

Efectos de los plaguicidas sobre el ambiente y la salud

Effects of pesticides on health and the environment

Dra. Asela M. del Puerto Rodríguez, Dra. Susana Suárez Tamayo, Lic. Daniel E. Palacio Estrada

Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM). La Habana, Cuba.

RESUMEN

Desde las épocas tempranas del surgimiento y desarrollo del hombre, se tuvo la necesidad de combatir las plagas que afectaban sus cultivos y productos con el uso de sustancias capaces de eliminarlos. El objetivo de este artículo es exponer los aspectos fundamentales de los plaguicidas relacionados con la salud humana y el ecosistema. Las temáticas abordadas incluyeron: la historia de su uso, la clasificación, los usos más frecuentes, los efectos sobre el medio ambiente y la salud humana y las alternativas de su empleo. Se ha acumulado suficiente evidencia de los riesgos que conlleva el uso excesivo e indiscriminado de los plaguicidas para la salud y el ambiente.

Palabras clave: plaguicidas, efectos ambientales, efectos a la salud.

ABSTRACT

Ever since early stages in the development of mankind, there has been a need to fight pests affecting crops and products with the use of substances capable of eliminating them. A presentation is provided of the main effects of pesticides on human health and the ecosystem. The following topics are dealt with: history of the use of pesticides, classification, most common uses, effects on the environment and human health, and alternatives to their employment. Enough evidence has been gathered about the risks posed by the excessive, indiscriminate use of pesticides for health and the environment.

Key words: pesticides, environmental effects, effects on health.

INTRODUCCIÓN

Desde las épocas tempranas del surgimiento y desarrollo del hombre, se tuvo la necesidad de combatir las plagas que afectaban sus cultivos y productos, con el uso de sustancias capaces de eliminarlos. En la llamada *"era de los productos naturales"* (antes de nuestra era hasta mediados del siglo XIX), se tienen evidencias en documentos escritos por Homero, del uso del azufre como sustancia "purificadora" para eliminar los hongos; el rey de Persia, Jerjes, usó las flores de piretro como insecticida y los chinos utilizaron los arsenitos para el control de roedores y otras plagas, alrededor del primer milenio después de nuestra era.¹

A partir de la Revolución Industrial, se observó un crecimiento de las zonas urbanas con una dependencia de las rurales para la obtención de los alimentos, lo cual requería de una mayor producción, almacenamiento y protección de los mismos. En consecuencia, hubo un incremento sustancial de producción de sustancias químicas como parte del sostenimiento del desarrollo industrial y de la agricultura, por lo que la rama química lanzó al mercado sustancias de toxicidad inespecífica pero de bajo costo.

En la segunda etapa, llamada *"era de los fumigantes y derivados del petróleo"* (mediados del siglo XIX hasta principios del siglo XX), se descubrieron accidentalmente la acción plaguicida de algunos elementos naturales como el azufre, cobre, arsénico, piretrinas (sustancias obtenidas de los pétalos del crisantemo (*Chrysanthemum cinerariifolium*) y el fósforo; así mismo se inició el uso de los derivados del petróleo y se usaron otras sustancias relativamente sencillas como el ácido carbónico y fénico, el sulfato de cobre con cal (caldo de Burdeos), el acetoarsenito de cobre (verde de París) y diversos fumigantes como el disulfuro de carbono y el bromuro de metilo.

La tercera etapa, llamada *"era de los productos sintéticos"*, comenzaron a sintetizarse y utilizarse los dinitroderivados. Así mismo Müller, en 1940, descubre las propiedades insecticidas del dicloro-difenil-tricloroetano, conocido como DDT (Estrada, 1999), sustancia ampliamente conocida y utilizada en la segunda guerra mundial, para la eliminación de algunos ectoparásitos que transmitían enfermedades como el tifo.

A partir de esa fecha se sintetizaron otros plaguicidas potentes como los organoclorados (poseen átomos de carbono, cloro, hidrógeno, en ocasiones oxígeno y son muy estables en el ambiente) y los organofosforados (derivados del ácido fosfórico), que son los más tóxicos y menos estables en el ambiente en relación a los organoclorados.^{1,2} El objetivo del presente trabajo es exponer los aspectos fundamentales de los plaguicidas relacionados con la salud humana y el ecosistema.

DESARROLLO

Una herramienta muy importante a usar por los organismos estatales y no gubernamentales cuando trabajan en la prevención de los daños causados por el mal uso de los plaguicidas es el código internacional de conducta para la distribución y uso de plaguicidas (Código Internacional). Fue adoptado por primera

vez en 1985 y actualizado sustancialmente en 2002, es un documento de orientación de la Organización de las Naciones Unidas para la alimentación y Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés). Desde su aprobación es considerado como un estándar para la gestión de plaguicidas. Sus objetivos incluyen la reducción de los riesgos asociados con la distribución y uso de plaguicidas, la protección de la salud humana y el medio ambiente y el apoyo al desarrollo agrícola sostenible, incluida la aplicación de las estrategias de Manejo Integrado de Plagas (MIP). El Código es de particular importancia en aquellos países donde el uso de plaguicidas es especialmente riesgoso, debido a las condiciones nacionales y locales en que viven y trabajan las personas.^{4,5}

En los siete países del istmo centroamericano (Belice, Costa Rica, El Salvador, Guatemala, Honduras, Nicaragua y Panamá) hubo un aumento constante en el uso de plaguicidas en las últimas décadas, con un consumo per cápita de plaguicidas de 1,3 kg de persona/por año, convirtiéndose en uno de los más altos en el mundo. Se calcula que en años recientes se ha alcanzado un uso promedio de 45 millones de kilos de ingredientes activos importados y preparados en 42 plantas industriales localizadas en esos países. Ese gran empleo de plaguicidas estuvo acompañado de falta de cuidado en su uso y mercadeo y por su depósito muchas veces inadecuado.^{6,7}

En los últimos años Cuba ha reducido en 50 % el uso de pesticidas químicos mediante la utilización de soluciones biológicas para preservar los cultivos de hortalizas y frutales de los parásitos e insectos además de emitir resoluciones conjuntas MINSAP- MINAGRI acerca de la nueva estructura y funciones del Registro Central de plaguicidas, que tiene a su cargo el estudio y aprobación del uso de los mismos.⁸ Anteriormente, de 1990 a 2005 ya había disminuido en Cuba el consumo de plaguicidas en 77 %. Esto ha sido posible gracias al desarrollo alcanzado en el país del manejo ecológico de plagas (MEP) y a la implementación del Programa Nacional de Control Biológico iniciado en 1988.^{9,10}

El uso cotidiano de esos químicos contribuye a la crisis de la agricultura que dificulta la preservación de los ecosistemas, los recursos naturales, y afecta la salud de las comunidades rurales y de los consumidores urbanos. La búsqueda de la productividad a corto plazo por encima de la sustentabilidad ecológica, practicada en las últimas décadas, ha dejado un saldo a nivel mundial de contaminación y envenenamiento donde el pretendido remedio universal ha resultado ser peor que la enfermedad.¹¹

El artículo 2° del código internacional de conducta para la distribución y utilización de plaguicidas (FAO, 1990) define los plaguicidas 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 otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera o alimentos para animales, o que se le pueden administrar 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”.¹²

Los plaguicidas pueden ser de naturaleza química y biológica. Entre los primeros existen alrededor de 1000 principios activos con los cuales se producen 30 000 formulados. Los plaguicidas biológicos tienen 195 principios activos y con ellos se fabrican hasta 780 productos diferentes. Esta gran cantidad de mezclas fabricadas a partir de diferentes principios activos a los que se asocian excipientes o diluyentes denominados ingredientes inertes¹³ que constituyen una gran proporción del producto y cuyos efectos nocivos superan frecuentemente los del propio ingrediente activo, hace que sea difícil su manejo, de ahí que existan diferentes clasificaciones, que favorecen el trabajo de las personas que interactúan con ellos, además de tener cierto control sobre los efectos adversos sobre el ambiente y la salud.¹⁴

Algunos plaguicidas han sido identificados como un peligro a largo plazo para el medio ambiente y están prohibidos o rigurosamente restringidos por convenios internacionales, como el Convenio de Estocolmo sobre los Contaminantes Orgánicos Persistentes (COP), que entró en vigor en mayo de 2004 y abarca 12 productos químicos, que incluye ocho plaguicidas y otros contaminados con dioxina. Las clasificaciones incluidas en ese documento tienen una utilidad para ayudar a las autoridades de los países en desarrollo a adoptar decisiones prácticas destinadas a mitigar el riesgo de los plaguicidas y a dar prioridad, en sus procedimientos reguladores, a la revisión de plaguicidas problemáticos específicos.¹⁵

Particularmente, los COP, son contaminantes que no se disipan fácilmente y pueden permanecer en el medioambiente durante un tiempo prolongado. Dentro de ellos están, el Aldrín, Clordano, DDT, Dieldrín, Endrín, Heptacloro, Hexaclorobenceno, Mirex y Toxafeno, aunque el Comité de Examen de COP (POPRC, en inglés) recomendó la inclusión de otros plaguicidas: clordecona, lindano, alfa hexaclorociclohexano y beta hexaclorociclohexano. Estos contaminantes, por su característica de ser lipo-solubles, pueden acumularse progresivamente en la grasa de los animales vivos y rápidamente tener efectos fisiológicos de largo plazo.¹⁶

Los plaguicidas presentan múltiples clasificaciones en función de algunas de sus características principales (cuadro 1), su toxicidad aguda, la vida media, su estructura química y su uso. En 1978, la Organización Mundial de la Salud (OMS) estableció una clasificación basada en su peligrosidad o grado de toxicidad aguda, definida ésta como la capacidad del plaguicida de producir un daño agudo a la salud a través de una o múltiples exposiciones, en un período de tiempo relativamente corto.

Cuadro 1. Clasificación de los plaguicidas según su toxicidad aguda expresada en DL₅₀

Clase	Por vía oral		Por vía dérmica	
	Sólidos	Líquidos	Sólidos	Líquidos
Clase IA. Sumamente tóxico	5 o menos	20 o menos	10 o menos	40 o menos
Clase IB. Muy tóxico	5 - 50	20 - 200	10 - 100	40 - 400
Clase II. Moderadamente tóxico	50 - 500	200 - 2000	100 - 1000	400 - 4000
Clase III. Ligeramente tóxico	Más de 500	Más de 2 000	Más de 1 000	Más de 4 000

Fuente: Crónica de la OMS 29. Ginebra, 1975.

Esta se basa principalmente en la toxicidad por vía oral en ratas y ratones. Usualmente la dosis se registra como el valor de DL₅₀ (Dosis Letal Media) o de la concentración letal media (CL 50),^{8,17,18} que es la dosis requerida para matar al 50 % de la población de animales de prueba y se expresa en términos de mg/kg del peso del cuerpo del animal. Ambos parámetros varían conforme a múltiples factores como la presentación del producto (sólido, gel, líquido, gas, polvo, etc.), la vía de entrada (oral, dérmica, respiratoria), la temperatura, la dieta, la edad, el sexo, etc. Al basarse en la observación de especies animales, es importante señalar que estos indicadores no proporcionan información sobre los efectos crónicos, ni sobre la citotoxicidad de algún compuesto.^{19,20}

Un plaguicida es ubicado en la clase más estricta cuando existen diferencias en los resultados de la toxicidad según vía de ingreso y cuando el ingrediente activo produce daños irreversibles a los órganos vitales, es altamente volátil, acumulativo en su efecto, o en observaciones directas se encuentra que es especialmente peligroso o significativamente alergénico para el hombre.²¹

Según el tipo de organismo que se desee controlar y la etapa del ciclo de vida sobre la que actúan, se encuentran los insecticidas (larvicida, formicida, pulguicida), los garrapaticidas, nematocidas, molusquicidas, roenticidas, ovicidas (columbicida), bacteriostático y bactericidas, fungicidas, herbicidas (defoliante, arbusticida).

Una de las codificaciones encontradas con frecuencia en la literatura internacional es según el grupo o familia química de estas sustancias, clasificándose en Organoclorados (DDT, aldrín, etc.), Organofosforados (malatión), Carbamatos, Tiocarbamatos, Piretroides, derivados bipiridilos (diquat, paraquat, etc.), derivados del ácido fenoxiacético, derivados cloronitrofenólicos, derivados de las triazinas, compuestos orgánicos del estaño, compuestos inorgánicos y los compuestos de origen botánico.¹² Ramírez y Lacasaña ofrecen otra clasificación (Cuadro 2).

Cuadro 2. Clasificación de los plaguicidas según su vida media

Persistencia ^a	Vida media ^b	Ejemplos
No persistente	De días hasta 12 semanas	Malatión, diazinón, carbarilo, diametrín
Moderadamente persistente	De 1 a 18 meses	Paratión, lannate
Persistente	De varios meses a 20 años	DDT, aldrín, dieldrín
Permanentes	Indefinidamente	Productos hechos a partir de mercurio, plomo, arsénico.

^a Capacidad de una sustancia o un compuesto, de permanecer en un sustrato del ambiente en particular, después de que ha cumplido el objetivo por el cual se aplicó.

^b Lapso de tiempo necesario para que se degrade la mitad del compuesto o mezcla aplicada.

En Cuba se utiliza una clasificación parecida a la de la OMS,²² que establece cuatro categorías según la DL₅₀ dérmica de los plaguicidas: "A", "B", "C" y "D".

- *Plaguicidas c lase "A"*: son aquellos extremadamente tóxicos, por lo que se evitará todo contacto con la piel, boca o vías respiratorias. Su carga y descarga debe ser preferiblemente mecanizada, sus manipuladores deben usar aditamentos específicos y ropa adecuada para su manipulación y mantener una adecuada higiene personal (el baño y cambio de ropa) al terminar el trabajo (Ej.: ácido cianhídrico, el bromuro de metilo, dibromuro de etilo, acrilonitrilo y monofluoracetato de sodio o 1080, entre otros). Se incluirán en este grupo todos aquellos plaguicidas con una DL₅₀ dérmica inferior a 100 mg/kg.
- *Plaguicidas Clase "B"*: son aquellos cuya incorrecta manipulación, preparación o aplicación puede también producir frecuentes intoxicaciones, por lo que deben utilizarse las mismas precauciones que para los de la clase "A" (Ej.: gusatión, asuntol, heptacloro, baygón, nitrobenzono y fluoruro de sodio). Además se incluirán aquellos otros plaguicidas cuya DL₅₀ dérmica oscile entre 101 y 300 mg/kg.
- *Plaguicidas Clase "C"*: son productos de menos toxicidad que los anteriores. Debe tenerse cuidado de no ingerirlos y evitar su contacto con la piel y vías respiratorias. Para su manipulación es necesario el uso de botas, guantes y delantales impermeables, siendo importante también el aseo personal (Ej.: Bi-58 (rogor), toxafeno, nabam, clordano, lindano, BHC, diazinón, pentaclorofenol, oxalato de sodio, entre otros). También se incluyen aquellos plaguicidas cuya DL₅₀ dérmica fluctúa entre 301 y 1 000 mg/kg de peso corporal.
- *Plaguicidas Clase "D"*: son aquellos de más baja toxicidad, aunque para su manipulación se recomienda el uso de guantes y buenas normas de higiene personal (Ej.: DDT, aphidán, captán, bafol, ferbán, ziram, maneb, entre otros). También se incluyen los demás plaguicidas cuya DL₅₀ dérmica sea superior a 1 000 mg/kg de peso.

Usos más frecuentes de los plaguicidas

El uso de los plaguicidas es múltiple y variado. La agricultura es la actividad que más emplea este tipo de compuestos, consumiendo hasta el 85 % de la producción mundial, con el fin de mantener un control sobre las plagas que afectan los cultivos. Un 10 % de la producción total de los plaguicidas se emplea en salud pública para el control de las enfermedades transmitidas por vectores, como la malaria, dengue, enfermedad de Chagas, entre otras; control de roedores, etc.

La intensificación de la producción de alimentos conduce a menudo a un abuso de plaguicidas. Da lugar a nuevos brotes de plagas (reapariciones), selecciona poblaciones de plagas resistentes (insectos, bacterias y malas hierbas), aumenta los riesgos para la salud humana y el medio ambiente y plantea obstáculos al comercio (residuos). Los países reforman sus políticas para reducir estos problemas y garantizar paralelamente una producción de alimentos intensificada mediante la aplicación de alternativas a los plaguicidas.²³

También se emplean en la ganadería y en el cuidado de animales de cría y domésticos; en el control de plagas de grandes estructuras como barcos, aviones, trenes, edificios y centros comerciales. Se aplican en áreas verdes ornamentales y de recreo como parques y jardines, para controlar la proliferación de insectos, hongos y el crecimiento de hierba y maleza. Con el mismo fin, se esparcen a lo largo de autopistas, vías férreas y torres con líneas de corriente de alta tensión.

En reservas naturales o artificiales de agua estos compuestos se emplean para prevenir el crecimiento de hierbas, algas, hongos y bacterias. En la industria se utilizan ampliamente en la fabricación de equipos eléctricos, neveras, pinturas, papel, cartón y materiales para embalaje de alimentos, entre otros, para evitar en estos productos el desarrollo de bacterias, hongos, algas, levaduras o que sean dañados por plagas de insectos y/o roedores.²⁴

Su uso en el hogar está dado por la incorporación de los mismos en productos como cosméticos y champús para preservarlos del desarrollo de hongos y bacterias, en repelentes de insectos y también en productos destinados al cuidado de mascotas y plantas para atacar o prevenir infestaciones por insectos.⁹

Efectos de los plaguicidas sobre el medio ambiente

La contaminación ambiental por plaguicidas está dada fundamentalmente por aplicaciones directas en los cultivos agrícolas, lavado inadecuado de tanques contenedores, filtraciones en los depósitos de almacenamiento y residuos descargados y dispuestos en el suelo, derrames accidentales, el uso inadecuado de los mismos por parte de la población, que frecuentemente son empleados para contener agua y alimentos en los hogares ante el desconocimiento de los efectos adversos que provocan en la salud. La unión de estos factores provoca su distribución en la naturaleza. Los restos de estos plaguicidas se dispersan en el ambiente y se convierten en contaminantes para los sistemas biótico (animales y plantas principalmente) y abiótico (suelo, aire y agua) amenazando su estabilidad y representando un peligro de salud pública (Fig. 1). Factores como sus propiedades físicas y químicas, el clima, las condiciones geomorfológicas de los suelos y las condiciones hidrogeológicas y meteorológicas de las zonas, definen la ruta que siguen los mismos en el ambiente.⁹

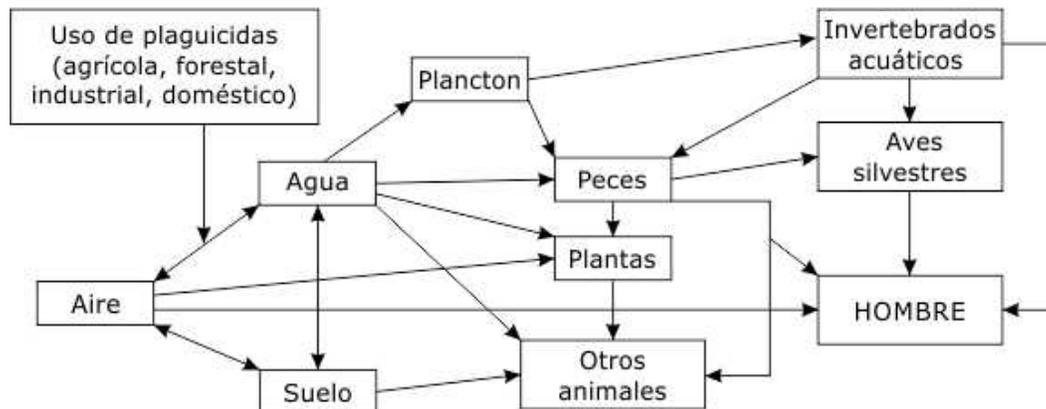


Fig. 1. Distribución de los plaguicidas en los sistemas bióticos y abióticos. (Cremlyn, 1990).

El grado de lixiviación (el movimiento de las sustancias a través de las fases del suelo) depende de la solubilidad del compuesto en agua, de su naturaleza química y del valor del pH del suelo, que se favorece por la capacidad de adsorción de este, esto varía principalmente por el porcentaje de arcillas, arenas y limos presentes en el, por las altas temperaturas y por la precipitación pluvial.

Lo anterior también es decisivo para determinar la distribución del material en la biosfera, pues las plantas y los microorganismos no pueden recibir directamente los compuestos adsorbidos sobre las partículas del suelo. Este proceso está en equilibrio con la eliminación (desorción) del compuesto en la solución del suelo. La distribución de un plaguicida en la biofase (plantas y microorganismos) depende de la capacidad de absorción de esta y de la naturaleza del suelo. Un suelo con gran capacidad de absorción puede conducir a la inactividad total del plaguicida, ya que nunca penetrará en la plaga.²⁵

Cuando los plaguicidas ingresan en las cadenas alimentarias se distribuyen a través de ellas (Fig. 2), se concentran en cada nicho ecológico y se acumulan sucesivamente hasta que alcanzan una concentración letal para algún organismo constituyente de la cadena, o bien hasta que llegan a niveles superiores de la red trófica.¹³

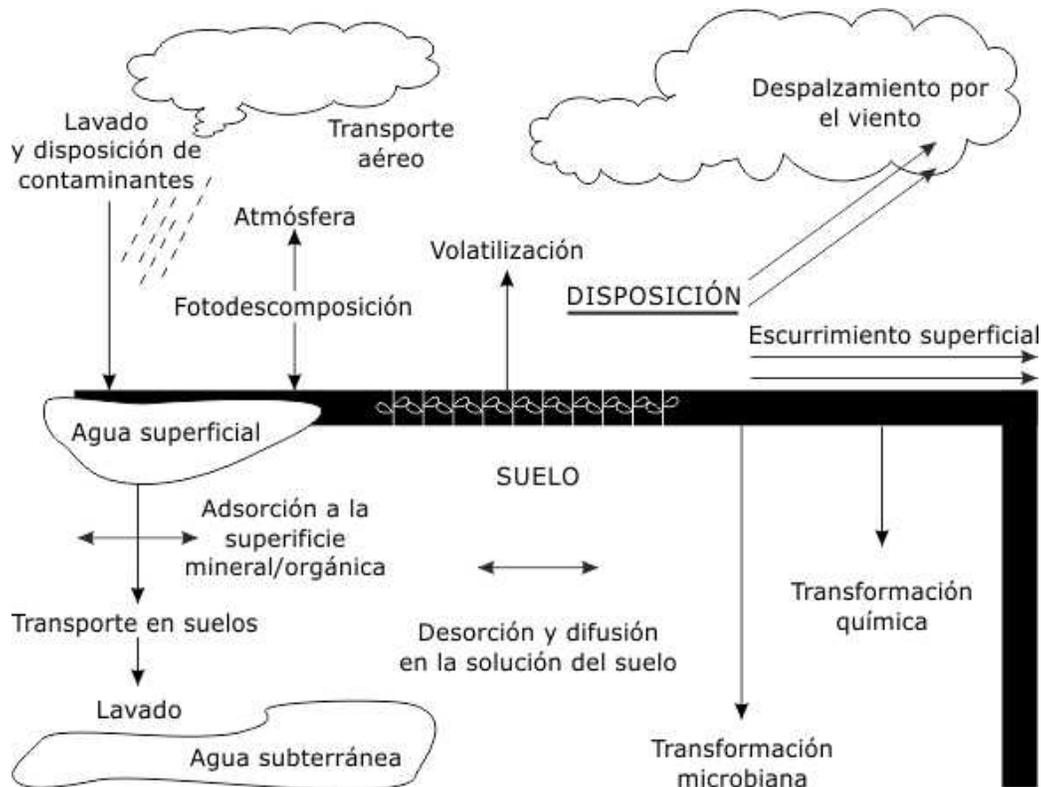


Fig. 2. Introducción de los plaguicidas a la cadena alimentaria (Monterrosa, 1998).

Contaminación del aire por plaguicidas

La contaminación del aire tiene importancia cuando se trata de aplicaciones por medios aéreos; la gran extensión que abarcan éstas y el pequeño tamaño de las partículas contribuyen a sus efectos, entre los que se cuenta el "arrastre" de partículas a las zonas vecinas, fuera del área de tratamiento. Este efecto tiene importancia si contamina zonas habitadas o con cultivos, y se hace muy evidente cuando se emplean herbicidas de contacto que llegan hasta cultivos que son muy sensibles a los mismos.

La dispersión de plaguicidas en forma líquida o en polvo para exterminar las plagas es hoy en día una práctica aceptada por muchos países. Los insecticidas suelen dispersarse en el aire para combatir los insectos voladores, aunque en ciertos casos los ingredientes activos de dichos productos sólo actúan después de depositarse en objetos fijos, como la vegetación, donde pueden entrar en contacto con los insectos. En estos casos el aire se contamina deliberadamente con uno o varios productos cuyas propiedades nocivas se conocen y que también pueden ser tóxicos para el hombre.

En general, se volatilizan desde el suelo, fenómeno que depende sobre todo de la presión de vapor, la solubilidad del plaguicida en agua, las condiciones ambientales y la naturaleza del sustrato tratado.

También desde el agua puede contaminarse la atmósfera, como en el caso de los plaguicidas clorados, poco solubles en ésta, por lo que tienden a situarse en la interfase agua-aire. Se calcula, por ejemplo, que a partir de una hectárea de agua tratada pueden pasar al aire, en un año, unos 9 kg de DDT.

Contaminación del suelo por plaguicidas

La contaminación del suelo se debe tanto a tratamientos específicos (por ejemplo: insecticidas aplicados al suelo), como a contaminaciones provenientes de tratamientos al caer al suelo el excedente de los plaguicidas, o ser arrastradas por las lluvias las partículas depositadas en las plantas.

La mayoría de los herbicidas, los derivados fosforados y los carbamatos, sufren degradaciones microbianas y sus residuos desaparecen en tiempo relativamente corto. En la acumulación de residuos de plaguicidas influye el tipo de suelo; los arcillosos y orgánicos retienen más residuos que los arenosos. Los mayores riesgos se presentan con la aplicación de algunos plaguicidas organoclorados, que son de eliminación más difícil, persistiendo en el suelo más tiempo.

La persistencia de los clorados en el humus o mantillo no se mide en meses, sino en años (Ej. El aldrín se ha encontrado después de 4 años, el toxafeno permanece en el suelo arenoso hasta 10 años después de su aplicación, el hexaclorobenceno se conserva durante 11 años por lo menos, y así pasa con el heptacloro, etc.)^{9,11}

La evaluación del grado de contaminación del suelo por plaguicidas es de gran importancia por la transferencia de ellos a los alimentos. Algunos pueden permanecer durante períodos de 5 a 30 años, como es el caso del DDT. En el caso de la ganadería, los residuos de plaguicidas pasan del suelo al forraje y finalmente a los animales, concentrándose en la grasa, y por consiguiente, incrementan la concentración de residuos persistentes en la carne y la leche.

Contaminación del agua por plaguicidas

Los plaguicidas constituyen impurezas que pueden llegar al hombre directamente a través del agua potable y en forma indirecta a través de la cadena biológica de los alimentos. Estas sustancias químicas pueden ser resistentes a la degradación, y en consecuencia, persistir por largos períodos de tiempo en las aguas subterráneas y superficiales.

Los plaguicidas imparten al agua potable olores y sabores desagradables, aún a bajas concentraciones. Como generalmente el hombre rechaza el agua con sabor u olor extraños, bastan ínfimas cantidades para hacer que un agua sea impropia para el consumo desde el punto de vista organoléptico.

Los plaguicidas se incorporan a las aguas mediante diferentes mecanismos de contaminación, como son:

- Por aplicación directa a los cursos de agua, para el control de plantas acuáticas, insectos o peces indeseables.
- Por infiltración a los mantos de agua subterráneos o escurrimiento superficial a ríos, arroyos, lagos y embalses desde las zonas agrícolas vecinas.
- Por aplicación aérea sobre el terreno.
- Por descarga de aguas residuales de industrias productoras de plaguicidas.
- Por descargas provenientes del lavado de equipos empleados en la mezcla y aplicación de dichos productos, como puede ocurrir en los aeropuertos de fumigación aérea al regreso de los vuelos, en el proceso de descontaminación de los aviones y sus equipos de aplicación de plaguicidas.

En las aguas se encuentran seres vivos (ostiones, almejas, etc.), que se alimentan por "filtrado" del agua, de la que retienen las partículas orgánicas aprovechables. Si hay residuos de un plaguicida orgánico, como el DDT, esta capacidad de filtración hace que vayan acumulando el tóxico, llegando a concentraciones miles de veces mayores que las del agua; por lo que aparecerán residuos en estos seres vivos aunque no sean detectables en el medio circundante. Cuando las ostras u otros organismos similares son presa de otros más voraces, se acumula en estos últimos más cantidad del plaguicida, y la escalada prosigue a través de seres inferiores, moluscos, peces, aves, etc., hasta alcanzar niveles peligrosos para ciertas especies.

Los medios ambientales que se contaminan por plaguicidas, determinan el punto de contacto de los seres humanos con estas sustancias, entre los que se pueden encontrar: el medio laboral, el doméstico, lugares de recreación o cuando se consumen alimentos que contienen residuos de estas sustancias.

Efectos de los plaguicidas sobre la salud

Los plaguicidas entran en contacto con el hombre a través de todas las vías de exposición posibles: respiratoria, digestiva y dérmica, pues estos pueden encontrarse en función de sus características, en el aire inhalado, en el agua y en los alimentos, entre otros medios ambientales.

Los plaguicidas tienen efectos agudos y crónicos en la salud; se entiende por agudos aquellas intoxicaciones vinculadas a una exposición de corto tiempo con efectos sistémicos o localizados, y por crónicos aquellas manifestaciones o patologías vinculadas a la exposición a bajas dosis por largo tiempo.

Un plaguicida dado tendrá un efecto negativo sobre la salud humana cuando el grado de exposición supere los niveles considerados seguros. Puede darse una *exposición directa* a plaguicidas (en el caso de los trabajadores de la industria que fabrican plaguicidas y los operarios, en particular, agricultores, que los aplican), o una *exposición indirecta* (en el caso de consumidores, residentes y transeúntes), en particular durante o después de la aplicación de plaguicidas en agricultura, jardinería o terrenos deportivos, o por el mantenimiento de edificios públicos, la lucha contra las malas hierbas en los bordes de carreteras y vías férreas, y otras actividades.²⁶

La toxicidad de los plaguicidas se puede expresar en cuatro formas, a saber:

1. Toxicidad oral aguda: se refiere a la ingestión "de una sola vez" de un plaguicida, que causa efectos tóxicos en un ser vivo. Puede afectar tanto al manipulador como al resto de la población expuesta, aunque el riesgo de ingerir en una sola dosis la cantidad correspondiente a la DL₅₀ oral aguda sólo puede ocurrir por accidente, error, ignorancia o intento suicida.
2. Toxicidad dérmica: se refiere a los riesgos tóxicos debidos al contacto y absorción del plaguicida por la piel, aunque es menos evidente y sus dosis letales son siempre superiores a las orales, es por eso que presenta mayor riesgo para el manipulador que para el resto de la población.
3. Toxicidad por inhalación: se produce al respirar una atmósfera contaminada por el plaguicida, como ocurre con los fumigantes, o cuando un ser vivo está inmerso en una atmósfera cargada de un polvo insecticida o en pulverizaciones finas (nebulización, rociamiento o atomización).
4. Toxicidad crónica: se refiere a la utilización de dietas alimenticias preparadas con dosis variadas del producto tóxico, para investigar los niveles de riesgo del plaguicida, mediante su administración repetida a lo largo del tiempo.^{9,11} Las alteraciones más importantes a considerar son: problemas reproductivos, cáncer, trastornos del sistema neurológico, efectos sobre el sistema inmunológico, alteraciones del sistema endocrino y suicidio.^{4,27-29}

Alternativas del empleo de plaguicidas

Los productos y sistemas naturales, utilizados antes de la llegada de los productos químicos, vuelven a ser demandados por la agricultura ecológica, que aunque no son 100 % efectivas, algunas plantas resisten a las plagas a modo de repelentes naturales, por ejemplo, la madre selva, plantada cerca de los rosales, actúa como repelente de pulgones.

En la actualidad se afirma la tendencia de volver a las fórmulas que la naturaleza brinda, es decir, el retorno a las fórmulas orgánicas y naturales, y conseguir a partir de extractos vegetales insecticidas ecológicos con fórmulas que controlen y eliminen de manera eficaz determinadas plagas.

Tanto los insecticidas, los acaricidas, y los moluscidas, como los herbicidas biorracionales son sustancias que se derivan de microorganismos, plantas o minerales, de allí, su raíz orgánica y ecológica.³⁰

Los estudios a nivel de campo del impacto de los insecticidas en los rendimientos de los cultivos, las visitas de intercambio del personal técnico y los responsables de las políticas a los países vecinos, los simposios nacionales y regionales sobre las alternativas, los programas de manejo integrado de plagas que enseñan a los agricultores, los científicos y el personal asesor a aplicar alternativas a los plaguicidas, los estudios de casos sobre los obstáculos técnicos al comercio así como los rechazos de las exportaciones por exceso de residuos de insecticidas han catalizado la reforma de las políticas.¹⁷

Como parte del manejo de riesgos ocasionados por los plaguicidas en Cuba, se encuentra la introducción de alternativas del control químico que se implementa bajo dos enfoques:

1. Manejo integrado de plagas (MIP).
2. Manejo ecológico de plagas (MEP).

El manejo integrado de plagas fomenta el desarrollo de la agricultura orgánica, nuevas estrategias de producción, uso y manejo de plaguicidas en los cultivos intensivos como la papa y el tomate. Se añade un nuevo enfoque del ecosistema para la salud humana, donde el hombre y su salud no se ven como un hecho independiente, sino dentro de una compleja trama que traza el ecosistema donde vivimos. Con el MIP se hace hincapié en el crecimiento de cultivos sanos, el cual perturba lo menos posible los ecosistemas agrícolas y fomenta los mecanismos naturales de control de plagas.¹¹

Entre los elementos vitales del MIP está, el control biológico, las buenas prácticas agrícolas, el control físico, genético, natural y legal así como el uso de agentes de uso natural como repelente, hormonas entre otros.¹¹

El manejo ecológico de plagas se aplica para los cultivos que se siembran en fincas de pequeños agricultores, el programa de agricultura urbana y demás producciones de carácter agroecológico. Donde el control biológico es también la alternativa principal.³¹ Algunas experiencias en el área de la Sanidad vegetal han evidenciado una reducción total del uso de plaguicidas químicos en un 63 %. Entre las principales alternativas empleadas se encuentran la producción y uso de entomófagos, entomopatógenos y antagonistas y la conservación de enemigos naturales mediante la diversificación de los sistemas, que actúan como biorreguladores de las plagas, que aplican alternativas para el manejo de los reservorios.²⁴

CONSIDERACIONES FINALES

Los plaguicidas son compuestos químicos que han aportado beneficios al ser humano a través de los tiempos, usados básicamente para el control de las enfermedades en el hombre y las plagas en la agricultura, y que en la actualidad aún son prioritarios para su utilización en áreas específicas.

Se ha acumulado suficiente evidencia de los riesgos que conlleva el uso excesivo e indiscriminado de los plaguicidas para la salud y el ambiente, riesgos que además comprometen la sostenibilidad de los sistemas agrícolas, por lo que corresponde políticamente a los gobiernos, su uso racional, aplicar medidas de mitigación ante los efectos causados a la salud y el medio ambiente y encontrar alternativas para su control.

Los instrumentos internacionales como el Convenio de Róterdam, que limita el comercio de plaguicidas muy peligrosos y el código de conducta de la FAO sobre plaguicidas, alientan cada vez más a las autoridades nacionales de reglamentación a reexaminar la gama de insecticidas que autorizan en el país. También se recurrirá a la cancelación de insecticidas muy peligrosos, el acortamiento del período de inscripción en el registro, la promoción del MIP, la utilización de evaluaciones de riesgos comparadas y a modos de acción común en las decisiones reglamentarias. A partir de los convenios internacionales, en Cuba se implementan una serie de regulaciones y normativas intersectoriales regidas por el estado con el objetivo de controlar el uso indiscriminado de plaguicidas químicos en todas las esferas, y proporcionar nuevas alternativas de control biológico para este fin.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Albert Palacios L. Plaguicidas [Internet]. Capítulo 21. En: Introducción a la toxicología ambiental. Metepec: ECO/OPS/Gobierno del Estado de México; 1997. p.359-82. [citado 19 junio 2013]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvstox/fulltext/toxico/toxico-04a21.pdf>
2. Lara G. Plaguicidas en la biodiversidad del suelo; su comportamiento como contaminantes [Internet]. España: Biociencias.org y Biociencias.com; c2001-2013 [citado 19 junio 2013]. Disponible en: <http://www.biociencias.org/odisea/plaguicidas>
3. Cremllyn R. Pesticides. Preparation and Mode of Action. New York, EUA: John Wiley & Sons; 1979.
4. Weinberg J. Guía para las ONG sobre los plaguicidas peligrosos y el SAICM. Marco de acción para protegerla salud humana y el medio ambiente de los plaguicidas [Internet]. Filipinas: IPEN/Red Internacional de Eliminación de los COP; 2009 [citado 18 oct 2013]. Disponible en: http://www.ipen.org/sites/default/files/documents/ngo_guide_hazpest_saicm-es.pdf
5. World Health Organizations. International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides. Guidelines on pesticide advertising. Rome, Italy: FAO/WHO; 2010. [citado 18 oct 2013]. Available from: http://www.who.int/whopes/recommendations/FAO_WHO_Guidelines_Pesticide_Advertising.pdf
6. Chelala C. Un reto constante: los plaguicidas y su efecto sobre la salud y el medio ambiente [Internet]. Washington, DC: OPS; 2004 [citado 18 oct 2013]. Disponible en: http://www.cidbimena.desastres.hn/docum/ops/libros/RA_RetoConstante.pdf
7. Arata AA. Perspectivas del uso de plaguicidas: Historia, situación actual y necesidades futuras [Internet]. En: III Taller Latinoamericano "Prevención de Riesgos en el uso de Plaguicidas" Xalapa, Veracruz; Méjico, 1-6 diciembre 1983. Veracruz, México: INIREB; 1983 [citado 18 oct 2013]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/eco/003106/03106-02.pdf>

8. Ministerio de Justicia. Resolución conjunta Ministerio de la Agricultura-Ministerio de Salud Pública. Gaceta Oficial de la República de Cuba [Internet]. Extraordinaria 16 abril 2007 [citado 18 oct 2013]; 105(16): 77-88. Disponible en: http://www.minagri.gob.ar/site/desarrollo_rural/forobioinsumos/normativas/Res_Cubana_2007.pdf
9. Red de acción en plaguicidas y sus alternativas en América latina. Cuba reduce el uso de plaguicidas químicos en 50 % [Internet]. Santiago de Chile: RAPAL; 2007. [actualizado 30 mayo 2007] [citado 23 marzo 2013]. Disponible en: http://www.rap-al.org/index.php?seccion=8&f=news_view.php&id=207
10. Vega LO. Uso de plaguicidas en Cuba, su repercusión en el ambiente y la salud. Rev Cubana Aliment Nutr [Internet]. 1997 [citado 18 oct 2013]; 11(2). Disponible en: http://www.bvs.sld.cu/revistas/ali/vol11_2_97/ali07297.htm
11. Oficina de las Naciones Unidas contra la Droga y el Delito. Problemática ambiental y la utilización de agroquímicos en la producción de coca. Informe analítico; Octubre 2010 [Internet]. Vienna, Austria: UNODC; 2010 [citado 18 oct 2013]. Disponible en: http://www.unodc.org/documents/peruandecuador//Informes/Informes-Analiticos/Informe_Analitico_Agroquimicos.pdf
12. Ramírez JA, Lacasaña M. Plaguicidas: clasificación, uso, toxicología y medición de la exposición. Arch Prev Riesgos Labor [Internet] 2001 [citado 18 oct 2013]; 4(2): 67-75. Disponible en: http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-05-01_11-59-0899004.pdf
13. Organización Mundial de la Salud. División Salud y Ambiente. Plaguicidas y salud en las Américas. Washington: OMS/OPS; 1993.
14. Prieto Díaz V. Los plaguicidas. Su comportamiento en el ambiente. Material docente sobre contaminantes químicos ambientales. En: Diplomado de Toxicología ambiental, Microbiología y Química Sanitaria. La Habana: INHEM; 2011.
15. Red de Acción en Plaguicidas del Reino Unido. Catálogo de listas de plaguicidas que identifican aquellos asociados con impactos particularmente dañinos para la salud o el medio ambiente [Internet]. Documento informativo. La Lista de Listas 3^{ra} ed, Uruguay: RAPAL; 2009. [citado 18 oct 2013]. Disponible en: http://www.rapaluruaguay.org/agrotoxicos/Prensa/La_lista_de_listas.pdf
16. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Prevención y eliminación de Plaguicidas Obsoletos [Internet]. Roma, Italia: FAO; 2013 [citado 18 oct 2013]. Disponible en: <http://www.fao.org/agriculture/crops/obsolete-pesticides/why-problem/pesticide-bans/es>
17. López Carrillo L. Exposición a plaguicidas órganos fosforados. vol.18. Perspectivas en Salud Pública. México: Instituto Nacional de Salud Pública; 1993.
18. Instituto Nacional de Higiene y Epidemiología. En: Diplomado Salud Ambiental. Unidad 35: Clasificación y toxicidad de los plaguicidas. La Habana: INHEM; 1998.

19. Anexo B: Clasificación Toxicológica de los Plaguicidas [Internet]. En: Corra, Lilian. Herramientas de capacitación para el manejo responsable de plaguicidas y sus envases: Efectos sobre la salud y prevención de la exposición. 2a ed. - Buenos Aires: OPS; 2009. p.245-47 [citado 18 oct 2013]. Disponible en: <http://www.publicaciones.ops.org.ar/publicaciones/publicacionesvirtuales/proyectoPlaguicidas/pdfs/anexoB.pdf>
20. International Programme of Chemical Safety. The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification 1990-1991 [Internet]. Geneva: IPCS; 1990. WHO/IPCS/90 [citado 18 oct 2013]. Available from: http://www.rap-al.org/index.php?seccion=4&f=clasificacion_plaguicidas.php
21. Centro de Información, Vigilancia y Asesoramiento Toxicológico. Aspectos generales sobre los plaguicidas. Su efecto sobre el ambiente y el hombre [Internet]. Unidad I. Diplomado virtual de regulación toxicológica de plaguicidas. Formación en toxicología. Managua: CIVATOX-INCAP-ECO-UNED; 2013 [citado 18 oct 2013]. Disponible en: <http://www.civatox.com/Plaguicidas/generalidades.pdf>
22. Registro Central de Plaguicidas. Lista Oficial de Plaguicidas autorizados 2008-2010. La Habana: RCP-CNT-MINAGRI-MINSAP; 2010. p. 393.
23. Portal del fortalecimiento de las capacidades de la FAO. Política alimentaria y agrícola. Reforma política sobre pesticidas para reducir el uso excesivo de insecticidas [Internet]. Roma: FAO; c2013 [citado 18 oct 2013]. Disponible en: <http://www.fao.org/capacitydevelopment/goodpractices/bp-food-agriculture/bp-pesticide-policy/es/>
24. Moses M. Pesticides [Internet]. En: Paul M, editor. Occupational and environmental reproductive hazards: a guide for clinicians. Baltimore: Williams & Wilkins; 1993. p. 296-305.
25. Cremllyn, R. Plaguicidas Modernos y su Acción Bioquímica. México Df: Limusa; 1990.
26. Comisión europea. La política comunitaria para un uso sostenible de los plaguicidas. Origen de la estrategia. Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas; 2006.
27. United Nations Environment Programme. Children in the New Millennium: Environmental Impact on Health. [Internet]; Nairobi: UNEP-UNICEF-HO; 2002 [citado 18 oct 2013]. Available from: <http://www.apps.who.int/iris/bitstream/10665/42506/1/a75954.pdf?ua=1>
28. Bertolote JM, Fleischmann A, Eddleston M, Gunnell D. Deaths from pesticide poisoning: a global response. The British Journal of Psychiatry [Internet] 2006 [citado 18 oct 2013]; 189(3):201-3. Available from: <http://www.bjp.rcpsych.org/content/189/3/201.full>
29. World Health Organization. Preventing suicidal behaviours, a WHO flyer [Internet]. Geneva: WHO; 2006 [citado 18 oct 2013]. Available from: http://www.who.int/nmh/donorinfo/msd_preventing_suicide.pdf

30. Renjel S. Alternativas ecológicas, para evitar el uso de plaguicidas 2011 [Internet]. Plaguicidas y Alternativas. La Paz; Bolivia: Fundación Plagbol; c2013 [citado 18 oct 2013]. Disponible en: <http://www.plaguicidas-y-alternativas.org/noticias/2011-10-17-alternativas-ecologicas-para-evitar-el-uso-de-plaguicidas>
31. Pérez N, Infante C, Rosquete C, Ramos A, González C. Disminuyendo la relevancia de los plaguicidas. Alternativas a su uso. Agroecología [Internet] 2010; 5: 79-87. Disponible en: http://www.digitum.um.es/xmlui/bitstream/10201/29773/1/Disminuyendo_la_relevancia_de_los_plaguicidas_Alternativas_a_su_uso.pdf

Recibido: 8 de octubre de 2013.

Aprobado: 15 de abril de 2014.

Asele M. del Puerto Rodríguez. Instituto Nacional de Higiene, Epidemiología y Microbiología (INHEM).

Correo electrónico: asele@inhem.sld.cu