICIÓN		
ANEXO RESIDUOS PELIGROSOS		
ANEXO TIPOS DE PROPAGANDA QUE EMITE AMIFAC		
ANEXO ESTRUCTURAS QUÍMICAS DE ALGUNOS PLAGUICIDAS		
GLOSARIO		
NOMENCLATURA UTILIZADA		

## RESUMEN

En el presente trabajo se realizó la investigación del efecto de los plaguicidas y principalmente la toxicidad y contaminación que los envases vacíos de plaguicidas pueden generar tanto al medio ambiente como a las personas que se encuentren en contacto directo con dichos envases, los cuales como veremos, en los últimos años se han generado una gran cantidad de estos desechos en el país, así como en algunas regiones de América Latina.

Es imprescindible mencionar que en México como en otros países de América Latina los cuales forman parte de la REPAMAR han realizado grandes esfuerzos para tratar de controlar dicho problema, pero no obstante dichos esfuerzos todavía falta mucho que hacer al respecto. Los programas que ha puesto en marcha la AMIFAC en nuestro país, como el programa “Campo Limpio”, no ha dado los resultados esperados, los casos de intoxicación por el uso inadecuado de los plaguicidas en los terrenos de riego se debe principalmente a un mal manejo de los productos, así como de las medidas de seguridad que se deben emplear en la aspersión de los mismos, por otro lado los desechos plásticos los cuales son tirados (en la mayoría de los casos sin previo tratamiento de lavado) en tiraderos a cielo abierto, barrancas e inclusive en los cauces de los ríos aledaños, contribuye en mucho a contaminar agua y suelo además los envases se comercializan sin previo tratamiento de limpieza y son utilizados por la gente como contenedores de agua potable, debemos de recordar que tampoco los vendedores en los diferentes expendidos (no obstante que cuentan con la licencia de salubridad y demás licencias oficiales para poder comercializar dicha mercancía) no proporcionan información alguna para el manejo de los envases vacíos, a los agricultores y en general a quien adquiere algún plaguicida o herbicida, por lo tanto esto contribuye a que el problema ya difícil de controlar, entre a una fase incontrolable para las autoridades y de gran riesgo para la población en general.

Finalmente se presentan las actividades de capacitación y participación comunitaria que cada país esta llevando a cabo para la difusión de tecnologías, gestión y concientización de esta problemática. En este sentido se avizora que la REPAMAR puede contribuir sobremanera a capacitación y transferencia de Tecnología.



## INTRODUCCIÓN

El uso de plaguicidas en el campo mexicano se representa en la actualidad un gran problema, el cual está próximo a salirse de control, el uso desmedido y poco cuidadoso de plaguicidas ha originado un tipo especial de contaminación que afecta a la fauna, agricultura, agua y suelos, dicha contaminación afecta en gran medida al ser humano debido al contacto directo que tienen con estos compuestos, al fumigar sin protección los campos de cultivo e inclusive al estar en contacto los insecticidas de uso cotidiano en el hogar.

Los envases vacíos de estos compuestos, en su mayoría son desechados en tiraderos a cielo abierto, cerca al lugar donde fueron utilizados, sin ningún tratamiento de limpieza previo. Los envases vacíos de insecticidas que fueron usados en el hogar son depositados en los camiones recolectores de basura municipal, o cualquier otro medio de recolección de basura o en su defecto tirados en la vía pública[1,2].

No se puede dejar de lado la falta de interés de las autoridades en cuanto a este tema, recordemos que en el año 1991 la Federación para la Protección de Cultivos (GCPF) a través de su filial latinoamericana Latin American Crop Protection Association (LACPA) y de sus cámaras asociadas en cada país comenzaron a promocionar proyectos de uso seguro de productos fitosanitarios, los cuales tomaron en consideración los planes pilotos nacionales sobre el “uso seguro de los agroquímicos también llamados productos fitosanitarios y la disposición final de envases vacíos de los mismos”. Los primeros países que prestaron la debida atención a este problema para desarrollar proyectos de este tipo fueron: Argentina, Guatemala, Kenya y Tailandia.

Por otra parte la industria de los productos para la protección de los cultivos se ha adherido al compromiso voluntario de cumplir con el código internacional de conducta para la distribución y utilización de plaguicidas, emitido por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), y a los lineamientos de programas como la custodia de productos y la responsabilidad integral. Por ello la LACPA, lleva adelante programas de manejo y eliminación de envases vacíos de plaguicidas.

Sin embargo, los avances en los programas de eliminación de envases vacíos son muy diferentes de un país a otro, como puede apreciarse en la tabla 1:

Países y las Formas de Eliminación de Envases Vacíos.	Cantidad Kg.	
México	incineración-reciclado	150,000
Guatemala	incineración-reciclado	10,000
El salvador	incineración-reciclado	10,000
Republica dominicana	incineración	46,000
Colombia	incineración	114,000
Brasil	reciclado-incineración	1,200,000
Argentina	incineración-reciclado	35000

Tabla 1.- envases vacíos en diferentes países

En México como en los demás países existen proyectos organizados en funcionamiento, aunque los resultados no son todavía los esperados.

En Chile, Ecuador y Costa Rica se comenzó a trabajar a partir del año 2001. A su vez y como parte del plan de acción de la fase de eliminación de envases vacíos de plaguicidas propuesto por la Red Panamericana de Manejo Ambiental de Residuos (REPAMAR) 2000-2001, sus países integrantes (Argentina, Brasil, Colombia, Costa Rica, Ecuador, México, Panamá y Perú) califican el tema de la disposición de envases como de primera importancia para la red, elaborando informes de consultoría sobre esta problemática. [3,4]

De esta manera el presente trabajo se realizó con el objetivo de contribuir a difundir la tecnología para la disposición final de los envases vacíos de plaguicidas, problema que afecta principalmente al medio rural.

## **1.1 PLAGUICIDAS**

Se denomina plaguicida a cualquier sustancia o mezcla de sustancias que se destina a controlar cualquier plaga, incluidos los vectores de enfermedades humanas y de animales, así como las especies no deseadas que causen o que interfieran con la producción agropecuaria y forestal, por ejemplo, las que causan daño durante el almacenamiento o transporte de los alimentos u otros bienes materiales, así como las que interfieran con el bienestar del hombre y de los animales; se incluyen en esta definición las sustancias defoliantes y las desecantes [7].

Los plaguicidas de origen químico son producto del desarrollo de la ciencia y la tecnología, sin duda han tenido una función muy importante en el control de los vectores de enfermedades transmisibles como paludismo, dengue, tifo principalmente. De la misma manera, han influido en el desarrollo agrícola, ya que los insectos, las malas hierbas y otras plagas destruyen gran parte de los cultivos y compiten por factores como espacio, humedad y nutrientes. Se estima que la magnitud de las pérdidas por plagas en el mundo es aproximadamente una tercera parte del potencial de la producción alimentaría [5].

El empleo de plaguicidas organoclorados se inició en México en 1946, para el control de enfermedades como en agricultura. Actualmente se usan en México alrededor de 900 principios activos de plaguicidas formulados en aproximadamente en 60,000 preparaciones. El país fabrica 36 principios activos de todo tipo.

Es importante señalar que en 1972 el uso mundial de plaguicidas organoclorados para el cultivo de algodón fue de 46 millones de libras. Ese cultivo consume, por sí solo, entre el 80 y 90% del volumen total de plaguicidas empleados en el mundo. Se calcula que más de 20 billones de libras de insecticidas se han aplicado sobre la tierra en los últimos 25 años; de ellos, al menos 3 billones correspondieron al DDT [6].

## **1.2 CLASIFICACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS**

Los plaguicidas pueden clasificarse de acuerdo con los siguientes criterios:

### **1.2.1 Origen**

- Naturales; son elementos extraídos de algunos componentes que se encuentran en el ambiente natural como: nicotina del tabaco, pirétrinas de las flores, arseniatos, fósforo y rotenona, entre otros.
- Sintéticos; son los elaborados por el hombre con la ayuda de la industria química y tratando de imitar la composición de los elementos naturales, por ejemplo el DDT, MALATION y CARBARYL. Para su venta comercial

combinan un ingrediente activo, que esta elaborado para combatir un determinado tipo de plaga, además de contener uno o varios ingredientes inertes (excipientes), que diluyen el producto tóxico. En la mayoría de los casos el excipiente es un compuesto orgánico del que rara vez se toman en cuenta los efectos nocivos, que en muchas ocasiones superan a los de los ingredientes activos. Por ejemplo el tetracloruro de carbono y el cloroformo son potentes sustancias que son toxicas para el hígado y el sistema nervioso central pueden utilizarse como ingredientes “inertes” sin ser mencionados en la etiqueta del producto [7,58].

### **1.2.2 Organismos que controlan**

Algunos plaguicidas tienen por objetivo eliminar, o controlar organismos que son nocivos para el humano, en la siguiente lista se dan algunos ejemplos.

- Insecticidas: sustancias que eliminan insectos.
- Acaricidas: compuestos que controlan ácaros.
- Bactericidas: sustancias que impiden el crecimiento de bacterias.
- Herbicidas: sustancias que el desarrollo de la maleza.
- Nematicidas: compuestos usados en el control de nematodos.
- Rodenticidas: sustancias que controlan la población de roedores.
- Funguicidas: sustancias que retrasan el desarrollo de hongos.
- Molusquicidas: sustancias que impiden la proliferación de Moluscos.
- Avicidas: sustancias que controlan las poblaciones de aves.

### **1.2.3 Por su formulación (presentación comercial)**

- Sólidos: pueden ser polvos, granulados, pastas, comprimidos, etc. Estos elementos normalmente generan contaminación de forma gradual, su principal vía de intoxicación es la respiratoria
- Líquidos: pueden ser suspensiones, soluciones, concentrados, emulsiones. Generalmente tienen un efecto más rápido en el medio, su acción toxicológica es mayor por la piel y digestiva

- Gases: licuados o comprimidos su efecto contaminante sobre el ambiente es lento en comparación con otras presentaciones, las intoxicaciones se dan principalmente por vía respiratoria y digestiva [7,58].

#### **1.2.4 Por su persistencia**

La persistencia se define como la capacidad del plaguicida para retener sus características físicas, químicas y funcionales en el medio en el cual es transportado o distribuido, por un periodo limitado después de su emisión. Los plaguicidas que persisten más tiempo tienen mayor probabilidad de interacción con los diversos elementos que conforman los ecosistemas. Si su vida media y su persistencia es mayor a la frecuencia con que se aplican, los plaguicidas tienden a acumularse tanto en los suelos como en la biota [7],[58].

A continuación se da la clasificación de los plaguicidas en función de su persistencia:

- Ligeramente persistentes (menos de cuatro semanas).
- Poco persistentes ( de 4 a 26 semanas).
- Altamente persistentes (más de 1 año y menos de 20 años).
- Permanentes (más de 20 años).

#### **1.2.5 Por su toxicidad**

Por los efectos adversos que pueden causar en los seres vivos

- Aguda o inmediata: la absorción es repentina y rápida y se reconoce fácilmente por la manifestación de síntomas como vómitos, mareos, trastornos fisiológicos e incluso la muerte.
- Crónica: ocurre gradualmente y se manifiesta a largo plazo produciendo efectos como diversos tipos de cáncer, aborto espontáneo, defectos congénitos, lesiones neurales, esterilidad y mutaciones genéticas.

#### **1.2.6 Por su modo de acción**

La forma en que el ingrediente activo (compuesto químico) ejerce su acción sobre la plaga, el cual depende de la plaga la cual se destina el plaguicida, este puede ser absorbido por tejidos o ingeridos.

- De contacto: actúa principalmente al ser absorbidos por los tejidos externos de la plaga

- De ingestión: es ingerido por la plaga por su acción efectiva
- Sistémico: al aplicarse en plantas o animales, se absorbe y se traslada por su sistema vascular o sanguíneo a puntos remotos del lugar en que se aplica y en los cuales actúa.
- Fumigante: se difunde en estado gaseoso o de vapor y penetra por todas las vías de absorción.
- Repelente: impide que las plagas ataquen.
- Defoliante: causa la caída del follaje de las plantas

### 1.2.7 Por su composición química

Se refiere a los ingredientes activos que lo constituyen, en general se pueden ubicar dentro de tres grupos

- Compuestos inorgánicos: son los que carecen de carbono, como los derivados de cobre, azufre, zinc y aluminio.
- Compuestos orgánicos: son aquellos que contienen átomos de carbono en su estructura química. La mayoría de origen sintético, fabricados a partir de compuestos químicos básicos y algunos extraídos de plantas, por lo que se conocen como botánicos. Los compuestos orgánicos utilizados como plaguicidas pertenecen a distintos grupos o familias químicas. Cada una de estos grupos tienen algunas características comunes y en cualquiera de ellos puede haber insecticidas, aracnidas, herbicidas u otros tipos de plaguicidas.
- Plaguicidas biológicos: se llaman así a los microorganismos o derivados de su metabolismo, formulados como insumos que pueden controlar a una plaga en particular, algunos plaguicidas de origen biológico son usados en campañas de salud pública, por ejemplo el *Bacillus Thuringiensis*, que controla el desarrollo de los mosquitos que transmiten la malaria y del *Simulium sp.* Vector de la oncocercosis.

### 1.2.8 Por el uso al que se destinan

Dependiendo el uso que se de al plaguicida será la cantidad a utilizar, estos usos van desde agrícolas, para controlar plagas que atacan la producción agrícola hasta simplemente para ahuyentar mosquitos en cualquier hogar y la toxicidad también será dependiendo de la plaga la cual se desea controlar.

- Agrícolas: aplicados en diversas extensiones de tierra, en sistemas de producción agrícola y en productos y subproductos de origen vegetal.
- Forestales: empleados en bosques y maderas.
- Urbanos: aplicados en ciudades y zonas habitacionales, por ejemplo en edificios, no incluye el uso doméstico.
- Para jardinería: en jardines y plantas de ornato.
- Pecuarios: aplicados en animales o instalaciones de producción intensiva o extensiva cuyo producto es destinado al consumo humano, o a usos industriales, incluye el uso en animales domésticos.
- Domésticos: incluye el uso del hogar.
- Industriales: empleado en el procesamiento de productos y subproductos, así como para el cuidado de áreas industriales [7,58].

### **1.2.9 por su estructura química**

La principal ventaja de esta clasificación es que permite agrupar a los plaguicidas con un criterio uniforme y científico para establecer una correlación entre estructura y actividad, estructura y toxicidad, estructura y mecanismos de degradación. Se agrupan según su composición y características químicas en:

- organoclorados
- organofosforados
- organoazufrados
- carbamatos
- carboxamidas
- tiocarbamatos
- ftalimidas
- organoestánicos
- bupiridílicos
- dinitrofenoles
- triazinas
- tricloropicolinico
- derivados de la urea
- compuestos de cobre
- guanidinas
- naftoquinonas [7,58]

### 1.3 FACTORES NATURALES QUE PROVOCAN LA DEGRADACIÓN DE LOS PLAGUICIDAS

Además de las reacciones químicas y fotoquímicas, hay dos mecanismos biológicos principales que son causa de degradación de los plaguicidas los cuales son los siguientes:

- 1) Procesos microbiológicos que se desarrollan en el suelo y en el agua.
- 2) Metabolismo de los plaguicidas ingeridos por el organismo que constituye la plaga o vector como parte de su suministro alimentario.

Si bien ambos procesos son beneficiosos en el sentido de que se reduce la toxicidad de los plaguicidas, los procesos metabólicos causan ciertamente efectos negativos, en los peces. La energía utilizada para metabolizar los plaguicidas y otras sustancias xenobióticas (productos químicos externos) no pueden utilizarse para otras funciones corporales, lo que puede limitar gravemente el crecimiento y reproducción del organismo al cual se esta combatiendo con el plaguicida.

En la tabla 1.3.1 se muestra la proporción de algunos plaguicidas que se encuentran en asociación con sedimentos en suspensión.

Plaguicida	log K <sub>ow</sub>	% de carga química con diferentes concentraciones(mg/L) de sedimentos en suspensión			
		mg/L =10	mg/L = 100	mg/L = 1000	mg/L = 10000
Aldrin	5,5	15	55	90	100
Atrazina	2,6	0	0	2	20
Clordan	6,0	30	75	95	100
DDT	5,8	20	67	93	100
Dieldrin	5,5	15	55	90	100
Endrin	5,6	18	57	90	100
Endosulfán	3,6	0	0	21	57
Heptacloro	5,4	13	48	88	100
Lindano	3,9	0	2	30	80
Mirex	6,9	75	95	100	100
Toxafeno <sup>1</sup>	3,3	0	0	12	47
Trifluoralina	5,3	12	45	87	100
2,4-D	2,0 <sup>2</sup>	0	0	0	4

Tabla 1.3.1 plaguicidas y su asociación a sedimentos

Fuente OMS

<sup>1</sup> Mezcla de toxafeno.

<sup>2</sup> El intervalo es 1,5-2,5

Coefficiente de partición n-octanol/agua (K<sub>ow</sub>)



### **1.3.1 Degradación de los plaguicidas en el suelo**

Muchos plaguicidas se descomponen en compuestos más simples, como H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub> y NH<sub>3</sub>. Si bien parte de este proceso es resultado de reacciones químicas, por ejemplo hidrólisis y fotólisis, el principal instrumento de mineralización es el metabolismo y catabolismo microbiológico. La microbiota del suelo utiliza los plaguicidas como fuente de carbono y otros nutrientes. Algunos productos químicos, por ejemplo, el (2,4-D) se descomponen muy rápidamente en el suelo, mientras que otros resisten durante más tiempo (2,4,5-T). Algunos productos químicos son muy persistentes y tardan mucho tiempo en descomponerse (atrazina). Por otro lado el metabolismo de los plaguicidas en los animales es un mecanismo importante en virtud del cual los organismos se protegen frente a los efectos tóxicos de las sustancias xenobióticas (productos químicos), que se encuentran en su suministro alimentario. En el humano, el producto químico se transforma por el metabolismo en una forma menos tóxica y o bien se elimina mediante las excreciones o se almacena en el organismo. Pueden verse afectados en este proceso diferentes órganos, en especial el hígado, según cuál sea el producto químico. Las enzimas desempeñan un papel importante en el proceso metabólico y la presencia de determinadas enzimas, en particular las oxigenasas de función mixta en el hígado, se utiliza ahora como indicador de que el organismo ha estado expuesto a productos químicos externos.

### **1.4 PROBLEMÁTICA DE LOS PLAGUICIDAS.**

Actualmente un plaguicida no se vende hasta tener la seguridad de que no posee riesgos para la salud o ecológicos y hasta que se haya investigado el tiempo y el mecanismo de degradación en el suelo, aire, agua, plantas y animales. El envasado se diseña para minimizar el contacto del usuario con el producto tomando en cuenta el tiempo de vida media del plaguicida.

Para desarrollar un nuevo fitosanitario debe de recorrer un largo camino en cuestión de investigación, experimentación, aceptación etc. del cual una sustancia entre cuarenta mil llega al usuario, el resto se descarta ya sea por aspectos toxicológicos, biológicos, etc. este camino dura de 10 a 12 años y los costos se han elevado de 30-50 millones de dólares en la década del 80, actualmente 150 millones de dólares. Este aumento se ha producido especialmente por la mayor cantidad de estudios que se efectúan en el área toxicológica, residuos, metabolismo y ambiente. Siendo uno de los principales factores de riesgo la cantidad de producto aplicado, las nuevas sustancias han permitido disminuir las dosis tradicionales (principio activo) de 1kg/ha a valores por debajo de los 5 g/ha.

Otros aspectos destacables de los nuevos productos son:

La disminución de la toxicidad que conlleva una relación dosis-toxicidad mucho más baja y la menor persistencia en el ambiente dado por su mayor susceptibilidad a la degradación microbiana.

Los procesos industriales han tenido un profundo cambio tecnológico, que permite la elaboración de las nuevas moléculas con una altísima purificación del principio activo, llegando a separar isómeros activos de los inactivos o indeseables, con lo cual evita la aplicación de sustancias al medio ambiente que no son necesarias.

Como los principios activos generalmente no pueden ser aplicados en su estado físico original, deben ser formulados. Y en este sentido también se están desarrollando nuevos tipos de formulaciones que cumplan los siguientes requisitos:

- seguridad para el aplicador
- eficacia en dosis
- no fitotóxica para el cultivo
- posibilidad de mezclar varios productos
- fácil de aplicar con equipos comunes
- bajo costo
- estable y segura en el almacenamiento
- nulos o mínimos remanentes en los envases [8].

## 2.1 TOXICIDAD Y EFECTOS DE LOS PLAGUICIDAS

Los plaguicidas tienen la capacidad inherente de provocar efectos adversos en los seres vivos, de dañar su estructura o funciones, y de provocar su muerte. Su toxicidad depende entre otros aspectos de: [22]

- a. Factores como la absorción, distribución, almacenamiento, activación, detoxificación, que influyen en la reacción de su forma tóxica final con el sitio "blanco" ( molécula, célula, tejido, órgano o sistema).
- b. Reacción ( reversible o irreversible) con los sitios blancos.
- c. Consecuencias bioquímicas o fisiológicas.
- d. Expresión clínica de su toxicidad (efectos agudos y crónicos).

Tales efectos son función, además, de la magnitud y duración de la exposición al plaguicida así como de su vía de ingreso al organismo (oral, dérmica o inhalación).

En teoría los organismos son capaces de tolerar pequeñas dosis de estos compuestos gracias a la existencia de mecanismos de homeostasis o compensación fisiológica, que incluyen la detoxificación metabólica, la adaptación celular y la reparación. Por ello se identifica un umbral por debajo de la cual no se observan efectos adversos aparentes, en las curvas que relacionan la dosis y los efectos. Por arriba de esa dosis umbral los mecanismos de compensación se saturan y dan lugar a la producción de alteraciones en diferentes órganos y sistemas, variando la dosis umbral para cada una de ellos y siendo afectados en diverso grado de severidad. Algunos plaguicidas son cancerígenos, pero todos causan lesiones degenerativas en hígado y riñón, son estimulantes del sistema nervioso central, y provocan reacciones alérgicas como vomito, dolor de cabeza, conjuntivitis, diarrea, calambres abdominales, dificultad para respirar. Otros factores influyen también en la toxicidad de los plaguicidas, como son la edad, el sexo, el estado nutricional y de salud de los individuos expuestos [26].

## 2.2 EFECTOS QUE PRODUCEN LOS PLAGUICIDAS SOBRE LOS ECOSISTEMAS

Cuando los plaguicidas son empleados a cielo abierto, su difusión en los distintos medios (aire, agua, suelo) y la contaminación de fuentes de alimento para los organismos silvestres, conllevan la posibilidad que se produzcan efectos adversos que afecten a poblaciones enteras y pongan en riesgo la supervivencia de las especies en peligro de extinción, dañando también a organismos predadores y polinizadores, entre otros.

Entre los efectos más notables se encuentran los que alteran la capacidad reproductiva de los organismos expuestos y los que ocasionan la muerte.

Por otra parte cuando los plaguicidas ingresan en las cadenas alimentarias se distribuyen a través de ellas, se concentran en cada nicho ecológico y se

acumulan sucesivamente hasta que alcanzan una concentración letal para algún organismo constituyente de la cadena, o bien hasta que llegan a niveles superiores de la red trófica, en la figura 2.2.1 se describe la introducción de los plaguicidas en la cadena alimentaría [23,24].

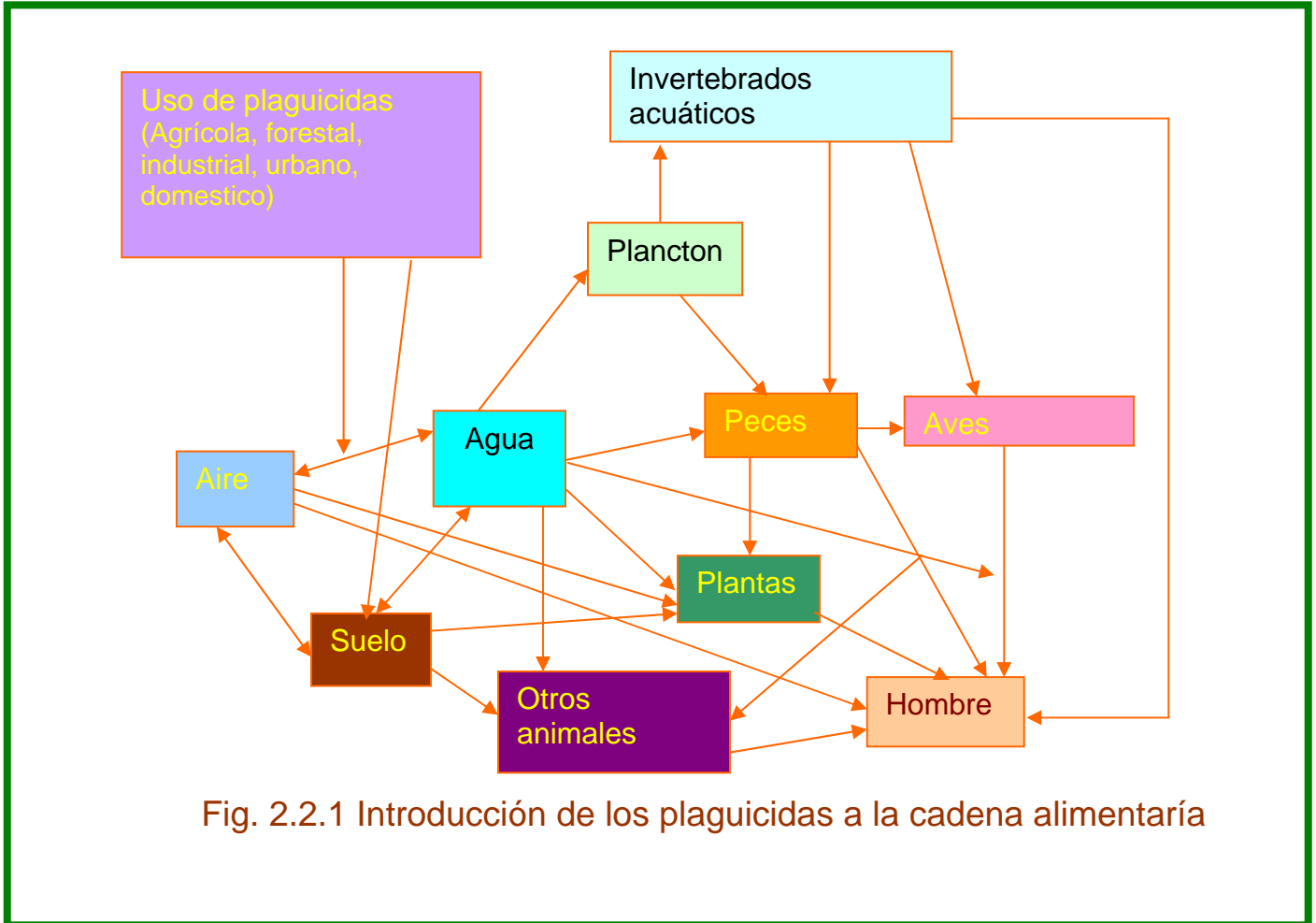


Fig. 2.2.1 Introducción de los plaguicidas a la cadena alimentaría

La contaminación del ambiente por plaguicidas se da por aplicaciones directas en los cultivos agrícolas, derrames accidentales, lavado inadecuado de tanques contenedores, filtraciones en los depósitos de almacenamiento y residuos descargados y dispuestos en el suelo. Los restos de estos plaguicidas se dispersan en el ambiente y se convierten en contaminantes para los sistemas biótico (animales y plantas principalmente) y abiótico (suelo, aire y agua) amenazando su estabilidad y representando un peligro de salud pública.

El grado de lixiviación o sea el movimiento de las sustancias a través de las fases del suelo hacia abajo como lo muestra en la figura 2.2.2), depende de la solubilidad del compuesto en agua, de su naturaleza química y del valor del pH del suelo. La lixiviación será favorecida por una capacidad de adsorción de la muestra del suelo

(lo cual varía principalmente por el porcentaje de arcillas, arenas y limos presentes en él), por altas temperaturas y por la precipitación pluvial [25,26].

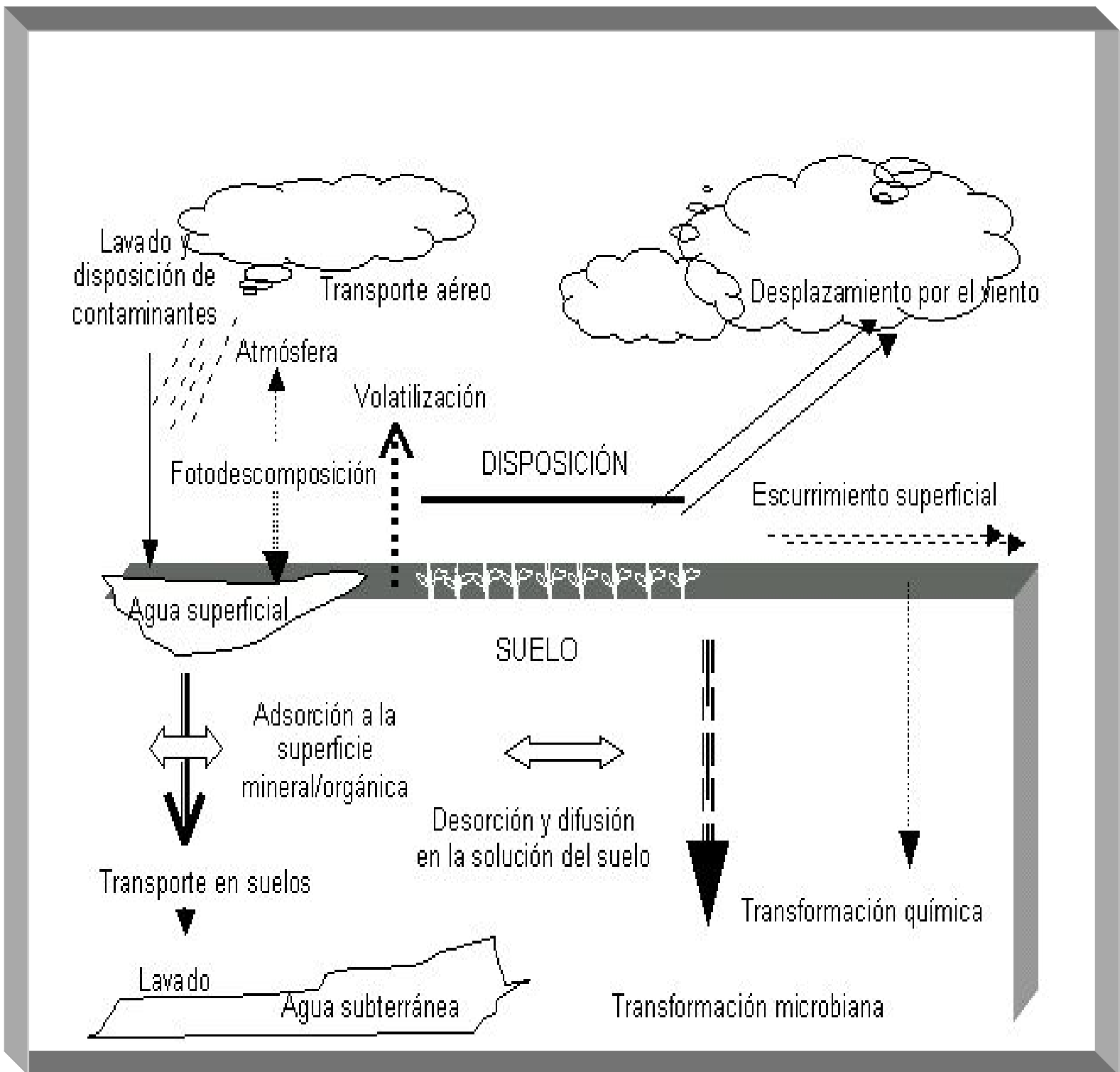


Figura Fig. 2.2.2 distribución de plaguicidas en el ambiente

Lo anterior también es decisivo para determinar la distribución del material en la biosfera, ya que las plantas y los microorganismos no pueden recibir directamente los compuestos adsorbidos sobre las partículas del suelo. Este proceso está en equilibrio con la eliminación (desorción) del compuesto en la solución del suelo. La distribución de un plaguicida en la biofase (plantas y microorganismos) depende de la capacidad de absorción de esta y de la naturaleza del suelo. Un suelo con gran capacidad de absorción puede conducir a la inactividad total del plaguicida, ya que nunca penetrara en la plaga [27].

El suelo como ecosistema, incluye grupos microbianos, animales invertebrados y vertebrados, así como a los constituyentes orgánicos e inorgánicos. El medio ambiente edáfico es único en diferentes aspectos, contiene gran variedad de bacterias, actinomicetos, hongos, algas y protozoarios, es uno de los sitios más dinámicos de interacciones biológicas en la naturaleza; en el cual se realizan la mayor parte de las reacciones bioquímicas involucradas en la descomposición de la materia orgánica, y la nutrición de cultivos agrícolas. La porción inorgánica del suelo tiene un notable efecto sobre los habitantes microbianos, debido a su influencia sobre la disponibilidad de nutrientes, aireación y retención de agua. En la fracción mineral se encuentran partículas de una gran variedad de tamaños, desde aquellas que son visibles al ojo humano hasta las partículas de arcilla que solo pueden observarse con ayuda de un microscopio. En suelos aireados adecuadamente, predominan bacterias y hongos, mientras que en los ambientes que contienen poco o nada de oxígeno únicamente las bacterias [24,25].

Los plaguicidas representan un instrumento imprescindible en la agricultura de todo el mundo para el control de plagas, por lo que no resulta una tarea sencilla el prohibir su uso, probablemente eso, incluso no será posible por lo que se debe pensar en alternativas para detener, aminorar o remediar la grave contaminación producida por estos productos. Algunas opciones viables podrían ser:

- **Biorremediación**

Se puede entender por biorremediación a la desintegración de componentes orgánicos por medio de microorganismos generando dióxido de carbono y agua o metano como productos. Es decir el principal objetivo de la biorremediación es la degradación de desechos tóxicos para convertirlos en componentes más sencillos y mucho menos dañinos al ambiente.

- **Plaguicidas biológicos**

Virus, microorganismos o productos derivados de su metabolismo. Bacterias como *Bacillus thuringensis*, y hongos. Así mismo productos derivados directamente de vegetales, que no se sintetizan químicamente como lo son: la estricnina, nicotina, piretrinas, roto nona, ajo, entre otros.

- **Educación sobre uso adecuado de plaguicidas**

Esto se refiere a acciones directas sobre la comunidad dedicada a la agricultura, significa hacer conciencia sobre el mejor aprovechamiento de los plaguicidas para una mejor eficiencia sin el desperdicio que en muchas ocasiones se realiza por aplicaciones inadecuadas, lavado incorrecto de tanques, derrames accidentales y otros. De esta manera se podría detener la idea generalizada de que si "una" cantidad de plaguicida es efectiva, "dos" sería mejor, lo cual impacta directamente sobre el uso excesivo e irracional de estos productos, aumentando potencialmente el número de organismos plaga resistente a los plaguicidas [27,29].

### **2.3 LA PROBABILIDAD DE EFECTOS ADVERSOS EN EL SER HUMANO, LA BIOTA ACUÁTICA Y TERRESTRE**

Como ya se indicó previamente, el que los plaguicidas sean capaces de producir efectos tóxicos no quiere decir que estos se generan siempre que un organismo entra en contacto con ellos, para que esto suceda tiene que alcanzarse un grado de exposición suficiente o concentración. Es por ello que el riesgo de los plaguicidas se entiende como la probabilidad de que estos produzcan efectos adversos en función de la exposición.

De lo anterior se desprende que para evaluar el riesgo derivado del uso de los plaguicidas, no baste contar con los resultados de estudios que informan sobre los posibles efectos (peligros) y las dosis en las que estos se producen (relación dosis-efecto), sino que se necesita conocer o calcular la exposición potencial o real que puede ocurrir a lo largo de su ciclo de vida en los lugares en los que se manejan [28].

Los efectos ecológicos de los plaguicidas en el agua están determinados por los siguientes criterios:

**2.3.1 Toxicidad:** toxicidad para mamíferos y no mamíferos, expresada en forma de  $DL_{50}$  (Dosis letal: concentración del plaguicida que provoca la muerte de la mitad de los organismos de prueba durante un periodo especificado de prueba). Cuanto más baja es la  $DL_{50}$ , mayor es la toxicidad; los valores de 0 a 10 son los extremadamente tóxicos.

Las directrices sobre los alimentos y el agua potable se determinan utilizando una evaluación basada en el riesgo. Por lo general, riesgo = exposición (cantidad y/o duración) X toxicidad.

La respuesta tóxica (efecto) puede ser aguda (muerte) o crónica (efecto que quizá no provoque la muerte durante el período de prueba pero cause en el organismo sometido a prueba efectos observables, como cánceres y tumores, deficiencias reproductivas, inhibición del crecimiento, efectos teratogénicos etc.).

**2.3.2 Persistencia:** Medida en términos de vida-mitad (tiempo necesario para que la concentración ambiental disminuya un 50 por ciento). La persistencia está determinada por procesos bióticos y abióticos de degradación. Los procesos

bióticos son la biodegradación y el metabolismo; los procesos abióticos son fundamentalmente la hidrólisis, fotólisis y oxidación. Los plaguicidas modernos suelen tener vidas breves, que reflejan el período durante el cual la plaga debe ser controlada.

**2.3.2 Productos degradados:** El proceso de degradación puede llevar a la formación de productos degradados, cuya toxicidad puede ser mayor, igual o menor que la del compuesto original. Por ejemplo el DDT se degrada en DDD y DDE [7,27,28].

**2.3.3 Destino (ambiental):** El destino ambiental (comportamiento) de un plaguicida depende de la afinidad natural del producto químico con respecto de uno de los cuatro compartimentos ambientales: materia sólida (materia mineral y carbono orgánico en partículas), líquido (solubilidad en aguas superficiales y aguas del suelo), forma gaseosa (volatilización) y biota). Este comportamiento recibe con frecuencia el nombre de "compartimentación" y comprende, respectivamente, la determinación de los siguientes aspectos: coeficiente de absorción del suelo ( $K_{oc}$ ); solubilidad; Constante de Henry (H), y el coeficiente de partición n-octanol/agua ( $K_w$ ). Estos parámetros son bien conocidos en el caso de los plaguicidas y se utilizan para prever su evolución ambiental. Un factor adicional puede ser la presencia de impurezas en la formulación del plaguicida, que no forman parte del ingrediente activo. Un ejemplo reciente es el caso del TFM, lampricida utilizado en los afluentes de los Grandes Lagos durante muchos años para combatir la lamprea de mar. Aunque el destino ambiental del TFM se conoce perfectamente desde hace muchos años, investigaciones recientes han comprobado que la formulación del TFM incluye una o más impurezas muy potentes que influyen en el sistema hormonal de los peces y provocan enfermedades hepáticas. Claro en el caso de este tipo de compuestos, en los lagos así como un gran número de ríos de México se han encontrado trazas de por lo menos algún plaguicida y no necesariamente utilizado en las regiones más cercanas [27].

**Efecto de los plaguicidas en la salud humana:** quizá el mejor ejemplo regional de mayor alcance de contaminación por plaguicidas es la región del mar Aral, los estudios realizados demuestran los efectos de los plaguicidas al nivel morbilidad oncológica (cáncer), pulmonar y hematológica, así como a las deformidades congénitas, y deficiencias del sistema inmunitario.

Los efectos en la salud humana son provocados por los siguientes medios:

- Contacto a través de manipulación de productos plaguicidas en la piel
- Inhalación. respiración de polvo o pulverizaciones
- Ingestión. plaguicidas consumidos como contaminantes de los alimentos o en agua

Los trabajadores agrícolas están sometidos a riesgos especiales asociados a la inhalación y contacto a través de la piel durante la preparación y aplicación de



plaguicidas a los cultivos. No obstante, para la mayoría de la población, un vehículo importante es la ingestión de alimentos contaminados por plaguicidas. La degradación de la calidad del agua por el escurrimiento de plaguicidas tiene dos efectos principales en la salud humana. El primero es el consumo de pescado y mariscos contaminados; este problema puede revestir especial importancia en las economías pesqueras de subsistencia que se encuentran aguas abajo de importantes zonas agrícolas. El segundo es el consumo directo de agua contaminada con plaguicidas. Muchos organismos encargados de la protección de la salud y el medio ambiente han establecido valores de "ingesta diaria admisible" (IDA), que indican la ingestión máxima diaria admisible durante la vida de una persona sin riesgo apreciable para su salud. Por ejemplo, en un estudio reciente sobre fenoles sustituidos, se comprobó que la tetraclorohidroquinona, metabolito tóxico del biocida pentaclorofeno, producía en el "DNA daños significativos y dependientes de la dosis".

**2.3.5 Efectos ecológicos de los plaguicidas:** los plaguicidas se incluyen en una gran variedad de microcontaminantes orgánicos que tienen efectos ecológicos. Las distintas categorías de plaguicidas tienen diferentes repercusiones en los organismos vivos, por lo que es difícil hacer afirmaciones generales. Aunque los plaguicidas tienen sin duda efectos en la superficie terrestre, el principal medio de daños ecológicos es el agua contaminada por filtración de los plaguicidas los dos mecanismos más importantes son la bioconcentración y la bioampliación.

- Bioconcentración: se trata del movimiento de un producto químico desde el medio circundante hasta el interior de un organismo. El principal sumidero de algunos plaguicidas es el tejido graso (lípidos). Algunos plaguicidas, como el DDT, son "lipofílicos", lo que significa que son solubles y se acumulan en el tejido graso, como el tejido comestible de los peces y el tejido graso humano. Otros plaguicidas, como el glifosato, se metabolizan y eliminan a través de las excreciones.
- Bioampliación: con este término se designa la concentración creciente de un producto químico a medida que la energía alimentaria se transforma dentro de la cadena trófica. En la medida en que los organismos pequeños son devorados por los mayores, la concentración de plaguicidas y otros productos químicos se amplía de forma considerable en el tejido y otros órganos. Pueden observarse concentraciones muy elevadas en los depredadores que se encuentran en el ápice de esa cadena, incluido el ser humano.

Los efectos ecológicos de los plaguicidas (y otros contaminantes orgánicos) son muy variados y están con frecuencia interrelacionados. Se considera que los efectos producidos en los organismos y en el medio ambiente constituyen una advertencia de las posibles repercusiones en la salud humana. Los principales tipos de efectos son los que se enumeran a continuación y varían según el organismo sometido a investigación y el tipo de plaguicida. Los distintos plaguicidas provocan efectos muy diferentes en la vida acuática, por lo que es

difícil formular afirmaciones de alcance general. Lo importante es que muchos de estos efectos son crónicos (no letales), pasan con frecuencia en toda la cadena trófica. Esos efectos son los siguientes:

- Muerte del organismo
- Cánceres, tumores y lesiones en peces y animales
- Inhibición o fracaso reproductivo
- Supresión del sistema endocrino (hormonal)
- Daños celulares y en el DNA
- Efectos teratogénicos (deformaciones físicas, como las que se observan en el pico de algunas aves)
- Problemas de salud en los peces revelados por el bajo coeficiente entre células rojas y blancas, el exceso de mucílago en las escamas y agallas de los peces, etc.
  - Efectos intergeneracionales (que sólo se observarán en las generaciones futuras del organismo).
- Otros efectos fisiológicos, como disminución del grosor de la cáscara de los huevos.

Estos efectos no son causados necesariamente ni de forma exclusiva por la exposición a los plaguicidas u otros contaminantes orgánicos, pero pueden estar asociados a una combinación de presiones ambientales, como la eutrofización, y agentes patógenos. Estas presiones asociadas no tienen que ser necesariamente muy fuertes para provocar un efecto sinérgico con los micro contaminantes orgánicos. Los efectos ecológicos de los plaguicidas van más allá de los organismos individuales y pueden afectar a los ecosistemas. Según estudios realizados, la aplicación de plaguicidas es uno de los factores que más influyen en la biodiversidad [29,30].

### **3.1 ASPECTOS JURÍDICOS RELACIONADOS CON EL MANEJO DE ENVASES VACÍOS DE PLAGUICIDAS EN MÉXICO**

Los aspectos jurídicos relacionados con el manejo de los envases vacíos de plaguicidas en México están determinados por la Ley General del Equilibrio Ecológico que indican las regulaciones jurídicas relacionadas con actividades con plaguicidas, incluyendo a los envases vacíos, empaques o plaguicidas y a las autorizaciones para sus importaciones y exportaciones de residuos peligrosos. En su reglamento interno, en la NOM-052-ECOL-1993, clasifica a los envases y tambos usados en el manejo de materiales y residuos peligrosos como fuentes no específicas.

Otros aspectos jurídicos indirectamente relacionados con el manejo de envases vacíos se refiere a las normas oficiales relacionadas con salud tales como las NOM-044-SSA1-1993 referentes al envase y embalaje, requisitos para contener plaguicidas y la NOM-045-SSA1-1993 que establece las características de las etiquetas pero no se habla de la forma de disposición final y si los envases se pueden utilizar como combustible alterno o bien se les puede dar otro uso.

Cabe resaltar, que en la legislación vigente no se incluye ningún tipo de tratamiento de remoción de residuos como obligatorio, salvo en el Estado de Morelos en donde la Procuraduría Agraria hace obligatorio para esa zona el tratamiento de limpieza llamado triple lavado, que se aplicara a los envases vacíos, el cual consta de tres enjuagues con agua corriente, dicha agua del enjuague se depositara en el contenedor para de esta forma iniciar la fumigación.

Dentro de los arreglos jurídicos en relación al manejo de plaguicidas cabe mencionar aquel convenio firmado entre la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas y la AMIFAC para permitir el transporte de los envases vacíos previamente lavados tres veces los cuales se consideran como residuos no peligrosos.

Actualmente existen dos anteproyectos de norma para el manejo de envases vacíos, mismas que a continuación se describen:

- Anteproyecto de norma para la reducción de envases usados y residuos de envases en sitios de disposición final de los residuos sólidos municipales: Propuesta de norma que establecerá las especificaciones para el correcto manejo, acopio y disposición final de envases que contuvieron agroquímicos.
- Anteproyecto de norma para el manejo de clorados y bifenilos: Anteproyecto de norma que estará relacionado indirectamente con envases vacíos que alguna vez contuvieron este tipo de compuestos.

Otro arreglo interinstitucional importante, es el que se refiere a la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de los Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST) conformado en el año de 1987.

Esta comisión que tiene atribuciones respecto a plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas, funge como órgano de coordinación para facilitar la gestión de los productos químicos, en aspectos relativos a la importación, exportación y registro. Esta comisión también ha participado en el programa “Conservemos un campo limpio”, colaborando en el apoyo y realización de seminarios para la capacitación de funcionarios y jornaleros [9,10,15].

En la tabla 3.1 se enlistan los aspectos jurídicos en México, del manejo de envases vacíos que contuvieron a los plaguicidas

La Tabla 3.1 aspectos jurídicos relacionados con el manejo de envases vacíos.

Nombre de Ley/Norma/Reglamento	Especificaciones	Descripción
LGEEPA	Capítulo IV (Prevención y control de la contaminación del suelo) Art. 143	De las regulaciones jurídicas a las que quedan sujetas las actividades con plaguicidas incluyendo los envases vacíos, empaques y residuos.
	Art. 144	De las autorizaciones para los plaguicidas en cuanto a las restricciones arancelarias y no arancelarias de las importaciones y exportaciones de los residuos peligrosos.
Normas oficiales para la protección ambiental	Normas para el control de residuos peligrosos NOM-052-ECOL-1993	Los envases están clasificados como fuentes no específicas y con un número de fuente, como envases y tambos vacíos usados en el manejo de materiales y residuos peligrosos.
	Anteproyecto de norma para la reducción de envases usados y residuos de envases en sitios de disposición final de los residuos sólidos municipales	Propuesta de norma que establecerá las especificaciones para el correcto manejo, acopio y disposición final de envases que contuvieron agroquímicos.
Normas oficiales ambientales	Anteproyecto de norma para el manejo de clorados y bifenilos	Anteproyecto de norma que estará relacionada indirectamente con envases vacíos que alguna vez contuvieron este tipo de compuestos
Secretaría de salud (SSA)	NOM-044-SSA1-1993	Envase y embalaje, requisitos para contener plaguicidas
	NOM-045-SSA1-1993	Establece las características de las etiquetas de los envases de plaguicidas.
Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de los Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST)	La función de la comisión es gestionar lo referente a plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas.	Comisión que tiene atribuciones respecto a plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas. La función principal de esta comisión es como órgano de coordinación para facilitar la gestión de los productos químicos, en aspectos relativos a la importación, exportación y registro. Así como participación en el Programa "Conservemos un campo limpio"

### 3.2 NORMAS OFICIALES MEXICANAS.

En materia de plaguicidas, nutrientes vegetales y sustancias tóxicas, las dependencias integrantes de la CICOPLAFEST publicaron en el Diario Oficial de la Federación diversas Normas Oficiales Mexicanas, a continuación se incluye una relación de normas publicadas (en diferentes años desde 1993 –2003 cabe señalar que la mayoría de ellas siguen vigentes hasta nuestros días) y las secretarías que se encuentran a cargo :

Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural
Secretaría de Salud
Secretaría de Comercio y Fomento Industrial
Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca
Secretaría del Trabajo y Previsión Social
Secretaría de Comunicaciones y Transporte

Las normas anteriores se complementan con las siguientes Normas Oficiales Mexicanas:

NOM-045-SSA1-1993	Plaguicidas. Productos para uso agrícola, forestal, pecuario, de jardinería, urbano e industrial-etiquetado.
NOM-046-SSA1-1993	Plaguicidas. Productos para uso doméstico- Etiquetado.
NOM-003-SCT2-1993	Características de las etiquetas de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.
NOM-052-ECOL-1993	norma para el control de residuos peligrosos
NOM-045-SSA1-1993	establece las características de las etiquetas de los envases de plaguicidas.
NOM-044-SSA1-1993	envase y embalaje. Requisitos para contener plaguicidas.
NOM-002-SCT 2 /1994	Listado de las Sustancias Peligrosas más usualmente transportadas.

En el anexo (1) se encuentran todas las normas oficiales mexicanas y fecha de publicación para el control de sustancias peligrosas [11].

### 3.3 DATOS QUE SE REQUIEREN PARA EVALUAR LA PELIGROSIDAD DE LOS PLAGUICIDAS

El conjunto mínimo de datos requeridos para evaluar la peligrosidad y los riesgos de los plaguicidas suelen variar de país en país, lo cual tiene implicaciones económicas y comerciales, por lo cual se busca su armonización. De acuerdo con las directrices de la organización de las naciones unidas para la agricultura y la alimentación (FAO). Si se desea comercializar cantidades limitadas de un plaguicida destinado a utilizarse en cultivos básicos, será necesario presentar un documento muy completo con el objeto de poder evaluar los riesgos de dicho producto. Sin embargo cuando se trate de plaguicidas que han sido empleados durante años en otros países sin ocasionar daños aparentes y respecto a los cuales se sabe que, utilizados de manera correcta, producen residuos inferiores a los límites permitidos, los requisitos de información podrán ser menores [7,12,14].

Los datos recomendados para la evaluación de riesgos son los siguientes:

Datos que se requieren	Observaciones
Propiedades físicas y químicas	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Ingrediente activo</li> <li>➤ Identidad: nombre común, nombre químico, fórmula empírica, peso molecular, número de código.</li> <li>➤ Ingrediente activo puro</li> <li>➤ Propiedades físicas: aspecto, punto de fisión, descomposición y ebullición, presión de vapor, solubilidad en agua y solventes orgánicos, coeficiente de partición entre el agua y un solvente no mezclable, índice de hidrólisis, espectros de absorción, etc.</li> <li>➤ Ingrediente activo de calidad técnica.</li> <li>➤ Procedencia: contenido mínimo de ingredientes activos, identidad y cantidad de isómeros, impurezas y otros subproductos.</li> <li>➤ Preparado.</li> </ul>
Toxicología	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Toxicidad aguda (oral y cutánea. Respiratoria solo si se indica en mamíferos.</li> <li>➤ Propiedades irritantes y corrosivas para piel y ojos.</li> <li>➤ Toxicidad subcrónica (90 días)</li> <li>➤ Neurotoxicidad de compuestos fosforados en gallinas.</li> <li>➤ Mutagenicidad</li> <li>➤ Carcinogenicidad.</li> </ul>

### **3.4 ASPECTOS JURÍDICOS EN ALGUNOS PAÍSES DE AMÉRICA CENTRAL Y SUDAMÉRICA**

En la última década la toma de conciencia en la necesidad de preservar el medio ambiente dio lugar al dictado de las leyes específicas en casi todos los países. Sin embargo prevalece el criterio principista en la legislación no incorporando las formas o medios para su solución. De alguna manera se mantendrá esto para futuras reglamentaciones o decretos complementarios a cargo de la autoridad de aplicación. No obstante, algunos países como Brasil, han avanzado en el sentido de señalar explícitamente las acciones a realizar para la solución de determinados problemas [21].

#### **3.4.1 ARGENTINA**

Desde la Constitución Nacional, las leyes nacionales y provinciales, hasta las reglamentaciones de los gobiernos locales se pueden encontrar normas claras en cuanto al uso sustentable de los recursos naturales. Sin embargo, en general falta la decisión política para llevarlas a cabo. La República Argentina es un país federal donde en materia ambiental la Constitución Nacional en su artículo 14 establece que corresponde a la Nación dictar normas que contengan los presupuestos mínimos de protección y a las provincias las necesarias para complementarlas sin que aquellas alteren las jurisdicciones locales. En su primera parte el referido artículo establece que todos los habitantes gozan del derecho a un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer las de las generaciones futuras y por ello tienen el deber de preservarlas. El daño ambiental generará la obligación de recomponer según lo establezca la ley.

En suma, la legislación específica aplicable a los plaguicidas es reducida y comprende las siguientes: 18073/69 (plaguicidas), 195/87 (Higiene y Seguridad), 10699/88 (agroquímicos, provincia de Buenos Aires), y 6744/96 (provincia de San Juan). Hasta el presente no hacen referencia específica al destino final de los envases pero algunas fomentan la aplicación de alternativas de reciclado.

#### **3.4.2 BRASIL**

El Brasil es una federación formada por la unión de Estados, de Gobierno Federal y de Municipios, regidos actualmente por la Constitución del año 1988. La legislación ambiental se basa fundamentalmente en los principios del contaminador – pagador y el de la responsabilidad con el ambiente. La clasificación de residuo peligroso es una conceptualización dinámica, relativa o absoluta, en el sistema legal. Por ejemplo, los envases constituyen un concepto dinámico (dinámica de cambio) por lo que las tecnologías disponibles determinan la dinámica del concepto legal. El Gobierno Federal dictó en el año 1989 la Ley Federal 7082 y en el año 1990 su decreto reglamentario (98.816) para la disposición de los envases vacíos de agroquímicos. Hasta hoy la Comisión



Nacional de Medio Ambiente (CONAMA) no ha producido normas específicas para los envases, pero la Asociación Brasileña de Normas Técnicas (ABNT) conjuntamente con otros organismos del gobierno y de los fabricantes, distribuidores y transportistas de agroquímicos, a través de intensas campañas de difusión del triple lavado, ha logrado modificar la caracterización de envase peligroso (sin triple lavado) a no peligroso cuando se realiza (y comprueba) el mismo.

### **3.4.3 COLOMBIA**

La normativa colombiana se compone de normas y políticas con lineamientos generales y luego, a partir de la reglamentación de los residuos peligrosos en el país, de normativas específicas a cada caso en particular. Con respecto al tema de los plaguicidas es la siguiente:

Norma 3584/93 ICONTEC. Presenta una guía para la disposición de desechos, estableciendo los pasos a seguir para la producción, almacenamiento, transporte y aplicación de los plaguicidas. Establece el Triple Lavado, la inutilización de envases y la necesidad de solicitar permiso a las autoridades sanitarias competentes para la recuperación, reutilización y reciclaje de los envases vacíos. Establece las formas de eliminación:

Quemado (excluyendo al PVC y sólo en lugares habilitados), incineración en hornos especiales y enterramiento, para los casos donde no se puede incinerar. Para esa alternativa se indica fehacientemente como deben realizarse y localizarse los pozos de enterramiento.

El Consejo Nacional Ambiental en julio 1998 elaboró un documento sobre políticas de uso y manejo de los plaguicidas con el fin de prevenir y minimizar los impactos y riesgos de los mismos. En la misma fecha estableció las políticas para la producción limpia, donde se promueven acciones de autorregulación y autogestión para la no contaminación y el uso responsable de los agroquímicos.

### **3.4.4 COSTA RICA**

El Ministerio de Salud de la República de Costa Rica remitió a la REPAMAR un informe sobre las acciones que se llevan a cabo en el país en lo referente a la disposición de envases vacíos de plaguicidas. La legislación nacional obliga a las empresas a que dispongan adecuadamente de los diferentes desechos que se generan como resultado de sus diferentes procesos. Los envases que han contenido plaguicidas son catalogados como desechos con características especiales por lo que requieren un tratamiento especial. Por otra parte, esta legislación establece que debe ser el Ministerio de Salud quién evalúe y apruebe esos tratamientos. Como ejemplos de esas normativas están la Ley General de Salud de la Constitución Política de la Nación, el Reglamento de Manejo de basuras (Decreto 19.049-S) y el Reglamento de Registro, Uso y Control de plaguicidas y Coadyuvantes (Decreto 24.337-MAG-S). Basado en ellos se redactó

una propuesta de reglamento para la disposición de estos desechos con la participación de todos los sectores involucrados la cual establece lo siguiente:

- 1) La responsabilidad de utilizar y disponer adecuadamente de los envases será de quien en ese momento sea su propietario dentro de la cadena de distribución y uso. El usuario del producto deberá realizar el triple lavado previo a su entrega a los Centros de Acopio.
- 2) El importador, el fabricante, el distribuidor y el usuario, cada uno dentro de su ámbito de acción, deberán implementar las medidas necesarias para el acopio y transporte de los envases vacíos hacia los sitios de disposición final. Todo el sistema de disposición final y la ubicación del sistema de tratamiento deberán estar debidamente aprobados por el Ministerio de Salud.
- 3) La disposición final podrá hacerse siguiendo alguno de los siguiente métodos:
  - a. Reciclaje de envases
  - b. Degradación de envases
  - c. Reutilización de envases
  - d. Incineración, cumpliendo con lo establecido en el Art. 55 del Decreto 9.049-S
  - e. Relleno especial debidamente rotulados
  - f. Almacenamiento en finca o en la empresa, rotulados y en sitios autorizados. Si durante el proceso de tratamiento se generasen líquidos residuales, se deberá contar con un sistema de tratamiento "ad hoc" que cumpla con las normas establecidas en los Decretos 21.518-S y 24.158 MIRENEM-S. Además si se requiriesen áreas de tratamiento temporal o Centros de Acopio, los mismos deberán contar con la aprobación del Ministerio.

Cabe por ultimo hacer mención del rotulado en los envases vacíos, la prohibición del enterramiento fuera de los lugares habilitados y las prohibiciones para el rehúso de los envases [16,17,18,19,20,21].

#### **4.1 LOS ENVASES VACÍOS DE PLAGUICIDAS COMO RESIDUOS PELIGROSOS**

Los plaguicidas químicos son productos desarrollados con el propósito de destruir las plagas, por lo cual poseen propiedades tóxicas que los hacen indudablemente peligrosos, aunque su peligrosidad y riesgo varía según el tipo de ingrediente activo, concentración y exposición.

Cada aspecto en el uso y manejo de los plaguicidas tiene su propio tipo y grado de riesgo potencial. En el caso del manejo de envases de plaguicidas, las prácticas incorrectas pueden dar lugar a posibles efectos que van desde la exposición tóxica aguda hasta la crónica, en adultos y niños, ganado, animales de tiro, animales salvajes y especialmente en la vida acuática, por lo que los envases vacíos pueden constituir graves peligros si no son eliminados adecuadamente. El abandono de envases usados de plaguicidas por doquier en las áreas agrícolas los convierte en un problema tangible para el ecosistema, deteriora el ambiente y los animales salvajes, convirtiéndose en una fuente de envenenamiento para la salud humana cuando se les usa para almacenar agua y alimentos, poniendo en peligro al público en general y en particular a los niños.

Por ello, se requiere fomentar la recuperación de subproductos así como de insumos y energéticos que eviten el agotamiento y contaminación de los recursos naturales, el programa "Campo Limpio" el cual propone lavar tres veces el envase de plaguicida para disminuir la concentración de los residuos del producto y devolverlo al lugar donde se adquirió, para transportarlo a un centro de acopio donde se compacta y finalmente puedan ser llevados a un incinerador, donde sean utilizados como combustible alterno.

La industria produce aproximadamente 30 millones de envases de cualquier material al año y el programa "Campo Limpio" hasta el momento únicamente contempla el acopio de los envases de plástico y se deja afuera a los de cartón, aluminio, lámina, papel, vidrio y otros. Si se considera que 10 envases de cualquier material pesan 10 Kg, en 10 años habrán 30,000 toneladas, las cuales serán necesarias disponer.

Por ello debe comenzarse a manejar y disponer los envases correctamente para evitar que sean desechados en el campo y cuerpos de agua lo que ha provocado la contaminación del ambiente, darles un mal uso como almacenar alimentos o agua potable que son la causa de producir daños a la salud o intoxicaciones, principalmente a los jornaleros agrícolas.

Para disminuir la problemática anterior, se firmó un convenio en noviembre de 1996 con la Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales (SEMARNAT), a través de la Dirección General de Materiales, Residuos y Actividades Riesgosas (DGMRAR) del Instituto Nacional de Ecología (INE) y de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPa), suscribió este Convenio:

“Programa para el Manejo y Disposición Segura de Envases Vacíos de Plaguicida”, Campo Limpio con la Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria A.C. (AMIFAC), el cual ha contado con el respaldo de las Secretarías de Salud (SS), Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural (SAGAR) y Comercio y Fomento Industrial (SECOFI), integrantes de la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y Uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST) [31,32].

#### **4.2 PROGRAMA PARA EL MANEJO Y DISPOSICIÓN SEGURA DE ENVASES VACÍOS DE PLAGUICIDA.**

AMIFAC agrupo a fabricantes, formuladores, distribuidores e importadores de agroquímicos, que en conjunto manejan aproximadamente 80% del mercado nacional de estos productos. Con respecto a los lineamientos del Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas de la FAO se han emprendido diversas acciones para lograr la autorregulación. Una de esa medidas es el Programa Nacional de Recolección de Envases Vacíos de Agroquímicos, para orientar a la difusión y observación de las buenas prácticas en el uso, manejo y disposición final de estos materiales. Cada año se producen 30 millones de envases de productos agroquímicos y muchos de ellos se depositan en lugares inapropiados.

Ante la amenaza de que surgieran en varios puntos del país basureros con este tipo de recipientes, La AMIFAC, en coordinación con autoridades de la SEMARNAT -a través del INE y la PROFEPA- inició en noviembre de 1996 un programa de autorregulación. Mediante el convenio, la AMIFAC se comprometió a difundir y promover entre distribuidores y usuarios el concepto del triple lavado y la devolución de los envases, así como a crear estrategias, tanto para la recolección de los recipientes como para su reciclaje o destrucción. Con el triple lavado se asegura que el envase retendrá menos del 0.001% de plaguicida, o sea Según datos bibliográficos (EPA; USP (Brasil), Holanda, y el centro de control ambiental) el Triple Lavado elimina el 99,999% de restos del plaguicida en el envase, lo cual lo hace prácticamente inofensivo.

El siguiente paso consiste en la recolección de los envases y su envío a centro de acopio, cuyo objetivo es concentrar la mayor cantidad de recipientes. Estudios realizados por laboratorios extranjeros y nacionales han avalado la eficiencia del triple lavado. Para difundir este programa principalmente en áreas rurales se han repartido unos ocho mil videos, 29 mil folletos, posters y se han organizado talleres, avisos y seminarios [47,48,49].

#### **4.3 INFRAESTRUCTURA DE MANEJO DE LOS ENVASES VACÍOS DE PLAGUICIDAS COMO RESIDUOS PELIGROSOS**

La infraestructura instalada en la republica mexicana es buena pero no suficiente debido a que el campo mexicano es basto por tal motivo no logra dar suficiente

abasto, debido a las distancias que separan un centro de acopio con otro, esta infraestructura se ha venido desarrollando e instalando de la siguiente manera:

- En enero de 1997 se instaló el primer Centro de Acopio en Salamanca, Gto. con una máquina compactadora en las instalaciones de la compañía Teckem, ubicada en Carretera Panamericana Km. 314.5, C.P. 36770. Además se adquirió un vehículo para la recolección de envases y se contrató personal para hacerse cargo del Programa en la región.
- De manera simultánea se inició una campaña con spots en radio que se difundieron desde enero hasta junio en todo el estado utilizando los espacios oficiales, además de promocionar entre las Asociaciones de Distribuidores de Agroquímicos del Bajío los objetivos y beneficios del programa donde visitaron a las 44 asociaciones que integran la Unión Regional de Productores Agrícolas de Guanajuato.
- En mayo se procedió a instalar un Centro de Acopio en Jacona, Mich., el cual se localiza en las instalaciones de la compañía Agroindustrias PM en el No. 100 de la carretera Zamora Jacona.
- También en mayo AMIFAC obtuvo del Centro de Control Agroindustrial S.A. (Laboratorio Aprobado por la SAGAR) los resultados al trabajo correspondiente de residuos de plaguicidas en los envases vacíos de agroquímicos, el cuál certifico que aplicando correctamente la técnica del triple lavado los resultados del producto contenido se elimina en mas del 99.999%.
- En julio instalaron la primera compactadora en el centro de acopio de Salamanca y en octubre se envió un camión recolector de envases que da servicio en el estado de Sinaloa, además se inauguró el Centro de Acopio en el municipio de Villa Guerrero.
- En Noviembre se dio el mayor impulso al programa en el Estado de Sinaloa, donde después de varias reuniones con autoridades estatales y municipales, con la cadena de distribución, con las asociaciones de productores y los representantes de los trabajadores agrícolas, se formalizó un convenio y oficialmente inició la recolección de envases en esa entidad.
- En febrero de 1998 se inauguró un Centro de Acopio en la ciudad de Culiacán, Sinaloa y días después se instalo uno más en los Mochis. Con el apoyo de autoridades federales y municipales, se comenzó a difundir por radio los objetivos y beneficios del programa.
- En octubre del mismo año se firmó el “Convenio para la instrumentación del Programa Conservemos un Campo Limpio” en el Valle del Yaqui, Valle del Mayo y las áreas agrícolas de los municipios de Guaymas, Empalme, Hermosillo, Caborca y San Luis Río Colorado, todos en el Estado de Sonora. Este convenio

es firmado por la Asociación de Organismos de Agricultores del Sur y Norte de Sonora (AOASS y AOANS), la COESPLAFEST del Estado y AMIFAC.

- En este mismo mes se elaboró el Anteproyecto de Norma Oficial Mexicana "NOM-000-1998". Que establece las especificaciones para el correcto manejo, acopio y disposición final de envases que contuvieron agroquímicos. La última revisión se realizó en junio de 1999.
- En agosto de 1999 se inauguró un Centro de Acopio mas en la ciudad de Tepic, Nayarit para apoyar la recolección de envases (figura 1) en las instalaciones de la empresa Insumos Agrícolas de Nayarit, S.A. de C.V. (IANSA), la instalación del Centro de Acopio y al organización del programa, se realizó por cuenta del Gobierno con el apoyo y asesoría de AMIFAC.

Por otra parte, el programa Campo Limpio también contempla la disposición final de los envases que contuvieron agroquímicos y una de estas formas es emplearlo como combustible alterno en los hornos cementeros, para realizar esto, AMIFAC tramito un permiso para incinerar este material, por lo que el INE solicitó un protocolo de prueba y los trámites correspondientes con diferentes empresas cementeras para la incineración de los materiales. En la figura 4.7.2 se muestra la proporción de envases vacíos que contenían plaguicidas recolectados en diferentes lugares de la republica mexicana [34,35,47,49].

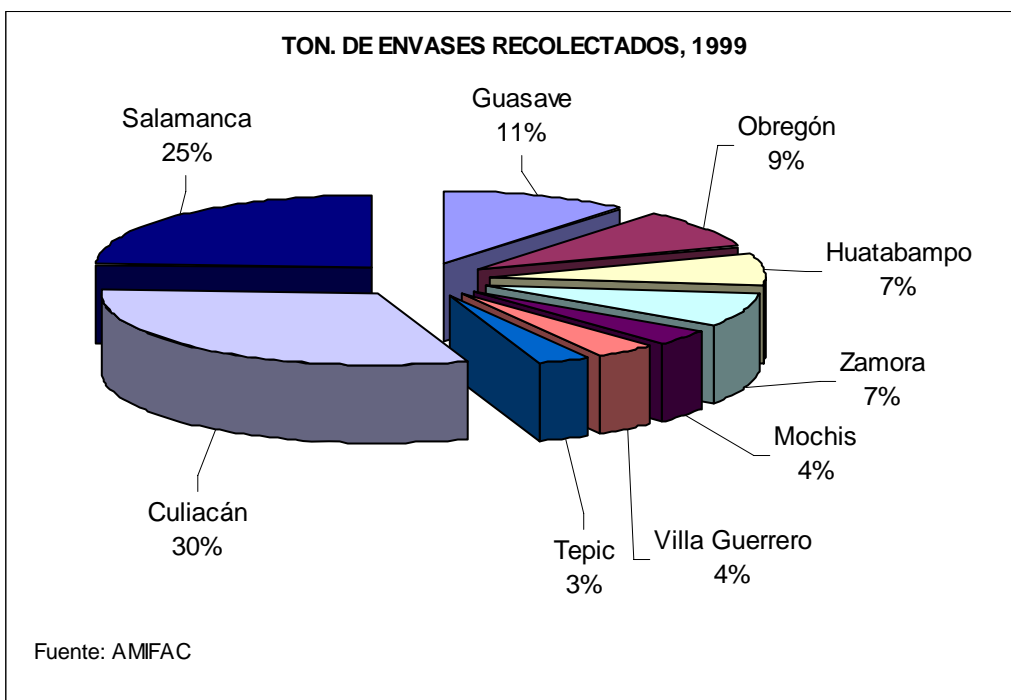


Figura 4.3.1

#### 4.4 SITUACIÓN ACTUAL

Hasta agosto del año 2000, AMIFAC trabajó conjuntamente con el INE en la reforma de la NOM-052 que establece las características, el procedimiento de identificación, clasificación y el listado de los residuos peligrosos, la cual contempla el lavado de envases que contuvieron productos peligrosos, los cuales no podrán ser usados y reciclados en productos que estén en contacto directo con el ser humano y animales, también se trabajó en la elaboración del anteproyecto de Reglamento de Materiales y Residuos peligrosos y Actividades consideradas como Altamente Riesgosas.

Así mismo, AMIFAC elaboró y distribuyó 7,500 videos, 8,000 carteles, 22,000 folletos, 2,000 rota folios, difundió el programa de triple lavado en 5,800 pláticas directas de capacitación y transmitió spots de radio con el mensaje del triple lavado en 88 difusoras de 8 estados de la república.

Para finales del año 2000 AMIFAC instalo 9 centros de acopio en: Obregón y Huatabampo, Son.; Los Mochis, Guasave y Culiacán, Sin.; Tepic, Nayarit; Zamora, Mich.; Salamanca, Gto. y Villa Guerrero, Edo. Méx. Y proporcionó el equipo de operación a los centros antes mencionados, 3 vehículos para la recolección de envases, 3 máquinas compactadoras y una trituradora, además de haber generado empleo al tener contratadas 12 personas para atender el programa y los centros de acopio.

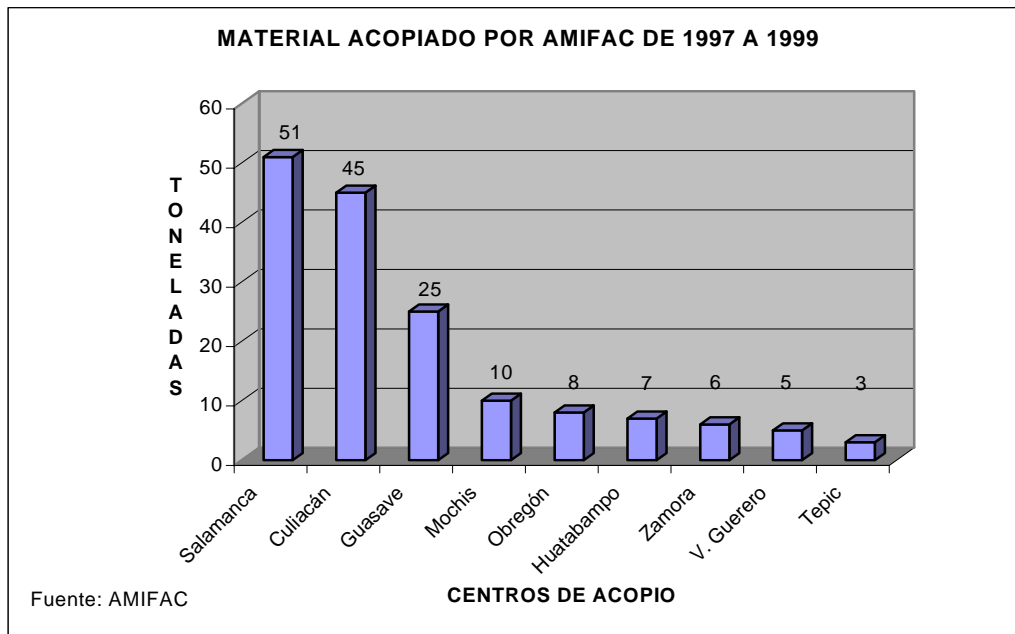


Fig. 4.4.1

Finalmente, AMIFAC estima un acopio de 185 toneladas de envases vacíos en el año 2003 [47,48,49].

#### **4.5 TIPOS DE ENVASES UTILIZADOS PARA CONTENER PLAGUICIDAS**

En el país las empresas de agroquímicos expenden sus productos en los siguientes tipos de envases o embalajes

- Tambores metálicos de más de 100 litros de capacidad
- Baldes metálicos de 20 a 50 litros
- Sobre-envases de cartón (Bidones por 5 litros) (escasa producción)
- Sobre-envases de cartón (Fracos de vidrio, plásticos o metálicos de 1 litro)
- Bolsas de papel Kraft con polvos de 20 a 50 Kg.
- Bidones (garrafrones) plásticos de 20 a 25 (litros escasa producción)

Cada uno de estos tipos de envases y sobre-envases deben almacenarse en lugares cubiertos, ventilados, cerrados y sobre tarimas según indicaciones precisas para cada caso.

Igualmente existen disposiciones y recomendaciones sobre el transporte por vehículos en carreteras y estibaje en lugares de acopio y depósitos rurales. En general se debe seguir la norma de “los primeros en entrar serán los primeros en salir” para evitar tener en el campo productos vencidos. De los tipos de envases mencionados, los más utilizados son los no retornables y los de plástico. En nuestro país la mayor parte de envases para contener plaguicidas son fabricados de plástico los cuales por sus características son de larga vida, su degradación en el medio ambiente es de acuerdo a investigaciones realizadas en algunos países desarrollados es de aproximadamente 50 años en promedio por lo cual es un peligro latente este tipo de envases. Por tal motivo es pertinente saber la composición de cada tipo de plástico ya que es un contaminante con una vida media larga.

En el anexo II se encuentra la información de los tipos de plásticos que se utilizan para la elaboración de los envases para contener plaguicidas [16].

#### **4.6 ACCIONES PREVIAS A LA ELIMINACIÓN DE LOS ENVASES VACÍOS DE PLAGUICIDAS**

Se ha generalizado en el medio rural la recomendación que para la eliminación de los envases vacíos de agroquímicos es necesario realizar previamente dos tareas esenciales, una durante la aplicación de los productos fitosanitarios y otra después de su aplicación. En la primera, la recomendación más importante es el Triple Lavado de los envases. En la segunda, se debe proceder a su inutilización, almacenamiento provisorio y eliminación [50].



## 4.7 TRIPLE LAVADO DE LOS ENVASES VACÍOS

Después de su uso, en los envases vacíos quedan remanentes de los productos que contenían y por ende es necesario eliminarlos de una manera correcta y segura. Para ello se recurre al triple lavado que consiste en enjuagar tres veces el envase vacío. Esto significa:

- Economía (por el aprovechamiento total del producto)
- Seguridad (en el manipuleo y disposición posterior de los envases)
- Protección Ambiental (al eliminar o minimizar factores de riesgo)

Los envases deben escurrirse totalmente al agotar su contenido (en ese momento y no después) manteniéndolos en posición de descarga por no menos de 30 segundos, sobre la boca de la máquina pulverizadora. Luego se procede (Primer paso del TL) a llenar el envase vacío con el agua empleada para la dilución del producto formulado aproximadamente hasta una cuarta parte de su volumen total. Se ajusta el tapón y se agita fuertemente (Segundo paso).

Finalmente el agua proveniente de esta limpieza se vuelca en el tanque de la pulverizadora para ser utilizado en la tarea de protección del cultivo prevista (Tercer paso). Esta operación se debe repetir por lo menos dos veces más, especialmente en aquellos envases que contengan productos viscosos. Es importante señalar que el agua utilizada en el lavado debe provenir de tuberías que llevan agua corriente, nunca de acequias, cursos de agua o lagunas cercanas esto para evitar cualquier derrame ya que correrían cierto riesgo de contaminación al contacto con el plaguicida.

Para facilitar la tarea existen en el mercado máquinas para la aplicación de fitosanitarios que vienen provistas de sistemas de lavado automático de envases. En todos los casos el agua de lavado de los envases se debe volcar en el interior de la máquina pulverizadora y formará parte de la dosis de aplicación.

Es importante remarcar que el lavado de los envases se realiza durante la operación de carga (dilución final) del producto formulado (envasado). Según datos bibliográficos (EPA; USP (Brasil), Holanda, etc.) el Triple Lavado elimina el 99,999% de restos del producto en el envase.

En la siguiente tabla se observan los resultados obtenidos por diferentes dependencias y laboratorios a nivel internacional, en relación a la efectividad de realizar tres lavados a los contenedores que contuvieron plaguicidas.

Tabla 4.7.1 Resultados del estudio para comprobar la eficacia del Triple Lavado

NOM. COMERCIAL	CONT. I.A. (%)	INGREDIENTE ACTIVO	PPM EN EL CONTENEDOR	PPM AL TERCER LAVADO	% DE I.A. ORIGINAL	% ELIMINADO EN EL LAVADO
Gesaprim	40.8	Atrazina	408000	40.8	0.0001	99.9999
Decis 2.5 CE	2.5	Deltametrina	25000	0.069	0.0001	99.9999
Thiodan 35 CE	33.5	Endosulfan	335000	28	0.0001	99.9999
Tamaron 600	48	Metamidofos	450000	0.021	0	100
Parametil 72 CE	72	Paration M	720000	28.15	0.0001	99.9999
FAENA	41	GLIFOSATO	410000	0	0	100

Presentación de las muestras 1 litro [48,49].

FUENTE AMIFAC

#### 4.8 MANEJO DEL ENVASE DESPUÉS DE LA APLICACIÓN DEL TRIPLE LAVADO

Una vez finalizada la tarea de aplicación en el campo, se deben inutilizar los envases vacíos haciéndoles varias perforaciones en el fondo con un elemento punzante con el fin de evitar su reuso y llevarlos a un sitio elegido como depósito. Este depósito transitorio deberá estar ubicado en un sector aislado del campo, muy bien delimitado e identificado, cubierto, bien ventilado y al resguardo de factores climáticos donde solamente deberá tener acceso el personal capacitado, no pudiendo hacerlo gestantes, niños ni animales domésticos.

No se deben almacenar envases vacíos en pozos o basureros a cielo abierto. Una vez inutilizados se los debe colocar en bolsas contenedoras o envases especiales perfectamente identificables, clasificados según naturaleza y tamaño. Por consiguiente el paso siguiente será deshacerse de ellos teniendo en cuenta el tipo de envase:

1. Envases y sobre-envases de papel o cartón. Prácticamente no existen en el mercado productos envasados en papel ya que la mayoría de las formulaciones son líquidas y los polvos y granulados vienen envasados en bolsas plásticas. Por lo tanto sólo encontraremos papel en los sobre-envases (envoltorios finales) donde su riesgo de contaminación por contacto con el principio activo es mucho menor. Por lo tanto se acepta la incineración controlada a campo, es decir una vez verificados que estén totalmente vacíos se rompen.

Luego se procede a quemarlos de uno por vez, en un fuego vivo, en lugar abierto, alejado de viviendas, depósitos, corrales, etc. Se deben considerar la velocidad y

dirección del viento y usar vestimenta adecuada. Las cenizas serán enterradas en lugares especialmente acondicionados para tal fin. Los envases de papel-cartón aluminizados (Tetrabrik) se tratan como los envases plásticos ya que pueden reciclarse juntos.

2. Envases de plástico (HDPE, PET, PVC) El HDPE es el polietileno de alta densidad, muy flexible y opaco. El PET es mucho más rígido, quebradizo y brillante. El PVC son las bolsas de polietileno usadas para formulaciones no líquidas y sobre-envases. Desde el depósito transitorio se deben llevar al Centro de Acopio más cercano (Si existe un sistema de reciclaje) o quemarlos en hornos incineradores.

3. Envases de vidrio Se los debe romper y juntar en un recipiente adecuado hasta que sean trasladados al Centro de Acopio. Si se trata de pequeñas cantidades se pueden enterrar en lugares adecuados.

4. Envases metálicos (Fe, Al) Una vez perforados y aplastados (para ello se puede utilizar el rodado del tractor) y cuando se junte una cantidad suficiente se trasladan al Centro de acopio. En caso de no contarse con ello se recurre a una fundición o chatarrería (la cual este capacitada en el uso de estos materiales) donde se compactarán y se fundirán en un horno a 1200 ° C. A esa temperatura se destruyen todas las sustancias orgánicas presentes.[48,49]

#### **4.9 ALTERNATIVA EN DESARROLLO PARA DISMINUIR LA GENERACIÓN DE ENVASES**

##### 1. Sobre la generación de envases:

Reducir o eliminar el número de los envases plásticos mediante el envasado de los productos en un nuevo material cuya principal característica es la de ser hidrosoluble. Se está ensayando con un polialcohol deshidratado, sólido a temperatura ambiente, que se disuelve al incorporarlo en solución al tanque de la pulverizadora. Lamentablemente este tipo de envase no es aplicable a todos los productos. En otra línea se está trabajando en producir principios activos en estado sólido, compactado. La solución final se realiza en el momento de su aplicación a campo, al pie de la pulverizadora. El problema es que el producto no se vende formulado y con ello la eficacia y la eficiencia del mismo pueden reducirse por inadecuada formulación.

##### 1. Sistemas de Distribución a campo:

La distribución del agroquímico se podría realizar desde la planta sintetizadora o importadora y luego transportarse a granel en camiones tanque hasta un centro de carga zonal (Distribuidor, Aeroclub y/o Cooperativa). En dicho lugar se cargan las máquinas pulverizadoras o tanques cisternas que alimentarán a las pulverizadoras en el campo. Es decir, serían como los surtidores de combustibles para los vehículos utilizados en la protección de cultivos.

## 2. Reciclado:

Seguir investigando y probando nuevas alternativas para el material reciclado, atendiendo a las necesidades locales y/o regionales para posibilitar el autofinanciamiento del proceso y del sistema de recolección. Todas las alternativas deben contemplar el apoyo de la participación comunitaria, sobre todo en la realización de cursos y charlas de capacitación, la necesidad del triple lavado, la recolección de los envases y su posterior inutilización, y el adecuado manejo de los elementos utilizados en las tareas de protección de los cultivos.[47,48,49]

## 5.1 ASPECTOS TECNOLÓGICOS DE LA ELIMINACIÓN DE ENVASES VACÍOS

En base a la investigación realizada se puede concluir que el único proceso que se lleva a cabo en México para eliminar el plaguicida de los envases vacíos es el triple lavado.

El triple lavado es un proceso propuesto originalmente por la EPA y comúnmente utilizado en otros países. La utilización de este proceso ha sido difundida en México desde 1996, cuando se inicia la AMIFAC y se propone la estrategia del triple lavado como parte de su programa de capacitación y difusión así como del programa Campo Limpio.

Este tipo de programas requiere de un gran apoyo del gobierno así como de las empresas las cuales tengan interés en la presencia de los envases vacíos que se encuentran en el campo mexicano, a continuación se presenta la grafica la cual demuestra la gran inversión que se ha estado llevando para cumplir con los objetivos del programa campo limpio hasta el año de 1999.

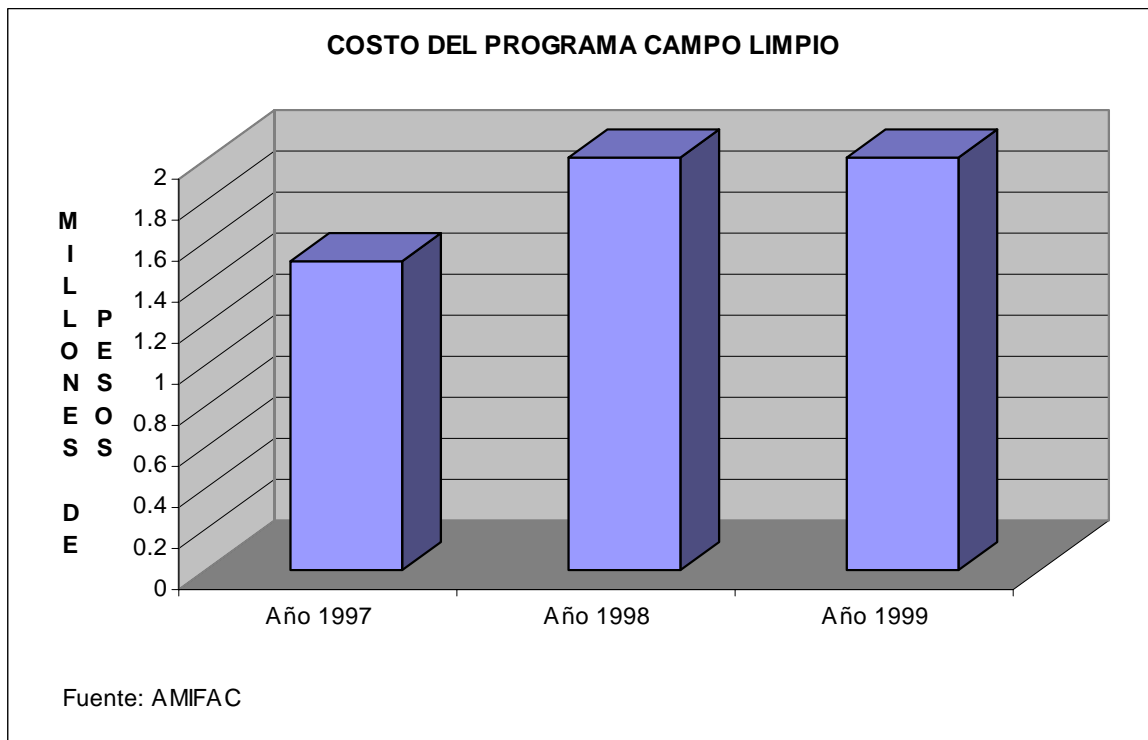


Fig. 5.1.1

Por otro lado y para evaluar la efectividad del triple lavado en México, se realizó una prueba que consistió en analizar los envases de plaguicidas después del triple lavado encontrando que tenía una efectividad del 99.9 % de remoción.

Este estudio fue realizado a petición de la AMIFAC (INE-F). Aunque si bien la eficiencia del proceso de triple lavado ha sido documentada, no se encontraron estudios o datos de los efectos de un mal lavado, considerando que no en todos los casos el proceso se lleva a cabo adecuadamente por los usuarios antes de enviarlos a su acopio y posterior tratamiento. En este sentido, es importante mencionar que el impacto ambiental o en salud por un inadecuado lavado no ha sido determinado.

De la revisión a bases de datos relacionadas con estudios de investigación en instituciones de investigación y/o educación así como en las bases de datos de tesis, no se encontraron trabajos relacionados con el manejo de envases vacíos, ni aquellos relacionadas con alternativas al triple lavado, u opciones para el reuso de estos materiales.

Respecto a procesos para el rehusó de envases vacíos de plaguicidas, se identificaron dos procesos:

el reuso para recuperación de energía como combustible alternativo en hornos de cementeras y su reuso como materia prima para posterior producción de otros materiales.

- Recuperación de energía. Una opción para el manejo de los envases plásticos vacíos de plaguicidas es su utilización como combustible alternativo, particularmente en hornos de cemento. Se realizaron algunas pruebas para demostrar la factibilidad de esta vía alterna de rehúso para lo cual se utilizaron un total de 90 toneladas de envases vacíos de plaguicidas que fueron utilizadas para recuperar su energía en un horno de cemento.

Según reportes de Ecoltec, el proceso es técnicamente factible, y si bien existe disposición para su manejo de esta forma, es necesario considerar que su proceso implica una serie de actividades previas (transporte, empaque en bolsas de plástico y colocación en las canaletas hacia el horno) y por ende mayor mano de obra. Además, el olor que desprenden los envases durante su manejo en los procesos previos a su introducción al horno son percibidos por los trabajadores como molestos.

Dada la demanda de manejo de otros residuos mediante su recuperación de energía en hornos de cementeras, el costo para este proceso actualmente es alto, sin embargo deben buscarse arreglos favorables entre los interesados. Para AMIFAC, el costo de este proceso, provoca que no sea económicamente factible.

- Compactación y triturado para posterior uso como material reciclado. Este proceso consiste en la compactación y/o trituración del material (previo triple lavado) para su posterior utilización como materia prima en la elaboración de productos cuyo contacto no sea directo con humanos o animales.

Este proceso es actualmente factible, puesto que el 80% de los envases producidos son de PET y que ya no se utilizan los materiales que contienen vinilos. Este proceso se lleva actualmente en algunos sitios del programa de AMIFAC, quienes reportan que a la fecha se han reciclado 65 toneladas de materiales para la producción de tarimas plásticas producidas por una empresa localizada en Cuahutitlán Izcalli.

Los problemas reportados en la implementación de este proceso se identifican como la inexistencia de trituradoras o compactadoras en algunos centros de acopio, así como de industriales interesados en utilizar este residuo como materia prima para su proceso.

Si bien es cierto que el uso restringido para los materiales producidos puede desalentar a los productores interesados, existe un mercado para aquellos productos derivados de este tipo de materiales. Es necesario entonces, la integración de empresas recicladoras y productoras de productos plásticos en esta cadena [48,49, 50].

## **5.2 SISTEMAS DE ELIMINACIÓN**

Los sistemas considerados hoy día como los más recomendables para la eliminación de los envases vacíos son aquellos en los cuales se reutiliza el material original, ya que de esta forma no se pierde ni el material ni la energía contenida. Por ello es que se consideran a estos procedimientos como los más sostenibles.

Por otra parte es importante tener en cuenta que la Directiva Europea 94/62 para el manejo de los envases vacíos recomienda seguir la siguiente jerarquía de opciones para encarar su solución final: 1) Prevención, 2) Rehuso (recuperación energética) y 3) Disposición final (reciclado) La simpleza en la producción del material plástico ha generalizado su uso, pero ello se ve empañado por el problema que origina su disposición final.[12,49,51,55]

Estos materiales requieren para su descomposición en la naturaleza períodos mayores a los 400 años, lo que los transforman en casi inertes. De allí que se han propuesto varias alternativas para el reciclaje de este material, en general combinando varios tipos de plásticos [55].

### **5.2.1 RECICLADO**

El material recolectado y acondicionado se recicla, es decir se vuelve a utilizar. Esto con envases metálicos es perfectamente posible ya que las acerías reciclan todo tipo de metal. Además el proceso de reciclado de metal tiene la ventaja de realizarse a altas temperaturas y por lo tanto en caso de existir residuos de productos lo eliminarían totalmente. Para los envases de plástico el reciclado no es sencillo.

Antes de comenzar es necesario realizar una clasificación de materiales ya que la industria trabaja con una diversidad de materiales como puede ser el PEAD, PEBD, PET, COEX(denominación comercial de un tipo de plástico en capas laminadas de polipropileno) y el POLIETILENO.

Estos dos últimos (COEX, POLIETILENO) son los más problemáticos. El primero por estar compuesto por diversos productos y contener adhesivos entre las capas de plástico y el segundo por tener un punto de fusión muy diferente a los demás plásticos.

Después de la selección de los materiales los envases son triturados y posteriormente limpiados para eliminar restos de etiquetas, tapas y suciedad en general. Las aguas de lavado (de los envases) deben tratarse preventivamente antes de ser eliminadas. Estas medidas son imprescindibles para reciclajes de productos finos (Ej. Conductos para cables eléctricos).

Últimamente se ha desarrollado el reciclado grueso, proceso que emplea plástico triturado de diferentes calidades, incluyendo el COEX, el cual es mezclado y luego calentado para moldear piezas gruesas como tablas, postes de alambrado, fondos para camiones refrigerantes, tarimas industriales para almacenamiento, caños de drenaje, caños para riego y perfiles para la construcción. Esta forma de reciclado tiene la ventaja que el material triturado no requiere ser lavado para su uso, ni es necesario retirar etiquetas e incluso restos de tapas de aluminio. Este sistema ya está en uso en los EE.UU., México, Argentina y Brasil. Además en Argentina y México se realizaron ensayos para eliminar el plástico triturado en mezcla con asfalto para la pavimentación de caminos y carreteras [12,18,19].

### **5.2.2 REUTILIZACIÓN TÉRMICA O ENERGÉTICA**

El material plástico contiene casi la misma cantidad de poder energético que los combustibles tradicionales de todo tipo de horno, tanto en la industria cementera como de hornos especiales para la producción energética.

Este uso como combustible alternativo se viene ensayando desde hace más de 10 años y se ha comprobado que como estos hornos trabajan a temperaturas muy por encima de los 1000 °C. (pueden llegar a los 2000 °C.) la combustión es perfecta y no se producen emanaciones tóxicas (dioxinas o furanos).



Además como el proceso de incineración en hornos cementeros no deja residuos sólidos sería un método perfecto de eliminación ya que se aprovecha toda la energía y no deja ningún residuo. Sin embargo la obligatoriedad por parte de la autoridad ambiental de realizar análisis periódicos de las emanaciones para el control de dioxinas y furanos hacen muy onerosa esta forma de eliminación.

Esta situación es mucho más crítica en hornos para la producción de energía. Como característica interesante para el reciclaje se destaca que el poder calorífico neto del material plástico es de 45 MJ / Kg. (Mega Joule por kilo) y el valor de sustitución es de 1:1 , con respecto al combustible tradicional [12,18,48,52,53].

### **5.2.3 REUTILIZACIÓN DE ENVASES**

La reutilización de envases se trata de un sistema diferente de manejo y distribución de los agroquímicos en el campo. Muchas empresas utilizan envases mayores llamados minicontenedores que una vez vaciados son devueltos al fabricante. Lamentablemente no muchos productos permiten esta práctica. Además existe riesgo de contaminación de principios activos durante el transporte [18,19,20].

### **5.2.4 INCINERACIÓN EN HORNOS ESPECIALES**

Si se dispone de hornos especiales perfectamente habilitados para el tratamiento de residuos peligrosos se pueden incinerar envases vacíos incluso contaminados, o sin triple lavado, pero se trata de un proceso sumamente costoso con la desventaja de no aprovechar la energía del material plástico. Sólo puede recomendarse para aquellos residuos que no tienen forma de ser eliminados, como por ejemplo las tapas de los envases con la contratapa contaminada [48,52,53].

### **5.2.5 INCINERACIÓN DE ENVASES A CAMPO ABIERTO**

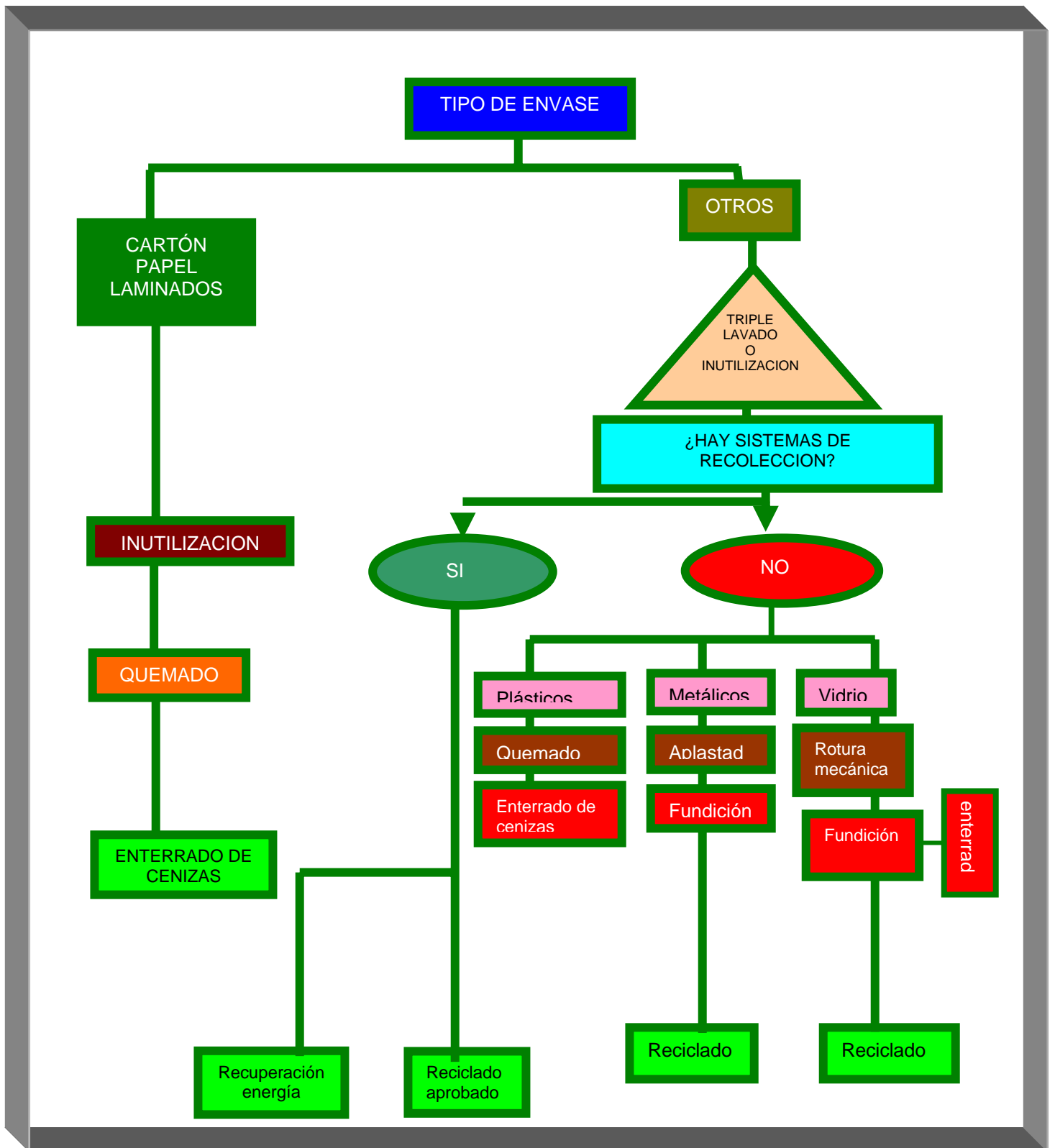
La incineración a campo abierto no está autorizada en la mayoría de los países ya que está comprobado que se producen emanaciones peligrosas para la salud del hombre y de los animales. En Inglaterra está autorizada una quema en campo de los envases en incineradores especiales, construidos con tambores de acero de 200 litros.

Pero esta forma de destrucción debe ser perfecta no pudiendo haber desarrollo de humos negros y las temperaturas tiene que estar por encima de los 900 grados C. Es importante señalar que LACPA no recomienda esta manera de eliminación [14,18,48].

### **5.2.6 ELIMINACIÓN EN BASUREROS**

La posibilidad de eliminar envases en basureros depende de la legislación de cada país. En Holanda, EE.UU. y Chile se acepta con la condición que los envases pasaron por el triple lavado. Pero esto no puede quedar como simple declaración, es decir que alguien debe certificar el triple lavado (Por ejemplo los Centros de Acopio). También resulta recomendable que los envases a eliminar sean triturados con el fin de evitar la recolección y reutilización inadecuada [16,18,48].

Alternativas para la eliminación de los envases Como resumen general en el siguiente diagrama se presentan las alternativas más recomendadas para la eliminación de los diferentes tipos de envases residuales.



5.2.6.1 Esquema gráfico: Alternativas para la eliminación de los envases  
 Propuesta de tesis por Pedro Feria Hernández

Es importante remarcar que para cada tipo de envase se recomienda seguir los principios básicos enunciados en los puntos anteriores. Por lo tanto si se establece un Centro de Acopio este puede asumir la recolección, clasificación, almacenamiento temporáneo, picado o compactado (minimización del volumen), y completarlo con el proceso final para el material reciclado, ya sea con maquinaria propia o contratada [16,17,49].

### **5.3 SITUACIÓN EN LA REGIÓN DE CENTRO Y SUDAMÉRICA**

se presenta a continuación un panorama general sobre las acciones y actividades que se llevan a cabo en algunos países de Centro y Sudamérica para la eliminación de los envases vacíos.

#### **5.3.1 ARGENTINA**

La Argentina es uno de los países del mundo donde se encuentra el mayor potencial productivo agrícola y donde se podrían lograr los saldos exportables relativos más importantes. Para ello se debió recurrir al uso de agroquímicos y a la biotecnología.

Siendo el país un neto productor de alimentos para consumo propio y la exportación, en los últimos 10 años ha crecido la productividad de los principales cultivos de un rendimiento promedio de 1.40 tn/ha a 2.44 tn/ha. Con respecto al problema de los envases vacíos de agroquímicos en su ambiente de aplicación las Cámaras que agrupan a los productores e importadores están trabajando en las siguientes líneas:

- 1) Alternativas de reciclaje para los envases vacíos (plásticos),
- 2) Minimizar el residuo líquido remanente en los envases (Triple lavado) y
- 3) Desarrollar nuevos tipos de envases, procurando obtener envoltorios biodegradables en el lugar de la aplicación (por ejemplo por disolución en la misma máquina aplicadora).

Los envases de plástico, vidrio y metal siempre deberán ser sometidos al triple lavado antes de su confinamiento. Hasta el comienzo de los estudios para solucionar el problema de la disposición de los envases vacíos en el país la recomendación de CASAFE (Cámara Argentina de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes) se basaba en el Triple Lavado y su posterior enterramiento. Para ello se debían elegir terrenos alejados de zonas pobladas y caminos, localizados en altos no inundables, alejados de fuentes de agua freáticas y superficiales, preferentemente de textura arcillosa y con alto contenido de materia orgánica. Para esta solución lo ideal es contar con una certificación de aptitud para el enterramiento otorgado por una entidad oficial encargada del cumplimiento de la normativa ambiental.

El material a enterrar no debe ubicarse a menos de 50 cm de la superficie colocando en el fondo una capa de tierra arcillosa compactada para evitar la precolación. El lugar del enterramiento debería ser consensuado por los miembros de cada comunidad contando con el asesoramiento y el control pertinente. Obviamente esta alternativa no es aconsejable como solución final.

Según CASAFE en el año 1996 fueron utilizados en todo el país 13.210.000 envases de plaguicidas, con un peso de 5300 toneladas métricas y 2.710.000 de embalajes (1370 toneladas métricas. De ellos, el 77% fue de material plástico (PET, COEX y HDPE), el 7% de hierro, y el resto de papel, vidrio y aluminio, solos o en diferentes combinaciones.

En peso, los envases de plástico representan el 63% y los de hierro el 33%. En términos de descarga ambiental se liberan 0.44 envases por ha, es decir un envase cada 2.3 ha. En términos de peso representan 175 g/ha de envases o 220 g/ha de envases + embalajes. Si bien no se dispone de información precisa sobre el mercado de los envases plásticos, se estima que el 50% de la materia prima de los envases se produce en el país por no más de tres empresas.

Los envases no plásticos lo producen en forma muy atomizada entre tres mil y cuatro mil pequeños establecimientos. La producción de agroquímicos la realizan entre 40 y 50 empresas, 27 de las cuales están asociadas a CASAFE. La industria nacional a su vez tiene su propia Cámara (CIAFA) El consumo de plásticos es del orden de las 5.300 toneladas, lo que representa menos del 1% del consumo total de las materias primas mencionadas al comienzo.

Las empresas asociadas a CASAFE cubren más del 80% del mercado Argentino. La Ley Nacional de Residuos Peligrosos (24.051/91) considera a los envases usados de agroquímicos como tales y por lo tanto deben ser tratados en forma independiente de cualquier política ambiental dirigida al manejo y disposición de los envases plásticos en general.

Esto se sustenta en que los envases de plásticos, aún sometidos al triple lavado, son susceptibles provocar en el largo plazo las siguientes contaminaciones:

- Cloro, en cantidad casi despreciable
- Flúor, en no más de 100 ppm
- Zinc, estaño , entre 100 y 500 ppm
- Cenizas, despreciable
- Sustancias orgánicas (Agroquímicos), trazas (ppm)

Sin embargo la Cámara CIAFA considera que asegurando la realización correcta del el triple lavado los envases residuales no constituyen un residuos peligroso y pueden disponerse conjuntamente con el resto de los envases plásticos.

En el mercado Argentino se expenden 82.000.000 litros o kilos de agroquímicos con un valor de la producción de 750.000.000 de dólares. Los residuos de producto en el envase se calculan del orden de 1.5% del contenido original, lo que representan 1.230.000 litros o kilos, siendo en términos económicos 11.250.000 dólares. Esta cantidad desaprovechada (1.5% por envase), y que afecta tanto al ambiente como al bolsillo del productor, se puede minimizar a 30 ppm /envase con el Triple Lavado, transformando el envase residual de residuo peligroso a no peligroso.

Se han realizado mejoras en el diseño de los envases tendientes a disminuir el contenido del líquido residual, tales como:

- redondeo de bordes
- eliminación de las rebabas internas
- incorporación posterior del asa realizada con material denso
- dotarlos de boca ancha para facilitar el volcado, lavado final, eliminando el borboteo y las salpicaduras Sin embargo subsiste el problema de la disposición final de los envases vacíos.

### **5.3.1.1 ACCIONES PARA EL MANEJO DE LOS ENVASES VACÍOS**

Situación actual y planes en ejecución A septiembre 2001 CASAFE apoya y promueve tres tipos de soluciones para el destino final de los envases de agroquímicos:

#### **1. Combustible alternativo para hornos cementeros**

Esta solución se presenta como válida para las zonas agrícolas del centro del país dado que el horno cementero está localizado en la provincia de Córdoba. El costo es de US\$ 250 por tn de residuos plásticos utilizados. A esto se le deben adicionar el costo de recolección y flete.

#### **2. Reciclado**

Esta operación implica un costo total de 600 US\$ / tn. CASAFE cubre la cuarta parte. Otro cuarto lo debería cubrir el municipio donde se instala temporariamente la máquina recicladora. El 50 % restante se cubre con el recupero de la venta del reciclado (postes y varillas). El material reciclado se compone de 50% de PET y 50 % de envases de agroquímicos.

#### **3. Picado**

En esta opción el costo de la operación de picado es de 0.15 US\$ / tn. Pero en definitiva el costo total resulta similar a la opción 2. La opción 2 resulta la más

conveniente desde el punto de vista económico y ambiental. Participan los productores, los distribuidores (quienes se encargarían de la recolección final de los envases), la comunidad local que destina un predio (por lo general localizado en el basural) y distintas organizaciones locales (ambientalistas, rotarios, escuelas, etc.) para efectuar la recolección y separación del PET de la basura domiciliaria.

El costo que asumiría la comuna se debe comparar con la solución actual que emplea para sus residuos. La opción 3 sólo es una minimización ya que posteriormente debe decidir que hacer con el material picado. Es decir seguir la vía 1 o 3. Obviamente esta operación disminuye los costos de flete.

Actualmente no hay problemas para ubicar el material reciclado. Se lo está utilizando con éxito en reemplazo de postes de madera en lugares alejados de zonas forestales y en lugares lacustres (Delta del Paraná) para la construcción de muelles y defensas costeras.

El costo de elaboración de cada poste (14.5 cm de diámetro y 2.50 m de largo) es de 8.80 dólares con precio de venta de 12.00 dólares. Su costo de elaboración es de 0.60 dólares / Kg. de material reciclado.

A la fecha en Argentina se encuentran en operación los Centros de Acopio INTA Alto Valle del Río Negro y el de San Martín en la provincia de Mendoza. Ambos con equipo triturador. Alcanzado cierto volumen se contrata el equipo reciclador. En Misiones se están implementando tres Centros Acopio localizados al norte, centro y sur de la provincia.

En Crespo, provincia de Entre Ríos funciona un sistema municipal de reciclado con envases de agroquímicos y PET a cargo de la Cooperativa de General Ramírez donde se procesan 100 tn anuales de envases.

En Cañada Rosquín (Santa Fe) un Centro de Acopio y Reciclado con apoyo del Rotary Club local. En implementación se encuentran los Centros de Mar del Plata, donde la municipalidad local ha cedido un predio para tal fin, y otro a localizarse en la provincia de Córdoba para el acopio de envases de la zona agrícola centro, ofreciendo la ventaja de competir con el horno cementero de Corcemar, que ha elevado considerablemente el precio para el uso de los envases como combustible alternativo durante el último año.[3,18,19]

### **5.3.2 BRASIL**

En el Brasil se producen unos 170 millones de envases de agroquímicos según la Asociación Nacional de Defensa Vegetal (ANDEF). Sólo el 15% es reciclado. Su

composición es variada.

Material	Composición	Destino
Metal	Acero-Aluminio	Tarugos, Aluminio reciclado
Plástico	PEAD, COEX, PET	Conductores de plástico
Fibrolata	Madera (chips)	Quemado
Vidrio	Vidrio	Vidrio reciclado
En cuanto a los envases flexibles		
Papel	Celulosa	Quemado
Multifoliado	Celulosa	Incineración
Cartulina	Celulosa	Quemado
Plástico	PEBD	incineración
Mixto	Papel-plástico	incineración
	Metalizado	Incineración , Aluminio reciclado
	Papel- plastificado	Incineración

Los embalajes plásticos rígidos se emplean para las formulaciones líquidas. La cantidad de envases producidos en la campaña 97/98 fue de 48.357.182 unidades con un peso de 7.238 Tn. Actualmente se reciclan en forma controlada el 20 % de los envases plásticos, cantidad que crecerá significativamente debido a la exigencia de la ley Federal 9974/00 y el Decreto reglamentario 3550/00.

### 5.3.2.1 ACCIONES PARA EL MANEJO DE LOS ENVASES VACÍOS

**Incineración:** El problema de la incineración es que debe hacerse en forma controlada, además de tratarse de un sistema caro. Por otra parte no siempre se permite el transporte de residuos peligrosos de un lugar otro y esto constituye una seria limitación a este sistema.

**Recuperación energética:** En Brasil existen varios hornos cementeros que pueden aprovechar este material como combustible alternativo

**Quema a cielo abierto:** Ya no se permite por su gran peligrosidad

**Enterramiento in situ:** no se recomienda esta alternativa. Sólo es posible para materiales biodegradables y bajo ciertas condiciones

**Enterramiento Sanitario:** en este caso existe mayor control y técnica de aplicación. Su uso debe ser controlado y limitado

**Reciclado:** Actualmente es el método que se recomienda y para ello las alternativas son:



Metal	Transporte a puntos de acopio	Siderurgia
Vidrio	Acumulación y Transporte	Unidades recicladoras de Vidrio (Temp. >1300
Papel	Acumulación y transporte	Incineración controlada
Plástico	Acumulación y transporte	Recicladores de plástico

Luego de la entrada en vigor de la ley de agrotóxicos y su decreto complementario es la alternativa más utilizada. Los envases vacíos con triple lavado recolectados son seleccionados por color, mojados (lavados), picados y triturados (Extrusados, es decir aglutinados por calor), peletizados por condensación en frío y finalmente moldeados según el uso final. Este debe ser de larga durabilidad y como ejemplo se citan algunos productos finales del reciclado:

- Conductos de cobre revestidos con plástico reciclado
- Caños para desagües
- Cercas
- Postes telefónicos o para la red de electricidad
- Pallets
- Placas o carteles de señalización

Se puede apreciar que los destinos de confinamiento así como de reciclamiento son las principales vías de eliminación de los envases de agroquímicos en Brasil.[19,20]

### 5.3.4 COLOMBIA

La superficie bajo cultivo en Colombia es de 30.270.000 has. Se despachan al mercado 13.200.000 envases por año, equivalentes a 5.300 tn (en peso), a lo que se deben agregar 2.700.000 embalajes / año (1370 tn). Ello equivale a una descarga ambiental de 0.44 envases / ha, es decir 1 envase cada 2,3 has. El material de los envases es variado distribuyéndose (año 1998) de la siguiente manera: 25% para vidrio y metal; plástico 48% y el resto corresponde a papel y cartón, para las formulaciones sólidas y sobre-envases. La tendencia actual en el país es disminuir el número de envases a través de la aplicación de nuevas tecnologías para la distribución de los plaguicidas a campo, uso de productos de menor toxicidad (envases residuales menos o no peligrosos), formulaciones más concentradas, en base acuosa, o como sólidos granulares. En este sentido el país sigue la tendencia mundial para esta problemática.

En el país se emplea principalmente el reciclado y la recuperación energética, por lo que se requiere de la aplicación generalizada del triple lavado, mediante campañas de difusión y actividades de capacitación. Existen también sistemas de recuperación por medio de envases retornables y disposición final mediante enterrado e incineración.

### 5.3.5 COSTA RICA

La industria de los agroquímicos esta desarrollando el proyecto “Limpiemos nuestros campos” con apoyo de LACPA consistente en la promoción del triple lavado, su recolección en Centros de Acopio establecidos en distintos puntos del país y su posterior incineración en hornos cementeros.

Este proyecto si bien esta bastante avanzado aún debe extenderse a todo el país. A las empresas de agroquímicos se les exige que cuenten con un Plan para el manejo de los envases vacíos.

Para ello se han planteado varias alternativas, como por ejemplo, el almacenamiento temporal en un sitio previamente autorizado dentro de cada finca, el retorno de los envases al fabricante y la incineración (autorizada recientemente y aún en etapa de prueba). [18,19,20]

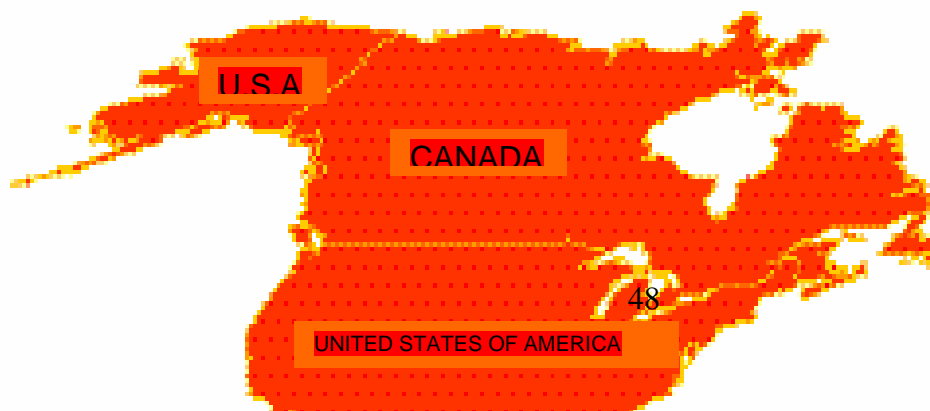
### 5.4 CENTROS DE ACOPIO EN PAÍSES DE LA REGIÓN

algunos países de Latinoamérica han optado por tratar de frenar la contaminación emanada por los plásticos de los envases vacíos de plaguicidas, así mismo de los residuos que quedan en ellos, el mecanismo adoptado son los diferentes centros de acopio que se han instalado en estos países.

En el mapa siguiente se muestran en forma muy general la distribución de estos, debe de tenerse en cuenta que de la cantidad de estos y la estratégica distribución de estos se obtendrán resultados favorables.

Aunque en algunos otros solo cuentan tan solo con compactadoras, las cuales compactan el material para luego confinarlo en algún sitio del mismo centro de acopio y de esta forma mantenerlo ahí por tiempo indefinido. [3,16,17,18,19,20,29]

En la siguiente figura se señala la cantidad de países de la región con centros de acopio



Cantidad de Centros de Acopio en la región - Febrero 2002

Países	Centros			Minicentros		
	2000	2001	2002	2000	2001	2002
Argentina	48	12	36	0	0	0
Bolivia	0	0	1	0	0	2
Brasil	45	77	92	0	0	0
Chile	0	4	17	0	0	0
Colombia	7	9	15	18	32	43
Costa Rica	0	0	5	0	10	50
Ecuador	0	1	3	0	6	10
El Salvador	1	3	6	20	60	120
Guatemala	3	3	4	154	236	310
Honduras	0	0	1	0	0	20
México	11	15	16	13	13	19
Nicaragua	0	0	0	0	0	
Panamá	0	0	0	0	0	
Paraguay	0	0	0	0	0	
Perú	0	0	0	0	0	
Rep. Dominicana	2	2	3	0	13	33

Actualmente la tendencia es hacia la alta en el establecimiento de los centros de acopio en nuestro país, y como se observa en los demás países de la región también, las tecnologías utilizadas para el reciclamiento son variadas y estas dependen de los tipos de envases que se estén reciclando, pero por mucho esta es la mejor alternativa para dar utilidad a los desechos plásticos, en algunos centros de acopio se cuenta con trituradoras, y compactadoras las cuales preparan al material para su reprocesamiento.

## 6.1 RESULTADOS

A manera de resumen se exponen los resultados que se obtuvieron en el presente trabajo:

- Se está llevando adelante el proyecto de cooperación para la eliminación de envases.
- Actualmente se dispone de 15 Centros de Acopio, equipados para acondicionar los envases para su eliminación.
- A nivel nacional se está elaborando un proyecto conjunto donde intervienen el Ministerio del Ambiente y otras instituciones nacionales.
- Se ha recolectado en el último año 145 tn de plástico, reciclándose 70 tn. en forma de tarimas.
- Se detecto la falta de una campaña de difusión a nivel nacional del programa para la recolección de envases vacíos (campo limpio).
- Se necesita una mayor participación de la sociedad en el problema.
- Las campañas de concientización y capacitación deben de ser permanentes.
- El presupuesto para impulsar los programas de recolección de envases vacíos de plaguicidas, así como para el mantenimiento de los centros de acopio ya existentes es insuficiente.
- La participación de sector industrial involucrado en el problema es prácticamente nulo.
- Se esta llevando a cabo una gran venta de los envases vacíos al publico en general, los cuales son utilizados de forma variada, pero de cualquier forma se encuentran en contacto directo con las personas que los adquieren corriendo el riesgo de una posible intoxicación grave o cronica.
- Desconocimiento de la técnica de triple lavado de los envases, principalmente en la zona rural, así como la falta de seguridad al manipular los plaguicidas.

## 6.2 CONCLUSIONES

La tendencia en nuestro país así como en países integrantes de la REPAMAR es hacia la implementación de sistemas de reciclado de envases, utilizando principalmente el triple lavado como parte fundamental de la limpieza de los envases vacíos de plaguicidas.

Se cuentan con otras alternativas tecnológicas pero sólo la recuperación energética y el reciclado resultan las alternativas más viables de aplicar no sólo en nuestro país. Aunque la recuperación energética resulta provechosa, no deja de ser de mayor costo para las industrias que la requieren. Por esta y otras razones es que en definitiva el reciclado adaptado a las condiciones locales aparece como la mejor opción técnico-económica.

Es prácticamente nulo el uso de recursos económicos, aplicados en forma directa, para favorecer la solución de este problema. En nuestro país la AMIFAC distribuye recursos para favorecer la solución del problema, que de algún modo se ha podido (a pequeña escala), la manutención de el programa nacional para la recolección de envases vacíos de plaguicidas denominado "campo limpio", así como a campañas de información y capacitación sobre la utilización e implantación de el triple lavado de envases, dirigido hacia los agricultores, ahí en sus zonas de trabajo, por otro lado dichos recursos no cubren en su totalidad la manutención de los centros de acopio de tal forma que algunos han quedado fuera de servicio en la zona norte del país, y en algunos otros por lo menos los recursos que se ha destinado, han contribuido a sustentar el sistema de recupero y transporte de los envases vacíos. En los últimos años se ha incrementado la legislación específica sobre este problema

El problema de los envases vacíos es responsabilidad de todos los que de alguna u otra forma intervienen en su manipuleo. De manera que cualquier solución debe integrar a todos los sectores involucrados.

Se destacan como factores multiplicadores a través de actividades de capacitación y de participación social a las organizaciones ambientalistas, comunitarias y el sector educativo. Claro esta que en nuestro país la tendencia es hacia el mismo rumbo, más sin en cambio la participación social es mínima, de tal forma que se necesita una campaña de mayor información a nivel nacional, ya que la poca que se logra difundir es única y exclusivamente dirigida a zonas rurales y de cultivo, en la zona central de Toluca se encuentran diversos establecimientos de venta de agroquímicos y ninguno sabe de la existencia de centros de acopio de envases vacíos de agroquímicos, e inclusive no saben que los envases se consideran como un tipo de residuo contaminante y mucho menos del proceso de limpieza de los envases vacíos, como el triple lavado.

Aunque ya se ha tenido algún avance aun no es suficiente, de manera que queda aun mucho trabajo que realizar, De nada vale contar con soluciones tecnológicas si no se cuenta con un adecuado plan de difusión y concinetizacion a toda la

comunidad agrícola y en general. En todos los países involucrados se están desarrollando programas de capacitación a cargo de las entidades técnicas agrarias (Como son el INTA en Argentina, ANDEF y ANDAV en Brasil con el Grupo de Trabajo de educadores, la AMIFAC y el CICLOPLAFEST de México, etc.) ejecutoras de los Planes Pilotos Nacionales sobre el Uso Seguro de Productos Fitosanitarios y Disposición Final de Envases Vacíos con apoyo y auspicio de la Asociación Latinoamericana de Protección de los Cultivos (LACPA).

Estos programas, comprenden charlas, seminario-taller, trípticos, videos, etc., se orientan a la capacitación de educadores (los llamados funcionarios) y trabajadores agrícolas (productores). En los últimos años, y como consecuencia de la opción del reciclado, se han agregado los transportistas, distribuidores de agroquímicos, cooperativistas, y operadores de basureros, instalados en las comunidades rurales. Todo esto lleva a considerar a los aspectos de participación social como una actividad insoslayable para el éxito de un programa como el del manejo y disposición final de envases vacíos que sea ambientalmente sustentable. Es por ello que la mayoría de los países de la región disponen de programas de amplia participación comunitaria integrado por entidades oficiales de todos los niveles y ONGs ecologistas. Esto lo corrobora las experiencias de Argentina, Brasil y México con su programa "Campo Limpio". Es interesante destacar en este documento la siguiente propuesta para realizar un programa de capacitación:

1. comunicación Social,
2. Promoción Social,
3. Capacitación propiamente dicha y
4. Fortalecimiento Comunitario.

Esta propuesta de alguna forma se requiere que se lleve a gran escala y no únicamente a nivel rural, mientras mas participación y conocimiento tenga la comunidad y todos los sectores mejor será la participación de los mismos en resolver este problema que aqueja al campo nacional.

Por otro lado se debería establecer una norma para la difusión y ejecución del triple lavado de envases que contienen plaguicidas, dirigido principalmente a zonas rurales ya que ahí es donde se utiliza a gran escala este tipo de productos y por ultimo este trabajo de tesis deja un camino abierto para que posteriores generaciones continúen en la misma temática, ya que es un tema el cual tiene que ser atendido por autoridades de todos los ámbitos.

### 6.3 RECOMENDACIONES

#### 1. Para la formulación de un programa de eliminación de envases vacíos

Es sabido que la participación de algunas organizaciones no gubernamentales en estos programas es sumamente significativa para lograr un éxito sostenible. Sin embargo para iniciar y llevar adelante un programa de eliminación de envases es necesario asegurar previamente el acuerdo de los siguientes puntos básicos, sin los cuales es preferible no iniciar el programa:

1. Representación de la industria de agroquímicos en el país
2. Compromiso de apoyo de las compañías afiliadas
3. Aprobación del proyecto por las autoridades nacionales relacionadas
4. Las formas de eliminación deben ser elegidas antes de la recolección de envases
5. Aprovechar la existencia de la REPAMAR, REMEXMAR, AMIFAC, INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA y CICOPLAFEST. para la difusión, intercambio y transferencia de tecnología
6. Contar con programas de difusión de la campaña con la mayor cobertura posible
7. Adecuada elección de técnicos y personas que participan del programa
8. Adecuada elección para la instalación del Centro de Acopio de envases vacíos, el cual debe ser ubicado estratégicamente en la zona rural, y zona periférica de las principales ciudades de nuestro país.
9. Los Centros de Acopio deben contar con infraestructura básica
10. Las disposiciones legales deben permitir la instalación y operación de los Centros de Acopio y asignar mayor presupuesto para su funcionamiento.
11. El personal que trabaje en los Centros de Acopio debe ser entrenado convenientemente y contar con elementos y medidas de seguridad.

12. En cada asociación debe existir un Comité de Trabajo responsable de los trabajos de campaña Para la implementación de un sistema de eliminación de envases vacíos:

- Que se haya implementado previamente una campaña intensiva de concientización de los productores agropecuarios para lograr que realicen el **triple lavado** de los envases
- Se debe certificar la realización y la efectividad del **triple lavado** para cualquier sistema que implique un manipuleo de los envases vacíos y el reciclado del material residual
- Que le proceso de eliminación /transformación sea amigable con el ambiente y el ser humano. Es decir que en el proceso no se produzcan subproductos (gases, cenizas, líquido, etc.) que revistan algún grado de peligrosidad para el hombre y el ambiente.
- Que la implementación del sistema de recolección / eliminación sea sencilla y económica. Procedimientos engorrosos y caros determinarán una baja adhesión por parte de los productores agropecuarios y harán poco sostenible en el tiempo estos programas. Tratar de encontrar una forma de recupero económico que permita sostener el programa.

13. considerar el diagrama propuesto en el esquema de las alternativas para la eliminación de los envases propuesto por Pedro Feria Hernández



# BIBLIOGRAFIA

1. **Sistema de información en salud para población abierta**  
Centro Nacional de Toxicología boletín mensual N° 18 Mayo 2001  
Secretaria de Salud Nayarit.
2. **Logros del Centro de Toxicología** de Marzo del 2000 a Mayo del 2001  
por la Dra. Bertha Elizabeth Lara García en coordinación con la Asociación  
Mexicana de la Industria Fitosanitaria A. C. (AMIFAC).
3. **Cámara.** Argentina de Sanidad Agropecuaria y Fertilizantes. Revisión de  
varios folletos, presentaciones y documentos relacionados con el manejo de  
los envases. (Embajada Argentina)
4. **Envases de plaguicidas.** Aporte REMEXMAR extraído de la página web  
en [mx.geocities.com/manejoderesiduos/envases](http://mx.geocities.com/manejoderesiduos/envases)
5. **Allevato, Hugo. Reciclaje de envases de agroquímicos.** Aporte REMAR.  
Informe de país presentado en el Seminario REPAMAR realizado del 9 al  
12 de noviembre del 2001 en Lima, Perú.
6. **plaguicidas organoclorados y medio ambiente.** Por Leticia Alpuche G.  
Ciencia y desarrollo vol. XVI. núm. 96 Ciencia y Desarrollo.
7. **Lo que usted debe saber sobre los plaguicidas.** Serie plaguicidas N° 1  
Secretaria de Medio Ambiente, recursos Naturales y Pesca, Instituto  
Nacional de Ecología y SAGAR.
8. **Cremlin R. pesticides,** John Wiley and Sons (eds.), New York. 1979 pp.  
17-18
9. **LGEEPA-A, 2001**  
[www.ine.gob.mx/uaj/lgeepa/articulo143.html](http://www.ine.gob.mx/uaj/lgeepa/articulo143.html)
10. **LGEEPA-B 2001**  
[www.ine.gob.mx/uaj/lgeepa/articulo144.html](http://www.ine.gob.mx/uaj/lgeepa/articulo144.html)

11. [www.ine.gob.mx/dgra/normas/res\\_pel/index.html](http://www.ine.gob.mx/dgra/normas/res_pel/index.html)
12. **AMIFAC-INE** convenio de concertación que para la instrumentación del programa para el manejo y disposición segura de envases vacíos de la industria de plaguicidas Informe 1995- 2000.
13. **INE**, [www.ine.gob.mx/dgmrar/mt/sq/marco](http://www.ine.gob.mx/dgmrar/mt/sq/marco)
14. **Promoción de la prevención y reducción de riesgos químicos ambientales**, Editado por el Instituto Nacional de Ecología, Abril de 2000. Informe Anual, 2000.
15. **Informe del CICOPLAFEST año 1995-2000**, Se encuentra disponible vía Internet en la siguiente dirección:  
[www.ine.gob.mx/dgmrar/mt/cicoplafest/index.html](http://www.ine.gob.mx/dgmrar/mt/cicoplafest/index.html)
16. **Avellato, Hugo. Anexo. Aporte REMAR.** Informe complementario presentado en el Seminario REPAMAR realizado del 9 al 12 de noviembre del 2001 en Lima, Perú
17. **Trueba, Juan M. Instrumentos económicos para aceites lubricantes, pilas y baterías y envases de agroquímicos.** Aporte REMAR. Informe de país presentado en el Seminario REPAMAR realizado del 9 al 12 de noviembre del 2001 en Lima, Perú
18. **LACPA. Programa de manejo de envases.** Folletería provista por CASAFE. Marzo 2002 Lamas, Ana. Legislación nacional para aceites lubricantes, pilas y baterías y envases de agroquímicos. Aporte REMAR. Informe de país presentado en el Seminario REPAMAR realizado del 9 al 12 de noviembre del 2001 en Lima, Perú
19. **Ubiratan Escorel de Azevedo, Pedro. Pilas, Baterías, Aceites lubricantes y envases de plaguicidas.** Aporte REBRAMAR. Informe de país presentado en el Seminario REPAMAR realizado del 9 al 12 de noviembre del 2001 en Lima, Perú.

20. **Ubiratan Escorel de Azevedo, Pedro. Pilas, Baterías, Aceites lubricantes y envases de plaguicidas.** Tecnologías, legislación y condiciones socio-políticas- económicas en el país. Aporte REBRAMAR. Presentación de país presentado en el Seminario REPAMAR realizado del 9 al 12 de noviembre del 2001 en Lima, Perú
21. **García Bibian Normas jurídicas.** Aporte REPAMAR- Colombia extraídos de la página web de la REPAMAR: Trabajos presentados en el Seminario REPAMAR, 9-12 noviembre, 2001 en Lima, Perú.
22. **CESPAP.** 1994. Agro-pesticides: properties and functions in integrated crop protection. Bangkok, Comisión Económica y Social de las Naciones Unidas para Asia y el Pacífico.
23. **Alexander, M. (1980).** Introducción a la microbiología del suelo, AGT, México.
24. **Brock, T. y Madigan, M. (1991).** Microbiología Pentice Hall Hspanoamericana S.A. México.
25. **Campell, R. (1987).** Ecología microbiana, Limusa, Pág. 268 México.
26. **Chapalamadugu, S. y Chaudhry, G. (1992).** Microbiological and biotechnological aspects of metabolism of carbamates and organophosphate. Critical reviews biotechnology, 12 (5/6): 357-389, USA.
27. **Código Internacional de Conducta sobre la Distribución y usos de Plaguicidas, (1986).** Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
28. **Kremlin, R. (1990).** Plaguicidas modernos y su acción bioquímica, Limusa, Pág. 356 México.

29. **Estrada, M. (1998).** Uso moderado de plaguicidas en México, memorias, ciclo de conferencias "Hacia una renovación ambiental en México". Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos.
30. **Monterrosas, M. (1998).** Biodegradación de Paratión Metílico, en medio acuoso y en suspensión en suelos. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Pág. 58
31. **Cruzada Nacional por un México Limpio:** informe de acciones
32. **Dirección General de Manejo Integral de Contaminantes:** definición de y características de un residuo peligroso.
33. **SEMARNAT.** Dirección general de manejo de contaminantes informe actualizado Marzo 22 de 2002
34. **Informes Instituto Nacional de Ecología.** Dirección general de materiales, residuos y actividades riesgosas, Dirección de desechos sólidos y restauración de suelos contaminados.
35. **Instituto Nacional de Ecología.** Residuos peligrosos en México. Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca
36. **Instituto Nacional de Ecología Julio 2000.** universo de generadores de residuos 1988-2000
37. **US-EPA.** 1994a. Innovative site remediation technology: thermal destruction. Vol. VII. Pub. N° EPA 542/B-94/003. Washington, DC., US-EPA Office of Research and Development.
38. **PNUMA/SCB.** 1994b. Technical guidelines on specially engineered landfill (D5). Ginebra, Secretaría del PNUMA para el Convenio de Basilea

39. **US-EPA.** 1994b. Superfund innovative technology evaluation program: technology profiles. 7<sup>a</sup> ed. Pub. N° EPA/540/R-94/526. Washington, D.C., US-EPA Office of Research and Development.
40. **Manitoba Hazardous Waste Management Corporation (1988);** Temple, Baker & Sloane Ltd. (1987); publicado en "Environmental Impact Assesment for Waste Treatment and Disposal Facilities"; Petts. J. And Eduljee G.; John Wiley and Sons; 1994.
41. **National Resources Policity Studies Center for Policy Research.** 1992. Hazardous Waste Management in the States, a Review of the Capacity Assurance Process.
42. **Instituto Nacional de Ecología.** 1993. residuos peligrosos en el mundo y México. Serie monografías No. 3. secretaria de desarrollo social.
43. **PNUMA/SCB.** 1994a. Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos de los desechos peligrosos y su eliminación, 1989, y decisiones adoptadas en la primera (1992) y la segunda (1994) reuniones de la Conferencia de las Partes. Ginebra, Secretaría del PNUMA para el Convenio de Basilea.
44. **Banco Mundial/OMS/PNUMA.** 1989.. Vols. I-III. Documento Técnico del "The safe disposal of hazardous wastes: the special needs and problems of developing countries" Banco Mundial N° 93. R. Batstone, J.E. Smith Jr. y D. Wilson. Washington, D.C.
45. **Naciones Unidas.** 1994. Consolidated list of products whose consumption and/or sale have been banned, withdrawn, severely restricted or not approved by governments. Nueva York.
46. **Video "PROGRAMA CAMPO LIMPIO"** proporcionado por el Instituto Nacional de Ecología 2002.

47. **ASOCIACION MEXICANA DE LA INDUSTRIA FITOSANITARIA AC. AMIFAC.** programa nacional para la disposición final de envases vacíos que contuvieron agroquímicos 2002.
48. **AMIFAC.** Informe Anual de la Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria, AC (AMIFAC) (2000)
49. **Cárdenas Beatriz. Informes sobre envases de plaguicidas.** Foro de discusión y Anexos Aporte REMEXMAR- México extraídos de la página web de la REPAMAR: Trabajos presentados en el Seminario REPAMAR, 9-12 noviembre, 2001 en Lima, Perú.
50. **Dra. Beatriz Cárdenas.** Informe sobre el foro de discusión sobre: opciones para un manejo ambiental de pilas, baterías, lubricantes y envases de plaguicidas realizado el 23 de octubre de 2001, Universidad Autónoma Metropolitana.
51. **Envases de plaguicidas, aporte de REMEXMAR.** Dir. Electronica [mxgeocities.com/manejo de residuos/envases](http://mxgeocities.com/manejo%20de%20residuos/envases).
52. **GTZ.** Diversos documentos sobre eliminación de plaguicidas en hornos de cemento, presentados por W.A. Schimpf en varios simposios.
53. **USAID.** 1990. Elimination of pesticides in a cement kiln in Pakistan. G. Hartig Huden, Office of US Foreign Disaster Assistance. Washington, D.C.
54. **Informe REPAMAR.** Plan de acción San Pablo 2001
55. **PNUMA/RIPQT.** 1985. Treatment and disposal methods for waste chemicals. Ginebra. (Contiene información resumida sobre métodos recomendados para el tratamiento y eliminación de distintas sustancias químicas.)
56. **OMI.** 1994. Código internacional marítimo de mercancías peligrosas. 27<sup>a</sup> ed. Londres. (Ofrece detalles sobre requisitos de envasado para el transporte por mar de plaguicidas en desuso.)
57. **“Environmental Impact Assesment for Waste Treatment and Disposal Facilities”;** petts. J. and Eduljee G; John Wiley and Sons; 1994.

# ANEXO 1

## 1. NORMAS OFICIALES MEXICANAS

### **Secretaría de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural:**

NOM-032-FITO-1997 Por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para la realización de estudios de efectividad biológica de plaguicidas agrícolas y su dictamen técnico. DOF 8 enero 1997

NOM-033-FITO-1995. Por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para el aviso de inicio de funcionamiento que deberán cumplir las personas físicas o morales interesadas en comercializar plaguicidas agrícolas

NOM-034-FITO-1995 Por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para el aviso de inicio de funcionamiento que deben cumplir las personas físicas y morales interesadas en la fabricación., formulación, formulación por maquila, comercialización e importación de plaguicidas agrícolas. DOF 24 de junio de 1996

NOM –036-FITO-1995 Por la que se establecen los criterios para la aprobación de personas morales interesadas en fungir como laboratorios de diagnóstico fitosanitario y análisis de plaguicidas. DOF 30 de septiembre de 1996

NOM-050-FITO-1995 Por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para efectuar ensayos de campo para el establecimiento de límites máximos de residuos de plaguicidas en productos agrícolas. DOF 21 de noviembre de 1996

NOM-052-FITO-1995 Por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para presentar el aviso de inicio de funcionamiento por las personas físicas o morales que se dediquen a la aplicación aérea de plaguicidas agrícolas. DOF 10 de junio de 1997

NOM-053-FITO-1995 Por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para realizar la difusión de publicidad de insumos fitosanitarios. DOF 4 octubre de 1996

NOM-057-FITO-1995 Por la que se establecen los requisitos y especificaciones fitosanitarias para emitir el dictamen de análisis de residuos de plaguicidas. DOF 30 de julio de 1996

NOM-077-FITO-2000 Por la que se establecen los requisitos y especificaciones para la realización de estudios de efectividad biológica de insumos de nutrición vegetal. DOF 11 de abril de 2000

## **Secretaría de Salud.**

NOM-044-SSA1-1993 Envase y embalaje. Requisitos sanitarios para contener plaguicidas. DOF 23 de agosto de 1995.

NOM-045-SSA1-1993 Plaguicidas. Productos para uso agrícola, forestal, pecuario, de jardinería, urbano e industrial. Etiquetado. DOF 20 octubre 1995

NOM-046-SSA1-1993 Plaguicidas. Productos para uso domestico. Etiquetado. DOF 13 octubre 1995

NOM-047-SSA1-1993 Que establece los límites biológicos máximos permisibles de disolventes orgánicos en población ocupacionalmente expuesta. DOF 8 agosto 1996

NOM-048-SSA1-1993 Que establece el método normalizado para la evaluación de riesgos a la salud como consecuencia de agentes ambientales. DOF 29 noviembre 1995

NOM-053-SSA1-1993 Que establece las medidas sanitarias del proceso y uso del metanol. DOF 7 diciembre 1995

NOM-056-SSA1-1993 Requisitos sanitarios del equipo de protección personal. DOF 30 noviembre 1995

NOM-076-SSA1-1993 Que establece los requisitos sanitarios del proceso y uso del etanol. DOF 9 abril 1996

NOM-182-SSA1-1998 Etiquetado de nutrientes vegetales. DOF 20 de octubre de 2000

## **Secretaría de Comercio y Fomento Industrial**

NOM-050-SECOFI Información Comercial. Disposiciones generales para productos. DOF 24 de enero de 1996.



## **Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca**

NOM-052 Establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen peligroso a un residuo por su toxicidad al ambiente.

NOM-053 Establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente.

## **Secretaría del Trabajo y Previsión Social.**

NOM-003-STPS-1999, Actividades agrícolas- Uso de insumos fitosanitarios o plaguicidas e insumos de nutrición vegetal o fertilizantes. Condiciones de seguridad e higiene. DOF 28 de diciembre de 1999

NOM-005-STPS-1998, Relativa a las condiciones de seguridad en los centros de trabajo para el manejo, transporte y almacenamiento de sustancias químicas peligrosas. DOF 02 de febrero de 1999

NOM-010-STPS-1999, Condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se manejan, transportan, procesan o almacenan sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral. DOF. 13 de marzo 2000.

NOM-018-STPS-2000, Sistema para la identificación y comunicación de peligros y riesgos por sustancias químicas peligrosas en los centros de trabajo. DOF 2 de enero de 2001.

## **Secretaría de Comunicaciones y Transportes.**

NOM-002-SCT2-1994. Listado de las sustancias y materiales peligrosos mas usualmente transportados. DOF 30 de octubre de 1995.

NOM-003-SCT-2000. Características de las etiquetas de envases y embalajes destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos. DOF 20 de septiembre del 2000.

NOM-004-SCT-2000. Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos. DOF 27 de septiembre del 2000.

NOM-005-SCT-2000. Información de emergencia para el transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos. DOF 27 de septiembre del 2000.

NOM-006-SCT2-2000. Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos. DOF 9 de noviembre del 2000.

NOM-007-SCT2-1994. Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos. DOF 18 de agosto de 1995.

NOM-009-SCT2-1994. Compatibilidad para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos

NOM-010-SCT2-1994. Disposiciones de compatibilidad y segregación para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos. DOF 25 de septiembre de 1995.

NOM-011-SCT2-1994. Condiciones para el transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos en cantidades limitadas. Publicada como Norma Emergente en el DOF 8 de noviembre del 2000.

NOM-017-SCT2-1995. Lineamientos generales para el cargado, distribución y sujeción en las unidades de autotransporte de los materiales y residuos peligrosos.

NOM-018-SCT2-1994. Disposiciones para la carga, acondicionamiento y descarga de materiales y residuos peligrosos en unidades de arrastre ferroviario. DOF 25 de agosto de 1995.

NOM-019-SCT2-1994. Disposiciones generales para la limpieza y control de remanentes de sustancias y residuos peligrosos en las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos. DOF 25 de septiembre de 1995.

NOM-020-SCT2-1995. Requerimientos generales para el diseño y construcción de autotanques destinados al transporte de materiales y residuos peligrosos, especificaciones SCT 306, SCT 307 y SCT 312. DOF 17 de noviembre de 1997.

NOM-021-SCT2-1994. Disposiciones generales para transportar otro tipo de bienes diferentes a las sustancias, materiales y residuos peligrosos, en unidades destinadas al traslado de materiales y residuos peligrosos. DOF 25 de septiembre de 1995.

NOM-023-SCT2-1994. Información técnica que debe contener la placa que portarán los autotanques, recipientes metálicos intermedios para granel (rig) y envases de capacidad mayor a 450 litros que transportan materiales y residuos peligrosos. DOF 25 de septiembre de 1995.

NOM-024-SCT2-1994. Especificaciones para la construcción y reconstrucción, así como los métodos de prueba de los envases y embalajes de las sustancias, materiales y residuos peligrosos. DOF 16 de octubre de 1995.

NOM-025-SCT2-1994. Disposiciones especiales para las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la clase 1 explosivos. DOF 22 de septiembre de 1995.

NOM-027-SCT2-1994. Disposiciones generales para el envase, embalaje y transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos de la división 5.2 peróxidos orgánicos. DOF 23 de octubre de 1995.

NOM-028-SCT2-1998. Disposiciones especiales para los materiales y residuos peligrosos de la clase 3 líquidos inflamables transportados. DOF 14 de septiembre de 1999.

NOM-029-SCT2-1994. Especificaciones para la construcción y reconstrucción de recipientes intermedios para gránulos (rig). DOF 18 de octubre de 1995.

NOM-030-SCT2-1994. Especificaciones y características para la construcción y reconstrucción de los contenedores cisterna destinados al transporte multimodal de gases licuados refrigerados. DOF 20 de octubre de 1995.

NOM-032-SCT-1995. Especificaciones y características para la construcción y reconstrucción de contenedores cisterna destinados al transporte multimodal de materiales de las clases 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9. DOF 10 de diciembre de 1997.

NOM-043-SCT2-1995. Documento de embarque de sustancias, materiales y residuos peligrosos. DOF 23 de octubre de 1995.

NOM-045-SCT2-1995. Características generales de las unidades de arrastre ferroviario asignadas al transporte de materiales y residuos peligrosos. DOF 5 de septiembre de 1996.

NOM-046-SCT2-1998. Características y especificaciones para la construcción y reconstrucción de los contenedores cisterna destinados al transporte multimodal de gases licuados a presión no refrigerados. DOF 26 de febrero de 1999.

NOM-051-SCT2-1995. Especificaciones especiales y adicionales para los envases y embalajes de las sustancias peligrosas de la división 6.2, agentes infecciosos. DOF 21 de noviembre de 1997.

# ANEXO II

## TIPOS COMUNES DE PLÁSTICOS Y SU COMPOSICIÓN

Los elementos que se encuentran más habitualmente en los plásticos son carbono, hidrógeno, nitrógeno, oxígeno, cloro, flúor y bromo. Algunos de ellos son peligrosos en estado puro, pero se vuelven inertes cuando se incorporan en un polímero orgánico. En el cuadro 1 figura una relación de los tipos de polímeros que más probablemente se encuentren como desechos plásticos. (En la mayoría de los desechos plásticos destinados al reciclado no se encontrarán, en general, sustancias termoestables, en contraposición con sustancias termoplásticas, salvo en niveles mínimos.)

Para atender las muy diversas necesidades de aplicación de los polímeros, dentro de las clasificaciones generales se han establecidos subgrupos de polímeros. Son muy pocos los polímeros básicos (conocidos también como resinas) que se utilizan o procesan sin mezclar; la mayoría de los plásticos son mezclas de polímeros y aditivos formuladas para que tengan exactamente las propiedades que se requieren para una aplicación concreta (véase también el apéndice 2). Así pues, podemos decir que:

**Plásticos = polímeros + aditivos**

En este sentido, los polímeros no difieren del acero o el vidrio, en los que un nombre genérico abarca muchas formulaciones diferentes. Los distintos tipos y cantidades de aditivos quedan incorporados en el aglomerante del polímero. El uso de aditivos como estabilizantes contra los efectos del calor, la luz o el oxígeno del aire amplía la vida útil del producto o posibilita aplicaciones concretas.

Cuadro

Polímeros comunes para la fabricación de envases y cualquier otra necesidad

Polímero	Aplicaciones típicas	Duración de su vida útil
Polietileno de alta densidad (PE-HD)	Embalajes y láminas industriales, botellas, bañeras, tazas, juguetes, cerramientos  Tanques, bidones, cajas de leche y de cerveza, aislamiento de cables, tuberías, depósitos de gasolina, contenedores para transporte, asientos	Hasta 2 años  Hasta 30 años
Polietileno de baja densidad (PE-LD, PE-LLD)	Láminas para envolver productos, láminas adhesivas, bolsas y sacos, tapas, juguetes  Revestimientos, contenedores flexibles, tuberías; Tuberías de irrigación	Hasta 2 años  Hasta 5 años  Hasta 20 años
Poliéster (PET)	Botellas, láminas para el envasado de alimentos, cuerdas, cintas de grabación.  Alfombras, cuerdas para neumáticos de vehículos, fibras	Hasta 5 años  Hasta 10 años
Polipropileno (PP)	Envases para yogurt y margarina, envoltorios para caramelos y aperitivos, láminas para empaquetado, botellas y tapones;  Carcasas de baterías para vehículos, piezas y componentes de carrocerías, componentes eléctricos, fibras y soportes de alfombras.	Hasta 5 años  Hasta 10 años  15 años o más

# ANEXO III

## RESIDUOS PELIGROSOS

### ¿QUÉ SON LOS RESIDUOS PELIGROSOS?

La definición e identificación de los residuos peligrosos en México, se hace con base en la Norma Oficial Mexicana 052-ECOL-1993, la cual es de observancia obligatoria en todo el territorio nacional. Esta norma establece las características de los residuos peligrosos no importando su estado físico, el listado de los mismos, y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. Asimismo, según esta norma, los residuos peligrosos atendiendo a su fuente generadora, se clasifican por giro industrial y por proceso, así como por fuente no específica.

Para efecto de la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, se entiende por residuos peligrosos:

“Todos aquellos residuos, en cualquier estado físico, que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas (características CRETIB: corrosivo, reactivo, explosivo, tóxico, inflamable, biológico-infeccioso), representen un peligro para el equilibrio ecológico o el ambiente”.

La Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), define como materiales peligrosos a los:

Elementos, sustancias, compuestos, residuos o mezclas de ellos que, independientemente de su estado físico, representen un riesgo para el ambiente, la salud o los recursos naturales, por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables o biológico-infecciosas. Como plantea la Ley, los residuos y los materiales peligrosos son la misma cosa.

En el caso de los residuos químicos peligrosos, éstos se generan en la fase final del ciclo de vida de los materiales peligrosos, cuando quienes los poseen los desechan porque ya no tienen interés en seguirlos aprovechando. Es decir, se generan al desechar productos de consumo que contienen materiales peligrosos, al eliminar envases contaminados con ellos; al desperdiciar materiales peligrosos que se usan como insumos de procesos productivos (industriales, comerciales o de servicios) o al generar subproductos o desechos peligrosos no deseados en esos procesos [31,32].

## **EXPERIENCIAS EXITOSAS DE MANEJO DE RESIDUOS**

- Las ciudades de Querétaro y Aguascalientes tienen un alto rango de limpieza y cuentan con un manejo integrado de sus residuos.
- Las zonas metropolitanas de Monterrey y de México hacen un manejo parcial del proceso.
- Nuevo Laredo, Tlalnepantla y Piedras Negras cuentan con un relleno sanitario que opera eficazmente [31].

## **MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS**

El manejo seguro de residuos es un concepto global que se refiere al proceso que comienza con la compra de los materiales necesarios para un ensayo determinado y termina en el destino final que se da a los residuos generados. Es imprescindible antes de planificar una práctica que involucre el manejo de sustancias químicas, conocer las características físico-químicas de las mismas, su toxicidad, las medidas de seguridad que se van a adoptar, los elementos con que se cuenta para ello y planificar que se hará en casos de contingencias que puedan ocurrir. Ni el mejor equipamiento evitará un accidente, si no se emplea una técnica cuidadosa y sentido común [33].

Los principios básicos en que se fundamenta el programa de manejo de residuos son la minimización de los mismos, la segregación de las corrientes de residuos generados y el tratamiento de las que sean peligrosas. Al efectuar las compras, se necesita un control de los inventarios para que las compras se reduzcan al mínimo (ya que muchas veces se compran productos químicos que terminan quedando por décadas en las estanterías, y luego ya envejecido se convierte en un residuo peligroso porque hay que descartarlo debido a que ya no tiene las características adecuadas para su uso).

En algunos casos se dejan de usar productos por diversos motivos y los mismos pasan a convertirse en estorbos de los que hay que deshacerse. En estas situaciones se estimula la redistribución de esos productos que no le son útiles a algunos, pero que necesitan ser comprados o son de utilidad para otros. El Servicio de Higiene y Seguridad colabora en la tarea de difusión entre los posibles usuarios para "ubicar" el producto. En ocasiones se detectan en los drogueros productos que han perdido sus etiquetas y se desconocen la identidad del contenido siendo necesario descartarlo. En estos casos hay una batería de test de campo que permiten poder decidir qué hacer con ellos.

En algunos laboratorios se realizan operaciones caracterizadas por el uso de un número relativamente amplio y variable de productos químicos en escala reducida, en tales casos habrá que decidir si son o no peligrosos, para ello se debe efectuar la identificación del residuo. De acuerdo a la ley se considera residuo peligroso a todo aquél que pueda producir daño afectando a seres vivos, o al aire, al agua o al

suelo y para ello deberá figurar dentro de las corrientes de desechos sometidas a control o bien tener alguno de los constituyentes de alta peligrosidad

Si el residuo es no peligroso en los términos indicados en el párrafo anterior, se puede descartar por el desagüe.

Se efectúa así la adecuada segregación de las distintas corrientes de residuos, lo que simplifica las decisiones, facilita el tratamiento y posibilita el reciclado si es viable. Los residuos que se consideran peligrosos deben tratarse adecuadamente, para ello el Servicio de Higiene y Seguridad brinda asesoramiento indicando el camino a seguir en cada caso.

En ocasiones es posible efectuar la neutralización, la destilación, u otros tratamientos físico-químico, sobre el residuo, en el mismo laboratorio en que son generados, éstos deben ser considerados dentro del plan interno de residuos de cada laboratorio. La conveniencia es evidente pues los generadores son los más familiarizados con la naturaleza y riesgos potenciales de los residuos, se evita el transporte y manipulación, y se estimulan los procesos de reutilización.

Los procedimientos de destrucción sólo deben efectuarse por o bajo la supervisión directa de un profesional entrenado que conozca los procesos químicos involucrados y se deberá disponer de los elementos de seguridad adecuados.

Los residuos "patogénicos" generados en ciertos laboratorios imponen la implementación de tratamientos que reduzcan o eliminen el impacto ambiental que se puede producir por un inadecuado destino final de los mismos. Existe una norma sobre el manejo de este tipo de residuos, donde constan los pasos a seguir.

Otra corriente de residuos peligrosos la constituyen los solventes orgánicos, en tales casos previa consulta con el Servicio de Higiene y Seguridad para evitar incompatibilidades, se pueden disponer a través del mecanismo ya contratado de incineración en condiciones ambientalmente adecuadas. Dentro de lo posible se requiere la separación de los solventes orgánicos halogenados.

Para poder descartar solventes orgánicos, se deberá concurrir al Servicio de Higiene y Seguridad, completar el formulario correspondiente y una vez aprobado, se procederá autorizar el almacenamiento transitorio en el lugar prefijado a tal fin, hasta que la empresa contratada lo retire.

En los casos de los solventes orgánicos y los patogénicos se deberá completar un formulario, donde constan: el tipo de residuo que se genera, su cantidad, composición y demás datos del generador. El principio general que se mantiene es que los residuos deben ser dispuestos de forma tal que no afecten a las personas, ni al medio ambiente. Para lo cual el personal del laboratorio: docentes, investigadores y demás empleados, deben conocer y usar métodos adecuados para desechar los distintos tipos de residuos que generan y asumir su



responsabilidad por la realización de las prácticas en forma adecuada, así mismo con las diferentes industrias que de algún modo genere este tipo de residuos [32,33,34].

## **INDICADORES SOBRE EL MANEJO DE LOS RESIDUOS PELIGROSOS.**

Pocos países cuentan con inventarios de residuos peligrosos asociados a las diferentes actividades industriales, comerciales y de servicios; lo anterior se debe a las grandes variaciones en cuanto a calidad y veracidad en la información proporcionada por las diversas instancias involucradas con las actividades que generan tales residuos. La diversidad de la información dificulta su uso con el propósito de formular inventarios de residuos peligrosos. Mucho más complicado resulta, sobre todo para países en vías de desarrollo y con escasa capacidad económica en materia industrial, identificar los procesos y tecnologías apropiadas para el manejo de los residuos peligrosos que generan, así como formular e instrumentar el marco regulatorio ambiental que demanda la situación actual. Por tales razones, son pocos los países en la actualidad que cuentan con una gestión oportuna, racional y eficiente, referente al manejo de tales residuos. Por otro lado, cada vez se hace más necesario formular inventarios de residuos peligrosos que integren a nivel regional, los volúmenes de generación. Entre otras cosas, con el fin de aprovechar por cuestiones de escala, también regionalmente entre diferentes países, la infraestructura con que se cuenta, reducir costos de manejo, estandarizar procedimientos, capitalizar experiencias y proteger nichos de inversión, así como mercados potenciales de trabajo. Lograr este tipo de iniciativas, es complicado, entre otras cosas por la siguientes razones:

- Distintos conceptos considerados para definir las categorías de residuo.
- Diferentes definiciones para los tipos de residuos considerados.
- Metodologías no estandarizadas para recolectar datos y cuantificar los residuos generados.
- Premisas y bases estimativas diferentes.
- Diferentes métodos de reporte y sistemas de administración.
- Inexistentes o incipientes procedimientos de reporte de residuos.
- Falsedad o falta de conocimiento en el llenado de los reportes de notificación de residuos.
- Deficientes respuestas en los procedimientos de notificación.

En ese sentido, es importante resaltar el trabajo que ha desarrollado la Comunidad Europea para tratar de armonizar los criterios y procedimientos que le permitan tener un inventario básico para todos sus países miembros, que incluya a las diferentes categorías de residuos generados, lo que permitiría orientar mejor sus esfuerzos y racionalizar las exigencias y compromisos de cumplimiento. En seguida se mencionan experiencias de algunos países en el manejo de los residuos peligrosos, cabe hacer mención que se recopilaron datos desde la década de los 80's, con la finalidad de hacer la observación de la importancia que ha tenido este importantísimo tema en países desarrollados, y de la misma

manera marcar la diferencia en tiempos de acción que se ha venido dando en la solución de dicho problema, esto claro con relación a nuestro país [32,35].

### Estados Unidos

A principios de los 80's la generación de residuos peligrosos se estimaba en 150 millones de toneladas anuales, que equivalían a 40 billones de galones; esto sin incluir a todos aquellos establecimientos cuya generación mensual, fuera menor a 1,000 Kg./mes. Esta cifra seguramente cambió después de las adecuaciones que en 1990 se le hicieron a la Ley de Conservación y Recuperación de Recursos (RCRA), que entre otras cosas, incluyó la reducción en la tasa de generación mínima de residuos peligrosos para ser considerado como generador, la cual se fijó en 100 Kg./mes. Si los 40 billones de galones de envasaran en tambos de 200 lt. De capacidad y se colocaran uno tras otro, formarían una línea de 400,000 de millas longitud de residuos. En esa misma época, existían 1,495 instalaciones de tratamiento cuya naturaleza era la siguiente:

- 41% Tratamiento físico-químicos
- 27% Lagunas y estanques biológicos
- 17% (240) Incineradoras
- 26% Otros sistemas de tratamiento.

No todas las instalaciones antes mencionadas, contaban con la autorización de la RCRA. También operaban 430 instalaciones para la disposición final de los residuos peligrosos, que empleaban los siguientes métodos:

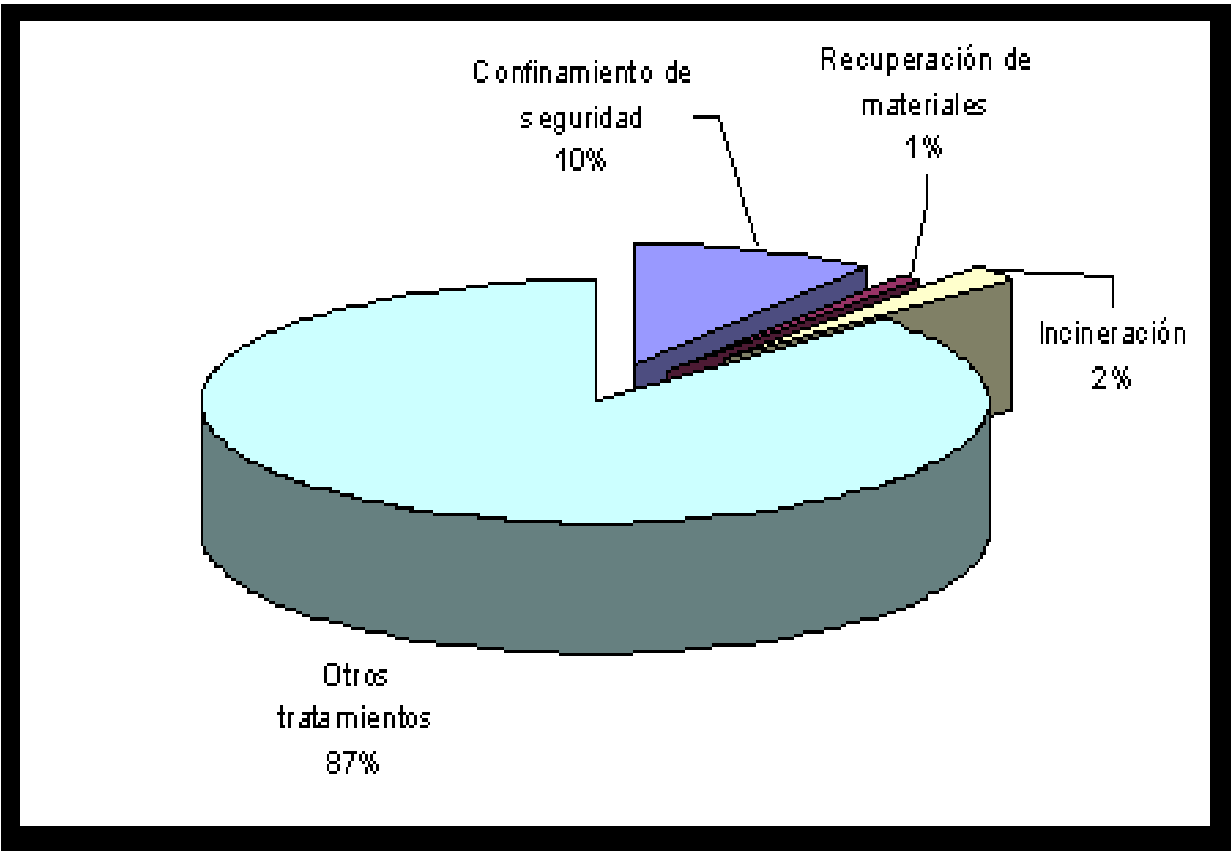
- 46% (200) Confinamientos de seguridad
- 27% Embalses para lodos
- 20% Inyección a pozo profundo
- 6% Aplicación sobre terreno
- 2% Otros

Por otro lado, el 95% de los residuos se trataban directamente en instalaciones de los propios generadores. Sólo el 5% de los residuos, se manejaba en instalaciones de prestadores de servicios que operaban ex profeso, para ello La generación de residuos peligrosos para el año de 1987 en los E.U.A., alcanzaba la cifra de 236 millones al año, distribuidos de acuerdo a la siguiente clasificación:

	%
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Suelos contaminados, solventes halogenados y no halogenados, líquidos orgánicos halogenados y no halogenados, así como lodos y sólidos orgánicos halogenados y no halogenados.</li> </ul>	2.6

• Líquidos orgánicos (no especificados).	1.7
• Líquidos orgánicos/inorgánicos mezclados.	13.0
• Líquidos inorgánicos con orgánicos.	17.0
• Líquidos inorgánicos con metales.	12.5
• Líquidos inorgánicos sin clasificar.	41.7
• Lodos y sólidos orgánicos (no especificados).	2.2
• Lodos y sólidos inorgánicos mezclados con orgánicos.	0.7
• Lodos y sólidos inorgánicos con metales.	2.5
• Otros residuos.	6.0

Los métodos de tratamiento empleados en esa época para manejar tales residuos, según dicho reporte, eran los siguientes:



Fuente: National Resources Policy Studies Center for Policy Research. 1992. Hazardous Waste Management in the States, a Review of the Capacity Assurance Process.

Así mismo, solo 8 estados de la Unión Americana, entre los que se incluía a Texas, California, Georgia y Nueva York, aportan el 65% del total generado (154 millones Ton/año). También es importante mencionar que en ese año la porción más oriental de los E.U.A., era la principal generadora de este tipo de residuos. Lo anterior se debe a que el 71% de las instalaciones generadoras de estos residuos, se ubicaban al este del río Mississippi. Por otro lado, tan solo los estados de California y Texas, aportaban casi el 28%. Se considera que los estados que más generaban residuos eran Texas, Georgia, California, Nueva York, West Virginia y Louisiana; mientras que los estados que menos residuos generaban eran Alaska, Hawai, Nevada, Dakota del Sur, Wyoming y Nuevo México. Se estima que entre todos ellos alcanzaban el 5.4% del total anual. Con base en el reporte bianual de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), presentado en 1991, se estima en la actualidad, una generación mayor a 300 millones de toneladas al año. Según este reporte, los residuos se manejaban empleando los siguientes procesos de tratamiento:

• Confinamiento de seguridad	1.0%
• Incineración y combustión en calderas y hornos industriales	1.25%
• Recuperación de solventes	1.75%
• Inyección a pozo profundo	8.0%
• Neutralización, sedimentación y evaporación	10.0%
• Tratamiento físico-químicos en fase líquida	70.0%
• Otros tratamientos (recuperación de metales estabilización, etc.).	8%

En cuanto a los procesos de combustión de los residuos peligrosos, éstos han tomado un papel integral y a la vez controversial, sobre todo a partir de la década de los 80's, cuando se incrementaron las prohibiciones para el confinamiento de residuos peligrosos. Se estima que en el año de 1991, aproximadamente 3.4 millones de toneladas de residuos peligrosos, entre los que destacan fundamentalmente los líquidos, sólidos y lodos orgánicos, fueron tratados en incineradores, calderas y hornos industriales [36,37,38].

**España.** Hasta hace 8 años, en España se controlaban alrededor de 1.65 millones de toneladas de residuos peligrosos, empleando los siguientes procesos de tratamiento:

Incineración	22%
Tratamientos físico-químicos	32%
Confinamientos de seguridad	44%
Recuperación de aceites	2%

Los tipos de residuos más importantes generados, son 6 :

Aceites residuales	33%
Residuales químicos-orgánicos	36%
Residuales inorgánicos	13%
solventes	7%
Otros	8%
Solventes halogenados	3%

En la actualidad, se considera que la generación de residuos industriales peligrosos ha rebasado la cifra de 2 millones de toneladas al año.

### **Reino Unido**

En el Reino Unido, la estimación anual de diferentes tipos de residuos en el año de 1992 se presenta a continuación:

Actividad	Millones/Toneladas
Agricultura	250
Minería y explotación de materiales pétreos	
• carbón y pizarra	50
• arcilla	27
• cantera	30
Lodos de aguas servidas (a)	1
Dragado (a)	21

Casa-habitación (domiciliarios)	20
Actividad comercial	15
Demolición y construcción	32
Actividad industrial	
• escorias metálicas	6
• Cenizas de carbo eléctricas	13
• Otros	50
Residuos Especiales	2.5
T o t a l	515

Por otro lado en el siguiente listado, se presenta el número de instalaciones autorizadas para el tratamiento y disposición final de los residuos peligrosos, hasta 1991.

Tipo	No.	%
Relleno sanitario	4,196	63
Vertederos públicos	559	8
Estación de transferencia	936	14
Centros de acopio	274	4
Tratamiento (b)	122	2
Incineración (c)	212	2
Varios (d)	366	5
Total	6,665	100

(b): Tratamientos físicos, químicos y biológicos, así como de solidificación

(c): Para residuos peligrosos, municipales, domiciliarios y hospitalarios

(d): Instalaciones autorizadas para la recuperación de residuos, incluyendo depósitos de chatarra Actualmente, el 70% de los residuos considerados como especiales, se disponen en rellenos sanitarios de seguridad, el 5% se incinera, el 15% se trata empleando procesos físico-químicos y el 10% se dispone en el mar. Existen ordenamientos oficiales para suspender el depósito en el mar de lodos de aguas negras, a partir de 1998.

## Alemania

Las regulaciones ambientales en la República Federal Alemana, establecen que antes de confinar los residuos debe comprobarse que no pueden evitarse, reducirse en el proceso, ni reciclarse. Los tratamientos y métodos de disposición final utilizados actualmente, para el control de los residuos que pueden considerarse como peligrosos, son los siguientes:

- Tratamiento físico-químico y biológico de residuos líquidos
- Incineración.
- Disposición final en rellenos sanitarios.
- Disposición final en domos salinos.

Un método de tratamiento muy utilizado para los residuos industriales peligrosos, es el de la incineración, por tener la ventaja de destruir y disminuir el volumen de los residuos hasta un 80%. Algunos residuos que se incineran son:

- Aceites minerales, hidráulicos y de corte
- Contenedores metálicos y no metálicos con residuos peligrosos
- Ácidos orgánicos halogenados y no halogenados
- Soluciones amoniacales, solventes orgánicos, lacas colorantes adhesivos
- Lodos de tratamiento de agua y minerales
- PCB's
- Catalizadores
- Restos de antraceno fenólico
- Desechos de la producción farmacéutica y de laboratorios
- Plaguicidas, pesticidas, etc.

Los residuos que resultan de la incineración son escorias, que se disponen en rellenos sanitarios para residuos peligrosos y polvos generados por el precipitador electrostático, que se disponen en domos salinos.

Los residuos que se disponen en los rellenos sanitarios como peligrosos son por ejemplo, las cenizas de incineradores, lodos con contenido metálico, escorias, sales insolubles de la industria química, suelo contaminado, y deben cumplir los límites permisibles siguientes:

Fenol	100 mg/L		Zn	10 mg/L	
Arsénico	1 mg/L		F2	50 mg/L	
Pb	2 mg/L		Cl2	10,000 mg/L	
Cd	0.5 mg/L		CN	1 mg/L	
Cr VI	05 mg/L		SO4	5,000 mg/L	

Los rellenos sanitarios generan lixiviados, los cuales se tratan por ósmosis inversa, ultra filtración o evaporación. La energía que utilizan para la evaporación, es por ejemplo la que se genera de los procesos de incineración. Algunos residuos que se disponen en domos salinos son los siguientes:

- Desechos del lavado de gases de incineradores de residuos peligrosos o municipales (polvos generados en el precipitado electrostático).
- Desechos de los procesos de pirolisis
- Lodos con bario o mercurio
- Residuos con berilio
- Acumuladores (Ni-Cd)
- Baterías (Hg)
- Lámparas de mercurio
- Sales de Na, Ca, Ba, Mg, Cu, CN, Al Va
- Pesticidas o plaguicidas
- Transformadores
- PCB's

Número de plantas de disposición final existentes en la República Alemana:

- 13 Rellenos para residuos peligrosos
- 27 Incineradores para residuos peligrosos (no incluye los privados)
- 61 Plantas de tratamiento para residuos líquidos peligrosos[39,40,41,42,43].

## **CLASIFICACIÓN DE LOS RESIDUOS COMO PELIGROSOS EN MÉXICO**

La Norma Oficial Mexicana NOM-052-ECOL-93, establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen peligroso a un residuo por su toxicidad al ambiente. En dicha norma se plantea que; además de las características CRETIB, se tomará como base para determinar la peligrosidad de los residuos, el que éstos se encuentren comprendidos en los listados que se incluyen en sus anexos y que permiten su clasificación de acuerdo con su origen o composición, tal y como sigue:

- Giro industrial y proceso
- Fuente no específica
- Materias primas que se consideran peligrosas en la producción de pinturas
- Residuos y bolsas o envases de materias primas que se consideran peligrosas en la producción de pinturas.

La Norma Oficial Mexicana (NOM-053-ECOL-93), establece el procedimiento para llevar a cabo la prueba de extracción para determinar los constituyentes que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente [32].



## ¿De qué depende la peligrosidad de los residuos?

Conforme a lo antes expuesto, un residuo se considera como peligroso porque posee propiedades inherentes o intrínsecas que le confieren la capacidad de provocar corrosión, reacciones, explosiones, toxicidad, incendios o enfermedades infecciosas [32].

## ¿De qué depende que un residuo peligroso se convierta en un riesgo?

El que un residuo sea peligroso no significa necesariamente que provoque daños al ambiente, los ecosistemas o a la salud, porque para que esto ocurra es necesario que se encuentre en una forma “disponible” que permita que se difunda en el ambiente alterando la calidad del aire, suelos y agua, así como que entre en contacto con los organismos acuáticos o terrestres y con los seres humanos [32,33].

## ¿En qué condiciones un residuo químico tóxico puede ser peligroso?

En el caso de los residuos químicos potencialmente tóxicos, para que éstos ocasionen efectos adversos en los seres vivos, se requiere que la exposición sea suficiente en términos de concentración o dosis, de tiempo y de frecuencia. Los criterios para definir las características de peligrosidad se fijan según lo siguiente:

a) **Corrosividad.**- Un residuo se considera peligroso por corrosividad cuando:

- En estado líquido en solución acuosa presenta un pH menor ó igual a 2.0 o mayor ó igual a 12.5.
- En estado líquido o en solución acuosa y a una temperatura de 55 °C, es capaz de corroer el acero al carbón (SAE 10 20), a una velocidad de 6.35 mm o más por año.

b) **Reactividad.**- Un residuo es peligroso por su reactividad cuando:

- Bajo condiciones normales (25 °C y 1 atm), se combina o polimeriza violentamente sin detonación.
- En condiciones normales (25 °C y 1 atm), cuando se pone en contacto con agua en relación residuos- agua de 5:1, 5:3, 5:5, reacciona violentamente formando gases, vapores o humos.
- Bajo condiciones normales, cuando se pone en contacto con soluciones de pH ácido (HCl 1.0 N) y básico (NaOH 1.0 N), en relación (residuo - solución), de 5:1, 5:3, 5:5, reacciona violentamente formando gases, vapores o humos.
- Posee en su constitución cianuros o sulfuros que cuando se exponen a condiciones de pH entre 2.0 y 12.5, pueden generar gases, vapores o humos tóxicos en cantidades mayores a 250 mg de HCl/Kg. de residuo ó 500 mg de H<sub>2</sub>S/Kg. de residuo.

- Es capaz de producir radicales libres.

c) **Explosividad.-** Un residuo puede ser considerado peligroso por su explosividad cuando:

- Tiene una constante de explosividad igual o mayor a la del dinitrobenzeno.
- Es capaz de producir una reacción o descomposición detonante o explosiva, a 25 °C y 1.03 Kg. /cm<sup>2</sup> de presión.

d) **Toxicidad al ambiente.-** Un residuo se considera peligroso por su toxicidad al ambiente, cuando después de aplicar la prueba de extracción para toxicidad, el lixiviado de la muestra representativa obtenido contenga cualquiera de los constituyentes altamente peligrosos.

e) **Inflamabilidad.-** Un residuo se considera peligroso por su inflamabilidad, cuando:

- En solución acuosa, contiene más del 24 % de alcohol en volumen.
- Es líquido y tiene un punto de inflamación inferior a 60 ° C.
- No es líquido pero es capaz de provocar fuego por fricción, absorción de humedad o cambios químicos espontáneos ( a 25 °C y 1.03 Kg. /cm<sup>2</sup>).
- Se trata de gases comprimidos inflamables o agentes oxidantes que estimulan la combustión.

f) **Características biológico infecciosas.-** Un residuo con características biológico infecciosas se considera peligroso por lo siguiente:

- Contiene bacterias, virus u otros microorganismos con capacidad de infección.
- Contiene toxinas producidas por microorganismos que causen efectos nocivos a seres vivos. Los parámetros principales que se determinan durante el análisis de peligrosidad de un residuo son básicamente los siguientes :

- Estado físico
- Estado físico a 21° centígrados
- Número de capas
- Por ciento en volumen
- PH
- Gravedad específica
- Temperatura de inflamación
- Viscosidad
- Composición
- Elementos tóxicos de acuerdo a la prueba de extracción
- Plaguicidas tóxicos de acuerdo a la prueba de extracción
- Composición de hidrocarburos
- Compuestos organoclorados

- Azufre
- Cianuro
- Contenido de bifenilos policlorados
- Características de peligrosidad
- Reactividad
- Explosividad
- Reactividad en presencia de agua
- Inflamabilidad
- Corrosividad
- Toxicidad
- Radioactividad

Además se determina si el residuo es biológico-infeccioso. Uno de los peligros más significativos que puede presentar un residuo, es la capacidad de lixiviación de sus constituyentes tóxicos. Por esta razón se pone especial énfasis en la denominada prueba de extracción La primera prueba de extracción (Extraction Procedure Toxicity Characteristics, EP) fue elaborada para relacionar el potencial del residuo de contaminar los mantos acuíferos cuando es dispuesto en un relleno sanitario. Las características de toxicidad se establecen cuando el extracto contiene alguno de ocho elementos químicos peligrosos, cuatro plaguicidas y dos herbicidas. La segunda prueba de extracción (Toxicity Characteristics Leaching Procedure, TCLP) fue desarrollada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA) para reemplazar a la primera prueba, incluyendo 39 nuevos constituyentes [33,34].

## **ESTIMACIÓN DE LA GENERACIÓN DE RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS**

En lo que respecta a la generación de residuos peligrosos, se estima que el sector industrial produce alrededor de ocho millones de toneladas anuales, estimación que no considera a los trabajos mineros (de los cuales se calcula se generan cerca de 300 a 500 mil toneladas diarias). Aproximadamente 41% de los residuos provienen de la industria química básica, la petroquímica y la química secundaria [33].

Lo más preocupante es que tan sólo en la Zona Metropolitana de la Ciudad de México se producen alrededor de 2 486 000 toneladas anuales, 70% de las cuales se originan en el Distrito Federal y el resto en los municipios conurbados del Estado de México.

Aproximadamente 54% de los residuos peligrosos que se generan en el país corresponden a derivados del petróleo, solventes, grasas y aceites, los cuales tienen un enorme potencial de ser reciclados como combustible alterno en hornos y calderas o de ser regenerados para su reutilización. Las proyecciones para el año 2000 indican que para los sectores de la química básica, la petroquímica y la refinación del petróleo se espera un incremento de casi 12 por ciento [34,35].

En el siguiente cuadro se condensan el número de empresas así como su ubicación y el total de residuos que generan anualmente.

Empresas que manifiestan la generación de residuos peligrosos		
Estado	Núm. de empresas	Generación (t/Año)
Aguascalientes	608	9,554.77
Baja California	2,359	33,523.00
Baja California Sur	124	107.50
Campeche	183	58,501.91
Coahuila	1,020	2,359.34
Colima	254	1,697.73
Chiapas	527	939.20
Chihuahua	2,224	3,862.50
Distrito federal	3,955	624,995.00
Durango	272	976.57
Guanajuato	1,181	1'148,550.35
Guerrero	255	1,282.52
Hidalgo	916	392,843.47
Jalisco	1,686	4,722.72
México	4,429	233,640.00
Michoacán	223	233,680.58
Morelos	562	8,315.97
Nayarit	263	2,389.85
Nuevo León	1,143	253,079.48
Oaxaca	131	60,533.73
Puebla	480	11,200.00
Querétaro	507	13,878.91
Quintana Roo	278	48.68
San Luis Potosí	341	29,292.40
Sinaloa	220	6,332.07
Sonora	545	7,404.50
Tabasco	314	134,096.00
Tamaulipas	409	218,576.20
Tlaxcala	550	52,275.40
Veracruz	478	152,862.26
Yucatán	659	2,441.16
Zacatecas	184	1,882.45
Total	27,280	3'705,846.21

Nota: Incluye residuos biológico–infecciosos. Fuente: Instituto Nacional de Ecología [36].

## MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS EN MÉXICO

Los generadores de residuos peligrosos registrados en los 32 estados (27,280), manifiestan generar 3'705,846 toneladas / año), aunque esta información ha sido cuestionada por la probabilidad de que algunos generadores no hayan manifestado sus residuos peligrosos.

La capacidad instalada para su tratamiento y disposición final ha ido creciendo de manera significativa a partir de 1988 en que se publica el Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos y las primeras normas en la materia, que han incentivado una creciente inversión en este campo [34].

### INFRAESTRUCTURA DE MANEJO DE RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS

Es competencia de la Federación, la regulación, manejo y disposición final de los residuos que tengan una o más características CRETIB: Corrosivo, Reactivo, Explosivo, Tóxico, Inflamable y Biológico-Infecioso, los cuales son considerados como peligrosos.

En este ámbito se confiere prioridad a la reducción de la generación de sustancias que por sus características, resultan peligrosas para la salud de la población y del ambiente. En segunda instancia, se busca la minimización de los impactos de estos residuos mediante su reutilización, reciclaje o degradación completa, y por último, se plantea el confinamiento de estas sustancias en lugares adecuados.

La infraestructura para el manejo adecuado de los residuos industriales peligrosos es escasa. Antes de 1993 se autorizaron dos confinamientos: uno en Sonora, para servicio privado, que se transformó en una empresa de servicio público varios años después y que actualmente se encuentra cerrado; el segundo, que se ubica en Mina, en el estado de Nuevo León, y es el único en su género que se encuentra en operación.

Los confinamientos de residuos peligrosos no sólo no han crecido, sino que dos que estaban autorizados por la autoridad ambiental —en Sonora y San Luis Potosí— cerraron por oposición de las comunidades locales a su operación.

A pesar de que, de acuerdo con la política ambiental, el confinamiento de los residuos peligrosos es la última opción de manejo y que no existe infraestructura disponible, se ha verificado un aumento en el volumen de residuos peligrosos enviados a dos de los confinamientos autorizados (**CYTRAR**, en Sonora y **RIMSA**, en Nuevo León).

De los residuos recibidos en **RIMSA**, 50% constituyeron lodos, 12% materiales y productos caducos de la industria química y, en menores porcentajes, escorias de fundición, metales de procesos de soldadura, catalizadores agotados y tierras

contaminadas. De todo ello, se recicló de 25 a 30% y se dio tratamiento previo a su confinamiento al 75% restante.

Por otro lado la SEMARNAT ha promovido intensamente el Programa para la minimización y el manejo integral de los residuos industriales peligrosos en el Estado de México, de tal forma que, en 1995 se tenían registradas 157 y a la fecha, la ventanilla única de la Delegación, ha recibido 2,019 solicitudes para registro a empresas generadoras de residuos peligrosos, de los cuales se han otorgado 1,731 registros hasta junio de 2002.

Según cálculos, en la entidad existen 33,114 establecimientos potenciales que pudieran generar 1'400,000 toneladas anuales de residuos peligrosos, de los cuales, se han reportado a la Delegación un promedio aproximado de 113,456 toneladas anuales (40%), cantidad que es regulada, y por tanto, no ingresa a los sistemas ambientales como contaminantes.

La infraestructura autorizada para el manejo de residuos industriales peligrosos con que cuenta la entidad se compone de 42 empresas dedicadas a la recolección y transporte, 13 al almacenamiento, 37 al reciclaje, 4 al tratamiento y 2 a la incineración, dando un total de 98 empresas.

La infraestructura para el tratamiento de los residuos biológico-infecciosos con que cuenta la entidad es de 16 equipos, los cuales tienen una capacidad para incinerar 12,404 kar/hr. de residuos.

Se han otorgado 5 autorizaciones para instalar centros de acopio de envases vacíos de plaguicidas, los cuales son coordinados por el gobierno estatal. A la fecha, un total de 50,000 envases han sido retirados de los campos de cultivo de la zona florícola del Estado y se han enviado por medio de la AMIFAC, para su disposición en la ciudad de Irapuato, Gto.

A parte de la infraestructura ya instalada en el estado de México, y con la finalidad de contribuir de manera significativa a la contención del deterioro del medio ambiente, en materia de gestión de materiales, residuos y actividades de riesgo se pretende:

Instalación de un centro de acopio de aceite automotriz gastado y llantas usadas en el Valle de Toluca, con el propósito de ser utilizados como combustible alternativo en los hornos de cementeras.

Promover la creación de 3 centros más de acopio de envases vacíos de plaguicidas, en zonas agrícolas de la zona norte del Estado.

En el mediano plazo se registrarán más empresas generadoras de residuos peligrosos en el estado, debiéndose prever la infraestructura necesaria para su manejo [32,34,35,].

## **¿CUÁNDO SE ESTABLECEN LAS BASES LEGALES PARA SUSTENTAR LA CREACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS?**

A partir de 1988, en que se publica la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente, su Reglamento en Materia de Residuos Peligrosos y cuatro Normas Oficiales Mexicanas que establecen los requisitos que deben reunir los sitios para ubicar confinamientos controlados, así como las especificaciones para el diseño, construcción y operación de los mismos, revisadas en 1993 (NOM-055-ECOL-93, NOM-056-ECOL-93, NOM-057-ECOL-93 y NOM-058-ECOL-93), se establecieron las bases legales para el desarrollo del mercado de servicios de manejo de tales residuos.

## **¿CUÁLES SON LOS PRINCIPIOS DE POLÍTICA QUE APLICAN A LA CREACIÓN DE INFRAESTRUCTURA DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS?**

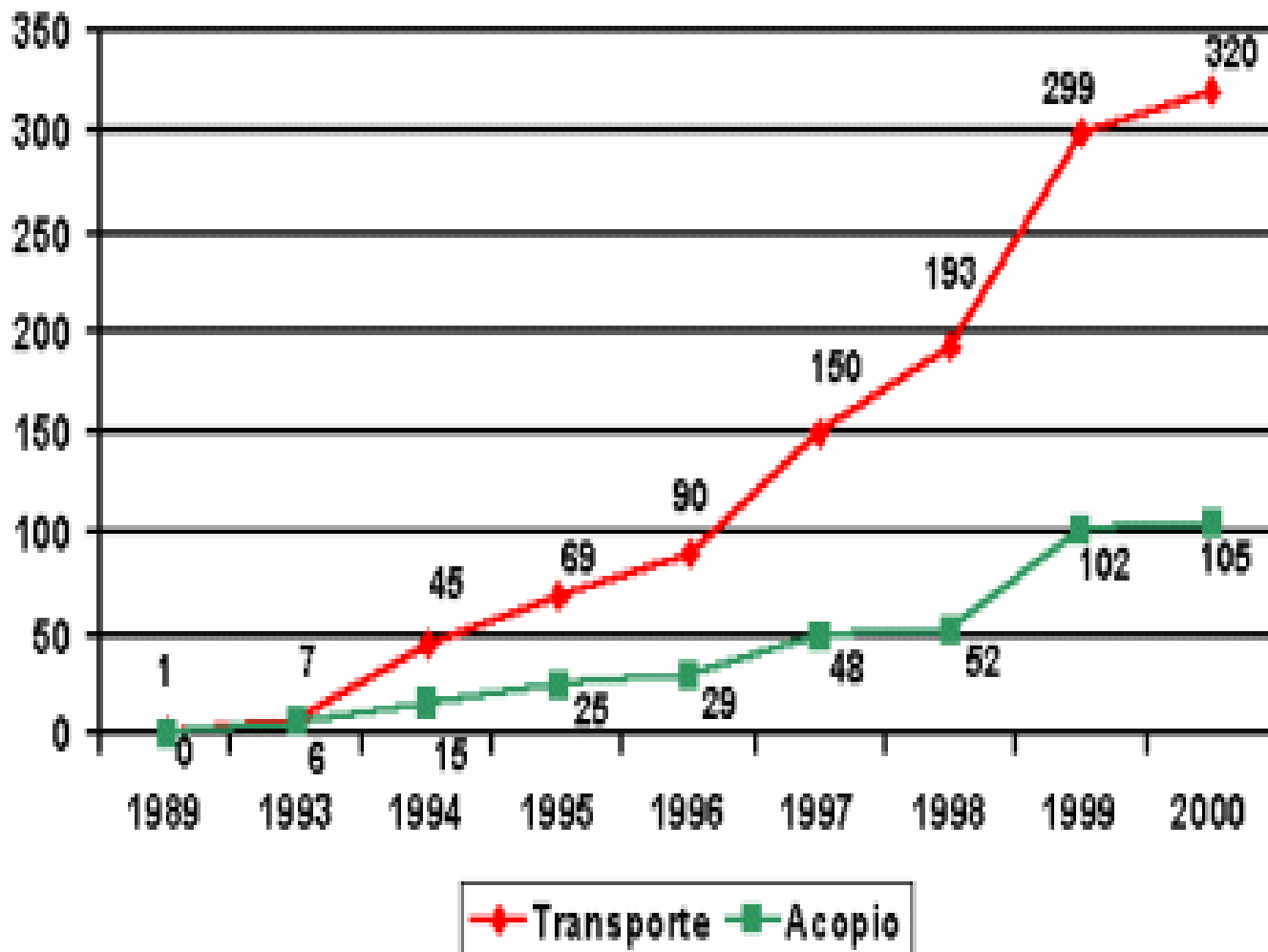
La política ambiental en materia de residuos peligrosos promueve en primer término la prevención de su generación, así como su minimización a través del reuso y reciclado de los mismos, señala como segunda opción su tratamiento para reducir su volumen y peligrosidad y plantea como la última opción su confinamiento.

También aplica el principio de proximidad a fin de acercar la infraestructura tanto como sea posible, a quienes generan los residuos peligrosos, lo que además de reducir los riesgos en su transporte, disminuye los costos de su manejo.

A lo cual se suma la promoción de la adopción de tecnologías ambientalmente adecuadas [32].

## ¿CÓMO SE HA DESARROLLADO LA INFRAESTRUCTURA DE ALMACENAMIENTO, RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS PELIGROSOS?

Evolución de la infraestructura de almacenamiento, recolección y transporte de residuos peligrosos 1989-2000

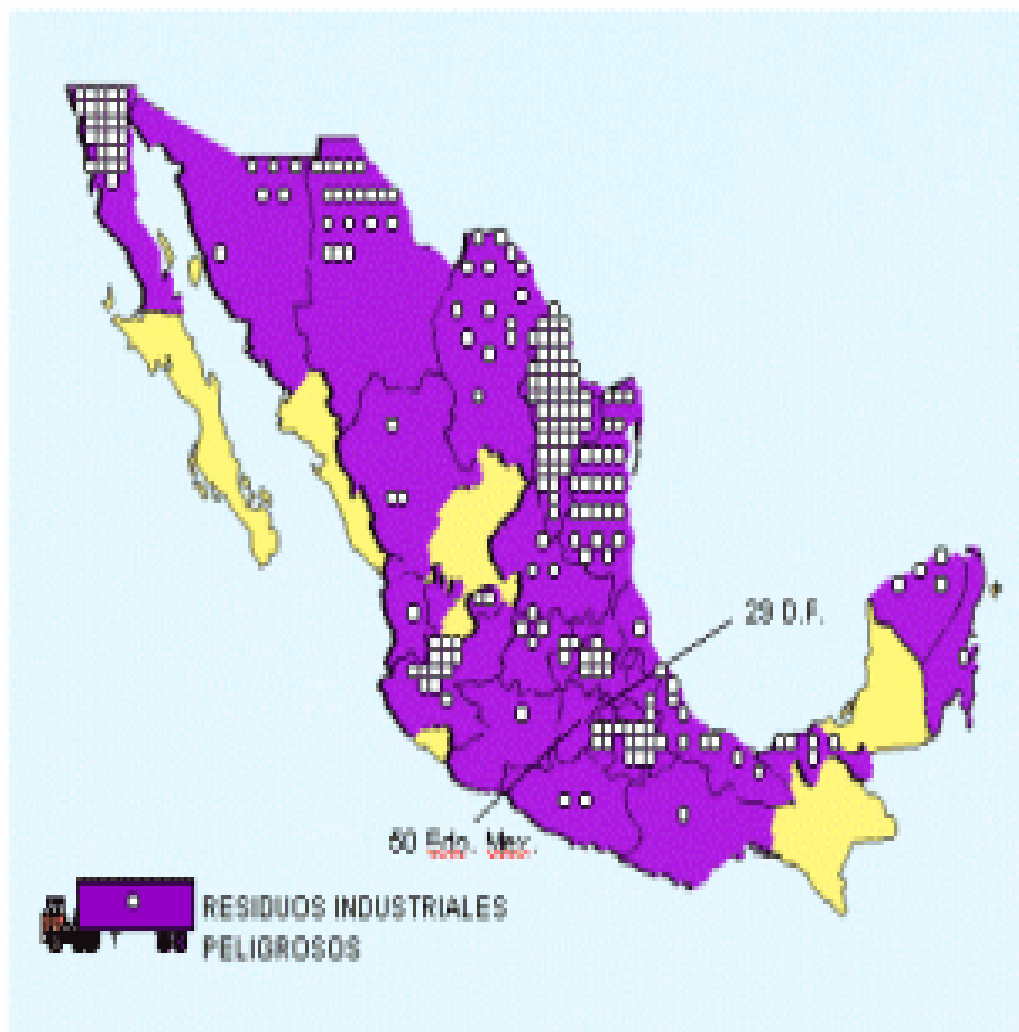


Fuente: Instituto Nacional de Ecología 2003



## ¿CÓMO SE DISTRIBUYE GEOGRÁFICAMENTE LA INFRAESTRUCTURA DE TRANSPORTE Y ACOPIO DE RESIDUOS PELIGROSOS?

Distribución geográfica de la infraestructura de recolección y transporte de residuos peligrosos 1999-2003



AGUASCALIENTES	2
BAJA CALIFORNIA	27
BAJA CALIFORNIA	0
CAMPECHE	0
CHIAPAS	0
CHIHUAHUA	10
COAHUILA	14
COLIMA	0
DISTRITO FEDERAL	29
DURANGO	3
EDO. DE MÉXICO	50
GUANAJUATO	4
GUERRERO	2
HIDALGO	7
JALISCO	13
MICHOACÁN	1
MORELOS	3
NAYARIT	1
NUEVO LEON	72
OAXACA	1
PUEBLA	13
QUERETARO	3
QUINTANA ROO	1
SAN LUIS POTOSÍ	3
SINALOA	0
SONORA	6
TABASCO	6
TAMAULIPAS	24
TLAXCALA	3
VERACRUZ	10
YUCATÁN	4
ZACATECAS	0
TOTAL	320

Fuente: Instituto Nacional de Ecología 2003

Distribución geográfica de la infraestructura de almacenamiento de residuos peligrosos 1999-2003

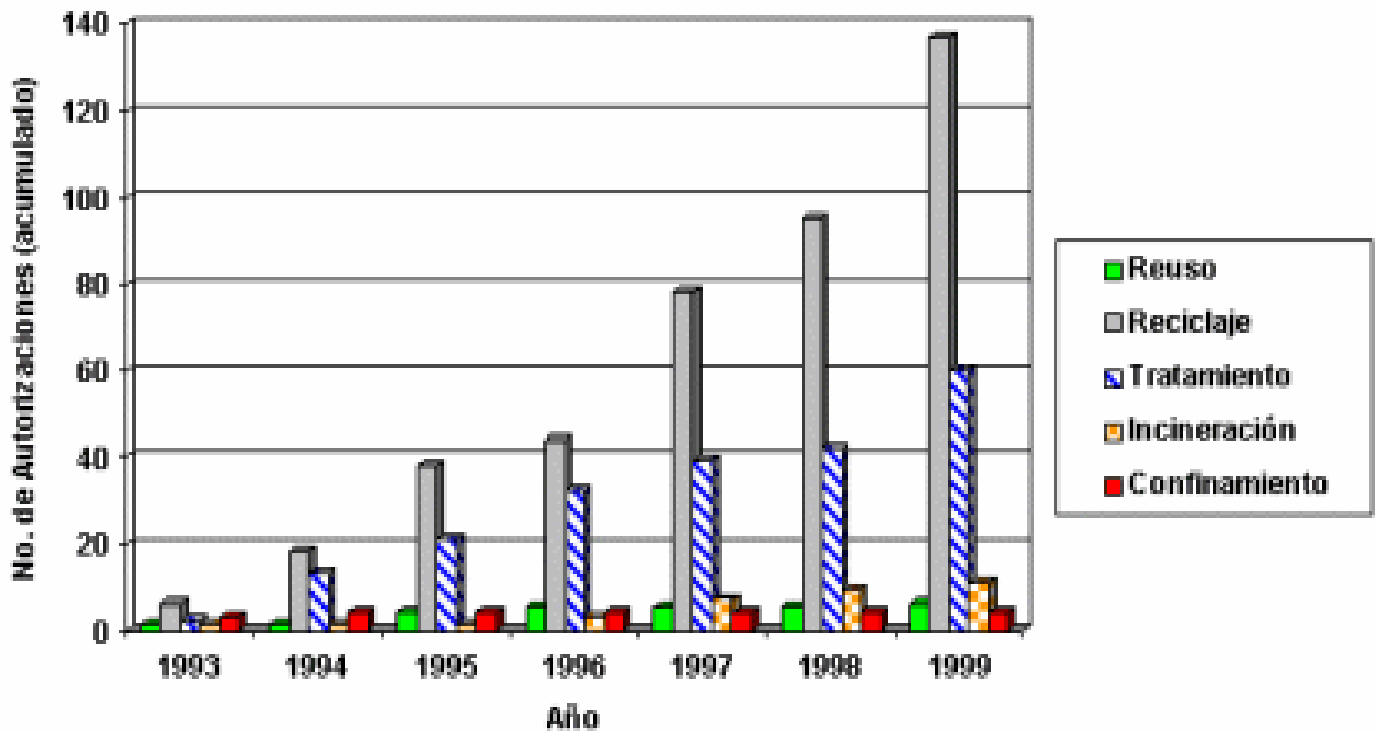


AGUASCALIENTES	1
BAJA CALIFORNIA	11
BAJA CALIFORNIA	1
CAMPECHE	0
CHIAPAS	1
CHIHUAHUA	6
COAHUILA	0
COLIMA	1
DISTRITO FEDERAL	4
DURANGO	4
EDO. DE MÉXICO	14
GUANAJUATO	4
GUERRERO	0
HIDALGO	1
JALISCO	4
MICHOACÁN	2
MORELOS	2
NAYARIT	1
NUEVO LEON	15
OAXACA	0
PUEBLA	4
QUERETARO	2
QUINTANA ROO	1
SAN LUIS POTOSÍ	1
SINALOA	2
SONORA	4
TABASCO	2
TAMAULIPAS	10
TLAXCALA	1
VERACRUZ	3
YUCATÁN	3
ZACATECAS	0
TOTAL	105

Fuente: Instituto Nacional de Ecología 2003

## ¿CÓMO HA EVOLUCIONADO LA INFRAESTRUCTURA PARA EL REHÚSO, RECICLADO, TRATAMIENTO Y CONFINAMIENTO DE RESIDUOS PELIGROSOS?

Evolución de la infraestructura de reuso, reciclado, tratamiento, incineración y confinamiento de residuos peligrosos 1993-2000



Fuente: Instituto Nacional de Ecología 2000

## ¿CUÁL ES LA CAPACIDAD INSTALADA Y LAS MODALIDADES DE SERVICIOS DE RECICLADO DE RESIDUOS PELIGROSOS?

Modalidades de servicios de reciclado de residuos peligrosos y capacidad instalada 2000

RECICLAJE DE	CAPACIDAD INSTALADA (Ton/Año)
Aceite Lubricante Usado	116,181
Solventes	197,369
Líquido Fijador Cansado	5
Material Textil	300
Metales	504,913
Tambores	44,863
Pinturas	17,655
Otros (Grasa Vegetal, Líquido para frenos)	3,668
Reciclaje Energético (*)	1'249,841
TOTAL	2'134,795
(*) Elaboración de Combustible Alternativo	806,756

Fuente: Instituto Nacional de Ecología 2003

## ¿ES SUFICIENTE LA INFRAESTRUCTURA DE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS Y SU DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA ES ADECUADA?

Aún cuando el crecimiento de la infraestructura para manejar los residuos peligrosos ha ido creciendo continuamente y que para algunas corrientes de residuos pudiera satisfacerse en gran medida las necesidades, se considera que aún es necesario ampliar dicha infraestructura con una visión estratégica que responda a las necesidades de cada región y que ofrezca acceso a tecnologías ambientalmente adecuadas económicamente accesibles.

Para poder realizar esa planeación estratégica, es necesario mejorar los inventarios de generación de residuos peligrosos, precisando no tan sólo el volumen total de generación, sino el volumen particular de cada corriente de residuos, por entidad federativa.

Con tal fin, se están desarrollando proyectos para fortalecer los sistemas de información de la Secretaría en la materia y creando Núcleos Técnicos de la Red Mexicana de Manejo Ambiental de Residuos (REMEXMAR), en cada entidad federativa, para involucrar en este ejercicio de planeación estratégica a

representantes de todos los sectores de la sociedad, incluyendo a los inversionistas, interesados a contribuir en este esfuerzo [31,32].

### **¿SE CUENTA CON SUFICIENTE INFRAESTRUCTURA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS BIOLÓGICO-INFECCIOSOS Y SU DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA ES ADECUADA?**

En el caso de los residuos biológico-infecciosos, la infraestructura para su tratamiento creció más rápidamente que la relativa a los residuos químicos peligrosos y no de una manera planificada estratégicamente, de manera que actualmente se cuenta con una capacidad instalada superior a la demanda de servicios; además de que esta infraestructura está principalmente concentrada en la zona centro del país, no existiendo cobertura en numerosos estados.

Un problema particular, es que la infraestructura instalada tanto de transporte, como de acopio y tratamiento, no ha estado hasta ahora adaptada para brindar servicios a los pequeños o medianos generadores de residuos biológico-infecciosos, en particular, cuando se encuentran dispersos.

Por las razones antes señaladas, está en análisis la modificación de la norma (NOM-087-ECOL-95), para adecuarla de manera que permita que todos los generadores grandes o pequeños puedan cumplirla y se fomente la redistribución de la infraestructura y el alcance de los servicios [31,32].

### **RECICLADO DE RESIDUOS INDUSTRIALES PELIGROSOS**

Actualmente hay cerca de 100 empresas recicladoras de residuos peligrosos, con una capacidad instalada total de 1'376,422.5 t. /año, sin contar con el reciclaje de lubricantes como energético alternativo. De aprovechar éstos al máximo, el país estaría manejando adecuadamente casi un tercio de los residuos peligrosos generados.

La infraestructura de manejo de los residuos peligrosos actualmente disponible no satisface los requerimientos tecnológicos para manejar las distintas corrientes de residuos. Tampoco satisface la demanda regional existente, ya que la mayoría de estas empresas se concentran en la zona centro, mientras algunos estados no cuentan con este tipo de infraestructura.

Debido a ello, las instalaciones de acopio y almacenamiento de estos residuos, así como las empresas transportistas juegan, un papel muy importante para que las empresas generadoras logren un manejo adecuado de sus residuos a distancia. Para facilitar este arreglo, se ha desconcentrado a las delegaciones de la Semarnat en los estados la facultad de autorizarlas [31,33,34].

## **RESIDUOS BIOLÓGICO–INFECCIOSOS**

La infraestructura de manejo de este tipo de residuos se incrementó a partir de la promulgación de la norma (NOM–087–ECOL–1995), de manera que actualmente existe una capacidad superior a la requerida. Esta situación se atribuye a una estimación errónea del volumen de generación, así como a la falta de estudios de mercado. Asimismo, por una aparente falta de planificación, la mayor parte de la infraestructura se concentra en la zona centro [33].

## **RESIDUOS PELIGROSOS QUE RECIBEN UN MANEJO ADECUADO**

En algunos documentos oficiales se ha hecho mención respecto del volumen de residuos peligrosos que recibe un adecuado manejo. Esto se manifiesta como una proporción que varía entre 12% y 26% del total. Cabe mencionar que para estos cálculos se tomó como base una de las primeras cifras de generación anual de residuos peligrosos (ocho millones de toneladas), por lo que es posible que el porcentaje que actualmente se maneja adecuadamente sea menor [35].

## **EXPERIENCIAS INTERNACIONALES SOBRE MANEJO DE RESIDUOS PELIGROSOS ACTUALMENTE**

Los criterios empleados normalmente para definir la peligrosidad de un residuo, a nivel internacional son los que a continuación se indican:

1. Por tipo de fuente.
2. Por tipo de residuos (con y sin límites de concentración en los componentes peligrosos)
3. Por lista de componentes potencialmente peligrosos.
4. Por características relativas a sus propiedades.
5. Considerando más de uno de los criterios mencionados.

Para ilustrar lo anterior, podemos decir que Alemania aplica el criterio No.1, Dinamarca el No. 2 estableciendo límites de concentración para los componentes peligrosos, a diferencia de Irlanda que no aplica ningún límite de concentración; mientras que Bélgica y Francia utilizan el No. 3, e Inglaterra el No. 4.

Países como E.U.A., México y Brasil, emplean una mezcla de criterios interactuando entre sí, que incluyen los siguientes: por fuente generadora, por tipo de residuos y por características relativas a sus propiedades. En este sentido, la Comunidad Europea aplica el criterio No. 3, indicando además los límites de concentración permisibles, para los componentes considerados peligrosos. A continuación se describen algunas criterios de protección ambiental [43,44,45].

## Estados Unidos

Los criterios establecidos por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (USEPA), para definir la peligrosidad de un residuo, incluyen los siguientes criterios

1. La toxicidad crónica es equivalente a la toxicidad oral+D50 en ratas, menor de 2 mg/l, o toxicidad dérmica +D50 en conejos de menos de 200 mg. Se ha podido comprobar, mediante estudios específicos, que residuos con esas características son fatales en bajas dosis para el ser humano. Estos residuos de designan como residuos de peligro agudo.
2. Que los residuos tengan uno de los componentes listados como altamente peligrosos, a menos que la EPA concluya que el residuo no supone un peligro para la salud humana o el medio ambiente cuando sea transportado, almacenado, tratado o eliminado inapropiadamente a causa de:
  - La concentración del componente en el residuo;
  - La naturaleza de la toxicidad presentada por el componente;
  - La persistencia del componente o de cualquier producto tóxico de degradación;
  - El grado en el que los componentes o cualquier producto de degradación de los mismos, se bioacumulen en los ecosistemas
  - Las cantidades de residuos generados en los puntos individuales de generación, o en ámbito regional o nacional.
3. Que los residuos, presenten alguna de las siguientes características de peligrosidad:

**a) Inflamabilidad.** Un residuo se considera inflamable si:

- Es un líquido y tiene un punto de inflamación menor de 60 °C;
- No es un líquido, y en condiciones normales de presión y temperatura es susceptible de arder por fricción, absorción de humedad, o cambios químicos espontáneos y, cuando se inflama, arde tan vigorosa y persistentemente;
- Es un gas comprimido inflamable;
- Es un fuerte oxidante.

**b) Corrosividad.** Un residuo presenta características de corrosividad si:

- Es acuoso y tiene un pH igual o menor a 2, o igual o mayor a 12.5;
- Es un líquido y corroe al acero, a una razón mayor de 6.35 mm/año.

**c) Reactividad.** Un residuo muestra características que lo hacen reactivo si:

- Es normalmente inestable y experimenta fácilmente cambios violentos sin detonación;
- Reacciona violentamente con el agua;
- Forma una mezcla potencialmente explosiva con el agua;
- Cuando se mezcla con agua genera gases tóxicos, vapores, o humos en cantidad suficiente para ser un peligro
- Es un residuo que contiene cianuros y sulfuros y que cuando está en medios con pH comprendido entre 2 y 12.5, puede generar gases tóxicos, vapores o humos;
- Es susceptible de detonación o reacción explosiva si se le somete a una fuente energética de ignición o si es calentado bajo confinamiento o en condiciones normales de presión y temperatura;
- Es un explosivo prohibido.
- Cualquier residuo sólido, que exhiba características de reactividad establecidas por la USEPA.

**d) Toxicidad EP.** El procedimiento de extracción (EP) es una prueba especificada por la USEPA, en la cual se extrae una muestra líquida de residuos con agua desionizada, ajustada a un pH 5 por agitación durante 24 horas, a una temperatura 20° a 40 °C. El líquido se separa entonces para el análisis y si alguno de los contaminantes en la muestra tiene una concentración superior a los permisibles, el residuo es peligroso. El propósito de esta prueba, es simular las condiciones en que se encuentra un residuo en un sitio de disposición final de valores residuos de municipales [38,39,40].

## **Brasil**

En el Brasil se define como peligrosidad de un residuo a la característica que por sus propiedades físicas, químicas o infectocontagiosas, puede generar los siguientes riesgos potenciales:

- Riesgo a la salud pública, acentuando en forma significativa, un aumento de la mortalidad o incidencia de enfermedades.
- Riesgo al medio ambiente, cuando un residuo es manejado en forma inadecuada.



Por otro lado, la regulación ambiental brasileña, establece la siguiente clasificación para los residuos:

- **Residuos Clase I (Peligrosos).**- Los residuos o la mezcla de ellos que por sus características de inflamabilidad, corrosividad, reactividad, toxicidad y patogenicidad, pueden generar los riesgos potenciales antes mencionados.
- **Residuos Clase II (No-Inertes).**- Son aquellos que no se encuadran dentro de las definiciones para los residuos tipo clase-I y clase-III. Estos residuos, pueden presentar propiedades tales como: combustibilidad, biodegradabilidad y solubilidad en agua.
- **Residuos Clase III (Inertes).**- Son aquellos que en contacto estático o dinámico con agua destilada o deionizada, a temperatura ambiente, ninguno de sus constituyentes se solubilizan en concentraciones superiores a los estándares del agua potable, exceptuando solamente los estándares de aspecto, como: color, turbidez y sabor. Como ejemplo de estos residuos podemos citar a las llantas, plásticos, escorias y ciertos lodos muy estables.

## **España**

En España la ley sobre desechos y residuos sólidos urbanos, considera dentro de su ámbito de aplicación a los residuos industriales; cuando éstos presentan características de peligro o toxicidad, se exige al productor o poseedor de los mismos que, previamente a su recolección, realice un tratamiento para eliminar o reducir en lo posible estas características, o bien, que los deposite en forma o lugar adecuados.

## **Reino Unido**

En el Reino Unido, el término de peligrosidad no se encuentra definido dentro del marco regulatorio ambiental. Se maneja el concepto residuo controlado, para considerar a los residuos generados en casas-habitación, restaurantes, hospitales, comercios, escuelas y servicios en general. Ciertos residuos tales como los radioactivos, residuales de explosivos, residuos provenientes de minas y del beneficio de los minerales, así como los agroquímicos, están sujetos a otro tipo de regulaciones. Por otro lado, se consideran como residuos especiales, todos aquellos residuos controlados que puedan resultar peligrosos al ambiente o a la salud o bien difíciles de tratar o disponer. Además deben contener una o más de las 31 sustancias químicas consideradas como riesgosas.

## **Alemania**

En Alemania la Ley General de los Residuos, establece la obligación de reciclar y disminuir la cantidad de los residuos, antes de disponerlos. Esta Ley establece la definición de los residuos como "Cosas u objetos inmóviles" (concepto subjetivo) y "Objetos inmóviles cuya disposición final demanda el cuidado del bienestar general" (concepto objetivo). El término residuo peligroso no está considerado dentro de la legislación alemana. Este término únicamente se utiliza para evitar que este tipo de residuos se mezclen con los residuos municipales. En la ley se utiliza para identificar a estos residuos, que requieren un control especial. Los residuos peligrosos que no tienen posibilidad de reutilizarse, deben disponerse de acuerdo a lo establecido en una guía técnica, la cual propone métodos que utilizan tecnología de punta. La guía técnica, incluye un catálogo de residuos peligrosos y el método de tratamiento o disposición final recomendado para cada uno de ellos [43,44,45,46].

# ANEXO IV

Tipos de propaganda que emite AMIFAC.

## EL TRIPLE LAVADO

La manera más eficiente de limpiar sus envases vacíos antes de eliminarlos

### LAVE Y GANE

UN ENVASE LAVADO TRES VECES REDUCE EL RIESGO DE CONTAMINACION HUMANA, ANIMAL Y AMBIENTAL, ADEMÁS PERMITE OCUPAR HASTA LA ÚLTIMA GOTA DEL PRODUCTO.



1  
AGREGUE AGUA HASTA 1/4 DE LA CAPACIDAD DEL ENVASE.



2  
CIERRE EL ENVASE; AGITE DURANTE 30 SEGUNDOS.



3  
VIERTA EL AGUA DEL ENVASE EN EL EQUIPO PULVERIZADOR.

**REALICE ESTE PROCEDIMIENTO 3 VECES**



PERFORE EL ENVASE PARA EVITAR SU REUTILIZACION.

Tenga presente que el triple lavado debe efectuarse en envases plásticos, metálicos o de otro tipo de material. El paso final es la destrucción del envase perforándolo para evitar su reutilización. Tenga la precaución de no dañar la etiqueta al realizar esta operación.


**RECUERDE UTILIZAR SIEMPRE LOS ELEMENTOS DE PROTECCION ADECUADOS.**



**AFIPA A.G.**  
ASOCIACION NACIONAL DE  
FABRICANTES E IMPORTADORES  
DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS  
AGRICOLAS A. G.  
FELIX DE AMESTI 124 OF. 22  
FONO: 2066792 - 2067725  
SANTIAGO

El programa campo limpio despliega estos carteles, distribuidos principalmente en zonas rurales, en el cual se indica el uso del triple lavado y la perforación de los envases vacíos que contuvieron plaguicidas.

**PROGRAMA CAMPO LIMPIO**  
**Manejo de Envases vacíos**



**Conozca** la manera más eficiente de limpiar sus envases vacíos antes de eliminarlos.

**1** Vacíe el envase en el tanque pulverizador.  
Mantenga en posición de descarga 30 segundos hasta agotar su contenido.  
Agregue agua al envase hasta 1/4 de su capacidad.



**2** Cierre el envase y agite 30 segundos.




**3** Vierta el agua del envase en el equipo pulverizador.  
Mantenga el envase en posición de descarga durante 30 segundos.



**REALICE ESTE PROCEDIMIENTO**  
**3** veces

Utilice siempre elementos de protección personal.

**No olvide** perforar el envase, para evitar su reutilización.



**AFIPA** A.G.

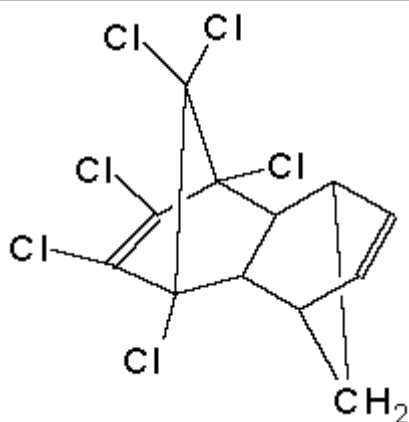
Plan de Acción 124 - Módulo 02 - Los Cielos - Fono: 2007907 - 2007720 - Fax: 2018200

# ANEXO V

## ALDRIN

### PROPIEDADES QUÍMICAS

---



**Nombre químico:** 1,2,3,4,10,10-Hexachloro-1,4,4a,5,8,8a-hexahydro-1,4:5,8-dimethanonaphthaleno.

**Sinonimos y nombres comerciales** (algunos): Aldrec, Aldrex, Aldrex 30, Aldrite, Aldrosol, Alttox, Compound 118, Drinox, Octaleno, Seedrin.

**Formula molecular:** C<sub>12</sub>H<sub>8</sub>Cl<sub>6</sub>

**Peso formula:** 364.92

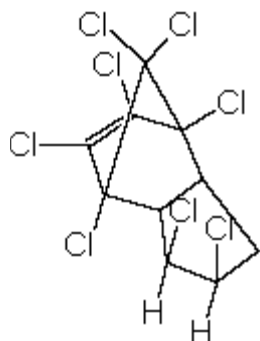
**Apariencia:** blanco, cristalino, sin olor cuando es puro.

**Propiedades:** punto de fusion: 104 C(puro), 49-60 C(tecnic); punto de ebullicion: 145 C at 2 mm Hg; KH: 4.96 x 10<sup>-4</sup> atm m<sup>3</sup>/mol at 25 C; log KOC: 2.61, 4.69; log KOW: 5.17-7.4; solubilidad en agua: 17-180 µg/L at 25 C; presión de vapor: 2.31 x 10<sup>-5</sup> mm Hg at 20 C.

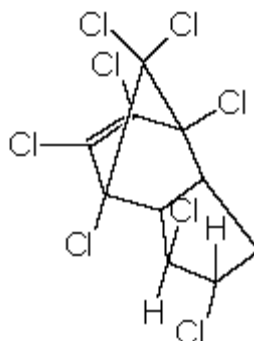
El aldrin es un plaguicida usado para controlar insectos tales como las termitas, los gusanos que devoran las raíces de las milpas, plagas que afecta a los sembradíos de arroz, saltamontes etc. Este tipo de plaguicida ha sido utilizado ampliamente para proteger los sembradíos de maíz, papa, y algodón este ultimo de las termitas.

## CLORDANO

### PROPIEDADES QUÍMICAS



Cis



Trans

**Nombre químico:** 1,2,4,5,6,7,8,8-octachloro-2,3,3a,4,7,7a-hexahidro-4,7-metano-1H-indeno

**Nombres comerciales:** (lista parcial): Aspon, Belt, Chlориandin, Chlorkil, Chlordano, Corodan, Cortilan-neu, Dowchlor, HCS 3260, Kypchloro, M140, Niran, Octachloro, Octaterr, Ortho-Klor, Synklor, Tat chlor 4, Topichlor, Toxichlor, Veliscol-1068.

**Formula Molecular:** C<sub>10</sub>H<sub>6</sub>Cl<sub>8</sub>;

**Peso formula:** 409.78

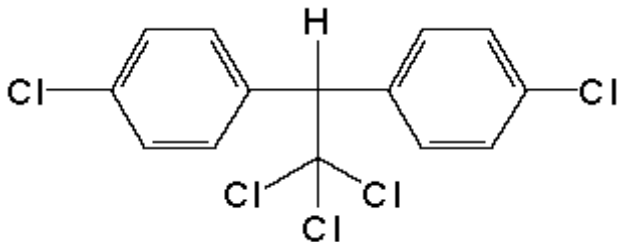
**Apariencia:** sin color hasta Amarillo-marrón, líquido viscoso con un aroma parecido al cloro

**propiedades:** punto de fusion: <25 C; punto de ebullición: 165 C at 2 mm Hg; KH: 4.8 x 10<sup>-5</sup> atm m<sup>3</sup>/mol at 25 C; log KOC: 4.58-5.57; log KOW: 6.00; solubilidad en agua : 56 ppb at 25 C; presión de vapor: 10<sup>-6</sup> mm Hg at 20 C.

El clordano es un plaguicida de contacto que ha sido usado en la agricultura, tal como sorgo, maíz, vegetales y otras semillas oleaginosas, así como sembradíos de papas, azúcar de caña etc. El clordano es altamente insoluble en agua y soluble en solventes orgánicos, es semi-volatil y puede ser esparcido sin problemas de en el medio que se desee aplicar.

## DDT

### PROPIEDADES QUÍMICAS



**Nombre químico:** 1,1'-(2,2,2-Trichloroethylideno)bis(4-chlorobenzeno)

**Sinonimos y nombres comerciales**(lista parcial): Agritan, Anofex, Arkotino, Azotox, Bosan Supra, Bovidermol, Chlorophenothan, Cloropenotano, Cloropenotoxum, Citox, Clofenotane, Dedelo, Deoval, Detox, Detoxan, Dibovan, Dicophane, Didigam, Didimac, Dodat, Dykol, Estonate, Genitox, Gesafid, Gesapon, Gesarex, Gesarol, Guesapon, Gyron, Haver-extra, Ivotan, Ixodex, Kopsol, Mutoxin, Neocid, Parachlorocidum, Pentachlorin, Pentech, PPzeidan, Rudseam, Santobane, Zeidane, Zerdane.

**formula Molecular:** C<sub>14</sub>H<sub>9</sub>Cl<sub>5</sub>; formula weight: 354.49.

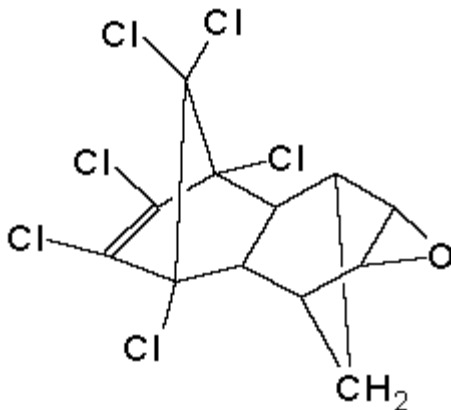
**Apariencia :** sin olor a ligera fragancia color cristalino, polvo blanco.

**Properties:** punto de función: 108.5 C; punto de ebullición: 185 C a 0.05 mm Hg (se descompone); KH: 1.29 x 10<sup>-5</sup> atm·m<sup>3</sup>/mol at 23 C; log KOC: 5.146-6.26; log KOW: 4.89-6.914; solubilidad en agua: 1.2-5.5 µg/L at 25 C.

El plaguicida DDT fue ampliamente usado durante la segunda guerra mundial para proteger a las tropas y a la población de la expansión de la malaria, tifo y otros vectores de enfermedades. Después de la segunda guerra fue ampliamente usado en una variedad cultivos así como para el control de vectores de enfermedades, el DDT es altamente insoluble en la mayoría de los solventes orgánicos

## DIELDRIN

### PROPIEDADES QUIMICAS



**Nombre químico:** 3,4,5,6,9,9-Hexachloro-1a,2,2a,3,6,6a,7,7a-octahydro-2,7:3,6-dimetanonapt [2,3-*b*]oxireno.

**Sinonimos y nombre comerciales** (lista parcial): Alvit, Dieldrite, Dieldrix, Iloxol, Panoram D-31, Quintox.

**Formula molecular:** C<sub>12</sub>H<sub>8</sub>Cl<sub>6</sub>O

**Peso formula:** 380.91.

**Apariencia:** un stereo-isomero del endrin, dieldrin puede estar presente como cristal, prácticamente sin olor.

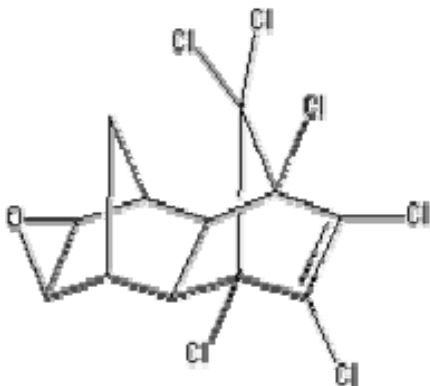
**Propiedades:** punto de fusion: 175-176 C; punto de ebullición : descompisicion; KH:  $5.8 \times 10^{-5}$  atm·m<sup>3</sup>/mol at 25 C; log KOC: 4.08-4.55; log KOW: 3.692-6.2; solubilidad en agua: 140 µg/L at 20 C; presion de vapor:  $1.78 \times 10^{-7}$  mm Hg at 20 C.

El dieldrin ha sido usado en la agricultura para el control de insectos y una gran variedad de vectores de insectos transmisores de enfermedades.



## ENDRIN

### PROPIEDADES QUÍMICAS



**Nombre químico:** 3,4,5,6,9,9,-Hexachloro-1a,2,2a,3,6,6a,7,7a-octahydro-2,7:3,6-dimethanonaphth[2,3-b]oxireno.

**Sinonimos y nombres comerciales** (lista parcial): Endrex, Hexadrin, Isodrin Epoxido, Mendrin, Nendrin.

**formula Molecular:** C<sub>12</sub>H<sub>8</sub>Cl<sub>6</sub>O

**formula molecular:** 380.92.

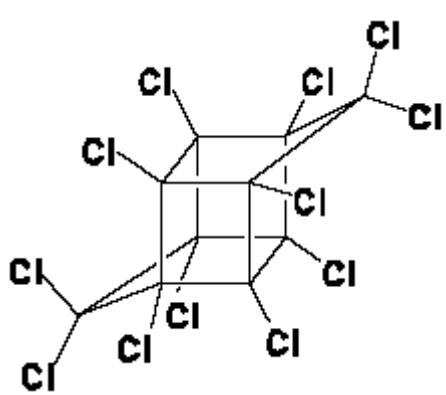
**apariencia:** color blanco, sin olor, solido cristalino cuando es puro

**propiedades:** punto de fusion: 200 C; punto de ebullicion: 245 C (se descompone); KH:  $5.0 \times 10^{-7}$  atm·m<sup>3</sup>/molecular; log KOW: 3.209-5.339; solubilidad en agua: 220-260 µg/L at 25 C; presión de vapor:  $7 \times 10^{-7}$  mm Hg at 25 C.

El Endrin es un insecticida , usado principalmente en sembradíos de maíz, algodón y diferentes granos, en algunas ocasiones se ha utilizado como roenticida para controlar ratones, se metaboliza rápidamente en los animales y no se acumula en el tejido adiposo.

## MIREX

### CHEMICAL PROPERTIES



**Nombre químico:** 1,1a,2,2,3,3a,4,5,5a,5b,6-dodecachloroacta-hydro-1,3,4-meteno-1H-cyclobuta[cd]pentaleno

**Sinonimos y nombres comerciales** (lista parcial): Declorano, Ferriamicide, GC 1283

**Formula molecular:** C<sub>10</sub>Cl<sub>12</sub>

**Peso formula:** 545.5

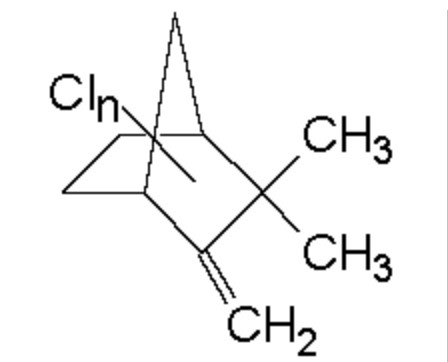
**Apariencia:** blanco cristalino, sólido inodoro;

**propiedades:** punto de fusión: 485 C; presión de vapor: 3 x 10<sup>-7</sup> mm Hg at 25 C.

Mirex es conocido como un plaguicida estomacal, ya que con un pequeño contacto empieza su actividad, este se usa principalmente en contra de hormigas en el sureste de los estados unidos. El Mirex es muy resistente a la descomposición, es muy insoluble en agua y ha demostrado bioacumulacion, y se encuentra presente en sedimentos acuáticos.

## TOXAFENO

### PROPIEDADES QUÍMICAS



**Nombre químico:** Toxafeno

**Sinonimos y nombres comerciales:** (lista parcial): Alltex, Alltox, Attac 4-2, Attac 4-4, Attac 6, Attac 6-3, Attac 8, Camphechlor, Camphochlor, Camphoclor, Chemphene M5055, chlorinated camphene, Chloro-camphene, Clor chem T-590, Compound 3956, Huilex, Kamfochlor, Melipax, Motox, Octachlorocamphene, Penfeno, fenacido, Phenatox, Phenphane, Policlorocamefeno, Strobane-T, Strobane T-90, Texadust, Toxakil, Toxon 63, Toxyphen, Vertac 90%.

**Formula molecular:** C<sub>10</sub>H<sub>10</sub>Cl<sub>8</sub>

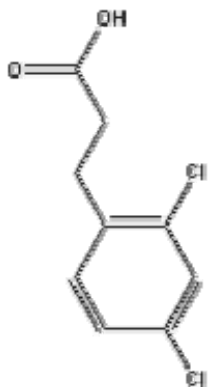
**Peso formula:** 413.82

**Apariencia:** color amarillo, masa sólida con un ligero olor a cloro.

**propiedades:** punto de fusión: 65-90 C; punto de ebullición: >120 C; KH: 6.3 x 10<sup>-2</sup> atm·m<sup>3</sup>/molecular; log KOC: 3.18 (calculado); log KOW: 3.23-5.50; solubilidad en agua: 550 µg/L at 20 C; presión de vapor: 0.2-0.4 mm Hg at 25 C.

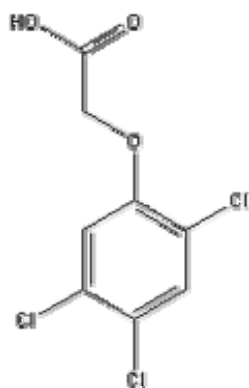
El toxafeno es un plaguicida de contacto que fue usado primeramente en el algodón, cereales, frutas y vegetales, además ha sido usado para controlar termitas, el toxafeno es altamente insoluble en agua y posee una vida media mayor a 12 años.

## 2,4-D



Nombre químico: ácido 2,4-diclorofenoxiacético.

## 2,4,5-T



Nombre químico: ácido 2,4,5-triclorofenoxiacético

# GLOSARIO

**Abiótico.-** Sustancia o proceso que no tiene vida

**Adsorción.-** La entrada de una sustancia a través de la piel, los órganos respiratorios, la boca, el estómago o los intestinos hacia el torrente sanguíneo

**Acaricidas.-** Plaguicidas usados para controlar ácaros

**Acción retardada.-** Respuesta a una sustancia xenobiótica que no aparece sino hasta después de transcurrido un lapso de tiempo, a partir de la exposición a dicha sustancia.

**Acción selectiva.-** La capacidad de un agente tóxico para actuar específicamente en tipos individuales de células, tejidos, órganos u organismos.

**Acción sistemática.-** La que ocurre en un sitio remoto al del primer contacto del agente tóxico con el organismo, debido a la capacidad de desplazamiento de éste dentro del organismo.

**Acumulación.-** Fijación de una sustancia xenobiótica en ciertos tejidos de un organismo, debida tanto a las características fisicoquímicas de la sustancia, como a la naturaleza de los tejidos.

**Agente tóxico corrosivo.-** Agente patógeno que contiene un ácido o base potente que puede quemar gravemente la piel, boca, estómago etc.

**Agentes agroquímicos.-** Sustancia de uso agrícola tales como fertilizantes, abonos, acondicionadores, fungicidas, insecticidas, herbicidas y otras sustancias usadas para mejorar la productividad y la calidad de los cultivos.

**Agregado para semillas.-** Polvo coloreado que contiene al plaguicida y que está diseñado especialmente para adherirse bien a la semilla.

**Alguicidas.-** Plaguicidas que se usan para erradicar algas y otras hierbas en depósitos de agua.

**Ambiente.-** La suma de todas las condiciones e influencias que afectan el desarrollo y la vida de los organismos.

**Antídoto.-** Agente capaz de reducir el efecto dañino de una intoxicación.

**Arboricidas.-** Plaguicidas que se usan para erradicar árboles y arbustos.

**Atrayentes.-** Compuestos químicos que se usan para atraer insectos con el propósito de eliminarlos o esterilizarlos para prevenir su propagación.

**Bactericidas.**- Agentes que destruyen bacterias

**Bioacumulación.**- Proceso por el cual la cantidad de una sustancia en un organismo vivo ( o en partes de él ) aumenta con el tiempo.

**Biocida.**- Cualquier agente que mata organismos.

**Bioconcentración.**- Proceso que conduce a una concentración más alta de una sustancia en el organismo con relación a su ambiente.

**Biodegradación.**- Procesos de descomposición de una sustancia en el ambiente físico a través de sistemas biológicos.

**Biótico.**- Que tiene vida.

**Biotransformación.**- Proceso en el cual un organismo vivo modifica una sustancia química

**Cadena alimenticia.**- La secuencia de transferencia de materia y energía en forma de alimento de organismo a organismo en niveles tróficos ascendentes o descendentes.

**Carcinogenicidad.**- La propiedad de producir cáncer en animales o en el hombre.

**Carcinógeno.**- Agente, químico, físico o biológico que puede actuar sobre un tejido viviente de tal manera como para causar una malignidad.

**Coficiente de acumulación.**- La razón entre la dosis total que causa un efecto definitivo ( a menudo letal en el 50% de los animales experimentales.

**Concentración letal mínima (CL<sub>min</sub>).**- La menor concentración de agente toxico en un medio ambiente que mata a especies individuales de animales de prueba.

**Concentración umbral.**- La máxima concentración a la cual no cambian las propiedades organoelécticas del agua.

**Concentrado** .- Formulación de insecticida con alta concentración del material activo, elaborado para ser diluido antes de su uso.

**Contaminante natural del ambiente.**- Agente ambiental que, por su presencia natural en el medio en concentraciones peligrosas, se constituye en un factor nocivo para los seres vivos.

**Control integrado de plagas.**- Sistema para combatir las plagas que en el contexto del ambiente asociado y la dinámica de la población de especies de

plagas, utiliza todas las técnicas y métodos adecuados de la forma más compatible.

**Curva de dosis-efecto** .- Refleja la relación que existe entre la dosis y un efecto observado.

**Defoliantes** .- Plaguicidas que se usan para quitar las hojas antes de la cosecha.

**Deposición** .- Especifico para agentes tóxicos del aire.

**Desecho** .- Denominación genérica de cualquier tipo de productos residuales, restos, residuos o basuras, procedentes de industrias, comercios u hogares.

**Desechos peligrosos**.- Los desechos que por sus características tóxicas, explosivas, corrosivas o de otro tipo, constituyen un peligro para la salud o el ambiente.

**DL<sub>50</sub> Dosis letal**.- Concentración del plaguicida que provoca la muerte de la mitad de los organismos de prueba durante un periodo especificado de prueba.

**Dosis umbral**.- La dosis que tiene que excederse para reproducir una respuesta tóxica.

**Ecotoxicología**.- Concierno a los efectos tóxicos de los agentes químicos y físicos en organismos vivos.

**Efecto a largo plazo**.- Efecto que persiste después de que ha terminado la exposición.

**Efecto adverso sobre la salud**.- El inicio, progreso, facilidad y/o exacerbación de una anormalidad estructural o funcional.

**Efecto residual**.- El efecto que producen pequeñas cantidades de una sustancia aplicada a cultivos, que permanecen en una superficie que ha sido rociada.

**Endémico**.- Que se presenta en una comunidad o entre un grupo de personas, o una enfermedad que prevalece continuamente en una región.

**Estimación de la exposición**.- La estimación de la cantidad y duración del contacto entre una sustancia y un individuo o una población.

**Evaluación de dosis efecto**.- Comprende la descripción de la relación cuantitativa entre la cantidad de la exposición a una sustancia química y el alcance del daño tóxico o enfermedad.

**Fertilizantes**.- Sustancias que se aplican a la tierra para mejorar la nutrición de las raíces de las plantas, con el objeto de aumentar las cosechas.

**Formulación** .- La combinación de varios ingredientes, para hacer que el producto sea útil y eficaz para la finalidad que se pretende, es decir, la forma del plaguicida que compran los usuarios.

**Formulación líquida**.- Plaguicida líquido concentrado que puede usarse sin diluir o diluido solamente con agua o con algún disolvente orgánico.

**Fuente de contaminación**.- Corresponde a un foco natural o artificial, a partir del cual se generan y se emiten agentes contaminantes hacia el ambiente.

**Fumigación**.- Desinfestación que se realiza mediante el uso de vapores o gases tóxicos.

**Fumigante**.- Formulación que contiene o emite un gas, o un plaguicida volátil, que se usa de tal manera que la fase vapor afecte a la plaga.

**Funguicida**.- Cualquier sustancia o mezcla de sustancias utilizadas para eliminar hongos.

**Gametocidas**.- Plaguicidas que causan esterilidad en las hierbas.

**Garrapaticidas**.- Plaguicidas para eliminar garrapatas (ácaros) a diferencia de los insectos. Se le refiere también a veces como acaricid.

**Grupo control**.- Grupo de personas observadas en ausencia de exposición al agente para comparación con los grupos expuestos.

**Hábitat**.- Aquella parte del medio ambiente en la cual se establecen los intercambios inmediatos entre el hombre y los recursos que le son esenciales para cumplir con sus funciones vitales.

**Herbicida**.- Cualquier sustancia o mezcla de sustancias que se use para eliminar plantas indeseables.

**Humo (de plaguicidas)**.- Píldora, polvo o pasta de plaguicida y que al quemarse genera un humo insecticida.

**Impacto ambiental**.- Hay un impacto ambiental cuando una acción o actividad produce una alteración o en algunas de los componentes del medio.

**Incidencia**.- El numero de veces que comienza una enfermedad, o de personas que se enferman, durante un periodo dado una población específica.



**Indicadores biológicos.**- Expresan los niveles o los efectos alcanzados por las sustancias o sus metabolitos en el organismo. Sirven para establecer límites máximos o tolerables, o para señalar signos de alteraciones fisiológicas precisas.

**Indicadores biológicos de dosis interna.**- Determinan concentraciones de la sustancia o de sus metabolitos en algún fluido o tejido del organismo.

**Indicadores biológicos de efecto.**- Determinan algunas alteraciones enzimáticas o modificaciones fisiológicas precisas.

**Índice de toxicidad potencial por inhalación.**- La razón entre la concentración saturada de vapores de sustancias tóxicas en el aire a 20°C y su  $Cl_{50}$  para ratones (2 horas de exposición y 2 semanas de observación).

**Ingrediente activo.**- La parte biológicamente activa del plaguicida presente en una formulación.

**Insecticidas.**- Plaguicidas que se usan para controlar insectos dañinos.

**Interacción de agentes químicos.**- término utilizado en todos los casos en que una sustancia altera el efecto de otra. La interacción puede ocurrir antes de la absorción, es decir, en la fase de la exposición, en la fase de distribución del agente tóxico o en la fase toxico-dinámica es decir cuando se producen los efectos.

**Intoxicación.**- Efecto adverso debido al ingreso de, o a la exposición a una sustancia.

**Intoxicación aguda.**- Resultado de una exposición única o a corto plazo, habitualmente manifestada clínicamente.

**Inversión térmica.**- Distribución vertical de la temperatura de modo que esta aumenta con la altura.

**Irritación.**- Reacción primaria de piel o mucosas después de la exposición a una sustancia.

**Larvicidas.**- Plaguicida que se usa para erradicar larvas y orugas de insectos dañinos.

**Legislación sobre plaguicidas.**- cualquier ley o reglamento para regular la fabricación, comercialización, etiquetado, envasado y utilización de plaguicidas en sus aspectos cualitativo, cuantitativos y ambientales.

**Limacidas.**- plaguicidas que se usan para controlar diversos moluscos, incluyendo los gasterópodos.

**Límite de exposición.**- Término general que implica el nivel de exposición que no debería ser excedido.

**Manejo de plaguicidas.**- La tecnología que se ocupa del uso seguro, eficiente y económico de los plaguicidas, así como el manejo de estos desde el momento de su fabricación hasta el de su uso final y disposición.

**Marcadores biológicos.**- Medición de agentes químicos o sus metabolitos en materiales biológicos (sangre, orina, respiración) para estimar la exposición o, detectar alteraciones bioquímicas en el sujeto expuesto antes o durante el inicio de los efectos adversos para la salud.

**Metabolismo.**- La suma de las alteraciones físicas y químicas que tiene lugar en los organismos vivos.

**Micotoxinas.**- Metabolitos tóxicos producidos por diversas clases de hongos.

**Molusquicida.**- Plaguicida que se usa para eliminar moluscos, especialmente caracoles y babosas.

**Monitoreo ambiental.**- La recolección, el análisis y la evaluación sistemática de muestras ambientales, tales como el aire, el agua o alimentos, en busca de contaminantes.

**Morbilidad.**- Cualquier desviación, subjetiva u objetiva, de un estado de bienestar fisiológico o psicológico.

**Muestra.**- Uno o más individuos tomados de una población con la intención de obtener información sobre la misma y, posiblemente, para servir de base a decisiones en la población o al proceso para el cual ha sido producida.

**Mutación.**- Cualquier alteración hereditable en el material genético.

**Mutagenicidad.**- La propiedad de un agente físico, químico o biológico para inducir mutaciones en tejido vivo.

**Nefrotóxico.**- Que causa daño a los riñones.

**Nematocida.**- Cualquier sustancia o mezcla de sustancias que se use para eliminar nematodos que viven en la tierra, el agua, las plantas o partes de estas.

**Nivel trófico.**- la cantidad de energía, en términos de alimento, que necesita un organismo.

**Norma de calidad ambiental.**- requisitos que definen la calidad óptima de algún componente ambiental, estas normas a menudo establecen concentraciones máximas que no deberían excederse salvo en circunstancias excepcionales.

**Oncogenicidad.-** La propiedad de producir tumores (no necesariamente cancerosos) en los animales o en el hombre.

**Órgano blanco.-** Sitio donde un toxico ejerce su acción, dañándolo o alterando su función.

**Ovicidas.-** Plaguicidas que se usan para erradicar huevos de insectos, ácaros etc.

**Pellets.-** Preparación de plaguicidas en las cuales el ingrediente activo esta uniformemente distribuido en toda la masa de partículas sólidas homogéneas.

**Persistencia.-** El atributo de una sustancia que describe la extensión de tiempo en que la sustancia permanece en un ambiente particular, antes de ser removida físicamente o transformada químicamente.

**Piretrinas.-** Plaguicidas naturales que se obtienen de una especie de crisantemo llamado Piretro. Se caracterizan por tener un anillo de tres átomos de carbono.

**Piretriodes.-** Plaguicidas sintéticos en los que originalmente se trato de imitar la estructura química de las piretrinas.

**Pisicida.-** Plaguicida que se usa para eliminar peces.

**Plaga.-** Población de organismos que al crecer en forma descontrolada, causan daños económicos o transmiten enfermedades a las plantas, los animales o en el hombre.

**Plaguicida.-** Término utilizado colectivamente para designar sustancias de origen químico o biológico que se emplean para proteger a las plantas de las plagas, enfermedades y hierbas.

**Plaguicida acumulativo.-** Sustancia que tiende a acumularse en los tejidos de animales y del hombre o en el ambiente (tierra, agua).

**Plaguicidas de contacto.-** Insecticidas o herbicidas que mata cuando entra en contacto directo con el insecto o la ,hierba blanco, respectivamente.

**Plaguicida microbiano.-** Plaguicida cuyo constituyente activo es un microorganismo (bacterias, virus u otros animales, o plantas pequeñas).

**Plaguicida prohibido.-** Plaguicidas cuyos usos registrados han sido totalmente prohibidos por una decisión firme del gobierno relativa al registro.

**Plaguicida selectivo.-** Plaguicida que puede usarse para controlar algunas especies, pero que no daña a otras biológicamente relacionadas.

**Plaguicidas carbámicos.**- ésteres carbámicos N-metilados y N,N-dimetilados de numerosos enoles y fenoles heterocíclicos.

**Plaguicidas organoclorados.**- Los organo clorados son insecticidas que contienen carbón ( de ahí el nombre de órgano), cloro e hidrógeno.

**Plaguicidas organofosforados.**- Compuestos derivados del ácido fosfórico. Tienen acción insecticida.

**Raticidas.**- Venenos que se utilizan para eliminar ratas.

**Red alimenticia.**- Series interconectadas de cadenas alimenticias.

**Relación dosis- efecto.**- La relación entre dosis y gravedad y gravedad (cuantitativa) promedio de un efecto en la salud, especifica cualitativamente en un grupo.

**Residuo de plaguicida.**- Cualquier sustancia especificada presente en alimentos, productos agrícolas o alimentos para animales como consecuencia del uso de un plaguicida, el termino incluye cualquier derivado de un plaguicida, como productos de conversión, metabolitos y productos de reacción, y las impurezas consideradas de importancia toxicológica.

**Selectividad.**- Respuesta diferencial mostrada hacia los plaguicidas por distintas especies o diferentes etapas del desarrollo de una especie.

**Sustancia extraña o xenobiotica.**- Aquella que no es utilizable en los ciclos generadores de energía ni en las reacciones de síntesis de los seres vivos y que sin embargo puede ser objeto de transformaciones por parte de los mecanismos metabólicos de estos.

**Teratogénico.**- Capaz de producir defectos congénitos y/o malformaciones durante el periodo prenatal.

**Toxina.**- Sustancia orgánica más o menos compleja y altamente toxica producida por un organismo vivo.

**Xenobiótico.**- Producto sintético obtenido por medio de un proceso químico.

<b>Nomenclatura utilizada</b>	
<b>AMIFAC.</b>	ASOCIACION MEXICANA DE LA INDUSTRIA FITOSANITARIA AC
<b>FAO.</b>	ORGANIZACIÓN DELAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACION
<b>LACPA.</b>	LATIN AMERICAN CROP PROTECTION ASSOCIATION
<b>OMS.</b>	ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD
<b>REMEXMAR.</b>	RED MEXICANA DE MANEJO AMBIENTAL DE RESIDUOS
<b>REPAMAR.</b>	RED PANAMERICANANA DE MANEJO AMBIENTAL DE RESIDUOS
<b>INE.</b>	INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGIA
<b>EPA.</b>	AGENCIA DE PROTECCIÓN AMBIENTAL
<b>CICLOPLAFEST</b>	COMISION INTERSECRETARIAL PARA EL CONTROL DEL PROCESO Y USOA DE PLAGUICIDAS, FERTILIZANTES Y SUSTANCIAS TOXICAS
<b>LGEEPA</b>	LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE
<b>SSA</b>	SECRETARIA DE SALUD
<b>CONAMA</b>	COMISION NACIONAL DE MEDIO AMBIENTE
<b>CRETIB</b>	CORROSIVAS, REACTIVAS, EXPLOSIVAS, TOXICO, INFLAMABLE O BIOLÓGICO-INFECCIOSAS
<b>TCLP</b>	TOXICITY CHARACTERISTICS LEACHING PROCEDURE
<b>SEMARNAT</b>	SECRETARIA DEL MEDIO AMBIENTE, RECURSOS NATURALES
<b>DGMRAR</b>	DIRECCIÓN GENERAL DE MATERIALES, RESIDUOS Y ACTIVIDADES RIESGOSAS