



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

CONTAMINACION DE SUELOS POR EL USO DE PLAGUICIDAS

300350

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE: INGENIERO AGRICOLA PRESENTA: HECTOR RODRIGO MENESES MEZA

ASESORA: O. LAURA BERTHA REYES SANCHEZ



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS.



DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLÁN
PRESENTE

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos la TESIS:

"Contaminación de Suelos por el Uso de Plaguicidas".

que presenta el pasante: Héctor Rodrigo Meneses Meza
con número de cuenta: 7921272-2 para obtener el título de :
Ingeniero Agrícola

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcallí, Méx. a 9 de octubre de 2001

PRESIDENTE	<u>Q. Laura Bertha Reyes Sánchez</u>	
VOCAL	<u>I.Q. Graciela Delgadillo García</u>	
SECRETARIO	<u>Biol. Armando Luco Sotelo</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>Ing. Guillermo Basante Butrón</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>Ing. Raúl Espinosa Sánchez</u>	

La presente Tesis se la dedico a:

Mi esposa e hijos; Elisa, Héctor Enrique y Diana Gabriela, por compartir conmigo su vida con amor, dedicación, alegría y tolerancia.

Mi madre; Ana María, por su cariño y sabios consejos durante mi formación personal y profesional, sin los cuales no hubiera podido culminar esta importante aspiración.

Mi hermana y sobrinos; María, Oscar, Dinorah y Christian, por su apoyo, comprensión y respaldo mutuo.

La Familia Meza, por acogerme en su seno y ayudarme siempre a salir adelante.

La Familia Hernández, por darme la fortaleza y el aliento necesarios para nunca claudicar.

La Familia González, de la cual también soy parte y a quienes agradezco su confianza y apoyo.

Y muy especialmente *in memoriam* de mi padre; Héctor Meneses, mis abuelos; Jesús Meza y María Montes y mi primo; Gabriel Meza, quienes estoy cierto se sentirían orgullosos de este hecho.

Deseo dejar constancia de mis más sinceros agradecimientos a:

La Universidad Nacional Autónoma de México, por darme la oportunidad de adquirir los conocimientos para llegar a ser Ingeniero Agrícola.

La Q. Laura Bertha Reyes Sánchez, por su paciencia y valiosos comentarios para la conclusión de la presente Tesis.

El M. en C. Edvino Josafat Vega por sus enseñanzas y desinteresado apoyo para la titulación de los egresados de la carrera.

La Biol. Delta Castillo Fernández, por sembrar la semilla de la permanente superación profesional.

Todos los compañeros de la 7^a Generación de Ingeniería Agrícola, con quienes compartí la maravillosa experiencia de cursar la carrera y entendí que debemos trabajar para nuestro campo mexicano con tesón, inteligencia y pasión.

A todos aquellos campesinos del país que nos facilitaron el llevar a cabo nuestras prácticas escolares, pues a ellos nos debemos y a su juicio inapelable nos atenemos.

- I. INTRODUCCIÓN**
- II. OBJETIVOS**
- III. USO DE PLAGUICIDAS EN LA AGRICULTURA**
 - 3.1. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN
 - 3.2. ORIGEN Y EVOLUCIÓN
 - 3.3. FORMULACIONES Y TOXICIDAD
 - 3.4. MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS
- IV. RELACIÓN PLAGUICIDA – SUELO**
 - 4.1. FACTORES QUE CONDICIONAN LA RELACIÓN
 - 4.2. CINÉTICA DE ADSORCIÓN Y DESADSORCIÓN DE LOS PLAGUICIDAS
 - 4.3. COMPORTAMIENTO Y DESTINO DE LOS PLAGUICIDAS
- V. RELACIÓN PLAGUICIDA – ORGANISMOS DEL SUELO**
- VI. MUESTREO DE SUELOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS**
- VII. MÉTODOS PROPUESTOS PARA LA RECUPERACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS**
- VIII. MARCO LEGAL MEXICANO SOBRE LOS PLAGUICIDAS**
- IX. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN**
- X. CONCLUSIONES**
- XI. LITERATURA CONSULTADA**
- XII. ANEXOS**

ÍNDICE DE CUADROS

No.	Pag.	Título
1	7	Industria de los plaguicidas dentro de la industria química.
2	9	Exportación-Importación de plaguicidas agrícolas en México 1994-1999. (Miles de pesos)
3	13	Clasificación de los plaguicidas conforme a su peligrosidad.
4	22	Dispersión de gotas rociadas de diferentes tamaños.
5	28	Concentraciones calculadas en soluciones de suelo y porcentajes adsorbidos por un número de herbicidas en función del pH.
6	34	Persistencia de insecticidas organoclorados en el suelo.

ÍNDICE DE FIGURAS

No.	Pag.	Título
1	21	Los plaguicidas en el medio ambiente y algunos factores importantes en su destino.
2	24	Balace de equilibrio entre moléculas de plaguicida adsorbido y aquellas disueltas en la solución del suelo.
3	29	Procesos que influyen en el deterioro de los plaguicidas en el medio ambiente del suelo.
4	35	Procesos que influyen en el movimiento, persistencia y actividad de los plaguicidas en el suelo.

ÍNDICE DE ANEXOS

No.	Pag.	Título
1	76	Ventas de agroquímicos por empresas en 1998 y 1999. (millones de pesos)
2	77	Demanda de los plaguicidas en los principales cultivos.
3	78	Sistema único de Vigilancia Epidemiológica. Intoxicación por plaguicidas.
4	79	Muestreo de suelos en zig - zag.
5	80	Formato del historial del terreno muestreado.
6	81	Sustancias sujetas al procedimiento de información y consentimiento previo (PIC) y compuestos orgánicos persistentes (POC's).

I. INTRODUCCIÓN

Toda práctica agrícola conlleva a una inevitable modificación en mayor o menor grado del entorno natural donde se establece el área destinada a un cultivo, incluso estudiosos como Tivy (1992), señalan que un agroecosistema no puede existir y funcionar como una unidad aislada, auto sostenida y auto sustentable hoy en día, ya que los modelos empleados para la producción agrícola dependen no solo del medio ambiente físico y de las relaciones suelo-planta sino también de las consideraciones sociales, políticas y económicas que prevalezcan en la región.

De tal forma que en nuestro país, se presume que los recursos naturales se han deteriorado bastante en las últimas décadas, sin que tengamos un diagnóstico actualizado que permita dimensionar la magnitud del problema. Esto debido a que la dinámica evolutiva del desarrollo económico, no integró en su momento, los aspectos ambientales a las políticas del desarrollo rural y con ello, las acciones que previnieran el consecuente deterioro ecológico.

Cabe señalar que nuestra evolución económica ha estado relacionada con un crecimiento demográfico acelerado y desordenado, así como por un agotamiento en la expansión de la frontera agrícola, sin que se determinaran las condiciones requeridas para un aprovechamiento racional y ordenado de dichos recursos naturales.

Este virtual deterioro ecológico se presenta en diferentes intensidades y modalidades dada la diversidad de tecnologías, necesidades y adaptaciones para la producción agrícola a lo largo y ancho de nuestro país.

Sin embargo, derivado de la práctica agrícola se subrayan como los principales problemas que agobian al medio ambiente, los siguientes (FIRA, 1991).

- Sobreexplotación de acuíferos subterráneos
- Erosión eólica e hídrica de suelos
- Contaminación del suelo y aguas subterráneas por plaguicidas y sustancias residuales.
- Salinización del suelo
- Deforestación inmoderada
- Contaminación del suelo por aplicación excesiva de fertilizantes químicos (v.gr. nitrogenados).

El empleo de los plaguicidas tiene como objetivo principal controlar la proliferación de plagas y enfermedades en los cultivos y por ende reducir las pérdidas en su producción, así como contribuir al control de diversas enfermedades en el ser humano.

Por ello, la producción actual de alimentos difícilmente podrá mantenerse sin el uso de plaguicidas y la posibilidad de alimentar a la población mundial del siglo XXI sería remota con una agricultura desprovista de medios para luchar contra los insectos, malezas, ácaros, hongos, etc.

Aún con los medios actuales de lucha química, se calcula que la producción de alimentos agrícolas está disminuida en 1/3 por causa de las plagas, siendo mayor esta proporción de pérdida en los países subdesarrollados.

No obstante la importancia económica de estos productos químicos, es necesario destacar que su aplicación indiscriminada y sin control ocasiona daños al ambiente; por ejemplo, el deterioro de la flora y fauna silvestres, contaminación de suelos, mantos freáticos, aguas continentales y costeras; así como la generación de plagas resistentes. Por sus características de bioacumulación y de movilidad a través de las redes tróficas, algunos pueden llegar al hombre y causarle efectos adversos en su salud.

Según Primo (1991), existen más de 6,000 compuestos plaguicidas patentados, y de ellos, unos 600 han alcanzado su uso comercial, a través de miles de formulaciones y marcas; esto denota que la lucha contra las plagas es intensa y que habría que valorar muy a fondo el prescindir de ellos, pero por otro lado habría que poner en la balanza los daños ecológicos que puedan causar al medio ambiente.

Por último, debido a que los plaguicidas interactúan en forma invariable en su función biocida con el elemento suelo, resulta indispensable conocer con precisión el papel que juega cada uno de los factores involucrados en dicha relación, así como en que momento y bajo que circunstancias se puede llegar a contaminar el suelo.

Derivado de lo antes expuesto se plantean los siguientes objetivos:

II. OBJETIVOS

1. Revisar las condiciones generales bajo las cuales se puede llegar a contaminar un suelo agrícola por el empleo de plaguicidas.
2. Describir la relación plaguicida - suelo y analizar su probable comportamiento.
3. Revisar las metodologías y normas propuestas para el muestreo, cuantificación y recuperación de suelos contaminados.
4. Analizar y discutir la legislación vigente sobre la producción, manejo y uso de plaguicidas en nuestro país.

III. USO DE PLAGUICIDAS EN LA AGRICULTURA

3.1. DEFINICIÓN Y CLASIFICACIÓN

Un plaguicida es cualquier sustancia o mezcla de sustancias que se destina a controlar organismos plaga, incluidos los vectores de enfermedades humanas y de animales, así como las especies no deseadas que causen perjuicio o que interfieran con la producción agropecuaria y forestal, por ejemplo, las que causan daño durante el almacenamiento o transporte de los alimentos y 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.

Los plaguicidas se pueden clasificar de varias maneras, a continuación se presentan las más comunes;

1. CONCENTRACIÓN

Ingrediente Activo: Compuesto químico que ejerce la acción plaguicida.

Plaguicida Técnico: La máxima concentración del ingrediente activo obtenido como resultado final de su fabricación, de la cual se parte para preparar un plaguicida formulado: Por su estado físico, un plaguicida técnico puede ser sólido, líquido o gaseoso.

Plaguicida Formulado: Mezcla de uno o más plaguicidas técnicos, con uno o más ingredientes conocidos como inertes, cuyo objeto es dar estabilidad al ingrediente activo o hacerlo útil y eficaz; constituye la forma usual de aplicación de los plaguicidas.

2. ORGANISMOS QUE CONTROLAN

Entre otros, el ingrediente activo puede ser: insecticida, acaricida, fungicida, bactericida, antibiótico, herbicida, nematocida, rodenticida o molusquicida.

3. MODO DE ACCIÓN

El ingrediente activo puede ser:

De Contacto: Actúa principalmente al ser absorbido por los tejidos externos de la plaga.

De Ingestión: Debe ser ingerido por la plaga para su acción efectiva.

Sistémico: Al aplicarse en plantas o animales, se absorbe y traslada por su sistema vascular 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.

4. COMPOSICIÓN QUÍMICA

Los ingredientes activos pueden ser:

Compuestos Inorgánicos: Estos son compuestos que carecen de carbono, solo se consideran los derivados de cobre, azufre, zinc y aluminio.

Compuestos Orgánicos: Son aquellos que contienen átomos de carbono enlazados en su estructura química. La mayoría son de origen sintético, fabricados a partir de compuestos químicos básicos; algunos son extraídos de plantas, por lo que se conocen como botánicos.

Los compuestos orgánicos sintéticos utilizados como plaguicidas pertenecen a distintos grupos o familias químicas. Cada uno de estos grupos tienen algunas características comunes y en cualquiera de ellos se pueden encontrar a los: insecticidas, acaricidas, herbicidas, fungicidas u otros tipos de plaguicidas.

Plaguicidas Biológicos: Se llama así a los virus, microorganismos o derivados de su metabolismo, formulados como insumos y que pueden controlar a una plaga en particular.

5. PERSISTENCIA

Conforme al tiempo que transcurre entre su aplicación y la degradación ambiental del compuesto, los plaguicidas se clasifican en:

Ligeramente Persistentes: Menos de cuatro semanas.

Poco Persistentes: De cuatro a veintiséis semanas.

Medianamente Persistentes: De veintisiete a cincuenta y dos semanas.

Altamente Persistentes: Más de un año y menos de veinte.

Permanentes: Más de veinte años.

6. USO AL QUE SE DESTINAN

Se considera que los plaguicidas pueden ser:

Agrícolas: De uso en diversas extensiones, en sistemas de producción agrícola y en productos y subproductos de origen vegetal.

Forestales: De uso en bosques y maderas.

Urbanos: De uso en ciudades y zonas habitacionales, por ejemplo en edificios, no incluyendo el uso doméstico.

Para Jardinería: De uso en jardines y para plantas de ornato.

Pecuarios: De uso en animales o instalaciones de producción intensiva cuyo producto será destinado al consumo humano o a usos industriales, incluye el uso en animales domésticos.

Domésticos: De uso en el interior del hogar.

Industriales: De uso en el procesamiento de productos y subproductos, así como para el cuidado de áreas industriales.

Según la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST, 1993) se consideran los siguientes grupos o familias de compuestos:

Grupo	Compuesto
1	Organoclorados
2	Organofosforados
3	Carbamatos
4	Piretroides
5	De origen botánico
6	Biológicos
7	De cobre
8	Tiocabarmatos
9	Ftalimidias
10	Carboxamidas
11	Carbimidas

Grupo	Compuesto
12	Guanidinas y
13	Organobestánicos
14	Orgánicos con azufre
15	Clorofenoxi
16	Dinitrofenoles
17	Derivados de la urea
18	Triazinas
19	Derivados de los ácidos
20	Bipiridilicos
21	Otros

3.2. ORIGEN Y EVOLUCIÓN

El uso de sustancias químicas para controlar plagas y enfermedades data de la antigüedad; en el 2500 a. C. los sumerios usaron compuestos de azufre para controlar insectos; los chinos usaron el mercurio y tanto Aristóteles en la antigua Grecia como Catón en Roma describieron formas de fumigación y ungüentos a partir de azufre.

Sin embargo, el uso masivo de los plaguicidas en la agricultura se inicia a finales del siglo XIX, distinguiéndose tres etapas en su desarrollo histórico, Primo (1987):

ETAPA 1

Con los avances científicos aportados por Luis Pasteur, se buscan curaciones químicas para enfermedades de plantas y animales descubriéndose en Europa la acción plaguicida de algunos compuestos, tales como el azufre, arseniato, sulfato de cobre, etc., se conoce como una época de avances lentos.

ETAPA 2

Esta etapa presenta un avance mas acelerado, tiene su punto de partida en 1922, cuando en Holanda se introduce el uso de los aceites insecticidas, durante este periodo se descubre la acción insecticida del Pelitre y la Rotenona.

ETAPA 3

Inicia con el descubrimiento en Suiza de las propiedades insecticidas del DDT realizado por Muller en 1940; en ella se suceden con rapidez los descubrimientos de nuevos plaguicidas. En Francia e Inglaterra se descubren en forma simultánea las propiedades del HCH, algunos años después Schrader sintetizó en Alemania los primeros insecticidas organofosforados y se descubrió su acción sistémica.

El consumo de los plaguicidas en el ámbito mundial se expandió muy rápido entre 1960 y 1980, sobre todo en la década de los sesenta, cuando se registró una tasa de crecimiento de la población de 12% promedio por año; a comienzos de la década de los noventa, el mercado se expandía a tasas de entre 3 y 4 % anual promedio y en la década de los ochenta algunos países experimentaron expansiones muy fuertes, en gran parte estimuladas por generosos subsidios gubernamentales, provenientes de tasas preferenciales, reducción o exención impositiva, líneas de crédito blandas y favorables o ventas a precios bajos por parte de las agencias gubernamentales.

En los últimos 25 años, los fabricantes globales de plaguicidas absorbieron a las compañías de semillas enfocadas al uso familiar más tradicional. Estas enormes empresas de plaguicidas fueron devoradas a su vez por la industria farmacéutica que engulló también a las empresas de medicina veterinaria.

De tal forma que la industria de los plaguicidas se encuentra dentro de la industria química en el siguiente contexto:

Cuadro 1: Industria de los Plaguicidas dentro de la Industria Química

Rama	Porcentaje
Petroquímicos	39
Farmacéuticos	16
Especialidades	16
Agroquímicos	11
Fibras textiles	10
Inorgánicos	7
Otras especialidades	1
Total	100

Mooney (2000), señala que la biotecnología agrícola está en manos de unas cuantas empresas que actúan en estos cuatro rubros: semillas, agroquímicos, farmacéutica y veterinaria, dentro de las cuales están Syngenta (fusión de Novartis y AstraZeneca), Pharmacia (fusión de Monsanto y Pharmacia & Upjohn), Dupont y Aventis (fusión de Hoeschst y Rhone-Poulenc).

La aplicación de la ingeniería genética en la agricultura ha generado grandes expectativas de negocio en las compañías transnacionales que se hacen llamar "industrias de la vida", quienes tienen el control mundial de la industria farmacéutica, productos agroquímicos y de la industria de semillas mejoradas. Según estimaciones, unas 10 empresas transnacionales controlan el 88% de las ventas mundiales, calculadas en 31 mil millones de dólares.

En México, el mercado de plaguicidas ha registrado un constante aumento: en 1960 se vendieron 14 mil ton.; en 1977, 22 mil; en 1983, 34 mil y en 1986 alrededor de 60 mil. Los insecticidas ocuparon en promedio un mayor porcentaje del mercado (51%), seguidos por los herbicidas (31%) y los fungicidas (15%).

El comportamiento del mercado de plaguicidas, registró fluctuaciones importantes derivadas de la crisis económica del país durante la primera mitad de los años ochenta. Posteriormente, ha habido un repunte notable en el mercado nacional, sobre todo en el periodo 1988 -1992.

En México, para 1996 el mercado abarcaba por lo menos 278 plaguicidas autorizados, formulados de diversos modos y ofrecidos de diferentes maneras en cientos de marcas comerciales (Bejarano, 1999).

Ríos (2001), indica que en la actualidad, el mercado será dominado por muchos años por las empresas multinacionales y que las empresas

nacionales penetrarán hasta el 18% del valor total. Lo cual implica que la industria mexicana no está creciendo en la forma que debiera hacerlo.

Además, señala que la introducción de nuevas moléculas o ingredientes activos es muy lenta y difícil, por los aspectos de registro y comercialización, siendo el costo de desarrollo de nuevos productos muy elevado y con un tiempo estimado para liberarlo de 7 años. Cabe destacar que de los primeros 15 productos vendidos durante 1999, 13 de ellos fueron introducidos hace 10 años e incluso algunos de ellos desde hace 20. En el anexo 1 se presentan los montos de ventas para 1998 y 1999 por empresa productora, ocupando el primer lugar para ambos años Novartis Agro, S.A. de C.V. y el segundo Zeneca Mexicana, S.A. de C.V.

Es importante destacar que en México, prácticamente no se generan ingredientes activos nuevos; por lo que estos se importan de otros países en los que se realiza su evaluación toxicológica, esto ha traído como consecuencia que el desarrollo de la investigación toxicológica en el país no haya alcanzado el nivel obtenido en los países en los que la industria desarrolla los nuevos productos químicos.

La estructura para la producción de agroquímicos en México, está conformada por empresas que efectúan dos procesos de producción:

- a) Las que fabrican ingredientes activos (grado técnico).
- b) Las formuladoras que mezclan los ingredientes activos con otros materiales (inertes, disolventes, emulsificantes, etc.).

Encontrándose las plantas industriales en los estados de: Coahuila, Chihuahua, Guanajuato, México, Querétaro, Tlaxcala y Veracruz.

Para dar una idea de las importaciones de plaguicidas, en 1995 se importaron casi 50 millones de kilos de plaguicidas agrícolas, más de 5 millones de kilos de plaguicidas urbanos y cerca de 0.5 millones de plaguicidas de uso pecuario, en cuanto a la toxicidad de estos productos: 57% fueron ligeramente tóxicos, 25% moderadamente tóxicos, 9% altamente tóxicos y 9% extremadamente tóxicos.

Cuadro 2: Exportación – Importación de Plaguicidas Agrícolas en México 1994-1999. (Miles de Pesos)

Producto	Tipo Comercio	1994	1995	1996	1997	1998	1999	Total
Insecticidas	Importación	36,663	46,231	52,429	65,758	60,533	69,245	330,859
	Exportación	5,238	N.D.	8,205	7,046	13,862	18,100	52,451
Herbicidas	Importación	61,935	56,438	80,168	110,260	110,463	99,232	518,496
	Exportación	12,283	11,093	26,121	87,937	52,927	41,621	231,982
Funguicidas	Importación	44,524	36,471	45,374	55,947	56,764	63,292	302,372
	Exportación	3,107	3,230	4,107	2,922	4,507	4,928	22,801

Fuente: Estadísticas FAO.
N.D. = No Disponible

Como puede ser observado, para los tres principales productos señalados, siempre fueron mayores los valores de las importaciones que los de las exportaciones, lo cual indica la dependencia del extranjero en cuanto a uso de los mismos. Los herbicidas alcanzaron los mayores valores de importaciones y exportaciones, seguidos de los insecticidas y de los funguicidas. De 1994 a 1999 se observa una tendencia en lo general para todos los casos a incrementar los valores tanto de importación como de exportación, lo que representó un incremento casi constante en el consumo aparente de plaguicidas.

Según datos de la Asociación Mexicana de la Industria de los Plaguicidas y Fertilizantes (AMIPFAC), señalan que en 1995 el volumen de plaguicidas utilizados ascendió a 54,678.96 toneladas, de las cuales correspondió a insecticidas 25, 516.71 ton. (47%), a herbicidas 15,719.13 ton.(29%), a funguicidas 9,124.48 ton. (17%) y a otros 4,318.65 ton. (7%). Los cultivos que utilizaron los mayores volúmenes de estos productos fueron el maíz, hortalizas, caña de azúcar y algodón (ver anexo 2).

La comercialización internacional ha implicado dentro del Programa de Sectores Productivos 2000 llevado por SECOFI (hoy Secretaría de

Economía) la atención a un total de 5 acciones derivadas del comercio de plaguicidas, de estas, una fue resuelta y cuatro son de atención continua.

La acción resuelta fue sobre las importaciones de Paratión Metílico originario de Dinamarca, en presuntas condiciones de prácticas desleales de comercio internacional. La entonces SECOFI el 31 de mayo de 2000 publicó la resolución final de la investigación antidumping en la cual se modifica la compensatoria definitiva al 24.98% a las importaciones provenientes de Dinamarca.

Barbosa (1999), señala que los plaguicidas se vuelven caducos:

- Cuando ya no pueden ser utilizados para su fin original o para cualquier otro fin y deben ser retirados del mercado por razones de salud o ambientales.
- Porque están deteriorados debido al almacenamiento inadecuado y prolongado, no pudiendo ser utilizados de acuerdo con las especificaciones del productor.

Para México no existen datos confiables al respecto, pero la FAO calcula para América Latina y el Caribe más de 20,000 toneladas de plaguicidas caducos. Estos productos no se pueden eliminar a través de su sepultación o quema, ya que estos procesos pueden ocasionar daños aún más severos al medio ambiente y a la población.

El proceso recomendado es la incineración a alta temperatura en plantas especiales de incineración, lo cual implica un reembalaje hacia dichas plantas; siendo el costo estimado por la FAO para eliminar una tonelada de plaguicida caduco, de 3,000 a 3,500 dólares.

El financiamiento para eliminar los desechos y los plaguicidas caducos sigue siendo escaso. Sin embargo, el apoyo económico que debe brindar la industria de los plaguicidas es crítico, dado que los organismos de asistencia de los países donantes no pueden hacerse cargo de la totalidad de los costos sin una considerable aportación de la citada industria.

Para el caso de nuestro país, el único antecedente documentado que se encontró es el de la recolección, tratamiento y disposición final de más de 12 mil envases vacíos de plaguicidas, a través del Programa "Campo Limpio" en el Estado de México, el cual busca concientizar a los productores sobre el manejo seguro y disposición adecuada de los residuos generados (Comunicado 02, Gobierno del Estado de México, 2001). Sin embargo, se tiene conocimiento del manejo de programas similares en los estados de: Sonora, Sinaloa, Querétaro, Nayarit y Guanajuato.

Según la Secretaría de Salud, el 80% de los 300 mil casos de intoxicación por plaguicidas registrados cada año en el mundo, ocurren en países en vías de desarrollo. Como un dato adicional se tiene que en México se emplean 260 marcas, de las cuales, 24 están prohibidas y 13 restringidas; siendo las principales causas de intoxicación las deficientes medidas de control y previsión.

La Secretaría de Salud implementó el "Sistema de Vigilancia Epidemiológica para Exposición de Plaguicidas", teniendo en su reporte de la semana 09 del 2001, 185 personas intoxicadas por plaguicidas, mientras que para el año 2000 reportó un total de 289 personas, en el anexo 3 se describe la situación presentada por Estado.

3.3. FORMULACIONES Y TOXICIDAD

Para que los plaguicidas tengan en el campo los efectos que de ellos se esperan, los materiales activos deben prepararse en forma tal, que al ser aplicados sobre los cultivos, queden convenientemente dispuestos, y así ejerzan toda su potencialidad.

Para esto, se mezclan o diluyen con otros materiales para rebajar la concentración del compuesto y hacerlos más seguros y fáciles de aplicar (De la Jara, 1985).

Las formulaciones de plaguicidas pueden presentarse como sólidos, líquidos o gases, y es frecuente que un plaguicida exista en más de una formulación:

1. FORMULACIONES SÓLIDAS

Sólido Técnico:	Gránulo fino concentrado
Polvo Técnico:	Gránulo soluble
Polvo:	Pasta sólida técnica
Polvo Humectable:	Perdigones o comprimidos
Polvo Micronizado:	Micro encapsulados
Polvo Soluble:	Cebo envenenado
Tabletas o Pastillas:	Bloque parafinado
Gránulo Técnico:	Collares
Granulado o Gránulo:	Aretes
Gránulo Dispersable:	Jabón

2. FORMULACIONES LÍQUIDAS

Líquido Técnico:	Solución concentrada
Líquido solo para coadyuvante:	Solución concentrada técnica
Líquido Viscoso Técnico:	Concentrado emulsionable
Líquido Soluble:	Emulsión o dispersión
Líquido Miscible:	Pasta gelatinosa
Suspensión Acuosa Técnica:	Concentrado para ultra bajo volumen
Solución Acuosa:	

3. FORMULACIONES GASEOSAS; Son las que se componen de gases licuados o comprimidos.

4. TOXICOLOGÍA

La toxicología de los plaguicidas es un fenómeno complejo en el que intervienen por parte de los diversos compuestos: su estructura molecular (relación estructura-actividad); sus propiedades fisicoquímicas, de las que depende su afinidad por sistemas biológicos específicos (toxicidad selectiva) y, de manera preponderante, la dosis en que los humanos se exponen a los mismos (relación dosis - tiempo- respuesta).

Por parte de los individuos, son factores de la toxicidad: la intensidad de la exposición, la vía de penetración, la edad, el sexo, el estado nutricional, las enfermedades concomitantes y la susceptibilidad individual; pues muchas de las respuestas biológicas a los agentes químicos, están determinadas genéticamente.

La expresión cuantitativa de la toxicidad es representada mediante la dosis media letal (DL50), que corresponde a la cantidad de plaguicida necesario para causar la muerte al 50% de los individuos que constituyen el lote de ensayo (Primo, 1987).

Las toxicidades (DL50) pueden hacer referencia a la toxicidad oral aguda, crónica o dérmica, la primera, es la que resulta de la ingestión en una sola ocasión, de una cantidad determinada de tóxico por varios lotes iguales en dosis distintas.

La toxicidad crónica se expresa como las partes por millón de tóxico presente en la dieta alimenticia, durante los días que se especifiquen, y que producen los efectos que se señalen; se establece incorporando el tóxico a la dieta de varios lotes, en una proporción determinada para cada lote; para obtener resultados confiables, en algunos casos son necesarios varios años de estudio.

La toxicidad dérmica se establece mediante la absorción del tóxico por pincelación sobre la piel con el producto en estado puro o diluido en

disolventes apropiados, a la concentración que se indique en cada caso; se determina sobre los lotes de animales aplicando igual cantidad a todos los de un lote, con objeto de establecer la DL50, y se expresa en mg de plaguicida por Kg de animal.

De la Jara (1985), señala que una clasificación toxicológica implica una ordenación de los plaguicidas de acuerdo a su nivel de toxicidad para el hombre, lo cual resulta ser de gran importancia para el usuario y se incluye en las etiquetas de los envases; dividiendo a los compuestos en grupos toxicológicos de acuerdo a la dosis media letal.

Cuadro 3: Clasificación de los Plaguicidas Conforme a su Peligrosidad

CATEGORÍA	DL50 en mg/kg de masa corporal				CL50 Aguda por inhalación mg/L	
	AGUDA ORAL		AGUDA DÉRMICA			
	ESTADO FÍSICO		ESTADO FÍSICO		Exposición: 1 h	
	SÓLIDO	LÍQUIDO	SÓLIDO	LÍQUIDO		
más de hasta	más de hasta	más de hasta	más de hasta	más de hasta	hasta	

I EXTREMADAMENTE TÓXICO	0	5	0	20	0	10	0	40	0	0.2
II ALTAMENTE TÓXICO	5	50	20	200	10	100	40	400	0.2	0.2
III MODERADAMENTE TÓXICO	50	500	200	2000	100	1000	400	4000	2	20
IV LIGERAMENTE TÓXICO	500	-	2000	-	1000	-	40000	-	20	-

Fuente: CICOPLAFEST, 1993.

En la actualidad, está plenamente demostrado que la toxicidad, así como otros fenómenos biológicos se deben medir en términos de molaridad; para el caso se ha desarrollado un nuevo método de evaluación llamado potencial de toxicidad (pT).

Las ventajas de la evaluación de la toxicidad por medio del pT son varias:

- a) La toxicidad se establece en una base molar.
- b) Se expresa en números absolutos.

c) Se evita el empleo de términos ambiguos y subjetivos como "ligeramente tóxico" o "moderadamente tóxico".

La aplicación del pT se puede extender al estudio comparativo de diferentes especies de animales, a variaciones en las dosis letales como la DL75 y la DL100 y al estudio de sustancias naturales como las toxinas bacterianas y biológicas.

Este procedimiento combina la DL50 con el cálculo de la concentración molar que a fin de cuentas, es la responsable de la toxicidad intrínseca; con esto, se obtiene una escala positiva en la que cada incremento de una unidad absoluta significa un incremento de diez veces en la toxicidad para un producto dado. Así, una sustancia clasificada con el número 2, es diez veces más tóxica que aquellas clasificadas con el número 1, la fórmula para calcular el pT es:

$$pT = \frac{1}{(T)} = -\text{Log}(T)$$

En la cual pT es el potencial de toxicidad y - Log (T) es el logaritmo de base 10 de la función inversa de la concentración molar del compuesto en estudio. El valor de (T) se obtiene al convertir la DL50, expresada en mg/kg, este valor es la dosis tóxica en términos de molaridad y se expresa en mol/kg.

Es frecuente que los efectos tóxicos de los plaguicidas se potencialicen por los ingredientes de la formulación o los aditivos con que se mezclan, los que en ocasiones pueden ser tanto o más dañinos que los ingredientes activos (v.gr. benceno), en este tipo de casos se puede aplicar la siguiente ecuación:

$$CA/TA + CB/TB \dots\dots\dots CZ/TZ = 100 TM$$

En donde "C" es el porcentaje del ingrediente activo A, B.....Z en la mezcla T es el valor de la DL50 oral de los plaguicidas técnicos A,B.....Z, y "TM" el valor de la DL50 de la mezcla.

3.4. MANEJO INTEGRADO DE PLAGAS

Dentro de los organismos plaga, se consideran los insectos, nemátodos, virus, bacterias, hongos, malezas; roedores, moluscos, pájaros y otros a los cuales se les ha dado menor importancia.

En el ámbito mundial se estima que existen alrededor de 10,000 especies de insectos plaga, unas 30,000 de malezas, de las cuales una 1,800 causan pérdidas en la agricultura; así mismo, se calcula que existen unas

100,000 enfermedades causadas por 8,000 especies de hongos, 500 especies de nemátodos, 250 de virus y 160 especies de bacterias.

Esta situación genera una tendencia a la intensificación de la lucha química contra las plagas, aunque valdría la pena considerar que nunca se conseguirá la protección total de un cultivo, y que por lo tanto, se tendrán que soportar las pérdidas que económicamente no compensa el intentar disminuirlas por debajo de cierto nivel, el cual se conoce como umbral económico.

López (1985), considera que la mejor lucha contra los organismos plaga debe fundamentarse en una combinación de métodos de control, comparando siempre niveles de población de las especies perjudiciales con las benéficas, sistema que se conoce como manejo integrado de plagas.

Dicho manejo tiene en cuenta la selección, integración e implantación de la protección vegetal, basado en consecuencias económicas, ecológicas y sociológicas anticipadas, buscando el uso máximo de controles naturales y el mínimo de aplicaciones químicas y tiene como sustento los siguientes postulados:

1. La presencia de las especies plaga puede ser a niveles tolerables de abundancia. Esto es, que su presencia no necesariamente justifica una acción destinada a controlarla.
2. El ecosistema es manejado como una unidad. El conocimiento de las acciones, reacciones o interacciones de los componentes del agroecosistema son indispensables para la efectividad del manejo integrado de plagas y con esta información, se determinan los niveles tolerables a que pueden llegar dichas plagas.
3. Utilizar al máximo el control natural.
4. Cualquier método de control puede producir efectos inesperados e indeseables.
5. Es esencial la aplicación de procedimientos multidisciplinarios.

El desarrollo de los programas de manejo integrado de plagas; depende del conjunto que de éstas se presenten, del valor económico de los cultivos a proteger y de la habilidad para establecer las estrategias de control integral; sus bases son generales y similares para cualquier grupo de plagas, siendo estas las siguientes:

1. Análisis del nivel de daño de cada uno de los organismos, para establecer el umbral económico de las plagas.
2. Reducir la posición general de equilibrio de los grupos de plagas; esto es el promedio de densidad que se presenta año con año, mediante la

- introducción de enemigos naturales, empleo de variedades resistentes y la eliminación de factores favorables para los organismos plaga a través del barbecho, rotación de cultivos, quema de residuos, etc.
3. Buscar alternativas de control que causen el mínimo costo ecológico y sólo en caso de emergencia emplear un adecuado control químico.
 4. Establecer técnicas de monitoreo para conocer la posición general de equilibrio y así poder estar en condiciones de determinar la aplicación del método de control.

Van Emden (1977) y López (1985), señalan que la mayor parte de las técnicas de control que intervienen en el control integrado de plagas, se conocen y aplican desde hace muchos años; dentro de los más importantes citan las siguientes:

1. CONTROL BIOLÓGICO

Consiste en la utilización de parásitos depredadores y patógenos para reducir las poblaciones de plagas; es uno de los componentes más importantes del manejo integrado de plagas.

VENTAJAS: No contamina, no genera resistencia en las plagas y no altera el equilibrio ecológico; por sí mismo se puede auto perpetuar.

LIMITANTES: Es específico para una plaga, requiere de costos elevados y de capacitación para su implementación, se aplica para un solo cultivo en el ámbito regional y su modo de acción se considera lento, puede ser impredecible, sobre todo por causas debidas al clima.

2. CONTROL FITOGENÉTICO

Este método de control se basa en el uso de variedades resistentes o tolerantes al ataque de plagas, aunque cabe señalar que la búsqueda de germoplasma para muchas plagas no ha resultado favorable; entre otros casos la variación de plaga ha sobrepasado rápidamente al grupo de genes resistentes, con lo que la vida útil de la capacidad de resistencia se vé disminuida.

VENTAJAS: No contamina, no crea resistencia en las plagas, es económico y efectivo.

LIMITANTES: Requiere de importantes recursos (Humanos, Económicos y Técnicos) para lograr generar una variedad, a través de largos periodos de investigación; en el ámbito comercial, se puede tener tan solo una resistencia parcial.

3. CONTROL CULTURAL

Se basa en la deliberada manipulación del medio ambiente, haciéndolo menos favorable para el desarrollo de las plagas, en sí busca alterar su ciclo biológico, de reproducción o bien eliminar su alimento o hacer el medio ambiente más favorable para sus propios enemigos naturales, dentro de las prácticas agronómicas más comúnmente empleadas están las siguientes:

- Medidas sanitarias (desvares, quema de residuos, etc.)
- Rotación de cultivos
- Labranza de suelos
- Cultivos trampa
- Diversificación de hábitat (cultivos intercalados)
- Manejo de agua de riego
- Otras prácticas culturales, tales como: selección de fechas y sistemas de siembra, densidades de población, defoliaciones, etc.

VENTAJAS: Es un método de combate sencillo que se puede adaptar para cualquier agricultor, no contamina ni crea resistencia en las plagas y su relación costo-control es mínima por lo cual se considera económico.

LIMITANTES: Su efecto dura poco tiempo, casi nunca llega a un control del 100% requiriendo por tanto complementarse con otros métodos, para su diseño es necesario conocer la biología y fenología de la plaga y el cultivo.

4. CONTROL MECÁNICO Y FÍSICO

Entre los procedimientos mecánicos más comunes está la utilización de trampas y recolecciones manuales. En tanto que en el grupo de los procedimientos físicos están; altas y bajas temperaturas (agua y aire caliente, bodegas refrigeradas, esterilización con vapor del sustrato), lanzallamas, electricidad (aparatos eléctricos) y radiaciones electromagnéticas (granos almacenados).

VENTAJAS: No contamina ni crea resistencia en la plaga, presenta una selectividad relativa.

LIMITANTES: El control mecánico es aplicable sólo en algunos cultivos y dado que es muy laborioso se considera de acción lenta; en tanto que el control físico requiere de cierta inversión en el equipo e infraestructura.

5. CONTROL AUTOCIDA

Es aplicado básicamente en el combate contra insectos y consiste en la liberación de organismos estériles o alterados genéticamente mediante

quimio o radioterapia, con el fin de disminuir o eliminar la población de la plaga.

VENTAJAS: Presenta una especificidad selectiva y no contamina el medio ambiente.

LIMITANTES: Es más efectivo con especies en la que los machos y las hembras se mezclen sobre un área grande antes del apareamiento, hay que conocer la dinámica de la población-plaga y requiere de bastos recursos, económicos y técnicos para lograr establecerlo.

6. CONTROL LEGAL

No es un método propio de control, sin embargo juega un papel importante, ya que de la observancia y el cumplimiento de las Leyes y Reglamentos dependen en gran parte los resultados de las demás técnicas de combate.

7. CONTROL NATURAL

Incluye los factores bióticos y abióticos del medio ambiente, sin incluir al hombre o sus acciones, que influyen en la disminución o incremento de las poblaciones de los organismos plaga, dentro de este control se consideran los siguientes factores:

- Clima (temperatura, viento, humedad relativa, etc.)
- Topografía (montañas, mares, etc.)
- Textura y características químicas del suelo
- Competencia intra e interpoblacional

8. CONTROL QUÍMICO

Se refiere al empleo de plaguicidas para controlar o detener la acción dañina de un organismo plaga, incluyendo aquellas sustancias que alteran su comportamiento (feromonas, repelentes y reguladores del crecimiento).

VENTAJAS: Se considera en términos generales de acción rápida, utiliza poca mano de obra, no está limitado a un cultivo o plaga y cubre mayor superficie en menor tiempo.

LIMITANTES: Se requiere un alto costo y muchos años de investigación para desarrollar un plaguicida, para su producción transporte y aplicación es necesaria una gran cantidad de energéticos, pueden generar resistencia en las plagas, por su naturaleza y principio activo siempre está presente el riesgo potencial hacia la salud humana (toxicidad), pueden tener efectos desfavorables sobre el medio ambiente sobre todo de aquellos productos de alta residualidad.

En el uso de estos productos se debe ponderar al máximo la relación riesgo-beneficio, incluyéndose sobre todo los riegos para el medio ambiente; de tal forma que se debe buscar entre los usuarios agricultores, establecer una máxima eficiencia y un mínimo riesgo en su consumo.

Los plaguicidas, considerados en su aspecto nocivo, pueden alterar el medio ambiente de la siguiente forma:

- Tal y como se ha señalado, algunas plagas (v.gr. insectos) pueden desarrollar resistencia a los químicos, necesiéndose grandes dosis de ellos o reemplazarlos por otros productos nuevos en plazos cortos.
- Algunos no son fácilmente biodegradables y tienden a persistir en el medio ambiente, aunque para el control de algunas plagas esto sea una ventaja, se constituye en una desventaja cuando tienden a moverse hacia otra parte del medio ambiente.
- Se pueden presentar efectos adversos en otros organismos que no son plaga.

Este último problema se origina por la tendencia de ciertos productos químicos a incorporarse y acumularse en forma ascendente en las cadenas tróficas, este grave daño hace prioritario y urgente el estudiar los efectos ecológicos causados por un uso continuo de plaguicidas en una región dada.

Martínez (1985), considera que al aplicarlos se establece una interrelación con el medio ambiente por lo que, resulta necesario conocer cómo el riesgo que su uso representa, está en función directa de los siguientes factores:

1. Propiedades tóxicas.- Las propiedades tóxicas de los plaguicidas son un fenómeno en el que intervienen la estructura molecular de los agroquímicos (relación estructura – actividad); sus propiedades fisicoquímicas: de las que depende su afinidad por sistemas biológicos específicos (toxicidad selectiva) y de manera preponderante la dosis en que los humanos se exponen a los mismos (relación dosis – tiempo - respuesta).
2. Persistencia y movilidad en el medio.- La persistencia se refiere a la longevidad de los plaguicidas en el suelo, conforme al tiempo que transcurre entre su aplicación y la degradación del compuesto. Cuando la longevidad de los compuestos es prolongada, al permanecer en el suelo puede ser absorbido por cultivos subsecuentes, convirtiéndose así en residuos fitotóxicos indeseables.

La persistencia y la movilidad guardan una relación estrecha, ya que los plaguicidas altamente persistentes, tienden a presentar una mayor

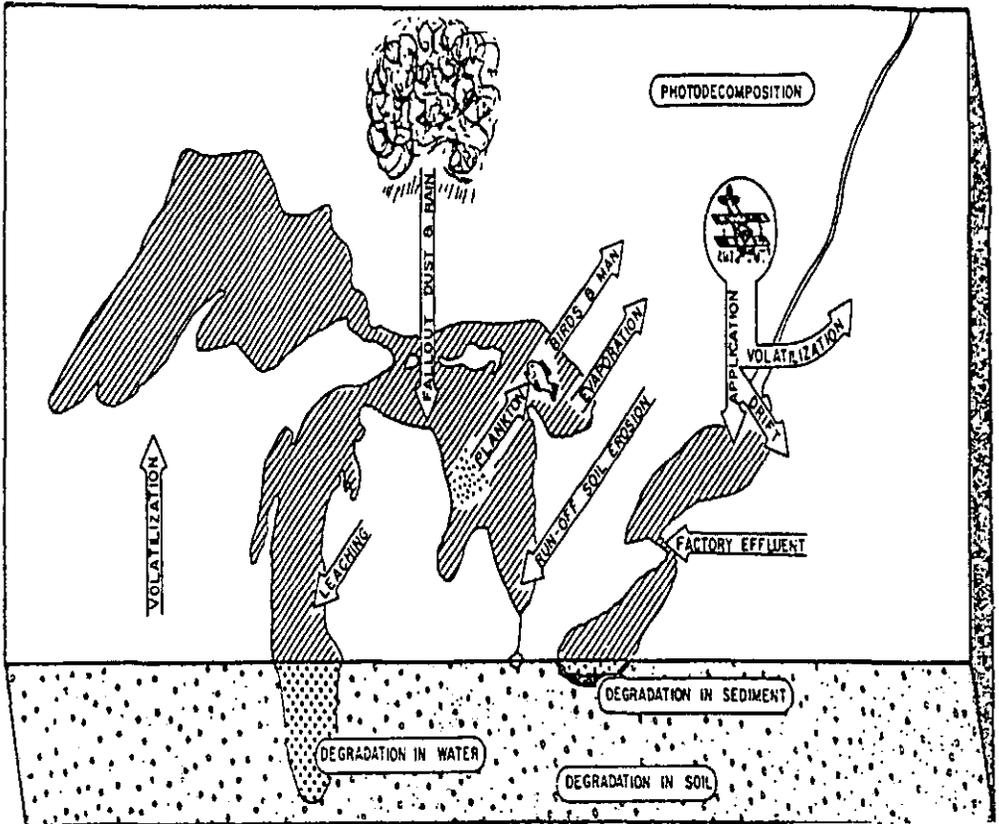
movilidad, la cual se da por la dispersión, volatilización, lixiviado, erosión del suelo y escurrimiento de las aguas superficiales.

3. Cantidad aplicada.- Es muy importante para un adecuado control químico, aplicar los productos siguiendo de manera estricta las indicaciones de un técnico especializado, respecto a la dosis, la cual se debe determinar con base en el umbral económico de la plaga a controlar.
4. Formulación.- La formulación es la mezcla o disolución del plaguicida con otros materiales para rebajar la concentración del compuesto técnico y hacerlo más seguro y fácil de aplicar.
5. Método de aplicación.- Las técnicas de aplicación constituyen un soporte importante para que se logren los resultados deseados; atendiendo a las varias formulaciones, se tienen las siguientes formas de aplicación: en aspersión (concentrados emulsificables, polvos humectables, líquidos solubles, polvos solubles y líquidos miscibles); en seco (polvos y gránulos) y las fumigaciones (nebulizantes). Existen ventajas y desventajas para cada uno de estos métodos, pero en ocasiones es necesario elegir entre uno u otro.
6. Intensidad de su empleo.- Para lograr un control eficiente, económico y seguro de las plagas, es indispensable establecer el periodo oportuno en el que deben efectuarse las aplicaciones de los plaguicidas, el cual de manera específica determina la frecuencia con que deben usarse, para definirlo se requiere tener información sobre el cultivo, el organismo plaga, características del plaguicida, condiciones ambientales y el umbral económico de las plagas.

IV. RELACIÓN PLAGUICIDA - SUELO

Esta relación inicia desde el momento en que es vertido el producto químico al área seleccionada del cultivo, y ese movimiento del plaguicida dentro y fuera del área de aplicación ha sido reconocido como un problema, donde resulta claro que la distribución y el destino del plaguicida son determinados por variables tales como: naturaleza del plaguicida y los factores presentes del medio ambiente, en la Figura 1 se observa un ensayo donde se describen algunos de esos factores:

Figura 1: Los Plaguicidas en el Medio ambiente y algunos Factores Importantes en su Destino



Fuente: Mc. Ewen, 1979.

El movimiento del plaguicida se relaciona estrechamente con la forma de aplicación, siendo una de ellas la aplicación directa la cual considera productos de tipo granular o inyectados, ésta es la manera en que llegan las más altas concentraciones al suelo, aunque esta forma disminuye la probabilidad de su dispersión en el medio ambiente.

Otra forma de aplicación es la no intencional, la cual se origina por la dispersión del producto al momento de su aplicación. Los problemas de dispersión ocurren durante el rociado terrestre o aéreo; mismo que es influido por la formulación del plaguicida, parámetros de aplicación tal como el diseño de la boquilla y propiedades de fluidez, condiciones

metereológicas, altura de liberación y tamaño del área tratada, (Kearney, 1982).

Un alto porcentaje (30% o más) de una aplicación por rociado puede llegar a moverse 15 m o más lejos del área tratada, si las condiciones son ideales para la dispersión, es decir que se presenten vientos. Resultando entonces importante el tamaño de gota para favorecer o no la dispersión, pues se ha encontrado que las gotas pequeñas producto del rociado, tienden a desplazarse más lejos que las gotas grandes.

Mc, Ewen (1979), señala que bajo condiciones de una muy ligera brisa (5 km/p/h) pequeñas gotas son transportadas a largas distancias, tal y como se ilustra en el siguiente cuadro:

Cuadro 4: Dispersión de Gotas Rociadas de Diferentes Tamaños

TAMAÑO DE GOTA (micrones)	DISPERSIÓN (metros)
450	3
150	7
100	15
50	54
20	3,353
10	13,411
2	34,000

Una vez producida la gota, ésta está sujeta a pérdida de agua por evaporación y/o volatilización química, lo cual en parte esta en función de la humedad relativa, así gracias a la pérdida en tamaño, las gotas son llevadas hacia arriba por corrientes de convección de los vientos a otras zonas fuera del área en tratamiento, encontrándose cantidades biológicamente significativas en una angosta banda adyacente al área tratada (Ormrod, 1978).

4.1. FACTORES QUE CONDICIONAN LA RELACIÓN

Los factores que influyen en forma directa y destino de los plaguicidas, son en orden de prioridad:

1. TIPO DE SUELO

Este es el factor más importante que influye en el equilibrio de absorción de los plaguicidas; donde juegan un papel relevante las arcillas y la materia orgánica por ser coloidales y tener altas cantidades de Intercambio Catiónico. La adsorción de plaguicidas para sitios cargados negativamente sobre arcilla o materia orgánica puede ocurrir por atracción dipolar - dipolar,

hidrógeno vinculado, o por cinta iónica, si los plaguicidas catiónicos son envueltos; por lo tanto, para suelos con estas características se requiere una mayor cantidad de producto, dado que una parte es adsorbida por el suelo quedando inactivada.

2. NATURALEZA DEL PLAGUICIDA

La estructura química del plaguicida determina su índice de absorción, el cual es influido por la solubilidad o afinidad por la solución del suelo que éste tenga, existiendo probablemente una relación inversa entre solubilidad y adsorción entre grupos de componentes químicos similares. También influye la formulación del plaguicida en su persistencia en el suelo, ya que los de tipo granular son usualmente más persistentes, los polvos humectables y polvos por el contrario, son más bajos en su persistencia que las preparaciones emulsificantes.

3. CONTENIDO DE HÚMEDAD DEL SUELO

Para suelos moderadamente ligeros o muy ligeros, es más probable que un plaguicida se adsorba cuando los suelos están secos, que húmedos. Las moléculas de agua son polares, así cuando se agrega agua al complejo suelo-plaguicida, las moléculas de agua empiezan a competir con las del plaguicida por los sitios de adsorción sobre los coloides, de tal forma que pueden ser desplazados dentro de la solución del suelo.

4. POTENCIAL HIDRÓGENO (pH) DEL SUELO

El destino del plaguicida en el suelo varía con el pH, pues éste influye en el fenómeno de absorción y en la degradación química, observándose que la adsorción es más alta en suelos ácidos; cuando existe variación en la acidez del suelo el plaguicida puede convertirse de un anión cargado negativamente sobre las moléculas no cargadas o planas, en cationes cargados positivamente y así incrementar su adsorción, lo cual origina que en suelos en extremo ácidos sean ocupados los sitios de intercambio por cationes hidrogenados, y por tanto la adsorción sea baja debido a la falta de sitios negativos por ocupar. También resulta ser baja para pH muy altos, donde los plaguicidas pueden ser aniones, y éstos no son por tanto atraídos por sitios cargados negativamente en el suelo.

5. TEMPERATURA DEL SUELO

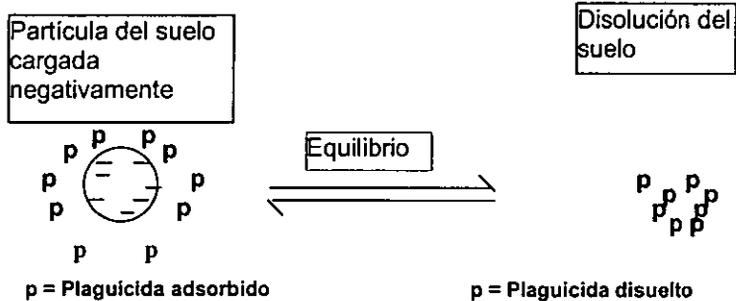
La adsorción de plaguicidas en el suelo es un proceso exotérmico, pues cuando los enlaces hidrógeno o iónicos son formados, el calor se libera. Así cuando la temperatura del suelo se incrementa, el calor interno puede romper los enlaces y causar la desadsorción de moléculas de plaguicidas, por lo tanto a altas temperaturas se pueden considerar más moléculas de plaguicidas disponibles en la disolución del suelo.

4.2. CINÉTICA DE ADSORCIÓN Y DESADSORCIÓN DE LOS PLAGUICIDAS

Para considerar la eficiencia de un control químico con plaguicidas, resulta necesario conocer la efectividad, porcentaje y frecuencia de aplicación, los cuales son dependientes del fenómeno de adsorción, el que no sólo afecta el transporte físico sino también la degradación de los plaguicidas (Sparks, 1988).

Brady (1974), señala que para cada plaguicida, tipo de suelo y condición que se establece en el suelo, se presenta un equilibrio diferente entre el plaguicida adsorbido y la cantidad disuelta en la disolución, perdiendo en ese momento su acción biocida hasta que sea desadsorbido, tal y como se observa a continuación:

Figura 2: Balance de Equilibrio entre Moléculas de Plaguicida Adsorbido y aquellas Disueltas en la Solución del Suelo



Fuente: Mc. Ewen, 1979.

Los plaguicidas se dividen en: catiónicos, básicos, ácidos y no iónicos, los cuales interactúan con la arcilla mineral y la materia orgánica, actuando predominantemente como adsorbedores de aniones, mientras que el proceso de adsorción es fuertemente influido por el pH del sistema.

El pH es el factor de mayor importancia en el control de la interacción del plaguicida con las arcillas y especialmente con la materia orgánica, lo que puede ser atribuido al hecho de que el pH influye en las propiedades de adsorción, tanto del absorbedor como del adsorbente.

La adsorción es común expresarla en términos de adsorción isotérmica, misma que se describe en forma matemática mediante las ecuaciones de Freundlich y de Langmuir, la primera se describe de la siguiente forma:

$$x/m = k \cdot c \cdot 1/n$$

en donde:

x/m = cantidad de compuesto o iones adsorbidos por unidad de peso del adsorbedor.

c_0 = concentración equilibrada del compuesto adsorbido una vez que ha sido estabilizada la adsorción.

k y n = son constantes, las cuales pueden ser derivadas de los datos de adsorción experimental.

Esta ecuación es de naturaleza empírica, pues de manera poco realista considera que la cantidad adsorbida debería incrementarse de manera infinita con el incremento de la concentración.

La adsorción isotérmica de Langmuir fue originalmente derivada por la adsorción de gases en superficies absorbentes, y por ello, puede tener sus limitaciones en la extrapolación de la adsorción de otros compuestos, la ecuación de Langmuir, se lee como sigue:

$$x/m = \frac{kb \cdot c_0}{1 + k \cdot c_0}$$

en donde:

x/m = cantidad adsorbida por unidad de peso de adsorbente.

c_0 = equilibrio en la concentración de los compuestos adsorbidos una vez que la adsorción ha sido estabilizada.

k = constante relacionada a la energía de unión.

b = máximo de adsorción de la cantidad adsorbida cuando el adsorbente está completamente saturado.

La adsorción isotérmica de Langmuir tiene la ventaja de que tanto valores de k como los de b pueden ser determinados a partir de experimentos de laboratorio simples. Una vez que esos valores son conocidos, la cantidad que será adsorbida en cualquier punto de entrada particular puede ser estimada.

Considerando en la ecuación de Freundlich, que $n = 1$ y que c_0 es muy pequeño, permite la sustitución de 1 por $1 + kc_0$ en la ecuación de Langmuir, expresándose ambas de manera simplificada de la siguiente manera:

$$x/m = k_d c_o$$

en la cual k_d es el factor de proporcionalidad de adsorción y refleja la distribución de los químicos orgánicos sobre las diferentes fases del suelo de acuerdo a:

$$k_d = \frac{\text{Cantidad adsorbida por unidad de peso de suelo}}{\text{Cantidad en solución (o fase de gas) por unidad de volumen de fase líquida (o gaseosa)}}$$

Ya que la materia orgánica juega un papel importante en la adsorción de los químicos en el suelo, k_d se refiere al suelo como un todo que puede ser sustituido, por razones prácticas por k_{om} (materia orgánica) o k_{oc} (carbón orgánico), la relación entre estos factores está dada por:

$$k_{mo} = \frac{k_d}{\% \text{ materia orgánica}}$$

$$k_{co} = \frac{k_d}{\% \text{ carbón orgánico}}$$

Los diferentes mecanismos de unión que se pueden presentar entre los plaguicidas y los constituyentes del suelo han sido revisados por Bailey y White (1970) y por Stevenson (1972), citados en adelantos en la Ciencia del Suelo 5 A (1978), estos mecanismos de unión no necesariamente ocurren por separado, ya que la adsorción del suelo se presenta en una combinación de dos o más de los mecanismos que a continuación se describen:

Unión Física.- Las fuerzas de London Van der Waals que inducen este tipo de uniones resultan de diferentes interacciones entre moléculas e iones en un sistema. De hecho estas fuerzas son el resultado combinado de interacciones dipolares - dipolares, ión - dipolar, e inducido dipolar - inducido dipolar. Es bien conocido que este tipo de fuerzas decrece rápido al incrementarse la distancia.

Por ello, el radio de separación, el tamaño y la forma de la molécula o ión define la fuerza y el tipo de unión; moléculas de forma regular y tamaño pequeño permiten contactos más cercanos con la superficie absorbente que los compuestos irregulares. Por otro lado, las moléculas grandes pueden tener un área más extensa de contacto, por lo que la energía de adsorción de Van der Waals se genera al incrementarse el tamaño de las moléculas, especialmente si tal incremento es acompañado por un

incremento en los enlaces dobles o triples. El decremento en la adsorción de herbicidas de urea según Hance (1965), es el siguiente:

neburon > linuron > diuron > monuron > fenuron

El resultado total del incremento en los tamaños de los enlaces, depende de cual de los factores domine; el aumento en la energía del enlace o el efecto de la distancia entre la molécula y la superficie adsorbente. Fassbender *et al* (1985), señala que cuando la adsorción es de tipo físico no se tienen que liberar otras sustancias adsorbidas. La adsorción física es considerada como de menor importancia en la unión de los plaguicidas al suelo.

Unión Electrostática por Intercambio de Iones y Protonación.- Este mecanismo de unión puede darse cuando el plaguicida está presente como un catión después de la protonación, las disociaciones constantes de los grupos funcionales en las moléculas de la materia orgánica determinan la cantidad de disociación a cierto nivel de pH, y consecuentemente las posibilidades para este tipo de adsorción en materia orgánica.

Un gran número de plaguicidas puede ser transformado en cationes después de la asociación de uno o más de sus protones. Los valores pK_D de los plaguicidas determinan el grado de asociación de protones y consecuentemente su conducta catiónica.

Se observa que tanto el pH del sistema del suelo en relación con los valores de las constantes de disociación de los componentes de la materia orgánica, como los valores de la constante de disociación protónica de los plaguicidas, deciden por completo la interacción entre los plaguicidas y la materia orgánica.

Cuando las fuerzas que intervienen son las electrostáticas, los procesos suelen ser reversibles y se les designa como cambio iónico, debido a que además de la adsorción de un ión se libera una cantidad equivalente de otro (Fassbender *et al*, 1985).

Unión de Hidrógeno.- Este mecanismo se considera como una protonación incompleta donde sólo hay una transferencia de carga parcial entre el donador del electrón y el aceptador del mismo. La unión de hidrógeno es muy común si el plaguicida contiene un grupo N-H como es el caso de los fenilcarbarnatos y ureas sustitutas.

Las uniones de hidrógeno pueden ocurrir como un oxígeno en la superficie arcillosa o en compuestos de materia orgánica, en este último caso pueden ser como un oxígeno de un ácido orgánico o como un oxígeno fenólico.

Unión Coordinada o Intercambio de Ligaduras.- Este tipo de unión se da como resultado de la formación de un complejo, el cual está formado por la donación de pares de electrones por el elemento ligador y la aceptación de esos electrones por un metal, esto hace que un átomo central del metal o un ión, esté rodeado por una agrupación de estos elementos.

Los agentes conocidos como los químicos orgánicos o arcillas minerales pueden actuar como elementos ligadores, ya que uno o más de estos elementos pueden sustituirse por plaguicidas.

El ión metálico forma entonces un puente entre el plaguicida y los constituyentes del suelo, los iones metálicos que inducen este tipo de unión son Co^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} y Ni^{2+} ; pero para que esta reacción se dé es requisito que los iones del metal tengan una mayor afinidad por los plaguicidas que por los enlaces sustituidos.

Los plaguicidas son adsorbidos en el suelo de acuerdo con la magnitud de la capacidad de intercambio catiónico y los minerales arcillosos más comunes como la kaolinita (k), Illita (l) y montmorillonita (m), muestran un incremento en la capacidad de adsorción de plaguicidas en ese orden.

Frissel (1961), citado en Adelantos de la Ciencia del Suelo 5 A (1978), calculó para diversos herbicidas la distribución entre las fases líquida y sólida, como una función del pH sobre la base de los valores de pka (logaritmo negativo de las constantes de asociación) de los plaguicidas:

Cuadro 5: Concentraciones Calculadas en Soluciones de Suelo y Porcentajes Adsorbidos por un Número de Herbicidas en Función del pH

Compuesto	Aplicación kg/ha	Arcilla	Concentración en solución (ppm)			Porcentaje de adsorción		
			pH			pH		
			5.5	6.5	7.3	5.5	6.4	7.3
DCN	4	I	0.07	0.19	6.7	99	97	0
		K	2.5	6.7	6.7	63	0	0
		M	0.06	0.18	6.7	99.1	97	0
Dinoseb	1	I	0.02	0.05	0.07	99	97	0
		K	0.63	1.7	1.7	63	0	0
		M	0.02	0.04	1.7	99.1	97	0
2,4 -D		I	0.05	0.09	1.7	97	95	0
		M	1.7	1.7	1.7	0	0	0
2,4,5-T MCPA	1	M	1.7	1.7	1.7	0	0	0
Monuron	1	I	0.07	0.07	0.08	96	96	95
Diuron		M	0.03	0.03	0.03	98	98	98
Trietazina		I	0.01	0.02	0.02	99.6	99.4	99
Simazina	1.5	K	0.07	0.14	0.14	97	95	95
		M	0	0.01	0.01	99.8	99.7	0.6

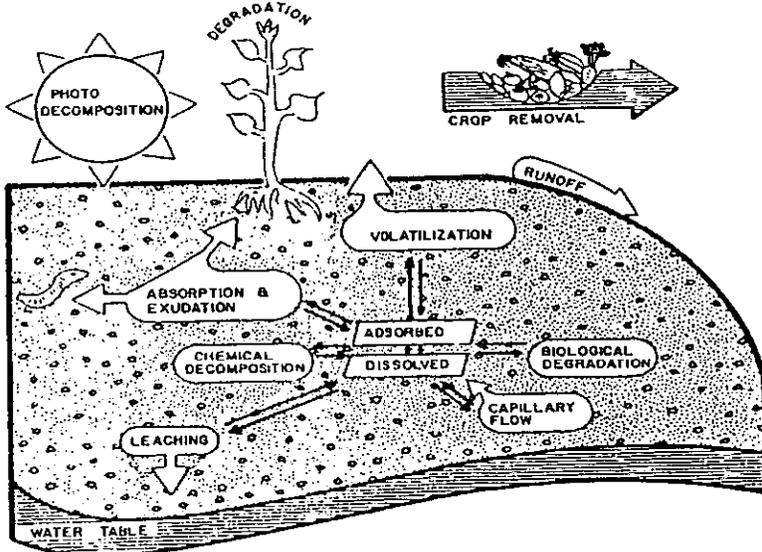
Estos datos están de acuerdo con la observación práctica de que los suelos con alta capacidad de adsorción requieren dosis más altas de herbicidas, a fin de obtener el efecto biológico deseado; que los suelos con baja capacidad de adsorción.

Sparks (1988), indica que en diversos estudios se ha encontrado que el fenómeno de adsorción - desadsorción puede darse en un solo sentido, es decir transformarse en irreversible, dándose esta situación cuando por un equilibrio en la disolución, el plaguicida es retenido mas fuertemente sobre el suelo durante la fase de desadsorción que durante la fase de adsorción.

4.3. COMPORTAMIENTO Y DESTINO DE LOS PLAGUICIDAS

Muchos factores son conocidos por influir en el comportamiento y destino de los plaguicidas después del contacto con el suelo, algunos de ellos son: lixiviación, volatilización hacia la atmósfera, fijación por el suelo, organismos o plantas, movimiento por corrientes de agua o suelo-erosionado, degradación microbial, degradación química y fotólisis, tal y como se observa en la siguiente figura, Mc. Ewen (1979):

Figura 3: Procesos que Influyen en el Destino de los Plaguicidas en el Medio ambiente del Suelo.



Las formas de movimiento de interés primario de un plaguicida aportado al suelo son:

Movimiento por escurrimiento.- Es el desplazamiento superficial de un plaguicida debido a la acción de la lluvia, la cantidad transportada está influida por: pendiente, vegetación, formulación, tipo de suelo, cultivo y cantidad de lluvia.

La mayoría de los plaguicidas comerciales presentan una pérdida por escurrimiento de 0.5% de la cantidad aplicada a menos que severas condiciones de lluvia ocurran de 1 a 2 semanas después de la aplicación. Sin embargo, existen excepciones a esta estimación general; tal es el caso de los insecticidas organoclorados, los cuales se pueden perder en casi un 10% debido a su larga persistencia. En el caso de los polvos humectables de ciertos herbicidas se pierde más del 5%, esto debido al mal tiempo y a la pendiente del terreno (Kearney, 1982).

Movimiento por suelo erosionado.- Cuando las partículas del suelo son movidas por la erosión eólica o hídrica, los plaguicidas pueden ser transportados a través de ellas. Kearney (1982), señala que al aplicar herbicidas en un suelo areno-limoso se ha encontrado que una cantidad considerable de plaguicidas es removida junto con las partículas del suelo en el cual se encuentra adsorbido, presentándose por tanto un deficiente control en las parcelas tratadas y un daño en las parcelas adyacentes.

Movimiento por corrientes subterráneas.- Con el movimiento lateral sobre del suelo los plaguicidas pueden ser reabsorbidos y movidos con esta corriente de agua subterránea según el nivel de la lixiviación que se tenga; este movimiento lateral de agua puede encontrar su máximo nivel cuando los plaguicidas son muy poco adsorbidos.

1. VOLATILIZACIÓN

Varios factores influyen en la tendencia de los plaguicidas a volatilizarse y dejar el suelo en forma de vapor; para ello, la estructura química es importante porque determina tanto la presión de vapor, como la adsorción al suelo y su solubilidad en agua.

Si se tienen condiciones frías y secas en suelos con mucha materia orgánica o arcillas se tiene una pequeña pérdida por volatilidad química, dado que el plaguicida está adsorbido estrechamente, y por el contrario cuando se tienen en el suelo condiciones húmedas y de calor se genera la desadsorción y grandes pérdidas por volatilización (Mc. Ewen, 1979).

Cuando algunos plaguicidas se pierden hacia la atmósfera por volatilización, se ha observado que estos retornan al suelo o aguas superficiales gracias a la caída de la lluvia que los contiene (Brady, 1974).

La Academia Nacional de Ciencias (1990), señala que dentro de los herbicidas, los ésteres son más volátiles que los ácidos y los ácidos más volátiles que las sales.

2. LIXIVIACIÓN

La solubilidad es el aspecto más importante que se relaciona con la persistencia del plaguicida en el suelo, por lo que un plaguicida alta o moderadamente soluble en agua, es más fácil que sea lixiviado que uno menos soluble, aunque dicha tendencia también se relaciona con su potencial de adsorción (Mc. Ewen, 1979), por lo que la acción de lixiviado se favorece por el movimiento vertical del agua y un tipo de suelo arenoso, bajo en contenido de arcillas y materia orgánica.

Una intensa lixiviación trae como consecuencia el acarreo de plaguicidas a las corrientes subterráneas de agua, originándose una potencial contaminación; cabe señalar, que en la revisión bibliográfica efectuada, no se encontró ningún estudio en nuestro país al respecto.

Brady (1974), indica que en general los herbicidas parecen ser más móviles que cualquier fungicida o insecticida; para lo cual, al estudiarlos, agrupó a los plaguicidas en 5 clases, sobre la base de su probable movilidad y observó que 58 de 61 en las 4 grandes clases móviles son herbicidas, y en contraste 19 de 29 en la clase de baja movilidad observó que son insecticidas o fungicidas.

Los principales procesos que causan la degradación de los plaguicidas en el sistema del suelo son: la fotodescomposición química y la degradación microbial, contribuyendo a modificarlos en el medio ambiente de principio a fin.

Estos tres mecanismos de degradación pueden ocurrir en forma separada, sin embargo la degradación bajo condiciones de campo es el resultado de la combinación de uno o más de estos procesos actuando simultáneamente; siendo complicado distinguir la contribución relativa de cada uno de ellos.

3. DEGRADACIÓN MICROBIAL

Los microorganismos primarios del suelo tales como: algas, hongos actinomicetes y bacterias dependen de diversos componentes orgánicos para la obtención de su energía y crecimiento. Cuando un plaguicida orgánico es agregado al suelo, tiende a un equilibrio entre los coloides y la de disolución del suelo, por lo que cualquier molécula en la disolución es inmediatamente atacada como origen potencial de energía (Mc. Ewen, 1979).

La interacción entre los microorganismos y los plaguicidas es dual: pues bien los microbios pueden actuar sobre las concentraciones de los plaguicidas y estos pueden influir fuertemente sobre la composición microbiana y actividad del suelo, ya que la presencia de ciertos grupos polares sobre las moléculas de los plaguicidas proporciona puntos de ataque para los organismos, incluyéndose dentro de estos -OH, -COO, -NH₂ y NO₂ (Brady, 1974).

Dado que los plaguicidas pueden ser una fuente novedosa de energía para los microorganismos, se origina una falta de adaptación para su degradación, por lo que una rápida adaptación favorece la prevención de una acumulación de plaguicidas (Adelantos en la Ciencia del Suelo 5 A, 1978), sin embargo, se considera que una temperatura alta, humedad adecuada, buena aireación del suelo, pH neutro y una adecuada fertilidad fomentan la presencia de los microorganismos e incrementan la desadsorción y disponibilidad del plaguicida, así como el desarrollo de los microorganismos.

4. DESCOMPOSICIÓN QUÍMICA

Las diversas reacciones químicas en un suelo pueden destruir la actividad de algún plaguicida y activar a otros. La adsorción guarda una relación inversamente proporcional con la degradación microbial, pero no así con la descomposición química de algunos componentes. Mc. Ewen 1979, señala que el pH es importante para este tipo de descomposición, pero su influencia exacta puede ser alta o baja variando para diferentes plaguicidas.

También ejercen influencia en este proceso los compuestos del suelo, ya que la mayoría de las reacciones son más efectivas en la presencia de un coloide del suelo que con una cantidad equivalente de un ácido solo, algunos constituyentes específicos del suelo como los óxidos de hierro y aluminio catalizan la descomposición; en tanto que la presencia de materia orgánica puede retardarla.

Los mecanismos de catálisis del suelo no están claramente entendidos, pues dependen de la naturaleza del plaguicida, un factor que actúa catalizando la descomposición de un compuesto puede ser un factor que limite ó retarde la descomposición química de los plaguicidas (Adelantos en la Ciencia del Suelo 5 A, 1978).

5. FOTODESCOMPOSICIÓN

Este proceso constituye la degradación de los plaguicidas por la influencia directa de la luz, de ahí que su relativa contribución sea pequeña ya que este tipo de degradación está limitada a la superficie del suelo.

Esto significa que sólo los plaguicidas que no están incorporados al suelo puedan ser atacados, así como aquellos que han sido llevados a la superficie por el afloramiento del agua por capilaridad durante un periodo de desecación.

Probablemente la contribución más importante de la fotólisis está dada por el incremento de la degradabilidad microbiana de los plaguicidas después del pretratamiento fotolítico (Adelantos en la Ciencia del Suelo 5 A, 1978).

Otra de las formas que marcan el comportamiento de los plaguicidas en el suelo, es cuando en una buena cantidad son absorbidos por los cultivos, lo cual se complica en aquellos casos donde los plaguicidas son muy volátiles (v. gr. Herbicidas Dinitroanilinas y Tiocarbamatos).

Cuando el plaguicida es absorbido por el cultivo se considera que este puede ser degradado en las plantas, o bien es removido cuando llega el momento de la cosecha.

Además, se debe considerar la probable influencia de las diferentes prácticas culturales sobre la persistencia del plaguicida en el suelo, teniendo en cuenta que una larga persistencia se da por completo cuando se mezclan los plaguicidas en el suelo.

Lichteinstein y Scholz (1961), citados por Mc. Ewen (1979), encontraron que en suelos rociados con DDT y Aldrín al ser arados diario durante tres meses, desaparecieron más rápido los plaguicidas que cuando fueron arados solo una vez, lo cual hace suponer que sucedió gracias a la constante exposición de las capas inferiores del suelo a la intemperie, ocasionando volatilización y foto descomposición.

Brady (1974) señala que la persistencia de los plaguicidas en el suelo es un sumario de todas las reacciones y movimientos antes descritos, quienes afectan su degradación y que aquellos plaguicidas más persistentes en el medio se convierten en residuos fitotóxicos o indeseables.

Es importante considerar la persistencia de los plaguicidas en el suelo por sus efectos nocivos a largo plazo para la microflora y microorganismos útiles, por sus efectos fitotóxicos indeseables en cultivos subsiguientes o bien, por los residuos que pudieran detectarse en cultivos sucesivos no sensibles al compuesto químico, según López (1985), la persistencia está condicionada por:

- Las propiedades fisicoquímicas del plaguicida
- Características físicas y fisicoquímicas del suelo (v.gr. textura, materia orgánica, pH, etc.).
- Acción microbiológica

- Factores climáticos

Es por ello que la persistencia de un plaguicida varía de un lugar a otro; siendo importante destacar la necesidad de llevar a cabo investigaciones acerca de la persistencia de los plaguicidas en el medio en que se aplicarían, con el objeto de evaluar los riesgos que pudieran presentar (CICOPLAFEST, 1993).

Cuadro 6: Persistencia de insecticidas organoclorados en el suelo. (Compilado por Metcalf, 1976)

<i>Insecticida</i>	<i>50% pérdida de toxicidad</i>	<i>95% pérdida de toxicidad</i>
	<i>Número de años</i>	<i>Número de años</i>
DDT	3-10	4-30
Aldrín	1-4	1-6
Chlordano	2-4	3-5
Dieldrín	1-7	5-25
Endrín	4-8	ND*
Heptaclor	7-12	3-5
Lindano	2*	3-10
Toxafeno	10	ND*

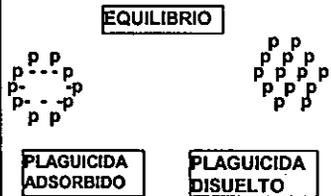
Fuente: IUCN, citado en Bifani (1999).

Mc. Ewen (1979), indica que son muchos los procesos que influyen en el movimiento, persistencia y actividad de los plaguicidas en el suelo, siendo obvio que son desconocidas muchas de las vías mediante las cuales interactúan, sin embargo en la figura 4, se señalan algunas de esas posibles interacciones, enfatizando en los factores que influyen en la adsorción y desadsorción.

Figura 4: Procesos que Influyen en el Movimiento, Persistencia y Actividad de los Plaguicidas en el Suelo

- FACTORES QUE PROVOCAN DESADSORCION:**
1. ALTA TEMPERATURA DEL SUELO
 2. ALTA SOLUBILIDAD DE LOS PLAGUICIDAS DENTRO DE GRUPOS RELACIONADOS
 3. ALTO CONTENIDO DE HUMEDAD EN SUELOS LIGEROS
 4. ALTO PORCENTAJE DE ARENA
 5. UN pH ALTO

- FACTORES QUE PROVOCAN MOVIMIENTO DE PLAGUICIDAS ADSORBIDOS:**
1. SUELO EROSIONADO
 2. CUANDO ES TOMADO POR LOS GUSANOS DE TIERRA LIPOFILICOS
 3. DESCOMPOSICION QUIMICA



- FACTORES QUE PROVOCAN MOVIMIENTO DE PLAGUICIDAS DESADSORBIDOS:**
1. VOLATILIZACION DEL SUELO
 2. MOVIMIENTO HACIA ABAJO POR LIXIVIADO
 3. MOVIMIENTO LATERAL POR AGUA SUPERFICIAL
 4. DEGRADACION POR MICROORGANISMOS
 5. ABSORCION POR PLANTAS

- FACTORES QUE PROVOCAN ADSORCION:**
1. ALTO CONTENIDO DE ARCILLA
 2. ALTO CONTENIDO DE MATERIA ORGANICA
 3. GRAN POLARIDAD DE LA MOLECULA DEL PLAGUICIDA
 4. NATURALEZA CATIONICA DE LAS MOLECULAS DEL PLAGUICIDA

Fuente: Mc. Ewen, 1979.

V. RELACIÓN PLAGUICIDA - ORGANISMOS DEL SUELO

Edwards (1973), citado por Mc. Ewen (1979), enlistó cuatro posibles efectos sobre organismos vivos en un suelo contaminado con insecticidas, pudiendo considerarse éstos, como efectos probables de los plaguicidas en general:

- Pueden de manera directa ser tóxicos para animales y/o plantas vivas en el suelo.
- Pueden afectar a los organismos genéticamente creando resistencia a los plaguicidas.
- Pueden tener efectos subletales en los organismos que resulten en alteraciones en su comportamiento o cambio de su actividad metabólica o reproductiva.
- Pueden ser tomados por la flora y fauna del suelo y llevados hacia niveles tróficos superiores.

La magnitud real de estos efectos no ha sido determinada con certidumbre para la mayoría de los plaguicidas, sin embargo existen datos sobre algunos de ellos donde se han notado los efectos antes descritos (v.gr. DDT y Aldrín).

El medio ambiente vivo debe mucho de su actividad a los microorganismos hospederos tales como: bacterias, hongos, algas y nemátodos, quienes son importantes para la nutrición del suelo a través de la descomposición de residuos orgánicos y la nitrificación.

Brady (1974), indica que algunos plaguicidas usados con frecuencia afectan severamente grupos específicos de organismos, algunos de los cuales llevan importantes procesos en el suelo; sin embargo la Academia Nacional de la Ciencia (1990), señala que los herbicidas pueden producir efectos transitorios, ya sea como estimulantes o inhibidores en los microorganismos del suelo y que ninguno de estos efectos es duradero.

Los fungicidas reducen de manera temporal la actividad de los hongos del suelo, pero con excepción del mercurio y el Benomil cuando el fungicida no es muy persistente se considera que dicho efecto es también transitorio. Muchos nematocidas suprimen después de su aplicación la actividad microbiológica del suelo, pero en función de las altas presiones de vapor que estos tienen tienden a volatilizarse muy rápido por lo que se pierden del suelo, permitiendo así que las poblaciones rebroten (Mc. Ewen, 1979).

La aplicación de los fumigantes al suelo representa un efecto más drástico sobre la vida de los microorganismos que la aplicación de cualquier otro plaguicida; por ejemplo el 99% de la población microartrópoda muere por la

acción del DD y Vapam, requiriéndose muchos años para su repoblación, en el caso de la microflora el tiempo de recuperación se ha observado que es más corto, aunque este varía según el organismo de que se trate, se puede esperar que al alterar poblaciones completas posterior a la fumigación, algunas de ellas se pueden disparar por encima de otros organismos de la población original.

Algunos insecticidas y herbicidas pueden afectar el crecimiento de hongos causantes de enfermedades, por lo que al aplicarlos existe un combate secundario sobre la fungosis; sin embargo también existen efectos opuestos, donde después de la aplicación del plaguicida se incrementa la severidad de alguna enfermedad no considerada como problema: Por ejemplo la infección en la raíz de remolacha azucarera se asocia con el uso de los herbicidas Pebulate y Piragón, lo que hace pensar que los plaguicidas afectan tanto a competidores o predadores de los patógenos de plantas, incrementándose por tanto las oportunidades para atacar (Brady, 1974).

En resumen los diferentes grupos de microorganismos del suelo difieren mucho en su respuesta a los plaguicidas, lo cual se puede explicar dada la interacción dual de estos, pues como ya se mencionó los pueden degradar total o parcialmente para utilizarlos como fuente de energía.

Cabe señalar que las alteraciones entre plaguicidas y microorganismos del suelo han sido pobremente estudiadas, motivo por el cual resulta importante llevar a cabo investigaciones sobre los efectos que producen los plaguicidas sobre los microorganismos benéficos (Academia Nacional de la Ciencia, 1990).

Otro grupo de organismos del suelo dañados por el empleo de los agroquímicos son los invertebrados, dentro de los cuales destacan: los Artrópodos (insectos, ácaros, arañas, milpiés, etc.); Molusca (caracol, babosa); Anélida (gusanos de tierra) y Protozoa (amiba y paramecio), siendo importantes todos ellos para mantener la estructura y nutrición del suelo.

Los insecticidas han mostrado su influencia en poblaciones de artrópodos y dado que no todos son selectivos, eliminan tanto a las especies benéficas como a las dañinas (v.gr. insecticidas organoclorados DDT, Aldrín y Dieldrín).

Los efectos de insecticidas sobre los invertebrados del suelo pueden ser transitorios, y en muchos casos, las poblaciones retornan a su población normal dentro de un periodo corto de tiempo, sin embargo hay sus excepciones; por ejemplo el uso del Dieldrín en altas dosis persiste en niveles tóxicos para larvas de escarabajo por algunas temporadas (Mc. Ewen, 1979).

El mismo autor citando a Edwards (1970), señala que el total de poblaciones de artrópodos era mucho más eliminada por la labranza que por un tratamiento de Aldrín y concluyó que la contribución de estos a la fertilidad del suelo no resulta afectada por el uso de plaguicidas enmarcado dentro de una agricultura racional, debiéndose tener mucho cuidado con los cambios genéticos que puedan ocasionar.

Los insecticidas fueron desarrollados de manera específica para el control de los artrópodos, lo cual sugiere que estos organismos puedan ser muy sensibles y puedan morir más bien que persistir con altas cargas en su cuerpo, muchos insecticidas son tóxicos en un rango de 1-10 mg/Kg.

Los gusanos de tierra y las babosas son abundantes dentro de los invertebrados del suelo, sin embargo cualquiera de los dos puede llegar excepcionalmente a alcanzar el nivel de plaga, siendo relevante su papel en la descomposición de los residuos vegetales.

Son pocos los productos químicos insecticidas y fungicidas que pueden lograr un daño sobre la población de gusanos de tierra, siendo esto menos probable si se consideran las dosis normales empleadas para la plaga o enfermedad objetivo, para que a su vez causara una toxicidad directa o residual sobre los gusanos de tierra, quienes son considerados como altamente resistentes a una amplia gama de plaguicidas.

Sin embargo, en diversos estudios citados por Mc. Ewen (1979), se indica que en los gusanos de tierra estudiados se detectaron residuos de plaguicidas en niveles muy altos, principalmente los insecticidas organoclorados, aún cuando el nivel residual del mismo plaguicida en el suelo fue más bajo. Estos altos niveles de plaguicidas son almacenados en el cuerpo de los gusanos de tierra, los cuales pueden ser excretados y metabolizados en algunos de los casos.

En tanto que para las babosas se ha observado que pueden ser dañadas por aquellos plaguicidas que actúan como veneno estomacal, el Metaldehído y Metiocarb son tóxicos cuando se usan como camadas y el Endrín y el Forate son reportados como tóxicos por Edwards y Thompson (1973), citado Mc. Ewen (1979); sin embargo el grado de toxicidad reportado es improbable encontrarlo de manera residual en el medio ambiente.

Edwards (1973), citado por Mc. Ewen (1979), tabuló los niveles en ppm de plaguicidas requeridos para lograr un 95% de mortandad en gusanos de tierra y babosas: para los primeros son: Aldrín (7125), Endrín (10), Toxafeno (715), Clordano (5), DDT (7200), Dieldrín (7100), Heptaclor (2) y Lindano (765), para los segundos se tiene: Aldrín (250), Clordano (710) y Endrín (720).

Cabe señalar que con la aplicación de algunos plaguicidas se llega a afectar tanto la mineralización del nitrógeno como la nitrificación, siendo este efecto más drástico cuando se emplean los fumigantes; ya que actúan retardando el crecimiento de los agentes nitrificadores lo que ocasiona una acumulación de amoníaco, algunas veces en niveles tóxicos; sin embargo se reconoce que en dosis recomendadas en campo no se perjudican los organismos nitrificadores (Brady, 1974).

Resulta importante señalar también la situación que se da entre los plaguicidas y las plantas cultivadas, en general se considera que aún después de la absorción las partes aéreas de las plantas contienen una pequeña porción de residuos, siendo que las raíces tienden a absorber altas cantidades, para aquellas especies cultivadas dentro de la tierra (v.gr. papa, betabel, etc.), es más alto el contenido de plaguicidas en la cutícula que en la pulpa.

Para el caso de los plaguicidas sistémicos los cuales son absorbidos por toda la planta, resulta fundamental conocer de manera precisa el tiempo que debe transcurrir desde su aplicación hasta su cosecha, pues de lo contrario podrían persistir residuos excesivos.

Otro grave problema que puede causar el uso de plaguicidas es la fitotoxicidad a las plantas, la cual se origina por los altos niveles residuales de plaguicidas que actúan inhibiendo el crecimiento de cultivos posteriores, dentro de los cultivos más sensibles se reportan al frijol, las habas y los chícharos, esta situación se debe tener muy cuenta en la rotación de cultivos.

Así mismo, algunas plantas son demasiado sensibles para algunos herbicidas, quienes representan un problema si son mal aplicados, Allen (1974), citado por Mc. Ewen (1979), mostró que 2, 4 D y Picloram en bajas concentraciones causaron daños irreversibles en plantas de tomate cultivadas cerca del área tratada.

VI. MUESTREO DE SUELOS POTENCIALMENTE CONTAMINADOS

La movilidad de los plaguicidas en el suelo influye en su eficiencia biocida y su potencial para contaminar el medio ambiente, por lo que resulta importante evaluar su vida media (persistencia) bajo condiciones de campo.

Redondo, et. al. (1994) analizó el movimiento y degradación de Tiobencarb en un cultivo de arroz, y Diazinón y Prometin en un huerto, siguiendo un monitoreo a través de la toma de muestras en puntos, en estratos y tiempos diferentes a lo largo de dos meses; concluyendo que los resultados obtenidos no son acordes con los reportados en la literatura, lo cual se explica por la fuerte influencia que ejercen sobre la movilidad y

persistencia los factores climáticos, métodos agrícolas, cultivos y las características del suelo, por lo que resulta necesario monitorear el comportamiento de los plaguicidas en el suelo tomando en cuenta estos factores.

Para la toma de muestras en nuestro país se debe apegar a lo establecido en la Norma Oficial Mexicana expedida el día 2 de mayo de 1988 y publicada en el Diario Oficial de la Federación el 17 de mayo 1988, denominada NOM-AA-105-1988, "Plaguicida-determinación de residuos en suelo - método de toma de muestras", la cual considera la siguiente metodología:

1. OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta Norma Oficial Mexicana establece el método para obtener muestras de suelo para la determinación de residuos de plaguicidas.

2. APARATOS Y EQUIPO

Tubo recolector de muestras de suelo para análisis de fertilidad con corte a media caña o barrena tipo tornillo. En caso de no contar con el equipo anterior, se podrá usar una pala recta, misma que será útil para el cuarteo de las muestras.

Cubeta de lámina con tapa, de capacidad de 10 litros.

Guantes de hule.

Hoja de polietileno de 1.5 m x 1.5 m libre de contaminantes.

Bolsas de plástico nuevas, de resistencia comprobada, con capacidad de 2.5 Kg.

3. CONDICIONES GENERALES

La unidad de muestreo consistirá en un área no mayor de 5 Has. Donde el tipo de suelo, su manejo previo y relieve del terreno no sean aparentemente uniformes.

El área seleccionada para la toma de muestras deberá tener un historial bien conocido de tratamiento de plaguicidas.

En el caso de terrenos agrícolas, la toma de muestras debe realizarse aproximadamente 15 días antes de la siembra del cultivo.

Antes y después de la toma de muestras, debe descontaminarse el equipo con acetona grado técnico.

El tamaño de las muestras primarias debe ser uniforme.

4. PROCEDIMIENTO

Una vez seleccionada la unidad de muestreo, se debe trazar una línea diagonal que servirá de referencia para fijar los puntos de recolección de muestras primarias, incluyéndose 20 m en ambos extremos.

Se deben fijar los puntos de recolección en zig-zag en cantidad no menor de 25 a 5 m de la diagonal (ver anexo 4).

Las muestras de suelo se deben obtener con el equipo recolector, de la superficie hasta una profundidad de 25 cm. En caso necesario se tomará una muestra del subsuelo a partir de los 26 cm. Llegando hasta los 80 cm de profundidad si las características del mismo lo permiten, teniendo cuidado de remover la capa vegetal superficial en los puntos de recolección.

Las muestras primarias se deben depositar en una cubeta donde se mezclarán perfectamente para así formar la muestra general.

En caso que la muestra a granel exceda de los 2 Kg ésta debe extenderse en la hoja de polietileno con la pala, hasta formar una capa de espesor uniforme y contorno más o menos circular, para proceder al cuarteo.

El cuarteo se debe repetir tantas veces como sea necesario hasta obtener una muestra final de 2 Kg la cual se colocará en una bolsa de plástico.

La muestra final debe presentar, en su envase, una etiqueta de identificación que contenga los siguientes datos:

- ◆ Nombre del responsable del predio.
- ◆ Procedencia (localización del predio, municipio, estado).
- ◆ Fecha y hora de la toma de muestra.
- ◆ Superficie del lote muestreado.
- ◆ Nombre del recolector.

Adjunto a la muestra se debe enviar el historial del terreno de donde fue tomada, con los datos indicados en el Anexo 5.

Poner la bolsa de la muestra en una segunda bolsa y la etiqueta y el anexo entre las dos, para su mejor conservación.

5. ENVIO DE LAS MUESTRAS AL LABORATORIO

La muestra final debe protegerse de tal forma que evite la contaminación exterior, así como daños que puedan producirse durante su traslado.

La muestra final debe ser enviada de inmediato al laboratorio, comunicando mediante teléfono, radio, télex o telegrama, los detalles del envío, como son el número del documento de embarque, número de vuelo y otros con el objeto de evitar demoras en su recepción.

Las muestras no deben transportarse en vehículos que carguen plaguicidas o cualquier otro tipo de sustancias que pudieran contaminarlas, como petróleo, gasolina o aceites.

En el caso de que se envíen 2 o más muestras en un embalaje, este debe llevar en su interior, una relación de las muestras que contenga, quedando una copia en poder del recolector para cualquier aclaración.

De manera particular la Guía de Referencia para el muestreo de suelos de los Laboratorios A-L de México, S. A. de C.V. con sede en la ciudad de Guadalajara, Jalisco, señala que el muestreo para residuos de herbicidas depende del producto y del tipo de suelo, ya que algunos herbicidas no se mueven mucho en suelo de textura fina (franco-arcillosos), excepciones son el Amiben, Banvel 2-4-0 y Tordon. En suelos de textura gruesa (arenosos), todos los herbicidas tienen más movimiento.

La profundidad común del muestreo debe ser de 7.5 cm, a menos que el herbicida sea muy lixiviable debido a su naturaleza química o textura del suelo. Cada herbicida tiene su propia velocidad de descomposición en el suelo, pero es más lenta en los suelos fríos y se detiene cuando la temperatura es inferior a los 16° C.

Una vez recibidas las muestras en el laboratorio se procesarán para su estudio, según Seoánz (1977) el estudio de los plaguicidas contenidos en el suelo se basa en técnicas cromatográficas aplicándose el proceso clásico de extracción y concentración:

1. Se añade a la muestra acetona RP
2. Agitación
3. Filtrado
4. Reparto en agua bidestilada
5. Concentración en evaporador rotativo de vacío
6. Adición de cloroformo RP

En caso de que el estudio sea sobre productos organoclorados, se aplica la cromatografía de gases con detectores de captura de electrones.

Si se trata de productos organofosforados o de carbamatos se aconseja la cromatografía de capa fina (utilización del poder inhibidor de algunos plaguicidas respecto de ciertas enzimas, uso de vapores de bromo para identificación de metabolitos, etc.).

Con el uso de técnicas nucleares consistentes en el etiquetado del plaguicida con ^{14}C se han realizado estudios sobre los residuos en el suelo que no son detectados por algún método analítico, considerando en la evaluación los residuos no extractables (algunas veces referidos como

enlazados o no extraídos) definidos como especies químicas originadas de los plaguicidas (Klein, 1982).

Con esta metodología se persigue el estudio de la correlación que existe entre el plaguicida enlazado con: la estructura química de los compuestos paternos, tiempo de curso del enlace, factores medioambientales que influyen el enlace, sitios y mecanismos de enlace, técnicas de laboratorio para liberar residuos enlazados, su identidad química, su persistencia y biodisponibilidad.

Debido a que la relación suelo – plaguicida esta influida por diversos factores que pueden ser muy específicos para cada caso en particular y debido a que los residuos no extractables se pueden encontrar en todas las fracciones del suelo, Klein (1982) señala que para un adecuado análisis es conveniente fraccionar el suelo en sus componentes orgánicos e inorgánicos, encontrando dicho autor en sus investigaciones que la mayor parte de fijación irreversible de los residuos químicos se da en la fracción orgánica.

Sin embargo, en el proyecto de Norma Oficial Mexicana 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, se señala de manera general que el sistema más común para el análisis de residuos es:

- Extracción.- Utilizando el método de multiresiduos de plaguicidas.
- Purificación.- Purificación de la muestra pasándola a través de columna florisil.
- Análisis cualitativo.- Por comparación contra estándares de alta pureza, cuyas inyecciones deben ser subsecuentes.
- Análisis cuantitativo.- Por comparación contra estándares de concentración conocida y de alta pureza.
- Confirmación de la identidad.- Utilizando el método de confirmación por multicolumna.

Para el caso de control de calidad de formulaciones de plaguicidas, se utilizarán las técnicas validadas por el Centro Nacional de Referencia de Plaguicidas.

VII. MÉTODOS PARA LA RECUPERACIÓN DE SUELOS CONTAMINADOS

La creciente aplicación de un plaguicida conlleva necesariamente a determinar los niveles permisibles en el suelo, y por ende en aquellos casos con altos niveles es necesaria su recuperación lo cual ha

promovido una intensa investigación respecto al tratamiento de suelos contaminados.

Los procesos de tratamiento químico parecen ser una alternativa prometedora ya que puede destruir o transformar los plaguicidas contaminantes; dentro de los procesos utilizados se tienen los siguientes: oxidación, reducción, hidrólisis, deshalogenación y fotólisis, aunque cabe señalar que en la literatura consultada se refiere sólo a tratamientos ex-sitú, y para el caso de una contaminación por plaguicidas se refieren solo a los tres últimos (Dávila, B. y Roulier M., 1992).

Dentro de los plaguicidas que han sido tratados en esta forma tenemos al: Paraquat, Paratión, S-triazinas y compuestos organofosforados, aunque existe cierta oposición a aplicar tratamientos o agentes químicos que puedan generar productos considerados como sustancias más peligrosas que el compuesto considerado.

1. PROCESO DE DESHALOGENACIÓN

La deshalogenación es un proceso en el cual un reactivo es aplicado directamente al suelo contaminado. El reactivo reacciona con el contaminante ocasionando la remoción de uno o más átomos del elemento halógeno (cloruro, flúor, etc.) de una molécula del plaguicida.

Esta reacción química es una sustitución, donde los átomos de halógeno son reemplazados por otros átomos o por otros grupos químicos, siendo potencialmente efectiva para aquellos plaguicidas que contengan halógenos.

Dentro de los parámetros que controlan la efectividad de este proceso están: el tiempo de reacción, el control de pH, la temperatura, el tipo de suelo y el contenido de agua.

2. DEGRADACIÓN QUÍMICA POR HIDROLISIS

La hidrólisis se refiere a la reacción de agua con un compuesto orgánico o inorgánico, en donde un átomo de hidrógeno, oxígeno y/o un grupo de hidróxido de agua es incorporado en los productos que resultan de la reacción, dentro de los plaguicidas con potencial de degradación se encuentran: los carbamatos, las amidas y los organofosforados.

Los parámetros que afectan la velocidad de reacción son: temperatura, composición solvente, catálisis y pH, pudiendo ser aumentada a una orden de magnitud con un cambio de una unidad en el pH. La hidrólisis de Paratión ocurre rápido en solución alcalina a un pH mayor de 9, mientras que los organofosforados y carbamatos también pueden ser degradados bajo condiciones alcalinas.

Toda vez que el pH puede ser controlado, la hidrólisis puede ser un buen medio de recuperación de suelos, sin embargo derivado de la recuperación, pueden resultar productos más tóxicos que el plaguicida original, por esta razón, la trayectoria de la reacción debe ser bien conocida para asegurar la viabilidad de esta tecnología.

3. DEGRADACIÓN QUÍMICA POR FOTÓLISIS

La fotólisis es un proceso que descompone un químico por medio de la acción luminosa, usualmente de un largo de onda específico. La energía de los largos de onda en la región ultravioleta (190-300 nm) resulta suficiente para romper los enlaces químicos.

En este proceso la reacción química puede ocurrir sobre la superficie de la fase sólida o en la fase líquida, esta tecnología es efectiva en especies químicas con poca movilidad, tal como las dioxinas.

Entre los compuestos peligrosos producto de este tratamiento químico están el Dieldrín y Para-Oxon, formados a partir de Aldrín y Paratión respectivamente. Productos tales como el fosgeno son producidos a partir del Cloropicrin y la producción de PCB'S a partir de la fotólisis con la luz ultravioleta.

La velocidad de la fotoreacción es afectada por: la naturaleza del largo de onda penetrando el medio de reacción, el espectro de absorción y la concentración de las especies químicas reactantes, el rendimiento de energía producido sobre la absorción de energía luminosa, la naturaleza del medio en que ocurre la reacción y las interacciones entre plaguicida y medio ambiente.

Una gran desventaja al tratar suelos vía fotólisis es la escasa penetración de la radiación ultravioleta en el suelo. Los estudios demuestran que esta zona se limita a los primeros 1 ó 2 mm de la superficie del suelo.

Es importante subrayar que estos tratamientos en la actualidad están muy limitados y son costosos, además presentan ciertos problemas técnicos que limitan su aplicación en campo, por lo que es importante continuar desarrollando la investigación necesaria para adaptar y encontrar procesos químicos adicionales para aplicarlos en la recuperación de suelos agrícolas contaminados.

4. OTRAS ALTERNATIVAS EN ESTUDIO

Pignatello, et. al (1994), estudió la oxidación química de suelo contaminado por plaguicidas con quelatos férricos y H₂O₂ como una técnica potencial para remediar el suelo; donde las reacciones tipo Fenton generan hidrófilos radicales y son por lo tanto potencialmente útiles para la degradación del plaguicida.

El uso de sales simples de Fe es limitado, sin embargo el ión ferroso puede ser agregado estequiométricamente y puede competir con compuestos orgánicos por OH, el ión férrico es un catalizador, pero insoluble arriba de un pH3.

El mismo autor investigó los quelatos solubles: ácido gálico (GAL), hidroxyetilaminodiacetiácido (HEIDA) y nítilotriacetiácido (NTA) para degradar 2,4D y Metaclor en un suelo con pH 6.3, obteniendo la remoción completa del 2,4- D para Fe- HEIDA y FeNTA en concentraciones de H₂ O₂ de 0.5 y 1.0 mole Kg⁻¹; en tanto que el Metaclor fue removido casi en un 90% con la presencia de Fe-NTA y H₂ O₂.

Otra alternativa para el tratamiento de estos suelos, es el empleo de diversas especies microbiológicas (bioremediación), las cuales son especies naturales o manipuladas genéticamente, aunque el problema inicial que se presenta son las barreras físicas, químicas y biológicas para el establecimiento del inoculante en el suelo (Burns y Mc. Ghee, 1994).

Aún cuando la concentración del plaguicida contaminante pueda ser la apropiada, la adsorción en arcillas y complejos húmicos reduce su biodisponibilidad; además, los suelos contaminados con frecuencia contienen una mezcla de compuestos orgánicos, por lo que la biodegradación de todos ellos requiere una comunidad interactiva de especies microbiológicas.

El empleo de este tipo de tratamiento requiere para su éxito que el suelo sea arado para su aireación, que sea irrigado y que se le apliquen enmiendas de nutrientes, así como que se inocule en múltiples ocasiones usando cultivos mixtos de microbios que degraden los plaguicidas.

Burns et. al. (1994), estudió tres bacterias Gram negativas aisladas (Sb5, SB9 y SA2) para bioremediar suelo contaminado con 2,4 D y MCPA, donde la desaparición de los plaguicidas fue monitoreada por cromatografía de gases/espectrofotogrametría de masa, seguido de extracción y metilación.

La degradación del plaguicida MCPA en un 98% fue después del día 14 con la bacteria SB9 y para el 2,4 D fue del 78% con la SB5 en el mismo tiempo, en comparación con un 25% de los suelos no inoculados con bacterias, para ese periodo de tiempo.

Sin embargo, para el día 28 más del 90% de los plaguicidas fueron degradados en ambos tratamientos y controles, siendo evidente que la agregación de plaguicidas enriqueció o aclimató a los microbios

indígenas, los cuales efectuaron una casi rápida degradación entre los días 14 y 28.

Experimentos subsecuentes del mismo autor, le permitieron identificar que la disponibilidad de N y P era crítica en la bioestimulación del suelo contaminado, que el encalado del suelo reduce la velocidad y extensión de degradación de los plaguicidas, aunque dicho autor indica que estos experimentos a gran escala para la bioremediación de suelos, deben ser todavía discutidos.

Las pruebas de campo son difíciles de conducir debido a la accesibilidad del sitio y topología, la heterogeneidad física de los suelos y la distribución discontinua de los plaguicidas. Así pues, la densidad de inoculación, preparación y movimiento de las capas superficiales del suelo necesitan ser más investigadas; el éxito de los procesos de bioremediación deberá evaluarse con miras a la recuperación de la capacidad biológica del suelo, usando índices de masa microbial y actividad enzimática.

Según Rodríguez (1999), la PROFEPA gestionó la creación de un grupo de trabajo como una solución a la problemática en materia de sitios contaminados con materiales y residuos peligrosos, en el que participan el Instituto Nacional de Ecología, la Comisión Nacional del Agua, la UNAM, la UAM y el IPN.

El procedimiento cronológico seguido por PROFEPA para la restauración de suelos contaminados puede ser el siguiente: a) Detección del sitio. La detección se puede dar a través de un informe de accidente, una auditoría ambiental, una visita de inspección, una notificación de forma voluntaria o puede consistir de un sitio abandonado; b) Evaluación de los daños ambientales (caracterización del sitio), c) Investigación de la causa raíz del accidente (de ser aplicable); d) Estudio de riesgo ecológico y a la salud, siguiendo los procedimientos del INE para el caso o la reevaluación de los daños; e) Propuesta de restauración; f) Programa de prevención de accidentes (de ser aplicable); g) Seguimiento y conclusión y h) Registro de restauraciones llevadas a cabo.

Hasta 1999 la PROFEPA reportó más de 15 restauraciones bajo los criterios y procedimientos definidos por el citado grupo de trabajo, dentro de los principales agentes contaminantes estuvieron: gasolina, combustóleo, diesel, petróleo crudo, aceites, tolueno, benceno, ácido sulfúrico y únicamente el bromuro de metilo por parte de los plaguicidas.

VIII. MARCO LEGAL MEXICANO SOBRE LOS PLAGUICIDAS

Dentro del manejo integrado de plagas, los productos químicos constituyen la estrategia más usada para combatir sus poblaciones y los daños que estas causan. En este sentido, la regulación de estos insumos tiene por objeto permitir que la sociedad obtenga los beneficios que derivan de su empleo, con los mínimos efectos nocivos para las actividades agrícolas, el hombre y el ambiente.

En ese contexto, la información que se expondrá a continuación constituye el sustento del sistema mexicano legal sobre registro de productos y empresas, aprobación de profesionales, inspección y vigilancia, posregistro y normatividad sobre los plaguicidas.

1. LEY FEDERAL DE SANIDAD VEGETAL

Esta Ley se publicó el día 5 de enero de 1994 y tiene por objeto regular y promover la Sanidad Vegetal, la cual persigue la adecuada aplicación de las siguientes disposiciones fitosanitarias; diagnosticar y prevenir la diseminación e introducción de plagas de los vegetales, sus productos y subproductos; establecer medidas fitosanitarias; y regular la efectividad biológica, aplicación, uso y manejo de insumos, así como el desarrollo y prestación de actividades y servicios fitosanitarios. (Art. 1º y 2º).

Estableciendo por efectividad biológica, el resultado conveniente que se obtiene al aplicar un insumo en el control o erradicación de una plaga que afecta a los vegetales; y por insumos, cualquier sustancia o mezcla utilizada en el control de plagas de los vegetales tales como plaguicidas, agentes de control biológico, material transgénico, feromonas, atrayentes y variedades de plantas resistentes. (Art. 5º).

En su Artículo 7º establece que la aplicación de la misma le corresponde a la SAGAR la cual tiene entre otras las siguientes atribuciones:

Dictaminar sobre los aspectos fitosanitarios de los límites máximos de residuos de plaguicidas que se establezcan y, en el ámbito de su competencia, vigilar su observancia:

Así como organizar, integrar y coordinar el Consejo Nacional Consultivo Fitosanitario e integrar los Consejos Consultivos estatales;

Además de dictaminar la efectividad biológica de los plaguicidas e insumos de nutrición vegetal;

Aprobar a organismos nacionales de normalización, las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal deberán coordinar sus actividades con la SAGAR, cuando tengan relación con la materia de sanidad vegetal (Art. 8º), organismos de certificación, unidades de

verificación y laboratorios de pruebas en materia de sanidad vegetal, propiciando su acreditamiento.

De igual forma, la SAGAR, en el ámbito de sus atribuciones, coadyuvará con las Secretarías de Salud y de Desarrollo Social, para vigilar el cumplimiento de las normas oficiales aplicables a los plaguicidas e insumos de nutrición vegetal (Art. 10).

La Ley en su Artículo 19 establece que las medidas fitosanitarias tienen por objeto prevenir, confirmar excluir, combatir o erradicar las plagas que afectan a los vegetales, sus productos o subproductos y están determinadas por las normas oficiales que tienen por objeto establecer entre otros los siguientes puntos:

- Formular estudios de efectividad biológica sobre insumos.
- Aprobar organismos nacionales de normalización, organismos de certificación, unidades de verificación y laboratorios de pruebas.
- Certificar, verificar e inspeccionar las normas oficiales aplicables a las actividades o servicios fitosanitarios que desarrollen o presten los particulares.
- La capacidad que deberán tener las personas responsables de elaborar estudios de efectividad biológica de insumos.

La SAGAR establecerá a través de normas oficiales, los procedimientos para certificar y evaluar la efectividad, biológica, aplicación, uso y manejo en el campo, que deberán reunir los insumos fitosanitarios y de nutrición vegetal. Asimismo determinará las actividades y servicios fitosanitarios cuya prestación y desarrollo deberá sujetarse a normas oficiales y a la certificación y verificación correspondientes (Art. 38).

En su Artículo 39 señala que los plaguicidas e insumos de nutrición vegetal deberán contar con el registro de la dependencia de la Administración Pública Federal competente. Los interesados presentarán para dictamen un estudio de efectividad biológica a la SAGAR u organismos de certificación o unidades de verificación acreditados, mismo que se remitirá a la dependencia encargada del registro opinando sobre la conveniencia de inscribir el insumo de que se trate, así como las plagas específicas y cultivos sobre los que se recomienda su aplicación.

Así mismo, establece que la SAGAR a través de normas oficiales, podrá determinar los insumos fitosanitarios que sólo podrán ser adquiridos o aplicados por recomendación escrita de profesionales fitosanitarios y bajo supervisión de la SAGAR. Para tal efecto, los profesionales fitosanitarios deberán satisfacer los requisitos indicados en el reglamento de esta Ley (Art. 42).

Además de que las personas físicas o morales que se dediquen a la fabricación, formulación, importación, aplicación y comercialización de insumos fitosanitarios, y de nutrición vegetal, deberán solicitar a las unidades de verificación u organismos de certificación acreditados que, con posterioridad a la certificación y con la periodicidad que establezca la norma oficial respectiva, corroboren que la efectividad biológica y las recomendaciones sobre aplicación, uso y manejo sean las indicadas en la misma norma (Art. 45).

En el Artículo 49 en su tercer párrafo, considera que la acreditación de los organismos nacionales de normalización, organismos de certificación, unidades de verificación y laboratorios de pruebas aprobados por la SAGAR, se hará en los términos previstos en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización.

Los artículos 54 y 55 establecen que la SAGAR podrá verificar e inspeccionar en cualquier tiempo y lugar el cumplimiento de las disposiciones fitosanitarias; supervisando los lugares donde se apliquen, expendan, usen o manejen insumos fitosanitarios y de nutrición vegetal, así como verificar e inspeccionar los insumos fitosanitarios y de nutrición vegetal que cuenten con certificados fitosanitarios, con el objeto de comprobar el cumplimiento de las normas oficiales aplicables, estando facultada para suspender o revocar en cualquier tiempo y lugar y sin responsabilidad alguna, los certificados fitosanitarios expedidos

Cuando el dictamen de una verificación determine la existencia de riesgos fitosanitarios o probables infracciones a las disposiciones fitosanitarias, el responsable del dictamen lo presentará a la SAGAR quien realizará la inspección respectiva.

Si del resultado de la inspección se determina que existe una infracción a las disposiciones fitosanitarias, la SAGAR ordenará la aplicación de sanciones administrativas y fitosanitarias, y si se determina una probable infracción se formulará la denuncia ante la autoridad competente (Art. 57).

Las infracciones administrativas según el artículo 66 son: de 50 a 20,000 salarios por incumplir una norma oficial; de 2,000 a 20,000 por movilizar, importar o exportar vegetales y sus derivados e insumos sin certificado fitosanitario; de 200 a 20,000 salarios por movilizar mercancías (vegetales e insumos) que no cumplan con las disposiciones sanitarias aplicables; de 200 a 20,000 salarios por incumplir con el registro de los plaguicidas e insumos ante la Dependencia Federal correspondiente.

2. LEY GENERAL DEL EQUILIBRIO ECOLÓGICO Y LA PROTECCIÓN AL AMBIENTE.

Esta Ley fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988 y modificada por decreto publicado en el mismo órgano de difusión el 13 de diciembre de 1996, la cual establece que el aprovechamiento sustentable, la preservación y, en su caso, la restauración del suelo, el agua y los demás recursos naturales, de manera que sean compatibles la obtención de beneficios económicos y las actividades de la sociedad con la preservación de los ecosistemas; y la prevención y el control de la contaminación del aire, agua y suelo (Art. 1º, fracciones V y VI).

En su Artículo 3º, fracciones VI y VII define como contaminación: La presencia en el ambiente de uno o más contaminantes o de cualquier combinación de ellos que cause desequilibrio ecológico y como contaminante: Toda materia o energía en cualesquiera de sus estados físicos y formas, que al incorporarse o actuar en la atmósfera, agua, suelo, flora fauna o cualquier elemento natural, altere o modifique su composición y condición natural.

Para la formulación y conducción de la política ambiental y la expedición de normas oficiales mexicanas y demás instrumentos previstos el Ejecutivo Federal deberá observar que quien realice obras o actividades que afecten o puedan afectar el ambiente, está obligado a prevenir, minimizar o reparar los daños que cause, así como a asumir los costos que dicha afectación implique. Asimismo, debe incentivarse a quien proteja el ambiente y aproveche de manera sustentable los recursos naturales (Art. 15, fracción IV).

Considerando de igual forma el control y prevención de la contaminación ambiental, el adecuado aprovechamiento de los elementos naturales y el mejoramiento del entorno natural en los asentamientos humanos, son elementos fundamentales para elevar la calidad de vida de la población (Art. 15, fracción XVI).

En el primer párrafo de su Artículo 17 señala que en la planeación nacional del desarrollo se deberá incorporar la política ambiental y el ordenamiento ecológico que se establezca de conformidad con esta Ley y las demás disposiciones en la materia.

En el Artículo 19, fracción III establece que en la formulación del ordenamiento ecológico se deben considerar los desequilibrios existentes en los ecosistemas por efecto de los asentamientos humanos, de las actividades económicas o de otras actividades humanas o fenómenos naturales.

La evaluación del Impacto Ambiental según el Artículo 28 es el procedimiento a través del cual la SEMARNAT establece las condiciones a las que se sujetará la realización de obras y actividades (pesqueras, acuícolas o agropecuarias que puedan poner en peligro la preservación de una o más especies o causar daños a los ecosistemas.

Para la prevención y control de la contaminación del suelo, considera en su Artículo 134, fracción IV que la utilización de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas, debe ser compatible con el equilibrio de los ecosistemas y considerar sus efectos sobre la salud humana a fin de prevenir los daños que pudieran ocasionar. Y en su fracción V señala que los suelos contaminados por la presencia de materiales o residuos peligrosos, deberían llevarse a cabo las acciones necesarias para recuperar o restablecer sus condiciones, de tal manera que puedan ser utilizados en cualquier tipo de actividad prevista por el programa de desarrollo urbano o de ordenamiento ecológico que resulte aplicable.

En la fracción IV del Artículo 135 establece que los criterios para prevenir y controlar la contaminación de suelos se considerarán para el otorgamiento de todo tipo de autorizaciones para la fabricación, importación, utilización y en general la realización de actividades relacionadas con plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas.

En las tres fracciones del Artículo 136 señala que los residuos que se acumulen o puedan acumularse y se depositen o infiltren en los suelos deberán reunir las condiciones necesarias para prevenir o evitar: la contaminación del suelo; alteraciones nocivas en el proceso biológico de los suelos y las alteraciones en el suelo que perjudiquen su aprovechamiento, uso o explotación y riesgos y problemas de salud.

Esta Ley considera en su Artículo 143 que los plaguicidas, fertilizantes y demás materiales peligrosos, quedarán sujetos a las normas oficiales mexicanas que expidan las Secretarías de Estado correspondientes.

El reglamento de esta Ley establecerá la regulación, que dentro del mismo marco de coordinación debe observarse en actividades relacionadas con dichas sustancias o productos, incluyendo la disposición final de sus residuos, empaques y envases vacíos, medidas para evitar efectos adversos en los ecosistemas y los procedimientos para el otorgamiento de las autorizaciones correspondientes.

Atendiendo a lo dispuesto por la presente Ley, la de Sanidad Fitopecuaria y las demás disposiciones legales y reglamentarias aplicables, la SEMARNAT coordinadamente con las Secretarías de Salud, de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural y de Comercio y Fomento Industrial (hoy Economía), participarán en la determinación de

restricciones arancelarias y no arancelarias relativas a la importación y exportación de materiales peligrosos.

No podrán otorgarse autorizaciones para la importación de plaguicidas, fertilizantes y demás materiales peligrosos cuando su uso no esté permitido en el país en el que se hayan elaborado o fabricado.

3. LEY GENERAL DE SALUD

Esta Ley se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 14 de junio de 1991, considerando en su Artículo 279, que le corresponde a la Secretaría de Salud autorizar, en su caso, los productos que podrán contener una o más de las sustancias, plaguicidas o fertilizantes, tomando en cuenta el empleo a que se destine el producto y autorizar los disolventes utilizados en los plaguicidas y fertilizantes, así como los materiales empleados como vehículos, los cuales no deberá ser tóxicos por sí mismos ni incrementar la toxicidad del plaguicida o fertilizante.

Autorizar el proceso de los plaguicidas de acción residual o de cualquier composición química, solamente cuando no entrañen peligro para la salud humana y cuando no sea posible la sustitución adecuada de los mismos. Y establecer las condiciones que se deberán cumplir para fabricar, envasar, etiquetar, embalar, almacenar. Transportar, comercializar y aplicar plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas en coordinación con las dependencias competentes. A efecto de proteger la salud de la población prevalecerá la opinión de la Secretaría de Salud.

En el Artículo 280 señala que durante el proceso, uso y aplicación de los plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas, se evitará el contacto y la proximidad de los mismos con alimentos y otros objetos cuyo empleo, una vez contaminados, representen riesgo para la salud humana.

Las etiquetas de los envases de los plaguicidas, fertilizantes y demás sustancias tóxicas, en lo conducente, deberán ostentar claramente la leyenda sobre los peligros que implica el manejo del producto, su forma de uso, sus antídotos en caso de intoxicación y el manejo de los envases que los contengan o los hayan contenido, de conformidad con las disposiciones legales aplicables y las normas que dicte la Secretaría de Salud. (Art. 281).

Se requiere autorización sanitaria de la Secretaría de Salud para la importación de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas que constituyan un riesgo para la salud. La importación de plaguicidas o componentes de acción residual y los de cualquier composición química, únicamente se autorizará cuando éstos no entrañen un peligro para la salud humana y no sea posible la sustitución adecuada de los mismos (Art. 298).

Requieren registro sanitario los medicamentos, estupefacientes, sustancias psicotrópicas, etc., así como los plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas y las materias primas que intervengan en su elaboración.

El registro sólo podrá ser otorgado por la Secretaría de Salud y será por tiempo indeterminado, sujetándose a las revisiones por parte de la autoridad sanitaria competente (ATS. 376 y 378).

4. LEY FEDERAL SOBRE METROLOGÍA Y NORMALIZACIÓN

Esta Ley establece en materia de Metrología el Sistema General de Unidades de Medida basado en el Sistema Métrico Decimal con carácter de obligatorio y legal, en materia de normalización, certificación, acreditamiento y verificación, busca fomentar la eficiencia y transparencia en la elaboración y observancia de las normas oficiales mexicanas y normas mexicanas bajo un procedimiento uniforme dentro de la Administración Pública Federal para la elaboración de estas normas, promoviendo la concurrencia de todos los sectores involucrados de la sociedad.

Definiendo en su Artículo 3 los siguientes conceptos:

Acreditamiento.- El acto mediante el cual la SECOFI reconoce organismos nacionales de normalización, organismos de certificación, laboratorios de pruebas y de calibración y unidades de verificación.

Certificación.- Procedimiento por el cual se asegura que un producto, proceso, sistema o servicio se ajusta a las normas o lineamientos o recomendaciones de organismos dedicados a la normalización nacionales o internacionales.

Normas Mexicanas.- Las normas de referencia que emitan los organismos nacionales de normalización.

Normas Oficiales Mexicanas.- Las que expidan las dependencias competentes, de carácter obligatorio sujetándose a lo dispuesto en esta Ley.

Las dependencias sólo podrán expedir normas o especificaciones técnicas, criterios, reglas, instructivos, circulares, lineamientos y demás disposiciones de naturaleza análoga de carácter obligatorio, en las materias a que se refiere esta Ley, siempre que se ajusten al procedimiento establecido y se expidan como normas oficiales mexicanas.

Organismos de Certificación.- Las personas morales que tengan por objeto realizar funciones de certificación.

Organismos Nacionales de Normalización.- Las personas morales que tengan por objeto elaborar normas mexicanas.

Unidades de Verificación.- Las personas físicas o morales que hayan sido acreditadas para realizar actos de verificación por la SECOFI en coordinación con las dependencias competentes.

Verificación.- La constatación ocular o verificación mediante muestreo y análisis de laboratorio acreditado, del cumplimiento de las normas.

De tal forma que la certificación y verificación de las normas oficiales mexicanas se realizará por las dependencias o por organismos de certificación, laboratorios de pruebas y de calibración y unidades de verificación acreditados (Art. 68).

Las dependencias de acuerdo con sus atribuciones, certificarán para fines oficiales que determinados procesos, productos, métodos, instalaciones, servicios o actividades cumplen las especificaciones establecidas en normas oficiales mexicanas. También podrán hacerlo a petición de parte, para fines particulares o de exportación.

Podrán certificar el cumplimiento de las normas oficiales mexicanas y de las normas mexicanas, por materia o sectores, los organismos de certificación acreditados conforme a lo dispuesto por esta Ley y su reglamento (Art. 73).

Teniendo la SECOFI en coordinación con las dependencias competentes, la responsabilidad de establecer las características de las marcas y contraseñas oficiales que deberán de llevar los productos sujetos al cumplimiento de normas oficiales mexicanas (Art. 76).

Siendo obligatorio para las personas físicas o morales proporcionar a las autoridades competentes los documentos, informes y datos que les requieran por escrito, así como las muestras de productos que se les soliciten cuando sean necesarios para los fines de la presente Ley (Art. 88).

Debiendo las autoridades competentes de manera periódica, aleatoria o cuando lo estimen necesario, y utilizando los métodos de muestreo estadístico establecidos en las normas oficiales mexicanas, con el objeto de verificar el cumplimiento de las especificaciones aplicables (Art. 91).

Las visitas de verificación que lleven a cabo la SECOFI y las dependencias competentes, se practicarán en días y horas hábiles y únicamente por personal autorizado previa identificación vigente y exhibición del oficio de comisión respectivo pudiendo la autoridad autorizar en casos de excepción en días y horas inhábiles (Art. 95).

De toda visita de inspección se integrará el acta correspondiente y se recolectarán las muestras necesarias para las visitas de verificación de contenido para efectuar el análisis y rendir el informe de laboratorio dentro de un plazo de 5 días hábiles a la fecha de recepción de la muestra (Art. 94, 97, 98, 99, 105 y 106).

El incumplimiento a lo dispuesto en esta Ley y demás disposiciones derivadas de ella, será sancionado administrativamente por las dependencias conforme a sus atribuciones y con base en las actas de verificación y dictámenes de laboratorio acreditados que les sean presentados a la dependencia encargada de vigilar el cumplimiento de la norma conforme lo establecido en esta Ley sin perjuicio de las sanciones establecidas en otros ordenamientos legales, las sanciones aplicables serán las siguientes:

1. Multa hasta por el importe de 20,000 veces el salario mínimo general diario vigente en el Distrito Federal, en el momento que se cometa la infracción. Cuando persista la infracción podrán imponerse multas por cada día que transcurra.
2. Clausura temporal o definitiva, que podrá ser parcial o total.
3. Arresto hasta por treinta y seis horas y
4. Suspensión y revocación del acreditamiento.

5. REGLAMENTO INTERIOR DE LA COMISIÓN INTERSECRETARIAL PARA EL PROCESO Y USO DE PLAGUICIDAS, FERTILIZANTES Y SUSTANCIAS TÓXICAS.

En dicho reglamento se señala que la Comisión Intersecretarial para el proceso y uso de Plaguicidas Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST), efectuará las acciones de coordinación entre las dependencias que la componen, en las siguientes materias:

Procedimiento uniforme e integral para la resolución de solicitudes de registro y para el otorgamiento de autorizaciones en sus modalidades de licencias, permisos y registros.

Integración de un inventario cuantitativo y cualitativo de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas.

Revisión sistemática de las tarifas arancelarias para la importación o exportación de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas.

Promover la elaboración y expedición con carácter obligatorio, de normas oficiales mexicanas.

Promover la integración de una red de laboratorios oficiales.

Promover la capacitación de personal técnico en materia de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas.

Estudios e investigaciones sobre las características físicas y propiedades de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas.

Estudios sobre la regulación jurídica y simplificación administrativa.

La Comisión contará además con un Secretario Técnico, un Comité Técnico, Subcomités y un Comité Consultivo; siendo las funciones de esta Comisión las siguientes :

Designar los representantes de las Secretarías participantes en los Subcomités.

Acordar la creación de Subcomités no previstos en el propio Reglamento.

Aprobar su programa y presupuesto anual, así como el de los Subcomités, previendo sus requerimientos de recursos humanos y materiales necesarios para su operación.

Dar a conocer a las Secretarías correspondientes las normas, procedimientos e instructivos técnicos necesarios para cumplir con las atribuciones asignadas a la Comisión.

Verificar en forma permanente el correcto cumplimiento de las normas, procedimientos e instructivos técnicos y demás resoluciones.

Los Subcomités por conformarse son:

1. De comercio y Fomento Industrial.
2. De Registros, Autorizaciones, Catálogos e Inventarios.
3. De Estudios de Sanidad Agropecuaria, Ecología y Salud Humana.
4. De Capacitación y Divulgación.
5. De Normas Técnicas y Procedimientos.

6. DECRETO QUE ESTABLECE LAS BASES DE COORDINACIÓN QUE LAS SECRETARÍAS DE COMERCIO Y FOMENTO INDUSTRIAL, DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGÍA Y DE SALUD, DEBERÁN OBSERVAR EN RELACIÓN CON PLAGUICIDAS FERTILIZANTES Y SUSTANCIAS TÓXICAS.

En su Artículo 1º instruye a las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial, de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural, de Desarrollo Urbano y Ecología y de Salud, a coordinarse para el ejercicio de las atribuciones que respecto de los plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas, les confieren la Ley General de Salud, la Ley de Sanidad Fitopecuaria de los Estados Unidos Mexicanos, la Ley Federal de Protección al Ambiente y las demás disposiciones legales aplicables.

En materia de coordinación este decreto señala las mismas materias que el Reglamento Interior antes descrito, sin embargo en su Artículo 5º señala que las Secretarías participantes en relación con sus respectivas atribuciones en la materia, elaborarán conjuntamente, en el seno de la Comisión Intersecretarial, el catálogo de plaguicidas, el de fertilizantes y el de sustancias tóxicas, que contengan únicamente los productos registrados y autorizados, las características principales de éstos, las prevenciones para su uso y los riesgos que estos implican, así como los demás datos que se consideren necesarios. Dichos catálogos se revisarán sistemáticamente a fin de mantenerlos actualizados.

Asimismo, se publicó en el Diario Oficial de la Federación el 7 de diciembre de 1988 el Instructivo para el procedimiento uniforme e integral al que se sujetarán las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial, de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural, de Desarrollo Urbano y Ecología y de Salud en la resolución de solicitudes de registro y para el otorgamiento de autorizaciones en sus modalidades de licencias, permisos y registros para plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas.

Refiriéndose al trámite administrativo para requisitar las solicitudes precisando en caso de registro las abreviaturas correspondientes: Para registro agropecuario o forestal coordinado (RACO), para registro sanitario coordinado (RSCO); en cuanto al titular del registro se tiene en caso de fabricación, formulación, importación y comercialización (PRO), en caso de fabricación (FOR) y para importación y comercialización (COM) y para importación (IMP).

De igual forma se determinan las claves y código a los plaguicidas por tipo (Insecticida, Herbicida, Fungicida, etc.), así como su clave por presentación o características físicas (Sólidos, Líquidos, Gases y Materiales Técnicos).

Para los plaguicidas disponibles en el mercado nacional y que aparecen en el Catálogo Oficial de Plaguicidas publicado por la CICOPAFEST se les ha otorgado una nomenclatura secuenciada de acuerdo a su función.

Para la resolución coordinada de solicitudes de registro para plaguicidas técnicos y formulaciones no comprendidas en el Catálogo Oficial, en el Subcomité Técnico de Registros y en el Comité Técnico se analizarán las disposiciones y especificaciones de los plaguicidas técnicos a registrar, tales como las: fórmulas estructural y condensada, propiedades físico-químicas, grado de pureza, toxicología, medidas de protección, manipulación, antídoto, química de los residuos, estudios sobre el medio ambiente, proyecto de etiqueta, envases y las demás que establezcan las normas respectivas.

Mientras que para plaguicidas formulados se tiene: densidad, pH, humedad, estabilidad de emulsión, solubilidad, humectabilidad,

suspensibilidad y granulometría de partículas, volatilidad, inflamabilidad, peligros de incendio o explosión, características corrosivas, estabilidad al almacenamiento, compatibilidad con otros plaguicidas, formas de vida sobre las que actúa, usos y dosis, época, momento y técnica de aplicación y límites máximos permisibles.

Requiriéndose también la información de la evaluación experimental en las condiciones del país en los aspectos de: verificación de parámetros de calidad, efectividad biológica, dosificación riesgo de fitotoxicidad, técnica de aplicación, residualidad, toxicología, medidas de protección personal, manipulación, antídoto, proyecto de etiqueta, clave de registro o los plaguicidas técnico utilizados y las demás que establezcan las normas respectivas.

El Marco Institucional para el control de plaguicidas de manera esquemática es el siguiente:

Fase del Ciclo de Vida	Legislación Mexicana
Importación y Exportación	LCE/LA/LGS/LFSV/LGEEPA
Registro	LGS/LFSV
Proceso y Uso	LGS/LFT/LFSV/LGEEPA
Almacenamiento	LGS/LFT/RTTMRP
Transporte	LGS/LFT/RTTMRP
Comercialización	LGS/LFSV
Emisiones al Aire	LGEEPA
Descargas al Agua	LGEEPA/LGS
Residuos Peligrosos	LGEEPA/LGS/RTTMRP
Ambiente Laboral	LFT/LGS
Salud Ocupacional	LGS/LFT
Salud Ambiental	LGS
Saneamiento e Impacto Ambiental	LGEEPA

Nomenclatura: LCE = *Ley de Comercio Exterior*; LA.= *Ley de Aduanas*; LGEEPA = *Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente*; LGS = *Ley General de Salud*; LFSV = *Ley Federal de Sanidad Vegetal*; LFT = *Ley Federal del Trabajo*; RTTMRP = *Reglamento para el Transporte Terrestre de Materiales y Residuos Peligrosos*.

A continuación se describe el marco de competencias de las diferentes dependencias del gobierno en cuanto a la gestión de los plaguicidas en las diferentes fases de su ciclo de vida:

Ciclo de Vida	Dependencia Institucional de Regulación y Control
Importación y Exportación	SAGDR/Ssa/SEMARNAP/SECOFI/SHCP
Registro	Ssa (En coordinación con la CICOPLAFEST)
Proceso y Uso	SEMARNAP/Ssa/SAGADR/STPS
Almacenamiento	Ssa/SCT/STPS
Transporte	Ssa/SCT/STPS
Comercialización	SAGDR/SECOFI/Ssa
Descargas al Agua	SEMARNAP/Ssa/SEDEMAR
Residuos Peligrosos	SEMARNAP/Ssa/SCT
Ambiente Laboral	STPS/Ssa
Salud Ocupacional	Ssa/STPS
Salud Ambiental	Ssa
Saneamiento e Impacto Ambiental	SEMARNAP/SAGDR

Nomenclatura: **SEMARNAP** = Secretaría del Medio Ambiente, Recursos naturales y Pesca; **Ssa** = Secretaría de Salud; **SAGADR** = Secretaría de Agricultura Ganadería y Desarrollo Rural; **SECOFI** = Secretaría de Comercio y Fomento Industrial; **SHCP** = Secretaría de Hacienda y Crédito Público; **SCT** = Secretaría de Comunicaciones y Transportes; **STPS** = Secretaría de Trabajo y Previsión Social; **SEDEMAR** = Secretaría de Marina.

Ahora bien según la Asociación Nacional de Importadores y Exportadores de la República Mexicana A.C., en relación con los plaguicidas realiza los siguientes trámites para el fin que persigue:

Dependencia	Trámite	Días Hábles Promedio
SECOFI	Permiso de importación y/o exportación	10
	Modificación al permiso de importación y/o exportación	10
Ssa	Aviso de nueva línea de productos	10
	Responsable sanitario	5
	Aviso de apertura de establecimiento	10
	Registro sanitario	15
	Aviso de difusión	5
	Certificado de libre venta	5
	Aviso de funcionamiento	5
	Autorización previa licencia	30 mínimo

	sanitaria para laboratorios de medicamentos, fabricantes de plaguicidas y fertilizantes, fuentes de radiación, establecimientos que manejan sustancias tóxicas	
INE	Guía ecológica para la importación o exportación de materiales o residuos peligrosos	10
CICOPLAFEST	Autorización previa para la importación y/o exportación de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas.	20
SHCP	Registro en el padrón de importadores general	15
	Registro en el padrón de importadores sectorial	20 mínimo
	Reincorporación al padrón sectorial	15
	Registro en el padrón de tránsito interno	30
SAGAR	Autorización previa para la importación y/o exportación de productos agropecuarios forestales y agroquímicos	10

El citado Catalogo de la CICOPLAFEST en su versión 1998 señala que los plaguicidas cuya importación, fabricación, formulación, comercialización y uso están prohibidos en México, a los siguientes: Acetato o Propianato de fenil, Ácido 2,4,5-T, Aldrin, Cianafos, Cloranil, DCBP, Dialiaflor, Dieldrin, Dinoseb, Endrin, Erbon, Formotión, Fluoracetato de sodio (1080), Fumisel, Kepone/Clordecone, Mercurio, Mirex, Monurón, Nitofen, Scharadan y Triamifo. También incluye como plaguicidas cuya comercialización y uso están prohibidos a: BHC, EPN, Paratión etílico, Toxafeno y Sulfato de talio.

Entre los plaguicidas de uso severamente restringido está el DDT y los siguientes solo pueden obtenidos mediante una recomendación escrita de un técnico oficial o privado, autorizado por el gobierno federal: 1,3 Dicloropropeno, Alaclor, Aldicarb, Bromuro de metilo, Clordano, Cloropricrina, Dicofof, Forato, Fosfuro de aluminio, Isocianato de metilo, Lindano, Metam sodio, Metoxicloro, Mevinfos, Paraquat, Pentaclorofenol y Quintozeno.

En el anexo 6 se presentan las sustancias sujetas al Procedimiento de Información y Consentimiento Previo (PIC), el cual es mecanismo internacional de información voluntario establecido en 1989 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) y la FAO, establece que la exportación de una sustancia sujeta al PIC debe realizarse con el consentimiento del país importador. Y los Compuestos Orgánicos Persistentes (POC's), las cuales son sustancias tóxicas capaces de trasladarse a grandes distancias de sus fuentes de generación, por ello el PNUMA en 1995 consideró prioritario evaluar su toxicidad, transporte, depósito, beneficios y riesgos para la salud y el medio ambiente.

Es importante señalar que el antecedente inmediato anterior a la creación en 1987 de la CICOPLAFEST, se encuentra en un estudio crítico de la legislación mexicana publicada en 1986. Así la adopción del Convenio de Basilea y las directrices de Londres para la protección de la salud y el medio ambiente reforzaron el proceso de cambio desarrollado en materia de regulación de los plaguicidas (Ortega, 1994).

Por lo anterior, los motivos de origen comercial involucrados en el comercio de plaguicidas entre México y Estados Unidos están supeditados a las disposiciones basadas en los criterios de salud y ambientales establecidos por las autoridades del país importador.

En Estados Unidos, hay tres agencias que comparten la responsabilidad de regular los plaguicidas para proteger el ambiente y la salud humana: la Agencia de Protección Ambiental (EPA), el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) y la Administración de Alimentos y Medicamentos (FDA).

En ambos países es una instancia gubernamental -EPA en Estados Unidos y CICOPLAFEST en México-, la encargada de revisar y evaluar la información científica y técnica sobre las propiedades y efectos de los plaguicidas. Con base en este procedimiento se otorga o rechaza el registro de un plaguicida.

Para la CICOPLAFEST los registros son básicamente licencias para el uso específico de plaguicidas y en ellas se establecen los términos, condiciones y precauciones de su uso. De tal forma que un plaguicida autorizado para jitomate no se puede utilizar en fresas a menos que obtenga otro registro.

Tanto la EPA como la CICOPLAFEST tienen la responsabilidad de registrar los plaguicidas y establecer los límites máximos de residuos o tolerancias. La agencia estadounidense no se basa en los resultados de revisiones generados en otros países, sino que realiza sus propias

evaluaciones y estudios. En cambio la CICOPLAFEST recurre a tres fuentes de datos en el proceso de evaluación, las cuales son:

- Estudios del Codex Alimentarius, en particular del Comité del Codex sobre Residuos de Plaguicidas.
- Estudios de la EPA.
- Programa de estudios nacionales, en el que ciertas empresas privadas realizan la determinación de los límites máximos de residuos y la CICOPLAFEST supervisa y evalúa los resultados.

Sin embargo existen tres tipos de diferencias en las tolerancias entre México y Estados Unidos; a) plaguicidas que tienen tolerancias en ambos países pero que en algunos productos no son comparables; b) plaguicidas que tienen tolerancias en México pero no en Estados Unidos; c) plaguicidas que tienen tolerancias en ambos países para los mismos productos, pero establecidas en diferentes niveles.

Técnicamente estas diferencias se pueden explicar por las diferencias en el clima, composición del suelo y el tipo de plagas. Además de los diferentes patrones de cultivo y necesidades de plaguicidas que se dan entre ambos países.

IX. DISCUSIÓN

El hombre ha generado dependencia hacia los plaguicidas ante la constante y creciente demanda de alimentos, causando en mayor o menor medida un perjuicio al suelo, un componente primordial del ecosistema, el que además de fungir como receptor inicial de los plaguicidas, es el espacio donde se llevan a cabo una serie de complejas interacciones, las cuales resultan ser determinantes para que un plaguicida contamine o no al suelo y al medio ambiente.

Por lo que se debe buscar que para un desarrollo sustentable se garantice la producción de alimentos, sin poner en riesgo la disponibilidad de recursos para el mañana, lo que conlleva el cuestionar los modelos de desarrollo actuales, puesto que las leyes clásicas del mercado son incompatibles con un mercado natural sano. Es reconocido que las inversiones masivas en el campo fomentan un patrón tecnológico de características que por lo general atentan contra la ecología.

Es importante destacar, que en 1996 se introdujo como un instrumento de la política ambiental el ordenamiento ecológico del territorio nacional, el cual tiene como objetivo regular e inducir el uso más racional del suelo y el

desarrollo de las actividades productivas para lograr la protección y conservación de los recursos naturales.

Dicho ordenamiento establece la regionalización ecológica del territorio nacional a partir de la construcción de un diagnóstico con base en las características, disponibilidad y demanda de los recursos naturales, así como de las actividades productivas que en ellas se desarrollan.

Este ordenamiento ecológico se vincula entre otros instrumentos institucionales, con el social y el productivo denominado agricultura y ganadería, el cual a partir de su marco programático pretende dar certidumbre a la determinación de los usos del suelo y busca contribuir a evitar la deforestación y la desertificación.

Cabe resaltar, que el mencionado instrumento no contempló dentro de su diagnóstico para el ordenamiento ecológico del territorio, la contaminación del suelo por el uso de plaguicidas agrícolas, pues en este apartado sólo se refirió a la erosión, salinidad y sodicidad de los suelos. Luego entonces, el modelo diseñado para el desarrollo sostenido y sustentable que persigue, pareciera incompleto al omitir una fuente tan importante de contaminantes que pueden llegar a causar daños severos y complejos no sólo al suelo sino a todos los componentes del medio ambiente.

Asimismo, no se ubicó ningún antecedente sobre la elaboración de un diagnóstico complementario al realizado para el ordenamiento ecológico del territorio, a efecto de conocer la situación real respecto a los niveles de plaguicidas que tenemos en nuestros suelos. Esto hecho indica que en pleno siglo XXI, de manera pública e institucional se está soslayando el análisis, seguimiento, atención y prevención de la contaminación por plaguicidas.

Es relevante llevar a cabo dicho diagnóstico a efecto de cuantificar y localizar las zonas productivas con suelos agrícolas que pudieran estar contaminados por plaguicidas, pudiendo considerarse las variables de: sistemas agroecológicos, producto químico (persistencia y toxicidad), tipo de cultivo y tipo de suelo. Mismo que se debería complementar con muestreos de suelos en bosques, selvas, costas, esteros, ríos, lagunas, etc; así como en la flora y fauna a fin de conocer la presencia de los residuos contaminantes en estos elementos bióticos.

Da la impresión que la contaminación del suelo por plaguicidas, se ha considerado de manera casi exclusiva como un problema físico que requiere soluciones técnicas. En algunos países con tecnologías más avanzadas existe un avance en el conocimiento científico de cómo se puede dar la contaminación del suelo; sin embargo, no hay que dejar de lado los aspectos socioeconómicos y culturales de los campesinos

mexicanos que pueden llegar a favorecer, fomentar y acrecentar este tipo de contaminación.

Por lo que de llegar a realizarse dicho diagnóstico, también se deberían considerar los factores socioeconómicos y técnicos que se involucran, a efecto de contar con los elementos requeridos para un análisis integral del problema, de tal forma que las medidas que se recomienden para atacarlo sean acordes a la realidad de las zonas en estudio. Pues si bien es cierto, que se puede aseverar que toda aplicación de los plaguicidas conlleva a una potencial contaminación del suelo, también lo es, que no en todas las parcelas con uso agrícola se aplican estos productos, pues existe un segmento de campesinos dedicados a la agricultura de autoconsumo, que por su nivel socioeconómico, no emplean productos químicos en sus procesos y es ahí donde se puede esperar que sea mínima o no exista la contaminación directa de los suelos, aunque no podemos menospreciar el que los suelos se lleguen a contaminar de manera indirecta.

Es incuestionable que el mayor consumo de plaguicidas se da en aquellas zonas cuya producción se destina al mercado nacional e internacional de cultivos que tienen una alta rentabilidad (hortalizas) y por ende, que sean los suelos dedicados a estos cultivos, los que estén contaminados o hayan servido para alterar o contaminar los demás elementos del ecosistema.

Derivado de ello, se observa que en la producción agrícola se imponen las políticas del mercado sobre las políticas del desarrollo sostenido y sustentable de los recursos naturales. Resultando prioritario que en lo inmediato la política pública en materia de desarrollo agrícola reafirme, actualice y sobre todo ponga en marcha la alta prioridad que tiene el lograr un equilibrio entre la conservación ambiental y la satisfacción de las necesidades de alimentación y vestido de las familias del campo y la ciudad.

Desde luego, incluyendo en sus procesos normativos la contaminación de los plaguicidas, determinando y especificando las acciones concretas para su control, manejo, uso, almacenaje, comercialización y en su caso, las formas de desecho en aras de evitar la contaminación de los suelos y lograr la producción de alimentos requerida.

La contaminación implica una compleja e intrínseca relación entre las características del suelo (tipo, pH, humedad y temperatura), el plaguicida, el cultivo, los microorganismos del suelo y las condiciones climáticas. Cuando ésta sucede se da en diferentes formas y magnitudes. Por lo cual, no se pueden esperar relaciones únicas con comportamientos bien definidos entre el suelo, los plaguicidas y los cultivos, sino más bien relaciones multifactoriales, cuyos efectos pueden traer consecuencias no deseables.

Lo deseable es que el control químico ideal presente una alta efectividad con un bajo porcentaje de ingrediente activo empleado, además de una baja persistencia y una amplia frecuencia de aplicación, en cuyo caso sus efectos llegan a estar determinados por el fenómeno de adsorción del plaguicida. Motivo por el cual, resulta importante obtener el equilibrio entre el plaguicida adsorbido en las partículas del suelo cargadas negativamente y la disolución del suelo. Mismo que se regula por el fenómeno de adsorción – desadsorción, el cual no se puede dar al ser afectado por las fuerzas cinéticas y la transformación química y microbial; o bien, en caso de presentarse puede ser irreversible.

Especial atención merece la relación que se presenta entre los microorganismos del suelo y los plaguicidas, en donde se alteran recíprocamente ambos componentes, pero ¿hasta dónde y cómo se afectan mutuamente?, este es un punto que ha sido poco investigado. Debido que a futuro puede ser un método prometedor para la rehabilitación de los suelos contaminados, es importante que el gobierno, las empresas de agroquímicos y Universidades e Institutos se avoquen a su estudio.

Por un lado, se opinó en las negociaciones del Tratado de Libre Comercio de América del Norte que los miembros ofrecen una diferente protección al medio ambiente, donde en México se presenta una laxitud de los niveles de aplicación de sus leyes y presenta bajos estándares normativos, los cuales podrían ser atractivos para ciertas compañías transnacionales deseosas de aprovechar tan débil acción de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA); situación que se estima como muy probable debido a que en la actualidad la industria de plaguicidas mexicana es reducida y está estancada, por lo tanto sin capacidad para desarrollar los productos químicos deseados en la producción nacional de alimentos.

Y por el otro lado, se menciona que la legislación mexicana en materia de registros de agroquímicos es ridícula, perversa y obsesiva, pues tenemos una agricultura de tercer mundo y se pretende que tengamos una legislación de primer mundo.

A pesar de contar con diversas disposiciones se presentan vacíos como el señalado anteriormente, observándose que además no es posible garantizar un manejo y uso racional de plaguicidas debido a la escasa voluntad política, precarios recursos para fiscalizar, inadecuadas condiciones culturales, sociales y económicas.

Otra omisión importante en cuanto normatividad se refiere, es la generación de un documento oficial que permita conocer los límites máximos permisibles para nuestro contexto rural, en lugar de tener como referencia los límites establecidos para los Estados Unidos, pues el manual

de la (EPA), es traducido y reproducido anualmente por la Dirección General de Sanidad Vegetal como el Manual de Plaguicidas Autorizados.

Es necesario por tanto, que todas las empresas productoras y mezcladoras de plaguicidas se incluyan en el Registro de Emisiones y Transferencia de Contaminantes (RETC) por considerarse a estas de alto riesgo, generando así un instrumento que proporcione sobre datos sobre las descargas, emisiones o transferencia de contaminantes al aire, agua y suelos. Así como la elaboración de un Registro Nacional del uso de plaguicidas, con el propósito de conocer el tipo, volumen, frecuencia y lugar donde se aplican.

Tomando en consideración que en nuestro país no están dadas las condiciones para detectar, prevenir y recuperar los suelos contaminados por plaguicidas; se puede esperar que la relación entre el consumo y la contaminación sea directamente proporcional. Por lo tanto se vislumbran tres probables escenarios, para que sea mayor o menor el grado de contaminación:

- ✓ Un escenario favorable se propiciaría ante una posición más agresiva de las empresas transnacionales en el mercado y una economía fuerte con más subsidios gubernamentales hacia la compra de insumos agropecuarios.
- ✓ Otro escenario poco favorable sería aquel donde se tendría la misma posición agresiva de las empresas en el mercado, pero sin una economía sólida es decir sin recursos económicos vía subsidios para la compra de los insumos.
- ✓ Y un tercer escenario sería el menos favorable, donde no existiera la presencia de las empresas transnacionales y no se apoyará al campo con los recursos económicos necesarios para la compra de insumos.

Los escenarios 1 y 2 parecen ser más factibles que el 3, en virtud de que la presencia de las empresas productoras de agroquímicos tiende a penetrar y posicionarse cada vez más en los mercados mundiales. De ahí que juegue un papel importante la disponibilidad de recursos económicos de que disponga el gobierno federal para canalizarlos, vía subsidios, a la producción agropecuaria y en particular a la compra de agroquímicos.

X. CONCLUSIONES

El problema de la contaminación de los suelos agrícolas por el uso de plaguicidas se ve favorecido por:

La falta de reorientación de la política pública a corto y mediano plazos en materia de producción de alimentos con una visión fundamentada en

lineamientos y estrategias con un claro sentido de preservación y conservación del medio ambiente.

La imposición de una política de mercado hacia la atención en cuanto al combate de plagas, malezas y enfermedades de los cultivos con agroquímicos, minimizando el empleo de los demás métodos de control indicados en el manejo integrado de plagas, transfiriéndose por tanto costos sociales, ambientales y de salud pública, lo que ocasiona un deterioro en la calidad de vida y los derechos de la población.

La falta de una cultura de conservación del suelo en condiciones óptimas, donde debido a la inexistencia de un monitoreo constante, se desconocen los niveles de plaguicidas existentes en los suelos.

Los limitados recursos económicos y humanos en el gobierno para atender, corregir y prevenir el problema de la contaminación de suelos por plaguicidas.

La falta de investigación para el desarrollo de plaguicidas con alta capacidad biocida y baja persistencia, que preferentemente sean biodegradables; situación íntimamente relacionada con una industria nacional productora de plaguicidas poco competitiva.

La limitada capacitación y divulgación hacia los campesinos consumidores de las especificaciones técnicas de los productos, con especial énfasis en el manejo, almacenamiento y aplicación adecuados de los productos. Tarea a la cual se deben sumar las instituciones académicas y las organizaciones no gubernamentales.

La inadecuada legislación y normatividad que predisponen o inducen a los campesinos a abusar del uso de los plaguicidas, pues la que se encuentra en vigor contempla aspectos muy generales y se enfoca más a normar el registro y comercialización que los efectos secundarios no deseados, debiendo elaborarse una normatividad más específica, pues incluso se tienen en la Ley Federal sobre Metrología y Normalización los lineamientos que permitirán adecuar dichas regulaciones a la relación comercial con Estados Unidos y el Canadá.

La omisión en la normatividad para que personal técnico calificado realice los estudios de campo necesarios para recomendar, si es que se justifica, el uso de un plaguicida como medida de control y otorgue el seguimiento necesario en cuanto a su aplicación y manejo, en combinación con los demás métodos de control señalados en el manejo integrado de plagas. Esto quedando limitado para aquellos productos considerados de alto riesgo.

La inexistencia de programas gubernamentales permanentes de verificación de los niveles de residuos de plaguicidas en el suelo, agua y

alimentos. La vigilancia se lleva a cabo solamente cuando ocurren brotes por intoxicación directa o alimentaria, sin que se reporte la contaminación de los suelos.

De ahí que sea necesario diseñar e instrumentar programas de monitoreo de residuos de plaguicidas en suelos, considerando el establecimiento de una red de laboratorios de prueba, tal y como lo contempla la Ley Federal sobre Metrología y Normalización que otorga a la iniciativa privada la posibilidad de instrumentar esta red. Sin embargo, es responsabilidad del gobierno federal garantizar el adecuado funcionamiento de dichos laboratorios.

El desconocimiento de los volúmenes actuales existentes y la dificultad para deshacerse de los desechos de los plaguicidas y sus envases, así como de los plaguicidas obsoletos (prohibidos) o en mal estado, lo cual aunado a la falta de recursos para su tratamiento adecuado, proporciona un escenario en el cual por desconocimiento se pueden llegar a desechar inadecuadamente, sepultándolos.

La desatención al problema de la contaminación de los suelos por plaguicidas, implica que en un futuro no muy lejano se puedan presentar suelos no aptos para la producción de cultivos, lo cual es preocupante por el hecho de no disponer de más suelo para incorporarlo a la agricultura, tal situación pudiera acrecentar la dependencia en alimentos del extranjero.

Requiere también una atención especial la inexistencia de información respecto a la situación sobre la contaminación de los suelos, así como la carencia de mecanismos de comunicación con la sociedad para transparentar las acciones e implicaciones sociales durante todas las fases del ciclo de vida de los plaguicidas.

Además de ser fundamental que el gobierno promueva el respeto a los derechos humanos de asociación y mejorar como una medida de justicia, las condiciones de seguridad e higiene de los jornaleros agrícolas que manejan y aplican los plaguicidas por un salario, constituyéndose como grupos de alto riesgo.

Por lo antes expuesto, se recomienda la pronta revisión y definición de los siguientes apartados, con la finalidad de iniciar un control en la contaminación de suelos por el uso de los plaguicidas:

Es muy importante propiciar la aplicación de la biotecnología en la producción de los plaguicidas biodegradables y retirar de manera progresiva del mercado nacional los plaguicidas altamente persistentes.

También, se requiere promover la investigación en la caracterización toxicológica de los plaguicidas en uso, en la evaluación de los efectos en la salud por exposición crónica, en la fijación de los límites máximos permisibles de los plaguicidas y sobre los métodos de recuperación para

suelos contaminados que se deban emplear de manera pronta y eficaz. Estos avances permitirían homogeneizar los registros y los estándares de tolerancia con los Estados Unidos y Canadá.

Además de impulsar un enfoque preventivo donde se favorezcan los métodos de control con menor riesgo, bajo un diseño de sistemas agroecológicos acordes con un desarrollo sostenido y sustentable de los recursos naturales, donde la conservación de éstos y la salud humana estén intrínsecamente asociados con la producción y la rentabilidad.

Y de manera particular, es imprescindible revisar la actuación de la Procuraduría Federal de Protección al Ambiente (PROFEPA), la cual debe independizarse de la SEMARNAT a fin de cumplir cabalmente con sus objetivos, pues resulta cuestionable el que pueda ser juez y parte en las controversias que atiende.

XI. LITERATURA CONSULTADA

1. Barbosa, Sebastiao (1999). Plaguicidas Caducados. Oficial Principal de Protección Vegetal. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, FAO.
2. Bejarano, González Fernando (1999). Derechos Humanos Ambientales y Plaguicidas Químicos. En el Foro Nacional Derechos Humanos y Medio Ambiente. Comisión de Derechos Humanos de la VII Legislatura y del Senado, México, D. F.
3. Bifani, Paolo (1999). Medio ambiente y desarrollo sostenible. Madrid, España. Instituto de Estudios Políticos para América Latina y Africa (IEPALA). 4ª Edición. pp. 1-11.
4. Bolaños de Moreno, M. y Molineros, J. (1982). "Estudio Comparativo de Persistencia de Tres Insecticidas Clorinados en Lechuga por Cromatografía Gaseosa". In Agrochemicals; Fate in Food and The Environment Proceeding of a Symposium, Rome 7-11 June, Jointly Organized by International Atomic Energy Agency and FAO.
5. Boletín Informativo FIRA (1991). El Deterioro Ecológico en la Agricultura, Ganadería y Pesca y Acciones de FIRA para su Prevención. Vol. XXIV, Número 231.
6. Brady, Nyle C. (1974). The Nature and Properties of Soil. Mac. Millan Publishing Co. Inc., N.Y.. U.S.A., 8 Th Edition, pp. 551-577.
7. Burns, R. G. and Mcghee, I. (1994). "Bioremediation of Pesticide Contaminated Soils". Presentado en el XV Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo. The International Society of Soil Science and The Mexican Society of Soil Science. Acapulco México julio 10-16, Col. 4 B. pp. 222-223.
8. Catálogo Oficial de Plaguicidas 1993. Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas. SARH, SEDESOL, SS. y SECOFI.
9. Dávila y Roulier M., (1992). "Revista de Ingeniería Ambiental. Editada por la Sociedad Mexicana de Ingeniería Sanitaria y Ambiental A.C., año 5-No. 16-1992, pp. 14-24.
10. Decreto que establece las Bases de Coordinación que las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial, de Agricultura y Recursos Hidráulicos, de Desarrollo Urbano y Ecología y de Salud, deberán observar en Relación con Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 15 de octubre de 1987.

11. Proyecto de Norma Oficial Mexicana 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, publicado en el Diario Oficial de la Federación el 5 de octubre de 1995.
12. De la Jara, A. Fernando (1985). Clasificación de los Plaguicidas. Compilación del Curso de Orientación para el Buen Uso y Manejo de Plaguicidas; impartido por la Asociación Mexicana de la Industria de Plaguicidas y Fertilizantes, A. C., Editor Jean Sidaner, México, D. F., pp. 51-59.
13. Developments in Soil Science 5 A Soil Chemistry/a Basic Elements (1978). Edit. G. H. Bolt and Mgm Brugenwer. Elsevier Scientific Publishing Company, 2 A Edition, pp. 239-263.
14. Fassbender, Hans W. y Bornemisza, Elmer (1985). Química de Suelos con énfasis en Suelos de América Latina Edit. IIDA, San José de Costa Rica, pp. 135-157.
15. Gerstl, Z.; Yaron, B. and Nye, P.H: (1979). "Diffusion of a Biodegradable Pesticide": Soil Science Society American Journal, vol. 43, pp. 839-842.
16. _____ "Diffusion of a Biodegradable Pesticide: II. as Affected by Microbial Descomposition". Soil Science Society American Journal, vol. 43, pp. 844-848.
17. Goenaga, M. Víctor (1985). Importancia de los Plaguicidas Agrícolas en México Panorama General. Compilación del Curso de Orientación para el buen uso y manejo de Plaguicidas; impartido por la Asociación Mexicana de la Industria de Plaguicidas y Fertilizantes, CHA., Editor Jean Sidaner, México, D.F., pp. 11-26.
18. Gobierno del Estado de México (2001). "Comunicado 002 Reciben Tratamiento y Disposición Final más de 12 mil envases vacíos de plaguicidas generados en el Estado de México".
19. Ianini, Humberto (1981). Guía de Contaminación Industrial, Urbana y Agraria. Mimeografiado, México, D.F., pp. 10-14 y 118-122.
20. Instructivo para el Procedimiento Uniforme e Integral al que se sujetarán las Secretarías de Comercio y Fomento Industrial, de Agricultura y Recursos Hidráulicos, de Desarrollo Urbano y Ecología y de Salud, en la Resolución de Solicitudes de Registro y para el Otorgamiento de Autorizaciones en sus modalidades de Licencias, Permisos y Registros para Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 7 de diciembre de 1988.

21. Jury, William A., *et al* (1985). "Evaluation of Pesticide Transport Screening Models under Field Conditions", Developed from a Symposium by the American Chemical Society, Miami Beach, Florida, April 28-may 3, pp. 384-395.
22. Kearny, P.C. and Helling, C.S. (1982). "Problems caused by Pesticides with particular reference to the Impact on the Agricultural Environment". in *Agrochemicals: Fate in Food and the Environment* Proceeding of a Symposium, Rome 7-11 June, Jointly Organised by International Atomic Energy Agency and FAO.
23. Klein, W. and Scheunert, I. (1982). "Bound Pesticide Residues in Soil, Plants and Food with particular emphasis on the application of nuclear Techniques". In *Agrochemicals. Fate in Food and the Environment* Proceedings of a Symposium, Rome 7-11 June, Jointly Organised by International Atomic Energy Agency and FAO.
24. Laboratorios A.L. de México S. A. de C.V. Guía de Muestreo para Análisis de Suelo. Esmeralda 2847, Col. Verde Valle 44550. Guadalajara, Jalisco. <http://www.al.labs.com.mx/doc/suelo2.htm>
25. Ley Federal sobre Metrología y Normalización. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 1^a de enero de 1992.
26. Ley Federal de Sanidad Vegetal. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 5 de enero de 1994.
27. Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 28 de enero de 1988, modificada el 13 de diciembre de 1996.
28. Ley General de Salud. Publicada en el Diario Oficial de la Federación el 7 de febrero de 1984.
29. López, Aceves Guillermo Fernando (1985). Manejo Integrado de Plagas. Compilación del Curso de Orientación para el buen uso y manejo de Plaguicidas; impartido por la Asociación Mexicana de la Industria de Plaguicidas y Fertilizantes, A.C., Editor Jean Sidaner, México, D.F., pp. 27-37.
30. -----"Oportunidad en la Aplicación de Plaguicidas". Compilación del curso de Orientación para el buen uso y manejo de Plaguicidas; impartido por la Asociación Mexicana de la Industria de Plaguicidas y Fertilizantes, A.C., Editor Jean Sidaner, México, DF. pp. 309-317.

31. Manual Básico para el uso de Plaguicidas Fitosanitarios. (1994). Generalitat Valenciana, Conselleria de Sanitat I Consum Conselleria D'Agricultura I PESCA, España.
32. Martínez, Muñoz Marco A. (1985). Los Plaguicidas y el Medio ambiente. Compilación del Curso de Orientación para el buen uso y manejo de Plaguicidas; impartido por la Asociación Mexicana de la Industria de Plaguicidas y Fertilizantes, A.C., Editor Jean Sidaner, México, D.F., pp. 349-370.
33. Mc. Ewen, F.L. and Stephenson, G.R. (1978). The use significance of Pesticides in the Environment. A Willey Interscience publication John Willey and Sons, N.Y., USA. pp. 229-259.
34. Mooney, Pat (2000). La erosión cultural. Suplemento Ojarasca; Periódico La Jornada, México, D.F., del 9 de octubre, pp. 1-4.
35. National Academy of Science (1990). Plantas nocivas y como combatirlas, Vol. 2, Ed. LIMUSA, S.A. de C.V., México, Cuarta Reimpresión, pp. 223-238.
36. Norma Oficial Mexicana NOM-AA-91-1985. Protección al Ambiente-Contaminación del Suelo Residuos Sólidos Terminología. SECOFI.
37. Norma Oficial Mexicana NOM-AA-105-1988. Plaguicidas Determinación de Residuos en Suelo - Método de Toma de Muestras, SECOFI.
38. Ormrod, D.P. (1978). Fundamental Aspects of Pollution Control and Environmental. Science, 4. Pollution in Horticulture. Elsevier Publishing Company, N.Y., USA, pp. 80-90.
39. Ortega, Ceseña Javier, *et al* (1994). El Control de los Riesgos para la salud generados por los plaguicidas organofosforados en México: Retos ante el Tratado de Libre Comercio. Salud Pública en México, noviembre - diciembre de 1994, Vol. 36, No. 6.
40. Pignatello, Joseph J. y Baehr, Katharina E. (1994). "Use of Ferric Chelates for Fenton (Fe/H₂O₂) Treatment of Pesticide Contaminated Soil". Presentado en el XV Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo. The International Society of Soil Science and the Mexican Society of Soil Science. Acapulco, México, julio 10-16, Vol. 3 b, pp. 244-245.
41. Primo, Y. Eduardo (1991). Ecología Química, Nuevos Métodos de Luchas contra Insectos. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España, pp. 13-25.
42. Primo, Y. E. y Carrasco, J. (1987). Química Agrícola 2, Plaguicidas y Fitoreguladores. Alambra Longman, S.A., Madrid, España, pp. 1-26.

43. Redondo, M. J., et al (1994). Persistence of Pesticide Residues in Rice and Orchard Soils. Presentado en el XV Congreso Mundial de la Ciencia del Suelo. The International Society of Soil Science and the Mexican Society of Soil Science. Acapulco, México, julio 10-16, Vol. 3 b, pp.244-245.
44. Reglamento Interior de la Comisión Intersecretarial para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas. Publicado en el Diario Oficial de la Federación el 27 de octubre de 1988.
45. Revista Ciencia y Desarrollo, CONACYT. enero-febrero, 1991. Vol. XVI, Número 96, pp. 45-55.
46. R., Leyva Rodolfo, *et al* (1985). Apuntes de la Ingeniería y el Medio ambiente. Facultad de Ingeniería, UNAM. México, D.F., pp. 169-197.
47. Ríos, Jacques Víctor M. (2001). Mercado de Agroquímicos México 1999. Revista Industria de Agroquímicos, año 4, No. 12, marzo del 2001, pp. 7-11.
48. Rodriguera, Jorge David (1999). Problemática para la restauración de suelos contaminados. Ponencia presentada en el Seminario Internacional sobre Residuos Sólidos y Restauración de Suelos Contaminados, celebrado el 11 y 12 de febrero de 1999 en el auditorio del Instituto Nacional de Ecología, México, D.F.
49. SEDUE (1985). Informe del Estudio "Reglamentación y control de Ecosistemas Degradados por Productos Agroquímicos", elaborado por Tecnología Ambiental y Planeación Ecológica S.A. de C.V., pp.13-31.
50. Seoáñez, Calvo Mariano (1977). La Contaminación Agraria. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Ministerio de Agricultura, Madrid, España, pp. 411-419.
51. Sparks, Donal L. (1988). Kinetics of Soil Chemical Processes. Academy Press Inc. California, USA, pp. 128-145.
52. Spongberg, A.L. and Ganliang L. (2000). "Adsorption of atrazine and metolachlor in three soils from Blue Creek wetlands, Waterville, Ohio". Sciences of soils 5:1 Abstract online Publication: april 14, 2000.
53. Tivy, Joy (1992). Agricultural Ecology. Ed. Longman Scientific and Technical, England, pp. 243-261.
54. Van Emden, Helmut. E. (1977). Control de Plagas y su Ecología. Ediciones OMEGA. Barcelona, España, pp. 56-64.

ANEXO I

VENTAS DE AGROQUÍMICOS POR EMPRESAS EN 1998 y 1999 (MILLONES DE PESOS)

NOMBRE	VENTAS 1998	VENTAS 1999
Novartis Agro, S.A. de C.V.	718,300	721,100
Zeneca Mexicana, S.A. de C.V.	684,100	691,100
Bayer de México, S.A. de C.V.	352,900	397,500
Dupont, S.A. de C.V.	394,400	390,800
Dow Agro Sciences de México, S.A. de C.V.	270,200	301,300
Monsanto Comercial, S.A. de C.V.	275,000	279,300
Cuproquím de México, S.A. de C.V.	254,700	258,000
Agrevo Mexicana, S.A. de C.V.	281,800	256,100
FMC Agroquímica, S. de R.L. de C.V.	190,400	233,000
Cyanamid Agrícola de México, S.A. de C.V.	210,300	231,900
Rhone-Poulenc Agro, S.A. de C.V.	282,000	229,000
Agricultura Nacional, S.A. de C.V.	160,800	163,000
Velsimex, S.A. de C.V.	158,400	140,000
Petro de Occidente, S.A. de C.V.	123,000	135,400
Rhom and Hass México, S.A. de C.V.	95,000	110,700
BASF	139,100	107,500
Química Lucava, S.A. de C.V.	95,800	73,300
Ingeniería Industrial, S.A. de C.V.	69,100	72,300
Agromundo, S.A. de C.V.	57,600	58,400
Internacional Química de Cobre, S.A.	57,200	58,100
Valent México	48,200	51,800
Gowan de México, S.A. de C.V.	50,700	51,500
Agroformuladora Delta, S.A. de C.V.	35,000	40,100
Mezclas y Fertilizantes, S.A. de C.V.	34,700	35,300
Agroquímicos Versa, S.A. de C.V.	27,800	30,700
Agroquímica Tridente, S.A. de C.V.	30,000	30,400
Insecticidas del Pacífico, S.A. de C.V.	24,600	28,300
Stoller Enterprises, INC.	4,260	26,000
Agronova, S.A. de C.V.	21,000	24,400
Dermet, S.A. de C.V.	21,200	21,500
Totales	5,086,760	5,248,800

Fuente: Ríos, Jacques Víctor M. (2001). Mercado de Agroquímicos México 1999. Revista Industria de Agroquímicos, año 4, No. 12.

ANEXO II**DEMANDA DE PLAGUICIDAS AGRÍCOLAS EN LOS
PRINCIPALES CULTIVOS.
(TONELADAS)**

Cultivo	Insecticidas	Herbicidas	Fungicidas	Otros	Total
Maíz *	7,831.7	5,209.7	32.7	88.9	13,163.1
Otras hortalizas	2,181.2	754.8	1,190.8	151.1	4,277.9
Algodón	2,370.9	473.2	313.8	264.4	3,422.3
Otros	539.8	696.6	329.9	1,786.1	3,352.4
Papa	1,529.1	137.2	1,456.9	175.8	3,298.9
Caña	968.4	2,157.9	0.0	158.4	3,284.8
Tomate	1,298.9	183.1	1,277.1	300.8	3,059.9
Chile	1,708.5	143.9	601.5	242.4	2,696.3
Curcubitáceas	813.4	376.3	894.7	239.1	2,323.5
Frijol *	1,825.2	70.8	179.3	22.2	2,097.5
Cítricos	329.1	604.0	540.1	146.5	1,619.7
Sorgo *	578.2	1,022.9	0.9	1.9	1,603.9
Melón	884.6	35.5	500.5	93.6	1,514.2
Plátano	338.7	460.5	560.4	114.7	1,474.2
Frutas tropicales	295.6	426.6	175.4	86.0	983.5
Potrerros	40.3	848.2	0.0	2.0	890.5
Trigo *	233.6	417.9	147.4	6.6	805.5
Aguacate	76.3	133.0	303.6	57.4	570.3
Café	129.2	291.9	111.0	26.9	559.0
Vid	142.8	75.1	146.2	189.4	553.5
Frutas caducifolias	334.2	98.0	63.1	36.9	532.3
Soya *	420.8	23.6	69.6	8.5	522.5
Arroz *	51.7	362.6	4.0	5.6	423.9
Piña	190.0	171.9	9.7	31.1	402.7
Tabaco	281.2	0.0	63.4	50.4	394.9
Control industrial	4.2	339.5	0.0	22.7	366.3
Cebada	119.2	178.5	15.2	6.6	319.5
Cacao	0.0	25.7	137.4	2.9	166.0
Total	25,516.7	15,719.1	9,124.5	4,318.7	54,679.0

Fuente: Asociación Mexicana de la Industria de Plaguicidas y Fertilizantes, 1995 (AMIPFAC).

(*) De máxima importancia gubernamental.

ANEXO III

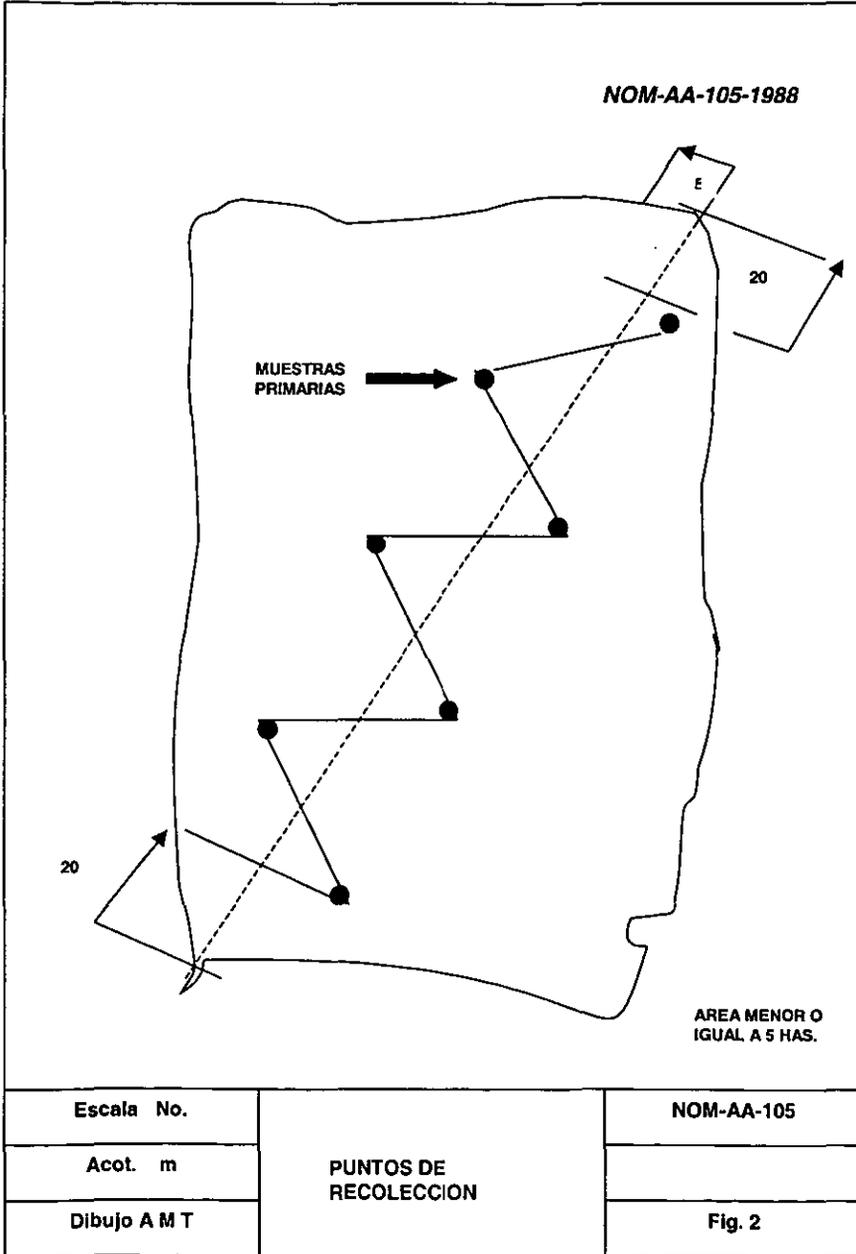
Sistema único de vigilancia epidemiológica.

ENTIDAD	Intoxicación por plaguicidas CIE-10 ^a Rev. T60.0-T60.9			
	1995	1996	2001	2000
	Aguascalientes	-	-	2
Baja California	2	1	4	15
Baja California Sur	-	-	1	-
Campeche	1	-	5	4
Coahuila	n.d.	n.d.	1	-
Colima	8	4	1	3
Chiapas	1	-	23	44
Chihuahua	-	-	2	8
Distrito Federal	-	3	1	10
Durango	-	-	-	-
Guanajuato	7	-	4	7
Guerrero	3	-	2	9
Hidalgo	3	-	-	5
Jalisco	-	1	10	43
México	11	5	4	2
Michoacán	8	13	1	20
Morelos	1	-	2	4
Nayarit	98	52	57	45
Nuevo León	-	-	9	9
Oaxaca	8	3	2	5
Puebla	1	1	12	6
Querétaro	-	-	4	6
Quintana Roo	-	2	1	2
San Luis Potosí	2	1	3	1
Sinaloa	5	-	18	18
Sonora	2	-	4	2
Tabasco	3	7	-	2
Tamaulipas	-	-	1	4
Tlaxcala	-	-	-	-
Veracruz	5	8	10	11
Yucatán	-	-	-	1
Zacatecas	4	-	1	-
Total	173	101	185	289

Fuente: Sistema Único de Información para Vigilancia Epidemiológica, semana 9 del 2001 y semana 6 de 1996. Procesó: DGE.
n.d. = No disponible.

ANEXO IV

FORMA DE RECOLECCION EN ZIG - ZAG.



ESTE MATERIAL NO SALE
DE LA BIBLIOTECA⁷⁹

ANEXO VI

SUSTANCIAS SUJETAS AL PROCEDIMIENTO DE INFORMACIÓN Y CONSENTIMIENTO PREVIO (PIC) Y COMPUESTOS ORGANICOS PERSISTENTES (POC's).

<i>Sustancia</i>	<i>PIC</i>	<i>POC's</i>
Aldrín	x	x
Bifenilos Polibromados (algunos)	x	x
Clordano	x	x
Clordimefon	x	x
Compuestos de Mercurio	x	X
Crocidolita	x	X
DDT	x	
Dibromuro de Etileno	x	
Dieldrín	x	
Dinoseb	x	X
Dioxinas Endrín	x	
Fluoracetamida	x	
Fosfato de Tris (dibromo-2,3 propilo)	x	
Furanos	x	
HCH (mezcla de isómeros)	x	
Heptacloro	x	
Hexaclorobenceno	x	
Mirex	x	
Toxafeno	x	

Fuente: Estadísticas del Medio Ambiente para 1997. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) y la SEMARNAP, año 1998.