

Revisión

Plaguicidas en México: usos, riesgos y marco regulatorio

Irmene Ortíz¹; Marco A. Avila-Chávez²; Luis G. Torres^{2*}

1. Universidad Autónoma Metropolitana-Cuajimalpa. Depto. Procesos y Tecnología. México, D.F., México.

irmene@correo.cua.uam.mx

2. Unidad Profesional Interdisciplinaria de Biotecnología - IPN. Depto. de Bioprocesos México, D.F., México.

* Corresponding author: LTorresBustillos@gmail.com

Resumen

El presente documento describe la situación actual referente a la reglamentación de la producción, distribución, almacenamiento y uso de los plaguicidas en México. Se muestran datos de morbilidad como consecuencia del uso de estos productos como un referente de sus efectos sobre la salud humana, así como, los sitios en la República Mexicana en donde la incidencia es mayor. Adicionalmente, se presenta una revisión de la regulación nacional e internacional sobre plaguicidas, así como, las distintas dependencias gubernamentales, organizaciones civiles y centros de investigación involucrados en el tema en México. La información presentada sugiere que a pesar de las regulaciones y restricciones de uso de los plaguicidas, éstos pueden representar un grave problema de salud para los trabajadores y poblaciones expuestas, así como, de contaminación de suelos y aguas en México.

Palabras clave: *plaguicidas, compuestos persistentes, organoclorados, legislación, exposición.*

Abstract

This paper describes the current situation of the regulation in the production, distribution, storage and application of pesticides in Mexico. Moreover, morbidity due to the application of these products is shown as reference of effects on human health, as well as, the Mexican states with higher incidences. Additionally, a review of national and international regulation on pesticides is presented, as well as, the governmental departments, non-governmental organizations and research centers involved in the issue in Mexico. The presented information suggest that despite the regulation and restriction of use of some pesticides, they could represent a serious health problem for farmers and exposed population and they can also represent a soil and water pollution problem in Mexico.

Key words: *Pesticides, persistent compounds, organochlorine, legislation, exposure.*

I. Introducción

El empleo de plaguicidas es la actividad más frecuente para controlar organismos no deseados en los campos agrícolas. Sin embargo, debido a sus propiedades tóxicas, la utilización de plaguicidas es en muchos casos una práctica riesgosa e inadecuada, particularmente para los

agricultores. Quizá menos notorio, pero que al mismo tiempo suele involucrar prácticamente a la totalidad de la población, es el riesgo de salud pública como consecuencia de los residuos de plaguicidas que pueden presentarse en los alimentos. Si bien, la vida media de la mayoría de los plaguicidas que

actualmente se aplican es relativamente corta (semanas), residuos o subproductos de éstos pueden mantenerse en los alimentos hasta el momento en son consumidos. Por lo que es necesario la aplicación de reglamentaciones que abarquen desde la producción, distribución, almacenamiento y uso de los plaguicidas. En México, las instancias que mayor injerencia tienen sobre la regulación de los plaguicidas son la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA) y la Secretaría de Salud (SSA). A nivel internacional, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), siendo éste un organismo que ha dirigido esfuerzos expidiendo guías para el adecuado manejo de los plaguicidas.

El presente documento pretende servir como referencia para localizar con mayor celeridad información disponible acerca de los plaguicidas en México. Además de ayudar a identificar la reglamentación o instituciones que llevan a cabo tanto investigación, así como, cuantificación o reglamentación sobre pesticidas. Por otro lado, este manuscrito no va sólo dirigido a investigadores del área, también puede servir como fuente de información para productores, vendedores y a los usuarios en general.

1.1. Definiciones y conceptos

En el lenguaje cotidiano las palabras *plaguicida* y *pesticida* son utilizadas indistintamente, sin embargo, es necesario definir el concepto más adecuado. En el diccionario de la Real Academia de la Lengua Española (RALE, 2011) la palabra plaguicida se define como sinónimo de la palabra pesticida y esta última se define como “aquella sustancia que se destina a combatir plagas”. En el mismo diccionario la

palabra *plaga* se refiere a seres vivos que causan graves daños, mientras que la palabra *peste* hace referencia a enfermedad. Puesto que el término que se desea definir es aquella sustancia que elimina plagas, no enfermedades, el término plaguicida es el más adecuado.

La ley General de Salud define plaguicida como: “cualquier sustancia o mezcla de sustancias que se destinan a controlar cualquier plaga, incluidos los vectores que transmiten las enfermedades humanas y de animales, las especies no deseadas que causen perjuicio o que interfieran con la producción agropecuaria y forestal, así como las sustancias defoliantes y las desecantes” (DOF, 2011b – Art. 278). La Ley Federal de Sanidad Vegetal define a un plaguicida como un “Insumo fitosanitario destinado a prevenir, repeler, combatir y destruir a los organismos biológicos nocivos a los vegetales, sus productos o subproductos” y define plaga como “Forma de vida vegetal o animal o agente patogénico, dañino o potencialmente dañino a los vegetales” (DOF, 2008 – Art. 5). Por otro lado, la FAO define plaguicida como “cualquier sustancia o mezcla de sustancias destinadas a prevenir, destruir o controlar cualquier plaga, incluyendo los vectores de enfermedades humanas o de los animales, las especies no deseadas de plantas o animales que causan perjuicio o que interfieren de cualquier forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, maderas y sus productos o alimentos para animales, o que pueden administrarse a los animales para combatir insectos, arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos. El término incluye las sustancias destinadas a utilizarse como reguladoras del crecimiento de las plantas, defoliantes, desecantes, agentes para reducir la

densidad de fruta o agentes para evitar la caída prematura de la fruta, y las sustancias aplicadas a los cultivos antes o después de la cosecha para proteger el producto contra la deterioración durante el almacenamiento y transporte" (FAO, 2006).

Las definiciones anteriores, en esencia señalan lo mismo, sin embargo, la definición de la FAO pretende la inclusión de una gama más amplia de sustancias. Asimismo, es importante apuntar que no existe un criterio químico o técnico por el cual definir el término plaguicida, tampoco existe un criterio en cuanto a su origen, efectividad o toxicidad, más bien las definiciones pretenden englobar a un grupo de sustancias destinadas a un fin en particular, en esencia combatir organismos no deseados.

Dado que la definición del término plaguicida es muy amplia y al mismo tiempo un tanto ambigua, es necesario identificar aquellos compuestos que pueden crear confusión y que eventualmente puedan ser considerados como plaguicidas, sin necesariamente serlo. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA; por sus siglas en inglés) señala que de acuerdo a sus propios criterios no son considerados como plaguicidas, los esterilizantes, los productos para ser aplicados en personas o animales vivos, los productos para el crecimiento de las plantas, los antimicrobianos para los alimentos, las bebidas o productos farmacéuticos (EPA, 1999).

1.2. Clasificación

Los plaguicidas pueden clasificarse de acuerdo al organismo que controlan, al modo en el cual actúan, a los usos a los que están destinados o a su composición química. Siendo el criterio de la composición química el que resulta más

apropiado en el área de investigación. Químicamente se dividen a los plaguicidas en orgánicos, inorgánicos y biológicos. En su mayoría los plaguicidas presentan una estructura molecular de tipo orgánico, a su vez estos pueden dividirse en organoclorados, organofosforados, carbamatos y piretroides (Tabla 1). Un plaguicida organoclorado es un compuesto químico orgánico constituido por un esqueleto de átomos de carbono, en el cual, algunos de los átomos de hidrógeno, son reemplazados por átomos de cloro. Muchos de estos compuestos pueden llegar a ser cancerígenos y en general se catalogan como contaminantes orgánicos persistentes, ya que son resistentes a la fotodegradación y a la degradación biológica y química (UNEP, 2011). Aún a bajas concentraciones, estos compuestos pueden poseer alta toxicidad debido a su alta solubilidad y a su capacidad de bioacumularse, por lo cual sus efectos pueden ser a largo plazo (crónicos) (Tsai, 2010). Desde hace algunas décadas se ha venido limitando la fabricación y uso de plaguicidas organoclorados en especial DDT (1,1,1-tricloro-2,2-bis(4-clorofenil)etano), aldrín, dieldrín, heptacloro, mirex, clordecona y clordano. Sin embargo, hay otros que son ingredientes activos de varios productos que aún se utilizan para fines domésticos, por ejemplo, carbendazin, cipermetrina, clorpirifos, D-aletrina, deltametrina, diclorobenceno, dietiltoluamida, endosulfan, fenitrotion, glifosato, hidrometilnona, mercaptotion, entre otros (UNIDA, 2006).

La restricción y prohibición de los plaguicidas organoclorados ha llevado a su sustitución por compuestos organofosforados que son sustancias orgánicas sintéticas con uno o varios fósforos en su estructura molecular. En términos generales, los plaguicidas organofosforados son menos tóxicos y

tienen menor capacidad para acumularse en los tejidos, característica que les da

ventaja con respecto a los plaguicidas organoclorados (Sherine *et al.*, 2010).

Tabla 1. Clasificaciones de los plaguicidas

Organismo que controlan	Usos al que se destinan	Modo de acción	Composición química
Insecticida	Agrícolas	Por contacto	Orgánicos:
Acaricida	Forestales	Por ingestión	Organofosforados
Fungicida	Urbanos	Sistémico	Carbamatos
Bactericida	Jardinería	Fumigante	Organoclorados
Antibiótico	Pecuarios	Repelente	Piretroides
Herbicida	Domésticos	Defoliante	Inorgánicos
Rodenticida	Industriales		Biológicos
Molusquicida			

Por otro lado, los carbamatos son sustancias químicas derivadas del ácido carbámico que pueden degradarse por la exposición al sol, no son bioacumulables, son liposolubles y en su mayoría son de mediana y baja toxicidad, con excepción del aldicarb (temik) y el carbofurán (furdán) que son de alta toxicidad para el ser humano. Los insecticidas de carbamato de N-metilo son utilizados en el hogar, jardines y agricultura.

Finalmente, el grupo de las piretrinas son insecticidas cuyo ingrediente activo es el piretro, un extracto parcialmente refinado de las flores de crisantemo. Los piretroides son compuestos sintéticos basados estructuralmente en la molécula de piretrina la cual se modifica para mejorar su estabilidad a la luz y el calor, entre otros.

II. Vías de exposición

Una de las principales fuentes de exposición a los plaguicidas y a sus residuos es el medio ambiente. Los plaguicidas tienen la capacidad de transferirse de una matriz a otra. Una vez que se realiza la fumigación, los residuos de plaguicidas se depositan en el suelo y a través de procesos de infiltración, los compuestos pueden ser arrastrados por la lluvia hasta alcanzar cuerpos de agua con

la consecuente transferencia a los organismos acuáticos o eventualmente pueden llegar a niveles freáticos de donde pueden extraerse a través de pozos para el aprovechamiento humano. El consumo de dicha agua contaminada es un medio por el cual los plaguicidas pueden entrar directamente al organismo. Por otro lado, a través de la dispersión por el aire los plaguicidas pueden entrar en contacto directo con los insectos, animales de granja, frutas, verduras, semillas e incorporarse en la cadena alimenticia.

Adicionalmente, debido a sus propiedades lipofílicas los plaguicidas tienen la capacidad de bioacumularse, es decir, acumularse en los tejidos de los organismos, de esta forma su vida media puede aumentarse y pasar a diferentes eslabones de la cadena alimenticia, en un fenómeno conocido como biomagnificación. Por lo cual el consumo de alimentos ricos en grasa (carne, mariscos, pollo o pescado) representa otra ruta de exposición. Un estudio realizado en 2012 por Fantke *et al.*, modela matemáticamente la exposición a pesticidas debida al consumo de seis cultivos importantes, trigo, arroz, tomate, manzana, papa y lechuga, correlacionando el pesticida usado y sus propiedades ambientales con el tipo de cultivo.

Sin embargo, el mayor riesgo se encuentra por la exposición directa; los trabajadores agrícolas y las personas que viven cerca de los sitios donde se realizan aplicaciones en cultivos se encuentran en contacto con diversos plaguicidas de forma permanente y por periodos prolongados. Existen muy pocos datos acerca de los daños a la salud por esta ruta de exposición, sin embargo, algunos estudios recientes han logrado establecer relaciones entre exposición ocupacional y algunas enfermedades neurodegenerativas, como se discute a continuación (Steenland *et al.*, 2013).

III. Efectos a la salud

Una vez que los plaguicidas entran en contacto con el ambiente, éstos son susceptibles a procesos de degradación biológicos, químicos y físicos, sin embargo, bajo ciertas condiciones los productos químicos puede mantenerse en el ambiente por largos periodos, por ejemplo en las aguas freáticas o en los tejidos de organismos incrementando el riesgo potencial al ambiente y a la salud humana (Sherine *et al.*, 2010).

Los efectos tóxicos de los plaguicidas hacia el ser humano son diversos e indiscutibles, sin embargo, la afectación a la salud dependerá de la forma por la cual se ha llevado a cabo el contacto. Un daño crónico se presenta cuando se ha estado en contacto con concentraciones bajas de un producto, el efecto se manifiesta después de varios meses e incluso años; por el contrario un daño agudo se presenta cuando por algún evento extraordinario el organismo entra en contacto directo con la sustancia tóxica a altas concentraciones, tal es el caso de derrames e ingestión (intento de suicidio o accidental). Por otro lado, los efectos crónicos se manifiestan con cáncer, mutaciones o lesiones degenerativas en

hígado y riñón. Los daños de exposiciones agudas ocurren poco tiempo después del contacto con el producto y pueden provocar desde reacciones alérgicas tales como, vómito, cefalea, conjuntivitis, diarrea, calambres abdominales, dificultad para respirar, desmayo e incluso la muerte. Algunas de las causas por las cuales se presentan este tipo de efectos son, entre otros, los accidentes laborales al manipular inadecuadamente estas sustancias en actividades agrícolas y ganaderas; por la falta de uso de los equipos de protección al realizar actividades de fumigación; por la ingesta voluntaria en suicidios o accidental debida a la falta de precaución en el uso y manejo de estos compuestos (SNVE, 2007).

Las implicaciones en salud debido a las exposiciones crónicas a ciertos plaguicidas se han asociado con la incidencia de cáncer en algunos sitios, particularmente con actividad agrícola (Wigle *et al.*, 2008; Weichenthal, 2010). Un estudio reciente, reportó que al menos 21 plaguicidas tuvieron fuertes asociaciones exposición-respuesta para ciertos tipos de cáncer (Alavanja *et al.*, 2012). Según estimaciones de la OMS (Organización Mundial de la Salud) el manejo y aplicación de plaguicidas se relaciona con aproximadamente 37,000 casos de cáncer anuales. A pesar de que numerosos estudios epidemiológicos reportan posibles relaciones entre ciertos tipos de cáncer y la exposición a plaguicidas varios autores han analizado bases de datos con casos documentados, concluyendo que dicha relación no es clara e incluso en algunos casos es inconsistente por lo que se requieren estudios más detallados (Salehi *et al.*, 2008; Khanjani *et al.*, 2007; Jowa y Howd 2011; Petit *et al.*, 2012).

En el caso particular del DDT, si bien se estima que la exposición humana a DDT

ha disminuido como consecuencia de la prohibición y restricción de este plaguicida organoclorado poco se sabe de los efectos de sus metabolitos (DDE, DOE y DDD) sobre la salud de poblaciones expuestas, aunque algunos estudios sugieren que pueden estar también asociados, al igual que el DDT, con cáncer de mama, diabetes, afectaciones en la calidad del semen, alteraciones sobre el desarrollo neurológico de los infantes, así como, en embarazos mal logrados (Eskenazi *et al.*, 2009; Toft *et al.*, 2010).

Por otro lado, se tiene evidencia que permite relacionar de manera genérica la enfermedad de Parkinson con algunos tóxicos, particularmente con la exposición prolongada a herbicidas e insecticidas. Sin embargo, dicha evidencia no es concluyente respecto de la relación directa causa-efecto con la exposición a un plaguicida particular o mezcla de ellos, según los reporta Brown *et al.*, 2006.

Por otro lado, otros estudios epidemiológicos han también identificado a la exposición a plaguicidas como un factor de riesgo de desarrollar esclerosis lateral amiotrófica (ELA) en hombres, sin embargo, los tipos de pesticidas asociados en la mayoría de los casos no se especifican y de nuevo se presenta la necesidad de estudios más controlados y detallados para dilucidar dicha relación (Malek *et al.*, 2012).

Dado que en México no se tienen datos precisos de las afectaciones a la salud asociadas directa o indirectamente con plaguicidas, es necesario documentar los efectos a largo plazo en las poblaciones expuestas, por ejemplo, en los trabajadores jornaleros agrícolas. De igual manera, se desconoce el riesgo asociado al consumo de productos que han estado expuestos a fumigaciones. Las poblaciones infantiles son particularmente vulnerables a los efectos de estos

contaminantes, sin embargo, no existen instrumentos gubernamentales que regulen la exposición ambiental a estos compuestos (Cifuentes *et al.*, 2010, Wingle *et al.*, 2007).

Por el contrario, los casos de los daños agudos de intoxicación con plaguicidas, sí se encuentran documentados a través del Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades (CENAVECE) que realiza un inventario de datos de morbilidad, es decir, de las enfermedades más comunes que son reportadas y atendidas. En el caso de plaguicidas, el CENAVECE reporta entre 1990 y 1993 que el índice de intoxicación por plaguicidas fue alrededor de 2 de casos por cada 10 mil habitantes; mientras que el año 1994 el índice se elevó hasta prácticamente a 9 casos por cada 10 mil habitantes, éste importante incremento puede ser explicado debido a un cambio en la forma de registro de los casos. A partir de ese año y hasta el año 2000 se observa una tendencia a la reducción, de 2000 a 2010 se ha mantenido un promedio de alrededor de 3 casos por cada 10 mil habitantes (CENAVECE, 2011). Sin embargo, estos registros deben ser tomados con reserva puesto que sólo se presentan los casos que fueron diagnosticados y registrados en instituciones de salud y en muchas ocasiones los accidentes no se reportan o el diagnóstico no es el adecuado.

A este respecto, la asociación civil AMIFAC opera el Servicio de Información Toxicológica (SINTOX) que desde 1994 presta servicio especializado en el ámbito de la prevención, tratamiento y auxilio de las intoxicaciones producidas por agroquímicos. De acuerdo a información del SINTOX, el número de personas intoxicadas con agroquímicos o insecticidas reportadas en promedio es de 350 casos por año, cifra que representa sólo el 10 de los casos reportados a la

Dirección General de Epidemiología (AMIFAC, 2012). La mayor incidencia de intoxicaciones es de tipo accidental, en segundo lugar las de tipo suicida y en tercer lugar de tipo laboral.

El análisis por grupos de edades de la información del CENAVECE, indica que se presenta una mayor incidencia de intoxicaciones en niños menores de 4 años, el otro grupo de edades que también presenta un alto riesgo de intoxicación son los jóvenes de entre 15 a 24 años. Las intoxicaciones de los menores están claramente relacionadas con la falta de precaución en el almacenamiento o el trasvasado de los plaguicidas a botellas de bebidas. Por el contrario, los casos de intoxicación en los jóvenes pueden estar más relacionados con la ingesta voluntaria (intento de suicidio) o en su caso la falta de precaución y capacitación

al momento de la fumigación, a este respecto es necesario recordar que la legislación nacional no permite realizar actividades de fumigación a menores de edad.

Por otro lado, la información del CENAVECE también permite identificar las zonas donde se presenta la mayor incidencia de accidentes relacionados con productos químicos, particularmente plaguicidas. A este respecto, los estados con mayor incidencia (Tabla 2) se encuentran en el Pacífico Mexicano, siendo Colima y Nayarit los que presentaron índices hasta siete veces superiores a la media nacional, lo cual está relacionado con su importante actividad agrícola. Otros estados donde también se observaron incidencias importantes son Guerrero, Chiapas, Sinaloa y Morelos.

Tabla 2. Estados con mayor incidencia de intoxicación por plaguicidas

Estado	Índice de morbilidad (casos por 10,000 hab.)
Michoacán	3.42
Oaxaca	3.77
Hidalgo	4.15
Baja California Sur	4.35
Zacatecas	4.78
Morelos	5.90
Sinaloa	6.50
Chiapas	6.73
Guerrero	6.77
Jalisco	9.63
Colima	15.17
Nayarit	16.13

Elaborada con datos de CENAVECE, 2008.

Por otro lado, el informe de SINTOX 2012 reporta que los estados con mayor incidencia de intoxicación por plaguicidas son, Jalisco, Estado de México, Michoacán, Veracruz, Morelos, Puebla, Chiapas, Sinaloa y Guanajuato. Los productos más frecuentemente involucrados en las intoxicaciones reportadas al SINTOX en 2012 son los

que pertenecen a los grupos químicos: organofosforados con el 19%, Piretroides 20%, carbamatos 14%, bupiridilos 6%, fosfóricos 5%, organoclorados 1%, clorofenólicos 1%, otros 19% y desconocidos 15% (AMIFAC, 2012).

IV. Producción y consumo en México

En México, la utilización de plaguicidas es una práctica frecuente, la cantidad real de plaguicidas que se aplican en los cultivos no se conoce con certeza. En el compendio de estadísticas ambientales 2011 de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) se presentan los datos de “Producción de Insecticidas y Plaguicidas”, tanto en forma líquida como sólida. A partir de esta información, con fines de análisis y estandarización se sumaron las producciones de los diferentes plaguicidas para obtener la producción anual total de plaguicidas para el periodo comprendido entre 1994 a 2008. En la misma página de la SEMARNAT también se pueden encontrar datos del

consumo aparente de plaguicidas, dicho valor se calcula con base a la producción, sumando la importación y restando la exportación, para este último rubro se utilizaron datos desde 1992 hasta el 2007. En la Figura 1 se concentran y comparan los datos de producción y consumo aparente. De acuerdo a lo que se observa la producción fue mayor que el consumo aparente, esto señala un alto porcentaje de producto exportado. El promedio anual de consumo en México de plaguicidas se encuentra en poco más de 35 mil toneladas. Dicho valor es corroborado con datos estadísticos del 2009 de la FAO, en donde México alcanzó el valor mas alto de consumo en el mundo para ese año con 36.3 mil toneladas, seguido por Japón, India y Turquía con 23.4, 14.8 y 11.4 mil toneladas, respectivamente (FAO, 2012).

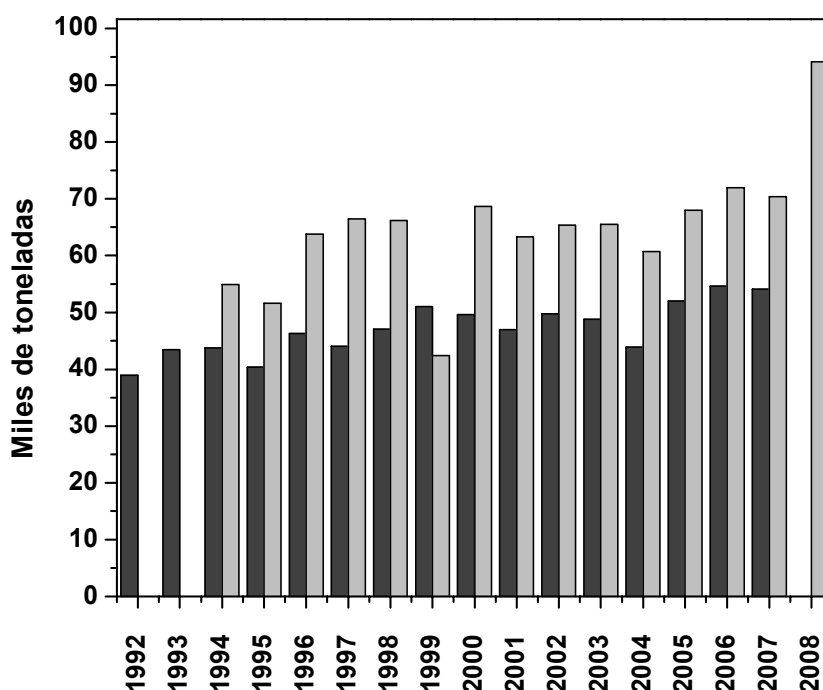


Figura 1. (■) Producción y (■) consumo aparente de plaguicidas en la República Mexicana de 1992-2008. Con datos de SEMARNAT, 2011.

Al igual que los registros de morbilidad los datos de consumo o producción a

nivel nacional deben ser considerados como elementos sujetos a variaciones

debido a la falta de información, lo que puede llevar a una sobreestimación de la exportación.

Un estudio particular realizado en la región fronteriza entre Estados Unidos y México (SEMARNAT-EPA, 2006) indica que entre los años 2000 a 2003 se utilizaron entre 350 y 670 toneladas de plaguicidas en dicha región. Un dato relevante es que todos los estados fronterizos estadounidenses reportan datos de volúmenes de plaguicidas utilizados, mientras que para el caso de los estados fronterizos mexicanos solamente Tamaulipas y Baja California reportan datos volúmenes de aplicación. Dicho reporte concluye que existe un serio problema derivado de las actividades agrícolas y el uso de plaguicidas, recomendando la capacitación en cuanto al manejo de dichas sustancias.

V. Regulación internacional

El grupo de plaguicidas que presentan mayor persistencia en el ambiente corresponde a los plaguicidas denominados organoclorados. La producción y utilización a nivel mundial de éstos ha disminuido, sin embargo, las regulaciones y restricciones no han podido evitar que muchos de estos compuestos se sigan utilizando para el control de vectores transmisores de enfermedades. Las restricciones aplicadas a estos compuestos se deben en mucho a las presiones internacionales a través de tratados, convenios y acuerdos tales como el Protocolo de Montreal, el Convenio de Estocolmo y el Convenio de Róterdam.

V.1. Protocolo de Montreal

El Protocolo de Montreal es un tratado internacional diseñado para proteger la capa de ozono reduciendo la producción y el consumo de numerosas sustancias que

se consideran son responsables del agotamiento de la capa de ozono. Así mismo, establece coordinación con los Convenios de Estocolmo y de Róterdam para la evaluación de los contaminantes orgánicos persistentes (COP) y particularmente plaguicidas con respecto a su efecto en la capa de ozono (PNUMA, 2006).

V.2. Convenio de Estocolmo

El Convenio de Estocolmo es un tratado Internacional promovido en 2001 por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), el cual tiene el objetivo de proteger la salud humana y el medio ambiente frente a los COP. Inicialmente, el Convenio definió 9 pesticidas y 3 grupos de contaminantes orgánicos persistentes prioritarios, actualmente hay 22 compuestos sujetos al convenio (UNEP, 2011). México firmó este Convenio en 2001 y en 2003 ratificó su compromiso, siendo el primer país de América Latina en hacerlo (PNI, 2007). A este respecto, México ha elaborado un inventario de plaguicidas caducos a nivel nacional mediante encuestas a instituciones públicas y privadas, reportando un listado entre los cuales se encuentran, el DDT (101,950.50 kg), el malatión (11,753.61 L), el lindano (174.00 L), el paratión metílico (101 kg y 16.45 L) y otros en menor cantidad (PNI, 2007). Además, el documento incluye un "Inventario de sitios contaminados" señalando un total de 24 fuentes, que corresponden a sitios en toda la República Mexicana (PNI, 2007). Finalmente, el documento señala que es necesario la realización de monitoreos para determinar la presencia y persistencia en diferentes las diferentes matrices ambientales o en sitios altamente contaminados.

V.3. Convenio de Róterdam

Este convenio pretende garantizar la protección de la población y el medio ambiente de todos los países de los posibles peligros relacionados con el comercio de plaguicidas y productos químicos altamente peligrosos. El Convenio de Róterdam entró en vigor el 24 de febrero de 2004. Por su parte, México evaluó en 2007 las acciones para la aplicación del Convenio y entre las principales acciones que se acordaron se encuentra la actualización del Catálogo de Plaguicidas usados, restringidos y prohibidos (CICOPLAFEST, 2004). También se acordó fomentar el desarrollo de investigación para evaluar los peligros y riesgos para la salud y el medio ambiente de las sustancias peligrosas y favorecer el intercambio de información de las diferentes sustancias (SER, 2007).

V.4. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO)

La FAO ha publicado una serie de documentos (guías) encaminados a hacer más eficientes y seguras las prácticas agrícolas. Estas guías pueden servir a los gobiernos para establecer criterios en el desarrollo de su propia legislación relacionada con el manejo y utilización de los plaguicidas. Entre otras, se encuentran: Guía para el manejo para plaguicidas obsoletos (FAO, 2009); Código Internacional de Conducta para la Distribución y Utilización de Plaguicidas (FAO, 2006); Manual sobre elaboración y empleo de especificaciones de la FAO y de la OMS para plaguicidas (FAO, 2004) y el Manual para determinación de contaminación de suelos por pesticidas (FAO, 2000).

VI. Regulación nacional

Diversas dependencias están involucradas con la reglamentación relacionada con la producción, distribución y utilización de plaguicidas. Los aspectos sanitarios son regulados por la SSA; el impacto al medio ambiente por la SEMARNAT; la eficacia biológica de los productos para uso agrícola por la SAGARPA; mientras que el transporte de estas sustancias es regulado por la Secretaría de Comunicaciones y Transporte (SCT) y la Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS) emite los criterios de higiene y seguridad industrial. A continuación se discuten las leyes y reglamentos emitidos por estas dependencias.

VI.1. Leyes federales y reglamentos nacionales

Ley Federal del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente (LGEEPA)

La LGEEPA (DOF, 2011a) fue publicada inicialmente el 28 de enero de 1988 y su última modificación fue expedida el 28 de enero de 2011. Esta Ley agrupa a los plaguicidas junto a los fertilizantes y las sustancias tóxicas, otorgándole a la federación la regulación en el uso y manejo de estas sustancias químicas (Art. 120). La SEMARNAT otorga las autorizaciones para la fabricación, importación y para todo tipo de actividades relacionadas con los plaguicidas (Art. 135). Así mismo, establece los criterios para la autorización para la importación de productos (Art.144). Finalmente, la LGEEPA establece que las actividades particulares relacionadas con el manejo de plaguicidas se sujetarán a las Normas Oficiales Mexicanas (Art. 143).

Ley General para la gestión integral de residuos (LGPGIR)

La LGPGIR se publicó en el año 2003 y su última modificación corresponde al 19 de junio de 2007. Esta Ley regula el

manejo de los residuos, definiéndolos como materiales o productos que son desechados. Bajo el anterior criterio pueden ser considerados como residuos los propios envases que han contenido plaguicidas y bajo condiciones particulares, los mismos plaguicidas. En el Art. 31 establece que los envases como residuos de plaguicidas deberán estar sujetos a un plan de manejo. Mientras que el Art. 67 señala que se prohíbe incinerar plaguicidas organoclorados debido a la posible generación de contaminantes tales como dioxinas y furanos (DOF, 2007).

Ley Federal de Sanidad Vegetal (LFSV)

La Ley Federal de Sanidad Vegetal (LFSV) fue publicada en enero de 1994 y la última modificación fue publicada en julio de 2007. Los objetivos principales de la LFSV son, como su nombre lo indica, promover la sanidad vegetal, así como la aplicación, verificación y certificación de los sistemas de reducción de riesgos de contaminación física, química y microbiológica en la producción de vegetales (Art. 1). La LFSV señala que es competencia de la Federación a través de la SAGARPA regular los criterios para los estudios de campo para llevar a cabo el establecimiento de los límites máximos de residuos de plaguicidas a través de estudios de campo (Art. 7 y 42). Asimismo, la SAGARPA coadyuvará con la SSA y de Desarrollo Social para vigilar el cumplimiento de la normatividad aplicable a los plaguicidas (Art. 10). Por otro lado, ésta Secretaría está obligada a llevar a cabo un Programa Nacional de Monitoreo de Residuos de Plaguicidas y a difundir la información generada (Art. 42 bis) (DOF, 2007).

Ley General de Salud (LGS)

La Ley General de Salud (LGS) y sus respectivos reglamentos regulan el

derecho a la protección de la salud que tiene toda persona. En esta Ley los plaguicidas se encuentran regulados con los mismos criterios que las sustancias peligrosas. De acuerdo a la LGS le corresponde a la SSA autorizar los nuevos productos que puedan resultar tóxicos, entre estos a los plaguicidas, así como, coordinar con otras dependencias las condiciones de fabricación, formulación, envasado y etiquetado (Art. 279 y 281). De igual manera, debido a sus características tóxicas cualquier tipo de plaguicidas requerirá de un registro sanitario ante la SSA (Art. 376). Otras de sus atribuciones que le corresponden a la SSA son la emisión de Normas Oficiales referentes a la aplicación y protección contra los plaguicidas y las autorizaciones para su importación (Art. 298). En el Artículo 17 de esta Ley se señalan todas las atribuciones y obligaciones referentes a la regulación y control de los plaguicidas, asignándole atribuciones a la Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS), de la cual se hará mención más adelante.

Reglamento en Materia de Registros, Autorizaciones de Importación y Exportación y Certificados de Exportación de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y Sustancias y Materiales Tóxicos o Peligrosos

Este reglamento se expidió el 28 de diciembre de 2004 por la SSA y en su Artículo 3 señala el procedimiento para la aplicación del propio reglamento es responsabilidad de los siguientes organismos COFEPRIS, SEMARNAT y SAGARPA. En este reglamento también se establecen los requisitos para que se garantice que los plaguicidas que llegan al mercado mexicano sean seguros durante su manejo. Entre dichos requisitos, se destaca una batería de estudios toxicológicos, que incluyen;

toxicidad aguda, subcrónica, crónica y de efectos específicos (neurotoxicidad, teratogenicidad).

VI.2. Normas oficiales mexicanas

Tal como se ha mencionado anteriormente la regulación del manejo, distribución y aplicación de los plaguicidas involucra diversas dependencias federales. La Tabla 3

presenta una descripción de las diferentes Normas Oficiales organizadas de acuerdo al organismo que las expide. Sin embargo, es importante apuntar que no existen normas que fijen límites máximos permisibles de plaguicidas en suelos que es el principal destino ambiental de estos contaminantes.

Tabla 3. Normas oficiales mexicanas relacionadas con el uso de plaguicidas.

Tipo de Norma	Norma Oficial Mexicana
Toma de muestra	NOM-AA-105-1988. Plaguicida determinación de residuos en suelo- Método de toma de muestras.
Ecológicas (SEMARNAT, INE)	NOM-090-ECOL-1994, que establece los requisitos para el diseño y construcción de los receptores de agroquímicos. NOM-052-ECOL-1993, que establece las características de los residuos peligrosos, el listado de los mismos y los límites que hacen a un residuo peligroso por su toxicidad al ambiente. NOM 052 SEMARNAT -2005 (DOF, 2005) cataloga a los plaguicidas en el “Giro 6, plaguicidas y herbicidas”. Debido a la complejidad estructural de estos compuestos y a sus características intrínsecas algunos plaguicidas pueden ser catalogados como sustancias peligrosos.
Sanitarias (SSA)	NOM-044-SSA1-1993, que establece los requisitos para contener plaguicidas. Envase y embalaje. NOM-045-SSA1-1993, que establece el etiquetado de plaguicidas. Productos para uso agrícola, forestal, pecuario, de jardinería, urbano e industrial. NOM-046-SSA1-1993, que establece el etiquetado de plaguicidas. Productos para uso doméstico. Proyecto de NOM-058-SSA1-1993, por la que establecen los requisitos sanitarios para los establecimientos que fabrican y formulan plaguicidas y fertilizantes y que procesan sustancias tóxicas o peligrosas. Proyecto de NOM-043-SSA1-1993, relativa al almacenamiento de plaguicidas. NOM-232-SSA1-2009, Establece los requisitos, indicaciones y características que deben cumplir el envase, embalaje y etiquetado de plaguicidas, tanto técnicos como formulados y en sus diferentes presentaciones, a fin de minimizar los riesgos a la salud de los trabajadores ocupacionalmente expuestos y de la población en general, durante su almacenamiento, transporte, manejo y aplicación.
Zoosanitarias (SAGARPA)	NOM-021-ZOO-1994, que establece el análisis de residuos de plaguicidas organoclorados y bifenilos policlorados en grasa de bovinos, equinos,

	<p>porcinos, ovinos y aves por cromatografía de gases. NOM-028-ZOO-1995 para los residuos de plaguicidas organofosforados, en hígado y músculo de bovinos, equinos, porcinos, ovinos, caprinos, cérvidos y aves. NOM-004-ZOO-1994, establece el límite máximo de residuos tóxicos en alimentos de origen animal.</p>
Fitosanitarias (SAGARPA)	<p>NOM-032-FITO-1995, que establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para la realización de estudios de efectividad biológica de plaguicidas agrícolas y su dictamen técnico. NOM-033-FITO-1995, que establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para el aviso de inicio de funcionamiento que deberán cumplir las personas físicas y morales interesadas en comercializar plaguicidas agrícolas. NOM-034-FITO-1995, que establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para el aviso de inicio de funcionamiento que deberán cumplir las personas físicas y morales interesadas en la fabricación, formulación por maquila, formulación y/o maquila e importación de plaguicidas agrícolas. NOM-036-FITO-1995. Establece los criterios para fungir como laboratorios de diagnóstico. NOM-050-FITO-1995, que establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para efectuar ensayos en campo para el establecimiento de límites máximos de residuos de plaguicidas en productos agrícolas. NOM-052-FITO-1995, establece los criterios para realizar una adecuada aplicación de plaguicidas por medios aéreos. Proyecto de NOM-051-FITO-1995, que establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para el manejo de plaguicidas agrícolas cuya adquisición y aplicación está sujeta a la recomendación escrita de un profesional fitosanitario. NOM-053-FITO-1995, que establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para realizar la difusión de la publicidad de insumos fitosanitarios. NOM-057-FITO-1995, que establece los requisitos y especificaciones fitosanitarias para emitir el dictamen de análisis de residuos de plaguicidas.</p>
Higiene y Seguridad Industrial (STPS)	<p>NOM-003-STPS-1999, regula las condiciones de higiene y seguridad para prevenir riesgos a los trabajadores que desarrollan actividades agrícolas por el manejo y uso de plaguicidas. NOM-010-STPS-1993, relativa a las condiciones de seguridad e higiene en los centros de trabajo donde se produzcan, almacenen o manejen sustancias químicas capaces de generar contaminación en el medio ambiente laboral.</p>
Transporte (SCT)	<p>NOM-002-SCT2-1994. Listado de las sustancias y materiales peligrosos más usualmente transportados. NOM-003-SCT2-1994. Características de las etiquetas de envases y</p>

embalajes destinadas al transporte de materiales y residuos peligrosos.
NOM-004-SCT2-1994. Sistema de identificación de unidades destinadas al transporte terrestre de materiales y residuos peligrosos.
NOM-005-SCT2-1994. Información de emergencia para el transporte terrestre de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
NOM-006-SCT2-1994. Aspectos básicos para la revisión ocular diaria de la unidad destinada al autotransporte de materiales y residuos peligrosos.
NOM-007-SCT2-1994. Marcado de envases y embalajes destinados al transporte de sustancias y residuos peligrosos.
NOM-010-SCT2-1994. Disposiciones de compatibilidad y segregación para el almacenamiento y transporte de sustancias, materiales y residuos peligrosos.
NOM-011-SCT2-1994. Condiciones para el transporte de las sustancias, materiales y residuos peligrosos en cantidades limitadas.
NOM-019-SCT2-1994. Disposiciones generales para la limpieza y control de remanentes de sustancias y residuos peligrosos en las unidades que transportan materiales y residuos peligrosos.
NOM-043-SCT2-1995. Documento de embarque de sustancias, materiales y residuos peligrosos.

Fuente: Publicadas en el DOF

Además de las NOM listadas en la Tabla 3, existen algunos proyectos de norma, tales como, el PROY-NOM-058-SSA1-1993, en la que establecerán los requisitos sanitarios para los establecimientos que fabrican y formulan plaguicidas y fertilizantes y que procesan sustancias tóxicas o peligrosas; el PROY-NOM-043-SSA1-1993, relativo al almacenamiento de plaguicidas y el PROY-NOM-051-FITO-1995 que pretende establecer los requisitos y especificaciones para la comercialización, uso y manejo de plaguicidas agrícolas cuya adquisición y aplicación está sujeta a la recomendación escrita de un profesional fitosanitario. Por otro lado, el 12 de mayo de 2011 se publicó un proyecto de actualización a la NOM-004-ZOO-1994 que establece el límite máximo de residuos tóxicos en alimentos de origen animal, incluyendo 11 plaguicidas organoclorados y 16 organofosforados. A diferencia de su versión anterior en ésta se incluyen otros productos de consumo como huevo, miel o leche y se modifican los límites para

algunos productos para consumo humano con valores más restrictivos.

VI.3. Normas Mexicanas

Las normas mexicanas a diferencia de las normas oficiales mexicanas no son obligatorias, por ejemplo la NMX-AA-71-1981 señala el método de análisis por cromatografía de gases para la cuantificación de plaguicidas organoclorados en agua (DGN, 1981a). Esta norma se encuentra bajo revisión y existe el proyecto PROY-NMX-AA-071-SCFI-2008 para reemplazarla (DGN, 2008b). La determinación de plaguicidas organoclorados y organofosforados en leche y fórmulas lácteas es señalada en la NMX-F-724-COFOCALEC-2007 (DGN, 2008a). Mientras que la determinación de paratión metílico se establece en la NMX-Y-023-1981 (DGN, 1981b); la determinación de paratión fenol por el método colorimétrico en la NMX-Y-193-1981 (DGN, 1981c); y la determinación de paratión etílico en la NMX-Y-203-1981 (DGN, 1981d).

VII. Instituciones involucradas

VII.1.1. Gubernamentales

Comisión Federal para la Protección contra Riesgos Sanitarios (COFEPRIS)

La COFEPRIS es un órgano administrativo desconcentrado de la Secretaría de Salud, con autonomía técnica, administrativa y operativa, que tiene a su cargo el ejercicio de las atribuciones en materia de regulación, control y fomento sanitarios (DOF, 2004). A la COFEPRIS corresponde autorizar el registro y expedición de certificados de libre venta para la exportación de plaguicidas y nutrientes vegetales, así como, otorgar permisos de importación de plaguicidas, nutrientes vegetales y sustancias tóxicas o peligrosas, previo análisis, evaluación y dictamen de la información técnica, toxicológica y de seguridad correspondiente. Para fines de evaluación, la COFEPRIS clasifica a los plaguicidas en cinco categorías, químicos, bioquímicos, microbiológicos, botánicos y misceláneos. Además, la COFEPRIS ha publicado el Catálogo de Plaguicidas, que se discute más adelante.

Comisión Intersecretarial Para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas (CICOPLAFEST)

La CICOPLAFEST es una Comisión intersecretarial que fue creada en 1987 y está facultada para regular la exploración, elaboración, fabricación, formulación, mezclado, acondicionamiento, envasado, manipulación, transporte, distribución, aplicación, almacenamiento, comercialización, tenencia, uso y disposición final de los plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas (DOF, 1987).

Atendiendo la necesidad de un marco regulatorio para los plaguicidas, la SSA, la SAGARPA, la SEMARNAT y la

Secretaría de Economía (SE) publicaron en el año el 2004 el “Catálogo de Plaguicidas” (CICOPLAFEST, 2004). En ese documento se incluye información sobre los usos, sinonimia, mezclas y coadyuvantes de las sustancias registradas. Además de clasificarlos de acuerdo a un criterio de persistencia, desde “ligeramente persistentes” (menos de cuatro semanas), hasta “permanentes” (más de 20 años), pasando por “altamente persistente” (mas de un año). La lista de compuestos altamente persistentes o permanentes incluye doce compuestos. También realiza una clasificación de los plaguicidas de acuerdo a su nivel de toxicidad señalando cinco categorías, desde los ligeramente tóxicos (IV) hasta los extremadamente tóxicos (I).

Instituto nacional de ecología y cambio climático (INECC)

El Instituto Nacional del Ecología y Cambio Climático (Instituto Nacional de Ecología, INE hasta 2012) es un organismo desconcentrado de la SEMARNAT, entre cuyas funciones se encuentran, la de generar, integrar y difundir conocimiento e información a través de investigación científica aplicada y el fortalecimiento de capacidades, para apoyar la formulación de política ambiental y la toma de decisiones que promuevan el desarrollo sustentable. Como parte del INECC se encuentra Centro Nacional de Investigación y Capacitación Ambiental (CENICA) que durante varios años han realizado estudios relacionados con la evaluación de sustancias tóxicas persistentes y también ha enfocado esfuerzos en el análisis de plaguicidas en diversas matrices ambientales.

Centro Nacional de Referencia de Plaguicidas y Contaminantes

El Centro Nacional de Referencia de Plaguicidas y Contaminantes (CNRPyC) se crea en 1991 en la Ciudad de Matamoros, Tamaulipas y actualmente se encuentra en Tecamac, Estado de México. Su función es la de coadyuvar en la vigilancia para el cumplimiento de los límites máximos de residuos de plaguicidas en productos agrícolas. Este Centro Nacional forma parte de la Dirección General de Inocuidad Agroalimentaria, Acuícola y Pesquera (DGIAAP) de la SAGARPA.

Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA)

En cumplimiento al Artículo 42 bis de la Ley Federal de Sanidad Vegetal, el Gobierno Federal crea el SENASICA, órgano desconcentrado de la SAGARPA. Este organismo implementa anualmente un programa de monitoreo de residuos de plaguicidas en campos agrícolas. De acuerdo a los resultados del Programa Nacional de Monitoreo de Residuos de Plaguicidas del año 2005 de más de 400 muestras analizadas se encontraron únicamente seis muestras de diversas variedades de chiles procedentes de varios estados de la República con plaguicidas por arriba de los criterios. Los plaguicidas encontrados por arriba de los límites fueron clorpirifos, paratión metílico, clomazone y metamidofos. Siendo la más crítica la concentración máxima del metamidofos encontrada, ya que ésta rebasó en un 100% los niveles permitidos. Como particularidad se reportan 133 muestras con presencia de plaguicidas no autorizados para los cultivos específicos donde se encontraron. En los años 2006 y 2007 se reportaron muestras con plaguicidas no autorizados sin embargo, las concentraciones en dichas muestras no rebasaron los criterios

establecidos (SENASICA, 2011). La presencia de compuestos no autorizados puede ser reflejo de malas prácticas y desinformación del personal que adquiere y aplica estos productos, y quizá al uso de sustancias distribuidas de manera ilegal.

VII.1.2. Académicas

Diversas instituciones en México han concentrado esfuerzos en la evaluación de la contaminación y sus efectos, así como posibles soluciones al problema de la contaminación. Dentro de la página de INECC se encuentra una liga para ingresar al Sistema de Consulta de Plaguicidas (INECC, 2013). Esta base de datos incluye particularmente a investigadores y líneas de investigación en materia de suelos contaminados con plaguicidas y fue construida en el marco del proyecto de colaboración (INE/A1-012/2010) entre la Universidad Autónoma Metropolitana-Unidades Cuajimalpa e Iztapalapa y el CENICA (INE-UAM, 2010). De acuerdo a este reporte se identificaron en México, alrededor de 60 investigadores de 30 Universidades e Institutos involucrados en el tema. Además, se reporta que en periodo de 1980 a 2010, se publicaron alrededor de 164 artículos en revistas científicas o memorias de congresos internacionales. El 46% de dichas publicaciones se realizó después del año 2000, indicando el creciente interés de la comunidad científica sobre el tema. Respecto a las temáticas de los trabajos publicados el 31% se relacionan con el biomonitoreo en humanos, el 18% a técnicas de tratamiento, 17% a generalidades y de divulgación, 15% a técnicas analíticas, 14% al monitoreo en muestras biológicas y un 5% al monitoreo en suelo, agua y aire (INE-UAM, 2010). Sin embargo, los grupos se encuentran dispersos y existe poca interacción entre ellos, así que difundir la investigación que

se realiza en diferentes institutos y crear grupos de colaboración es una de las tareas que quedan pendientes.

VII.1.3. Asociaciones civiles ***Asociación Mexicana de la Industria Fitosanitaria (AMIFAC)***

La AMIFAC es una Asociación Civil que presta asesoría técnica, realiza actividades de capacitación técnica, colabora en la educación, capacitación y en la prevención en los aspectos de salud. Esta institución orienta sus actividades hacia el manejo integral de plagas y la agricultura sustentable, el cuidado del medio ambiente y la salud de los trabajadores y de la comunidad. La AMIFAC lleva a cabo diversos programas entre los que se encuentra el “Plan de Manejo de Envases Vacíos de Agroquímicos y Afines (PLAMEVAA); “Buen Uso y Manejo de Agroquímicos (BUMA)””; el ya mencionado servicio SINTOX. Además, busca que los transportistas asociados se comprometan a llevar a cabo programas de seguridad.

VIII. Comentarios finales

A pesar de los beneficios que el uso de los plaguicidas representa, estos deberían usarse sólo en el control de vectores de transmisión de enfermedades, en el caso de una necesidad alimentaria importante y cuando todas las otras alternativas de control hayan sido agotadas. Dado que su utilización indiscriminada ha causado serios daños al ambiente y a la salud de la población, es necesario considerar que para hacer un uso adecuado de estas sustancias, es necesario realizar una evaluación de los riesgos potenciales de exposición laboral y sobre población en general; así como, de sus efectos ambientales, respetando las dosis recomendadas y las reglamentaciones existentes.

Otro aspecto importante, es la capacitación de los trabajadores agrícolas y su concientización de los efectos a largo plazo que estas sustancias pueden ejercer a su salud, para lo cual el uso de medidas extremas de seguridad debe ser una herramienta indispensable durante el manejo y aplicación de los plaguicidas. Los registros de morbilidad asociados a los plaguicidas indican que estos se deben principalmente a malas prácticas o accidentes. Sin embargo, los efectos de tipo crónico son difíciles de identificar, ya que no existen registros confiables y se requieren más estudios científicos de los efectos que estos productos tóxicos pueden tener en términos de salud pública.

Existe reglamentación en México y Convenios a nivel internacional para el uso adecuado de estas sustancias, así como, para proteger a las poblaciones y los ecosistemas de sus efectos. Sin embargo, se requiere de mejor coordinación entre todos los actores involucrados de los sectores de salud, agrícola, políticos, académicos y población en general.

Open Access: This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC-BY 4.0) which permits any use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author(s) and the source are credited.

Bibliografía

- AMIFAC, Asociación mexicana de la industria fitosanitaria. 2012. Estadísticas 2012. Disponible en <http://www.amifac.org.mx/estadisticas.html>. Consultado 30 de agosto de 2013.
- Alavanja, M.C.R. and Bonner, M.R. 2012. Occupational pesticide

- exposures and cancer risk: a review. *J Toxicol Environ Health-Part B-Crit Rev* 15(4):238-263.
- Brown, T.P., Rumsby, P.C., Capleton, A.C., Rushton, L., Levy, L.S. 2006. Pesticides and Parkinson's disease - Is there a link? *Environ Health Persp* 114(2):156-164.
- CENAVECE (Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades). 2011. <http://www.cenavece.salud.gob.mx/>. Consultado 01 de agosto de 2012.
- CICOPLAFEST, Comisión Intersecretarial Para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas. 2004. Catálogo de Plaguicidas. Disponible en: <http://www.cofepris.gob.mx/AZ/Paginas/Plaguicidas%20y%20Fertilizantes/CatalogoPlaguicidas.aspx>. Consultado 01 de agosto de 2012.
- Cifuentes, E., Trasande, L., Ramírez, M., Landrigan, P.J. 2010. A qualitative analysis of environmental policy and children's health in Mexico. *Environ Health* 9:14.
- DGN, Dirección General de Normas. 1981a. NMX-AA-71-1981. Análisis de agua determinación de plaguicidas organoclorados-método de cromatografía de gases.
- DGN, Dirección General de Normas. 1981b. NMX-Y-023-1981. Plaguicidas agropecuarios - determinación del contenido de paratión metílico método cromatográfico.
- DGN, Dirección General de Normas. 1981c. NMX-Y-193-1981. Plaguicidas agropecuarios-paratión.- determinación de paratión libre método colorimétrico
- DGN, Dirección General de Normas. 1981d. NMX-Y-203-1981. Plaguicidas agropecuarios - determinación del contenido de paratión etílico - método cromatográfico.
- DGN, Dirección General de Normas. 2008a. NMX-F-724-COFOCALEC-2007. Sistema producto leche-alimentos-lácteos-determinación de plaguicidas organoclorados y organofosforados en leche, fórmula láctea y producto lácteo combinado-métodos de prueba.
- DGN, Dirección General de Normas. 2008b. PROY-NMX-AA-071-SCFI-2008. Análisis de agua.- determinación de plaguicidas organoclorados - método de cromatografía de gases extracción en fase sólida, extracción líquido/líquido y cromatografía de gases detector de captura de electrón.
- DOF, Diario Oficial de la Federación. 1987. Creación de la Comisión Intersecretarial Para el Control del Proceso y uso de Plaguicidas, Fertilizantes y Sustancias Tóxicas CICOPLAFEST. 15 de octubre de 1987
- DOF, Diario Oficial de la Federación. 2004. Reglamento en Materia de Registros, Autorizaciones de Importación y Exportación y Certificados de Exportación de Plaguicidas, Nutrientes Vegetales y Sustancias y Materiales Tóxicos o Peligrosos. Última Reforma 28 de Diciembre de 2004.
- DOF, Diario Oficial de la Federación. 2007. Ley General para la Gestión Integral de Residuos. Última Reforma 19 de Junio de 2007.
- DOF, Diario Oficial de la Federación. 2008. Ley Federal de Sanidad

- Vegetal. Última reforma 18 de Noviembre de 2008.
- DOF, Diario Oficial de la Federación. 2011a. Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente. Última Reforma 28 de Enero de 2011.
- DOF, Diario Oficial de la Federación. 2011b. Ley General de Salud. Última reforma 07 Junio de 2011.
- EPA, Environmental Protection Agency. 1999. Reconocimiento y Manejo de los Envenenamientos por Pesticidas. 5ta Edición 1999. Disponible en <http://www.epa.gov/pesticides/safety/healthcare>. Consultado 10 de Febrero de 2013.
- Eskenazi, B., Chevrier, J., Rosas, L.G., Anderson, H.A., Bornman, M.S., Bouwman, H., Chen, A.M., Cohn, B.A., de Jager, C., Henshel, D.S., Leipzig, F., Leipzig, J.S., Lorenz, E.C., Snedeker, S.M., Stapleton, D. 2009. The Pine River Statement: Human Health Consequences of DDT Use. *Environ Health Persp* 117(9): 1359-1367.
- Fantke, P., Wieland P., Juraske, R., Shaddick, G., Itoiz, E.S., Friedrich, R., Jolliet, O. 2012. Parameterization Models for Pesticide Exposure via Crop Consumption. *Environ Sci Technol* 46, 12864–12872.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2000. Assessing soil contamination. A reference manual. Pesticide Disposal Series N. 8. Disponible en: <http://www.fao.org/DOCREP/003/X2570E/X2570E00.HTM>. Consultado 10 de Febrero de 2013.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2004. Manual sobre elaboración y empleo de especificaciones de la FAO y de la OMS para plaguicidas. Disponible en <http://www.fao.org/DOCREP/006/Y4353S/Y4353S00.HTM>. Consultado 10 de Febrero de 2013.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2006. Código Internacional de Conducta para la distribución y utilización de plaguicidas. Disponible en <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/009/a0220s/a0220s00.pdf>.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2009. Pesticide Disposal Series: Environmental Management Tool Kit for Obsolete Pesticides N. 13. Vol 2. Disponible en: http://www.fao.org/fileadmin/templates/obsolete_pesticides/Guidelines/EMTK3web_nov_small.pdf. Consultado 10 de Febrero de 2013.
- FAO, Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación. 2012. FAOSTAT, Resources-Pesticides Use. <http://faostat.fao.org/site/424/default.aspx#ancor>. Consultado 13 de Febrero de 2013.
- Malek, A.M., Barchowsky, A., Bowser, R., Youk, A., Talbott, E.O. 2012. Pesticide exposure as a risk factor for amyotrophic lateral sclerosis: A meta-analysis of epidemiological studies Pesticide exposure as a risk factor for ALS. *Environ Res* 117: 112-119.

- Toft G., Thulstrup A.M., Jönsson, B.A., Pedersen, H.S., Ludwicki, J.K., Zvezday V., Bonde, J.P. 2010. Fetal loss and maternal serum levels of 2,2',4,4',5,5'-hexachlorobiphenyl (CB-153) and 1,1-dichloro-2,2-bis(p-chlorophenyl)ethylene (p,p'-DDE) exposure: a cohort study in Greenland and two European populations. *Environ Health* 9:22.
- INE-UAM, Instituto Nacional de Ecología. Universidad Autónoma Metropolitana. 2010. Estudio sobre alternativas tecnológicas para la remediación de suelos contaminados con plaguicidas. Informe Final. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx>. Consultado 30 de Agosto de 2013.
- INECC, Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. 2013. http://www2.inecc.gob.mx/sistemas/expertos_de_plaguicidas/. Consultado 30 Agosto de 2013.
- Jowa, L., Howd R. 2011. Should Atrazine and Related Chlorotriazines Be Considered Carcinogenic for Human Health Risk Assessment? *J Environ Sci Health Part C-Environ Carcinog Ecotoxicol Rev* 29(2): 91-144.
- Khanjani, N., Hoving, J.L., Forbes, A.B., Sim, M.R. 2007. Systematic review and meta-analysis of cyclodiene insecticides and breast cancer. *J Environ Sci Health Part C-Environ Carcinog Ecotoxicol Rev* 25(1), 23-52.
- Petit, C., Chevie, C., Durand, G., Monfort, C., Rouget, F., Garlantezec, R., Cordier S. 2010. Impact on fetal growth of prenatal exposure to pesticides due to agricultural activities: a prospective cohort study in Brittany, France. *Environ Health* 9:71
- PNI, Plan nacional de implementación del convenio de Estocolmo. 2007. 1era. edición. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Disponible en http://siscop.ine.gob.mx/novedades/pni_resumen.pdf. Consultado 10 de Febrero de 2013.
- PNUMA, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 2006. Manual del Protocolo de Montreal relativo a las sustancias que agotan la Capa de Ozono. 7ma. edición, Disponible en <http://ozone.unep.org/spanish/Publications/MP-Handbook-07-es.pdf>. Consultado 30 de Agosto de 2013.
- RALE, Real Academia de la Lengua Española. 2011. Diccionario de la Real Academia de la Lengua Española. Disponible en <http://www.rae.es/> Consultado 03 mayo de 2011.
- Salehi, F., Turner, M.C., Phillips, K.P., Wigle, D.T., Krewski, D., Aronson, K.J. 2008. Review of the etiology of breast cancer with special attention to organochlorines as potential endocrine disruptors. *J Toxicol Environ Health-Part B-Crit Rev* 11(3-4), 276-300.
- SEMARNAT, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2011. <http://www.semarnat.gob.mx/ml>. Consultado 30 de Agosto de 2013.
- SEMARNAT- EPA, Secretaría el Medio Ambiente y Recursos Naturales-Environmental Protection Agency. 2006. Situación Ambiental en la Región Fronteriza, disponible en www.semarnat.gob.mx/dgeia/frontera_2012/rep_indicadores.pdf.

- Consultado 13 de Febrero de 2013.
- SENASICA, Servicio Nacional de Sanidad, Inocuidad y Calidad Agroalimentaria. 2011. <http://www.senasica.gob.mx/>. Consultado 10 de marzo de 2011.
- Sherine, O.O., Chandrima, D., Guo, W., Haywood, T.L., Samuels, T.A., Adams C.P.; Masika, N.O., Murray, D.H., Anderson, G.A., Campbell, K., Fletcher, K. 2010. Fluorescent Chemosensors for Toxic Organophosphorus Pesticides: A Review. *Sensors* 10:7018-7043.
- SNVE, Sistema Nacional de Vigilancia Epidemiológica. 2007. Secuelas de la intoxicación por plaguicidas (mutaciones genéticas, esterilidad, neurotoxicidad, cáncer. *Epidemiología: Sistema único de Información* 24(28):1-4.
- Steenland, K., Wesseling, C., Román, N., Quirós, I., Juncos, J.L. 2013. Occupational pesticide exposure and screening tests for neurodegenerative disease among an elderly population in Costa Rica. *Environ Res* 120: 96–101.
- Tsai, W-T. 2010. Current Status and Regulatory Aspects of Pesticides Considered to be Persistent Organic Pollutants (POPs) in Taiwan. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 7:3615-3627.
- UNEP, United Nation Environment Program. 2011. Convenio de Estocolmo sobre contaminantes orgánicos persistentes. Ginebra UNEP*/POPS/COP.5/36. Disponible en: <http://chm.pops.int/Convention/Th ePOPs/tabid/673/Default.aspx>. Consultado 30 de Agosto de 2013.
- Weichenthal, S., Moase, C., Chan, P. 2010. A Review of Pesticide Exposure and Cancer Incidence in the Agricultural Health Study Cohort. *Environ Health Persp* 118(8): 1117-1125.
- Wigle, D.T., Arbuckle, T.E., Walker, M., Wade, M.G., Liu, S.L., & Krewski, D. 2007. Environmental hazards: Evidence for effects on child health. *J Toxicol Environ Health-Part B-Crit Rev* 10(1-2):3-39.
- Wigle, D. T., T. E. Arbuckle, Turner, M.C., Berube, A., Yang, Q. Y., Liu, S. L., Krewski, D. 2008. Epidemiologic evidence of relationships between reproductive and child health outcomes and environmental chemical contaminants. *J Toxicol Environ Health-Part B-Crit Rev* 11(5-6): 373-517.