

La Organización Mundial de la Salud es un organismo especializado de las Naciones Unidas que se ocupa fundamentalmente de asuntos sanitarios internacionales y salud pública. Por conducto de esta Organización, creada en 1948, los profesionales de la salud de unos 170 países intercambian sus conocimientos y experiencias con objeto de que todos los ciudadanos del mundo puedan alcanzar en el año 2000 un grado de salud que les permita llevar una vida social y económicamente productiva.

Mediante la cooperación técnica directa con sus Estados Miembros y el fomento de dicha cooperación entre éstos, la OMS promueve el establecimiento de servicios completos de salud, la prevención y la lucha contra las enfermedades, el mejoramiento de las condiciones ambientales, el desarrollo de recursos humanos para la salud la coordinación y el desarrollo de las investigaciones biomédicas y sobre servicios de salud, y la planificación y ejecución de programas de salud.

Un programa tan vasto comprende actividades muy variadas, entre las que cabe destacar el establecimiento de sistemas de atención primaria de salud que alcancen a todas las poblaciones de los Estados Miembros; el mejoramiento de la salud de la madre y del niño; la lucha contra la malnutrición; la lucha contra el paludismo y otras enfermedades transmisibles, como la tuberculosis y la lepra; la coordinación de la estrategia mundial de prevención y lucha contra el SIDA; conseguida ya la erradicación de la viruela, el fomento de la inmunización en masa contra cierto número de otras enfermedades evitables; el mejoramiento de la salud mental; el abastecimiento de agua potable, y la formación de personal de salud de todas las categorías.

El mejoramiento de la salud en todo el mundo requiere también la colaboración internacional en ciertas actividades como el establecimiento de patrones internacionales para sustancias biológicas y de normas sobre plaguicidas y preparaciones farmacéuticas, la formulación de criterios de higiene del medio, la recomendación de denominaciones comunes internacionales para medicamentos, la administración del Reglamento Sanitario Internacional, la revisión de la Clasificación Estadística Internacional de Enfermedades y Problemas de Salud Conexos, y la compilación y difusión de estadísticas de salud.

Como reflejo de los intereses y prioridades de la Organización y de los Estados Miembros, las publicaciones de la OMS contienen información de fuentes autorizadas y orientaciones encaminadas a fomentar y promover la salud y a prevenir y combatir las enfermedades.

CONSECUENCIAS SANITARIAS DEL EMPLEO DE PLAGUICIDAS EN LA AGRICULTURA



ORGANIZACION MUNDIAL DE LA SALUD
GINEBRA
1992

Catalogación por la Biblioteca de la OMS

Consecuencias sanitarias del empleo de plaguicidas en la agricultura.

1. Plaguicidas - efectos adversos 2. Plaguicidas - envenenamiento

ISBN 92 4 356139 1

(Clasificación NLM: WA 240)

La Organización Mundial de la Salud dará consideración muy favorable a las solicitudes de autorización para reproducir o traducir, íntegramente o en parte, alguna de sus publicaciones. Las solicitudes y las peticiones de información deberán dirigirse a la Oficina de Publicaciones, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza, que tendrá sumo gusto en proporcionar la información más reciente sobre cambios introducidos en la obra, planes de reedición y reimpressiones y traducciones ya disponibles.

© Organización Mundial de la Salud 1992

Las publicaciones de la Organización Mundial de la Salud están acogidas a la protección prevista por las disposiciones sobre reproducción de originales del Protocolo 2 de la Convención Universal sobre Derecho de Autor. Reservados todos los derechos.

Las denominaciones empleadas en esta publicación y la forma en que aparecen presentados los datos que contiene no implican, por parte de la Secretaría de la Organización Mundial de la Salud, juicio alguno sobre la condición jurídica de países, territorios, ciudades o zonas, o de sus autoridades, ni respecto del trazado de sus fronteras o límites.

La mención de determinadas sociedades mercantiles o de nombres comerciales de ciertos productos no implica que la Organización Mundial de la Salud los apruebe o recomiende con preferencia a otros análogos. Salvo error u omisión, las denominaciones de productos patentados llevan en las publicaciones de la OMS letra inicial mayúscula.

PRINTED IN SPAIN
91/9033 - FER - 1500

INDICE

Prefacio	7
----------	---

Capítulo 1	
Introducción	11
¿Qué es un plaguicida?	11
Tipos de exposición	12
Evaluación de las consecuencias sanitarias	13

Capítulo 2	
Producción y empleo de plaguicidas	15
Reseña histórica	15
Clasificación de los plaguicidas	17
Empleo de plaguicidas en la agricultura	20
Empleo de plaguicidas en los programas de salud pública	22
Otros métodos de lucha contra las plagas	23
Producción y consumo de plaguicidas	24
Tendencias futuras	30

Capítulo 3	
Efectos tóxicos de los plaguicidas: datos experimentales y clínicos	33
Factores que influyen en la toxicidad para el hombre	34
Interacciones	36
Tipos de efectos tóxicos	36
Efectos en la reproducción y de otro tipo	38
Aspectos cuantitativos de la toxicidad y clasificación del riesgo	42

Capítulo 4	
Efectos a corto y a largo plazo de los plaguicidas en la salud: datos epidemiológicos	46
Exposición intencional	47
Exposición profesional	50
Exposición no profesional	55
Plaguicidas que merecen especial prioridad en futuros estudios	59

Índice

Capítulo 5

Fuentes e indicadores de exposición humana a los plaguicidas	61
Exposición aguda	61
Exposición profesional a largo plazo	64
Exposición a largo plazo en el medio ambiente general	64
Vigilancia biológica	69
Factores que influyen en la exposición	77

Capítulo 6

Poblaciones expuestas	79
Exposición en diferentes sistemas agrícolas	79
Exposición en programas de salud pública	82
Volumen de las poblaciones expuestas	82

Capítulo 7

Consecuencias sanitarias	85
Efectos agudos en el individuo	85
Intoxicaciones colectivas	87
Efectos crónicos	87
Evaluación de las consecuencias sanitarias globales	88
Tendencias futuras de las consecuencias sanitarias	89

Capítulo 8

Posibilidades de prevención de las intoxicaciones por plaguicidas	90
Problemas especiales de inocuidad de los plaguicidas en los países en desarrollo	90
Mejoramiento del empleo de plaguicidas y otras estrategias de lucha contra las plagas	91
Legislación	93
Educación, adiestramiento e información	94
Medicina agrícola	96
Necesidades de investigación	97

Capítulo 9

Propuestas de futuras investigaciones epidemiológicas	101
Establecimiento de «perfiles de zona» y datos descriptivos de la intoxicación aguda	101
Evaluación de intervenciones en relación con la intoxicación aguda	103
Estudios sobre efectos crónicos	103

Capítulo 10	
Recomendaciones	104
Lucha contra las intoxicaciones agudas por plaguicidas	104
Análisis preciso de los datos	104
Encuestas epidemiológicas	104
Bibliografía	106
Anexo 1 Producción y empleo de plaguicidas en el mundo	117
Anexo 2 Empleo y elección de los distintos plaguicidas según las restricciones de disponibilidad recomendadas	123

PREFACIO

En diversos informes se deja sentir la inquietud que suscitan los efectos de los plaguicidas en la salud y en la mayor parte de los países, así como en el plano internacional, se están adoptando ya medidas para prevenirlos. Como los plaguicidas son de por sí tóxicos para los organismos vivos, es natural que tiendan a afectar más la salud de las personas que cualquier otro producto químico empleado en la agricultura. Sin embargo, la toxicidad para el hombre varía mucho según el plaguicida utilizado y hoy es posible evitar las consecuencias adversas para la salud eligiendo el producto menos tóxico y tomando a la vez medidas para reducir la exposición humana. Los usuarios de plaguicidas con fines agrícolas están obligados a evitar que éstos provoquen cualquier efecto colateral adverso en la salud.

A pesar de los estudios realizados sobre el problema de las intoxicaciones agudas por plaguicidas, tanto las de origen profesional o accidental como las debidas a suicidios, faltan en general datos epidemiológicos sobre el impacto de esos productos en la salud humana. En algunos estudios catamnésicos de obreros profesionalmente expuestos a los plaguicidas se ha tratado de detectar efectos crónicos pero, por dificultades metodológicas, son escasas las encuestas epidemiológicas sobre esos efectos. De igual modo, mientras que en ciertas poblaciones se han obtenido datos sobre la exposición (por ejemplo, presencia de ciertos plaguicidas en la leche humana), escasean las evaluaciones sobre los efectos a largo plazo.

La presente publicación tiene por objeto evaluar el alcance y la gravedad de la exposición a los plaguicidas, tanto a escala mundial como en distintas regiones, estimar las tendencias futuras y analizar los efectos de los plaguicidas en la salud humana, dedicando especial atención a la población general de los países en desarrollo. La evaluación se basa fundamentalmente en informes sobre los efectos de diversos plaguicidas en la salud, así como en datos recogidos por la OMS y por el PNUMA (por medio del Registro Internacional de Productos Químicos Potencialmente Tóxicos). La mayor parte de los estudios de conjunto publicados ponen de relieve la falta de información y la necesidad de realizar más encuestas epidemiológicas sobre la exposición humana y los efectos sobre la salud y, naturalmente, estas carencias limitarán el alcance del presente estudio.

Este informe está destinado sobre todo a los funcionarios nacionales de salud encargados de la gestión de los plaguicidas y a los investiga-

dores que se interesan por la epidemiología de las intoxicaciones causadas por esos productos. También encontrarán en él valiosas informaciones los legisladores, los responsables de que se aplique la reglamentación nacional y los encargados de organizar, desarrollar y poner en práctica programas de formación profesional relativos a la salud de los trabajadores agrícolas y a la protección del medio ambiente.

* * *

El informe se basa en un borrador preparado por los Dres. U. Ahlborg (Servicio de Toxicología, Instituto Nacional de Medicina Ambiental, Estocolmo, Suecia), M. Akerblom (Laboratorio Nacional de Química Agrícola, Upsala, Suecia), G. Ekström (Administración Nacional de Alimentos, Upsala, Suecia), C. Hogstedt (Instituto Nacional de Higiene del Trabajo, Solna, Suecia), T. Kjellström (División de Higiene del Medio, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza) y O. Pettersson (Universidad de Ciencias Agrícolas, Upsala, Suecia). Este borrador fue revisado ulteriormente por un grupo de trabajo OMS/PNUMA que se reunió en Tbilisi (URSS) del 23 al 27 de noviembre de 1987. En la sección siguiente se indica la composición de este grupo de trabajo.

La Junta Nacional de Higiene y Seguridad del Trabajo sueca, el PNUMA y la OMS facilitaron los fondos necesarios para preparar el informe y reunir el grupo de trabajo. El Instituto de Saneamiento e Higiene de la República Socialista Soviética de Georgia se brindó a acoger la reunión, al par que el Centro de Proyectos Internacionales de la URSS tomó a su cargo todas las gestiones pertinentes. El texto del informe se ha enriquecido con valiosas contribuciones de numerosos funcionarios de la FAO, el PNUMA y la OMS, así como del Grupo Internacional de Asociaciones Nacionales de Fabricantes de Productos Agroquímicos.

Grupo de Trabajo OMS/PNUMA sobre las Consecuencias Sanitarias del Empleo de Plaguicidas en la Agricultura

Dr. U. Ahlborg, Servicio de Toxicología, Instituto Nacional de Medicina Ambiental, Estocolmo, Suecia

Dr. M. Akerblom, Laboratorio Nacional de Química Agrícola, Upsala, Suecia

Dr. W. Almeida, Instituto Nacional de Control Sanitario, INCQS/FIOCRUZ, Río de Janeiro, Brasil

Dr. G. Ekström, Administración Nacional de Alimentos, Upsala, Suecia

Dr. C. Hogstedt, Instituto Nacional de Higiene del Trabajo, Solna, Suecia (*Presidente*)

Dr. M. Jaghabir, Departamento de Salud Comunitaria, Universidad de Jordania, Amman, Jordania

Dr. J. Jeyaratnam, Departamento de Medicina de la Comunidad, del Trabajo y de la Familia, Universidad Nacional de Singapur, Singapur

Dra. F. Kaloyanova, Instituto de Higiene y Salud en el Trabajo, Sofia, Bulgaria

Dr. T. Kjellström, División de Higiene del Medio, Organización Mundial de la Salud, Ginebra, Suiza (*Secretario*)

Dr. R. Levine, Departamento de Salud del Distrito de Nassau, Departamento de Salud Pública del Estado de Nueva York, Mineola, NY, Estados Unidos de América

Dr. N. Maizlish, Programa de Vigilancia y Evaluación de la Higiene del Trabajo, Berkeley, CA, Estados Unidos de América

Dr. G. Molina, Centro Panamericano de Ecología Humana y Salud, Organización Mundial de la Salud, Metepec, México

Dr. D. Mowbray, Programa Regional del Medio Ambiente en el Sur del Pacífico, Departamento de Biología, Universidad de Papua Nueva Guinea, Waigani, Papua Nueva Guinea

Dr. J. N'Kurlu, Inspección de Fábricas, Ministerio del Trabajo y de Desarrollo del Personal, Dar-es-Salaam, República Unida de Tanzania

Dr. O. Pettersson, Universidad de Ciencias Agrícolas, Upsala, Suecia

Dr. V. Polchenko, Laboratorio de Análisis de Sistemas en Salud Pública, Instituto de Higiene y Toxicología de Plaguicidas, Polímeros y Plásticos, Kiev, URSS (*Vicepresidente*)

Dr. Y. Kagan, Jefe, Departamento de Toxicología Experimental, Instituto de Higiene y Toxicología de Plaguicidas, Polímeros y Plásticos, Kiev, URSS

Dr. F. Xu, Instituto de Vigilancia de la Higiene del Medio, Beijing, China

INTRODUCCION

¿Qué es un plaguicida?

La mayor parte de los plaguicidas son productos químicos que se utilizan en la agricultura para combatir plagas, malas hierbas o enfermedades de las plantas. Estos productos pueden obtenerse por extracción de las plantas o ser «sintéticos». En el presente informe se examinarán los plaguicidas sintéticos que representan un peligro potencial para la salud pública.

Según la FAO (1986a), un plaguicida es 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 agrícolas¹, madera y productos de madera 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. Han adoptado definiciones análogas la Comisión del Codex Alimentarius (Codex, 1984), excluyendo en cada caso los fertilizantes, los nutrientes para plantas o animales, los aditivos alimentarios y los medicamentos de veterinaria.

Algunos plaguicidas se utilizan a la vez en la agricultura y como agentes de lucha antivectorial en los programas de salud pública. La agricultura y la horticultura, junto con los programas de lucha antivectorial, son las actividades donde más uso se hace de los plaguicidas. También se emplean cantidades importantes de estos productos en el sector forestal y en la ganadería.

¹ El término «productos agrícolas» comprende productos tales como cereales sin elaborar, remolacha azucarera y semillas de algodón, que podrían normalmente excluirse de la consideración de alimentos.

Algunos plaguicidas son de origen biológico. Tal es el caso del *Bacillus thuringiensis*, utilizado en programas de salud pública para combatir los mosquitos vectores del paludismo y las especies de *Simulium* que transmiten la oncocercosis (ceguera de los ríos), así como contra las plagas de lepidópteros en la agricultura.

La mayor parte de las preparaciones de plaguicidas comprenden excipientes además de los ingredientes activos, así como solventes y compuestos destinados a mejorar la absorción, etc. Estos «ingredientes inertes» no se incluyen por lo general en ningún estudio sobre los efectos en la salud, aunque a menudo representan una parte importante del producto comercial, y sus efectos adversos pueden ser mayores que los de los del ingrediente activo. Así, por ejemplo, dos enérgicos agentes que son tóxicos para el hígado y el sistema nervioso central, el tetracloruro de carbono y el cloroformo, pueden utilizarse como ingredientes «inertes» sin hacerlo constar en la etiqueta del producto. Los efectos adversos de los plaguicidas en la salud pueden deberse también a impurezas tales como las dioxinas en ciertos herbicidas fenoxiácidos, la etilentiourea en los fungicidas a base de bisditiocarbamatos de etileno y el isomaltión en el malatión.

Tipos de exposición

De distintos modos y en mayor o menor grado, diferentes grupos y sectores de la población pueden estar expuestos a los plaguicidas. Algunas exposiciones son deliberadas (suicidios y homicidios), mientras que otras son accidentales (Fig. 1).

Davies et al. (1980) y Davies (1984) han descrito diferentes categorías de exposición a los plaguicidas, indicando en cada caso el volumen aproximado de la población expuesta (Fig. 2). Con ese fin utilizan un triángulo para representar la gran masa de población

Fig. 1. Tipos de exposición a plaguicidas.

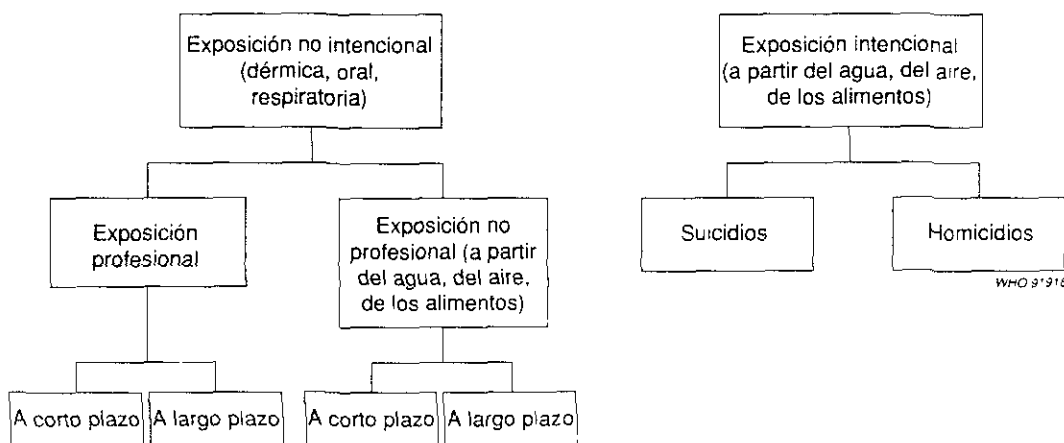
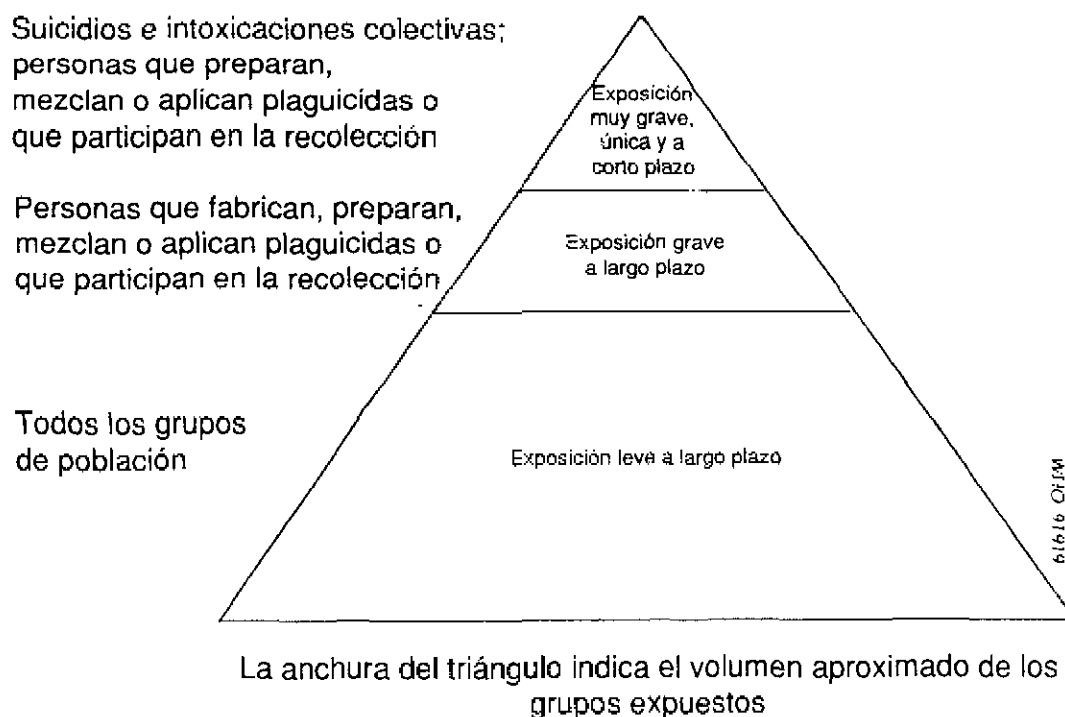


Fig. 2. Grupos de población con riesgo de exposición a plaguicidas.



^a Tomada, con adaptaciones, de Davies et al. (1980) y Davies (1984).

poco expuesta y el grupo más reducido con exposiciones extremas. Como se verá en el capítulo 7, estas proporciones de población no reflejan necesariamente el número de intoxicaciones que pueden producirse.

Evaluación de las consecuencias sanitarias

Para evaluar las consecuencias sanitarias de los plaguicidas agrícolas habrá que hacer una estimación del número de casos de efectos graves o leves en la salud, el número de defunciones y hospitalizaciones y el impacto de los tratamientos necesarios en los servicios de salud. En algunos casos puede haber datos suficientes para estimar las consecuencias financieras del impacto en los servicios sanitarios y las pérdidas causadas a la sociedad por los efectos en la salud. De igual modo se cuantificará, si es posible, cualesquiera efectos benéficos que se manifiesten en la salud.

Según un estudio sobre los costos indirectos del empleo de plaguicidas en los Estados Unidos de América (Pimentel et al., 1980), éstos comprendían: 45 000 casos humanos mortales y no mortales de intoxicación al año (no se calculó el costo económico); US\$ 12 millones como consecuencia de las pérdidas de ganado; US\$ 287 millones como consecuencia de la reducción de enemigos naturales

y por la resistencia a los plaguicidas; US\$ 135 millones a causa del envenenamiento de las abejas y la reducción de la polinización; US\$ 70 millones por la pérdida de cosechas y árboles; US\$ 11 millones por la reducción de la pesca y US\$ 140 millones como consecuencia de pérdidas de todo tipo. Sin embargo, los 45 000 casos de intoxicación y la pérdida de US\$ 839 millones anuales atribuidos al empleo de plaguicidas quizá sólo represente una fracción del costo real.

Pimentel et al. (1980) estiman que una recapitulación más completa de los costos indirectos daría una estimación más alta. El precio de compra de los plaguicidas utilizados se estimó en US\$ 2800 millones, mientras que los beneficios de producción estimados eran de US\$ 10 900 millones.

La evaluación de las consecuencias sanitarias es, por consiguiente, análoga a la del impacto en la higiene del medio y a la del riesgo. En el cuadro 1 se indican los factores que hay que tener en cuenta. En los siguientes capítulos de esta obra se analizan en función de estos factores los datos disponibles sobre la exposición a los plaguicidas y los efectos sanitarios de éstos. Algunos de los factores mencionados no pueden cuantificarse por falta de datos.

Cuadro 1. Factores que han de tenerse en cuenta para estimar las consecuencias de los plaguicidas agrícolas en la salud pública de los países en desarrollo

La población total expuesta se divide en distintos grupos de población con diferentes grados de exposición media a los plaguicidas:

- poblaciones rurales con un modo de vida tradicional y prácticamente sin exposición a los plaguicidas;
- poblaciones rurales en zonas donde se usan poco los plaguicidas;
- poblaciones rurales en zonas donde se usan mucho los plaguicidas, a los que están expuestas a través de los alimentos, del aire y del abastecimiento de agua;
- poblaciones rurales en zonas donde se usan mucho los plaguicidas, a los que están expuestas además por contacto directo (por ejemplo, en la actividad profesional);
- poblaciones rurales en zonas donde se hace poco uso de plaguicidas en las cosechas;
- poblaciones rurales en zonas donde se hace mucho uso de plaguicidas en las cosechas;
- poblaciones rurales expuestas además por contacto directo.

Respecto a cada plaguicida, habrá que estimar la importancia sanitaria teniendo en cuenta:

- los efectos sobre la mortalidad en general;
 - la influencia de las tasas de mortalidad en la productividad (importa tener en cuenta la mortalidad por edades);
 - los efectos en la morbilidad por enfermedades declaradas (enfermedades que incapaciten a la víctima, al menos temporalmente);
 - influencia de la morbilidad por enfermedades declaradas en la aparición de invalidez permanente;
 - influencia de la morbilidad por enfermedades declaradas en la productividad (ausencia del trabajo y las actividades cotidianas);
 - influencia de la morbilidad por enfermedades declaradas en los servicios médicos (empleo del personal, utilización de medicamentos, ocupación de camas, costos);
 - efectos sobre la aparición de síntomas menores y de alteraciones fisiológicas o bioquímicas;
 - influencia de esos cambios en la sensibilidad a otros factores ambientales, deficiencias nutricionales, etc.
-

PRODUCCION Y EMPLEO DE PLAGUICIDAS

Reseña histórica

Esta breve reseña histórica del empleo de plaguicidas se basa en un estudio de Hassall (1982). El empleo de productos químicos inorgánicos para destruir insectos se remonta posiblemente a los tiempos de la Grecia y la Roma clásicas. Homero menciona la utilidad del azufre quemado como fumigante, mientras que Plinio el Viejo recomienda el arsénico como insecticida y alude al empleo de sosa y aceite de oliva para tratar las semillas de leguminosas. En el siglo XVI, los chinos empleaban pequeñas cantidades de arsenicales como agente insecticida y poco después empezó a usarse la nicotina en forma de extracto de tabaco. En el siglo XIX se utilizaron tanto el pelitre como el jabón para combatir los insectos, así como los lavatorios con una mezcla de tabaco, azufre y cal para eliminar a la vez insectos y hongos.

A mediados del siglo XIX se iniciaron los primeros estudios científicos y sistemáticos sobre el empleo de productos químicos para proteger las cosechas. En 1867, los trabajos realizados con arsenicales se plasmaron en la introducción del verde de París, forma impura del arsenito de cobre, que se utilizó en los Estados Unidos para poner coto al escarabajo de la patata; hacia 1900 su uso estaba tan extendido que dio lugar a la introducción de una legislación que es probablemente la primera que se promulgó en el mundo para regular el uso de plaguicidas.

En 1896, un viticultor francés, al tratar sus viñas con caldo bordelés (sulfato de cobre e hidróxido cálcico), observó que las hojas de la mostaza amarilla que crecía en las inmediaciones se ennegrecían. Esta observación casual demostraba la posibilidad de desherbar por medios químicos y, poco después, se observó que el sulfato de hierro, pulverizado sobre un cereal mezclado con malas hierbas, destruía éstas sin dañar a aquél. En el curso del decenio siguiente se encontraron otras sustancias inorgánicas que actuaban selectivamente a la concentración apropiada. Otro hito importante fue la introducción en 1913 del primer tratamiento organomercurial de las semillas en Alemania.

En los años comprendidos entre la Primera y la Segunda Guerra Mundial, tanto el número como la complejidad de los productos

químicos utilizados para proteger las cosechas fueron en aumento. El queroseno se utilizó, y sigue utilizándose, para destruir los huevos de pulgones en los árboles durante el período de latencia. En 1932 se patentó en Francia el dinitro-ortocresol como desherbante de los cereales, y en 1934 se autorizó en los Estados Unidos el uso del tiram, primer producto de una serie de fungicidas a base de ditiocarbamato.

Durante la Segunda Guerra Mundial se descubrió en Suiza la capacidad insecticida del DDT, mientras que en Alemania se obtenían diversos compuestos insecticidas organofosforados. Los trabajos realizados culminaron en la producción comercial de herbicidas del grupo del ácido fenoxialcanoico. En 1945 los investigadores británicos descubrieron los primeros carbamatos herbicidas con acción directa en el suelo, al par que en los Estados Unidos y en Alemania se empezaba a usar un nuevo insecticida organoclorado, el clordano. Poco tiempo después se obtuvieron en Suiza insecticidas a base de carbamato.

En los años comprendidos entre 1950 y 1955 empezaron a usarse en los Estados Unidos herbicidas derivados de la urea, aparecieron los fungicidas captán y gliodín e hizo su aparición el malatión. Entre 1955 y 1960 aparecieron otros productos nuevos, entre ellos los herbicidas triazínicos y los derivados del amonio cuaternario. Entre 1960 y 1965 fueron descritos el diclobenil, el trifluralín y el bromoxinilo, mientras que en 1968 se introdujo el benomilo como fungicida sistémico. Poco tiempo después apareció el glifosato, herbicida de acción foliácea.

Durante los dos decenios siguientes a 1970 aparecieron muchos plaguicidas nuevos, basados en un conocimiento más completo de los mecanismos biológicos y bioquímicos, que a menudo son más eficaces a dosis bajas que los plaguicidas más antiguos. Los ejemplos más representativos de esta nueva generación de plaguicidas son las sulfonilureas herbicidas y los nuevos fungicidas sistémicos, tales como el metalaxilo y el triadimefón. Un nuevo e importante grupo de insecticidas comprende los piretroides sintéticos fotoestables, obtenidos a partir de piretrinas naturales.

Gracias a un mejor conocimiento de las interacciones huésped-plaga, hoy se está dando una nueva orientación a las investigaciones sobre nuevos plaguicidas y se están estableciendo nuevas estrategias de formulación y nuevos métodos de aplicación. Estos progresos permitirán reducir el riesgo de intoxicación que entrañan estos productos. Diversos institutos de investigación de todo el mundo están estudiando actualmente la posible utilidad de los agentes microbianos y de otros plaguicidas biológicos.

Clasificación de los plaguicidas

Los plaguicidas pueden clasificarse de muchos modos: según la plaga a la que están destinados, según la estructura química del compuesto utilizado o según el grado o tipo del riesgo sanitario que entrañan. Muchos autores, por ejemplo Hayes (1982) y Ware (1983), han establecido sus propios sistemas de clasificación. En el cuadro 2 se presenta la clasificación funcional y química combinada que han propuesto Gunn y Stevens (1976).

Cuadro 2. Clasificación de los plaguicidas^a

Grupos principales	Subgrupos	Ejemplos
Insecticidas		
Inorgánicos		fosfuro de aluminio, arseniato cálcico
Botánicos (extractos de plantas)		nicotina, piretrina, rotenona
Orgánicos	Hidrocarburos	petróleo para pulverizar los cítricos, pulverizaciones para los árboles en período de latencia («tratamientos de invierno»), larvicidas para la destrucción de mosquitos
	Compuestos organoclorados	aldrina, HCH, DDT, heptacloro, toxafeno
	Compuestos organofosforados: no sistémicos	azinfós-metilo, diclorvos, paratión, metil-paratión, fenitrotión, malatión
	sistémicos	demeton-metilo, dimetoato, monocrotofos, fosfamidón
	Carbamatos no sistémicos	carbarilo, metomilo, propoxur
	sistémicos	aldicarb, carbofurán
	Piretroides sintéticos	aletrina, bioresmetrina, permetrina
Microbianos	Bacterianos	<i>Bacillus thuringiensis</i>
	Virales	virus poliédricos
Otros agentes de lucha contra los insectos		
Quimioesterilizantes		afolato, metepa, tepa
Feromonas (atractantes sexuales y cebos sintéticos)		
Repelentes		deet, dimetil-ftalato, etil-hexenediol
Hormonas de insectos y falsas hormonas (reguladores del crecimiento de los insectos)	Juvenoides (falsas hormonas juveniles)	farnesol, metopreno
	Inhibidores de la muda	diflubenzurón, ecdisona

Consecuencias sanitarias del empleo de plaguicidas en la agricultura

Cuadro 2. (continuación).

Grupos principales	Subgrupos	Ejemplos
Acaricidas específicos		
No fungicidas	Compuestos organoclorados	clorobencilato, dicofol, tetradifón
	Compuestos de estaño orgánico	cihexatín
Fungicidas	Dinitrocompuestos	binapacril, dinocap
	Otros	chinometionato
Fungicidas de protección		
Inorgánicos		caldo bordelés, oxiclورو de cobre, azufre
Orgánicos	Ditiocarbamatos	mancozeb, metiram, propineb, zineb
	Ftalimidas	captafol, captán, folpet
	Dinitrocompuestos	binapacril
	Compuestos organomercuriales	fenilmercurio (acetato y cloruro)
	Compuestos de estaño orgánico	fentín (acetato e hidróxido)
	Otros	chinometionato, clorotalonil, diclofuonida, diclona, diclorán, dodina, direne, gliodín
Fungicidas de erradicación (Quimioterápicos)		
	Antibióticos	blastidina, ciclohexamida, casugamicina, estreptomina
	Morfolinas	dodemorf, tridemorf
	Compuestos formilamínicos	cloraniformetán, triforina
	Otros	etirimol, dióxido de carboxina, benomilo, tiabendazol, metiltiofanato
Fumigantes del suelo y nematocidas		
Esterilizantes del suelo	Hidrocarburos halogenados	cloropicrina, bromuro de metilo
	Generadores de isotiocianato de metilo	dazomet, metam
	Otros	disulfuro de carbono, formaldehído
Fumigantes nematocidas	Hidrocarburos halogenados	DD, dicloropropeno, dibromuro de etileno
Nematocidas no fumigantes	Compuestos organofosforados	diclorofentión, fensulfotión, fenamifós
	Carbamatos	aldicarb, carbofurán
Herbicidas		
Inorgánicos		arsenito sódico, clorato sódico
Orgánicos	Fenólicos	bromofenoxim, acetato de dinoseb, DNOC, nitrofén, PCP
	Fenoxiácidos (herbicidas hormonales)	CMPP, MCPA, 2,4-D, 2,4,5-T

Cuadro 2. (continuación).

Grupos principales	Subgrupos	Ejemplos
Herbicidas, orgánicos (continuación)	Carbamatos	asulam, barbán, bendiocarb, carbetamida, clorprofam, fenmedifam, profam, tri-alato
	Ureas sustituidas	diurón, fluometurón, linurón, metobromurón, monolinurón
	Alifáticos halogenados	dalapón, TCA
	Triacinas	ametetrín, atracina, metroprotrina, simacina, terbutrín
	Diacinas	bromacil, lenacil, pirazón
	Compuestos de amonio cuaternario:	
	bipiridilos	diquat, paraquat
	pirazolio	difenzoquat
	Ácidos benzoicos	metil-clorfenprop, dicamba, 2,3,6-TBA
	Arsenicales	ácido cacodílico, DSMA, MSMA
Desecantes, defoliantes y destructores de rastrojos ^b	Dinitroanilinas	nitralín, profluralín, trifluralín
	Benzonitrilos	bromoxinilo, clortiamid, diclobenilo, ioxinilo
	Amidas y anilidas	benzoiolprop-etilo, difenamid, propaclor, propanil
	Otros	aminotriazol, flurecol, glifosato, picloram
	Compuestos de amonio cuaternario (bipiridilos)	diquat, paraquat
	Fenólicos	ácido cacodílico, dinoseb, DNOC, PCP
	Reguladores del crecimiento de las plantas	
	Promotores del crecimiento (auxinas y sus tipos)	ácido giberélico
	Inhibidores del crecimiento	
	Inhibidores de los brotes y agentes anti-absorción	Compuestos de amonio cuaternario
	Regulación de la fructificación, maduración, agentes de floración y estimulantes del látex	Carbamatos
Rodenticidas		clorprofam, profam
		Generadores de etileno
		etefón
	Otros	dimas, glifosina, ácido naftalenacético
	Inducción de la caída de la fruta (agentes de abscisión)	cicloheximida
	Fumigantes (fumigantes aéreos, usados también para la desratización)	fosfuro de aluminio, cianuro cálcico, cloropicrina, bromuro de metilo

Consecuencias sanitarias del empleo de plaguicidas en la agricultura

Cuadro 2. (continuación).

Grupos principales	Subgrupos	Ejemplos
Anticoagulantes	Hidroxycumarinas	cumatetratilo, difenacum, warfarina
	Indandionas	clorofacinona, fenil metil pirozolina, pindona
Otros	Arsenicales	«óxido arsenioso», arsenito sódico
	Tioureas	antu, promurit
	Botánicos	escila, estricnina
	Otros	norbormida sódica, fluoroacetato, vitamina D (calci-ferol), fosfuro de cinc
Molusquicidas		
Acuáticos	Botánicos	endod
	Químicos	sulfato de cobre, niclosamida, pentaclorofenato sódico, trifenmorf
Terrestres	Carbamatos	aminocarb, metiocarb, mexacarbato
	Otros	metaldehído

^a Fuente: Gunn y Stevens (1976). Reproducción autorizada por el editor.

^b Aunque los compuestos de este grupo son también herbicidas, en este caso se utilizan sobre la cosecha propiamente dicha y esta forma de aplicación se incluye a veces en el epígrafe general «reguladores del crecimiento de las plantas».

Empleo de plaguicidas en la agricultura

Las cosechas se ven afectadas por diferentes plagas así como por la actividad competitiva de las malas hierbas. Diversos insectos y artrópodos de otros tipos, hongos, moluscos y bacterias las atacan, provocando pérdidas cuantitativas y cualitativas; el grado de deterioro varía mucho según las características climáticas y agrícolas de la región. A raíz de la introducción de nuevas especies de plantas y variedades de cultivo en las explotaciones y en la horticultura comercial, los nuevos monocultivos pueden plantear problemas crecientes. Durante los tres decenios últimos, la lucha contra las plagas y malas hierbas por medios químicos, destinada a reducir las pérdidas, se ha implantado en todo el mundo. Una amplia gama de insecticidas, fungicidas, molusquicidas, bactericidas, herbicidas y fumigantes ha cobrado especial importancia en la agricultura, principalmente en los países desarrollados pero también —cada vez más— en los que aún están en desarrollo, donde siguen usándose los insecticidas organoclorados a pesar de que ya están siendo reemplazados regularmente por los organofosforados, los carbamatos y los piretroides. Otra importante modalidad de empleo de los insecticidas es la lucha contra los ectoparásitos, como por ejemplo mediante el baño del ganado vacuno.

Las pérdidas agrícolas causadas por las plagas son grandes, tanto en los países desarrollados como en los que aún están en desarrollo. En América del Norte, Europa y el Japón se calcula que son del orden de 10-30%, pero en el mundo en desarrollo pueden ser mucho mayores (Edwards, 1986). La proporción de cosechas perdidas en esas zonas a causa de plagas y de enfermedades de las plantas llega con frecuencia al 40%, habiéndose señalado incluso pérdidas del 75% (cuadro 3). Una de las grandes plagas que más pérdidas causan es la langosta.

Las pérdidas son incluso mayores y a menudo más importantes tras la recolección como consecuencia de ciertas plagas que afectan a los productos almacenados, particularmente en los trópicos (PNUMA, 1981; FAO, 1985a). Numerosos insectos se infiltran en el grano o las alubias, donde es prácticamente imposible destruirlos con plaguicidas. También las ratas y los ratones provocan pérdidas importantes en los productos almacenados.

Las plagas no sólo menoscaban el rendimiento cuantitativo de las cosechas. Tanto las infestaciones que se producen antes como las que ocurren después de la recolección deterioran gravemente la calidad de los alimentos y piensos. Por consiguiente, las medidas adoptadas para reducir al mínimo las pérdidas contribuyen también a mejorar la higiene de los productos y otras características cualitativas.

Los datos disponibles en varios países o regiones (cuadro 4) revelan cierta correlación entre el empleo de plaguicidas y el rendimiento de las cosechas. Cuando las prácticas agrícolas (inclusive el uso de fertilizantes) son satisfactorias, un mayor empleo de plaguicidas se traducirá en un mayor rendimiento de la cosecha; ahora bien, por encima de cierto límite, ciertos factores limitantes se suman al efecto de los

Cuadro 3. Porcentaje de pérdidas estimadas en el rendimiento potencial de las cosechas^a.

Cosecha	América del Sur	Africa	Asia
Trigo	31	42	30
Arroz	28	36	57
Maíz	44	75	42
Caña de azúcar	44	67	71
Patatas	44	62	49
Hortalizas y legumbres	30	39	36
Café	47	56	43
Cacao	48	52	38
Semillas de soja	32	42	40
Copra	34	30	50
Algodón	42	45	36

^a Fuente: Edwards (1986). Reproducción autorizada por el editor.

Consecuencias sanitarias del empleo de plaguicidas en la agricultura

Cuadro 4. Empleo de plaguicidas y rendimiento de las principales cosechas en ciertos países y zonas^a.

País o zona	Empleo de plaguicidas (kg/ha)	Categoría	Rendimiento (ton/ha)	Categoría
Japón	10,8	1	5,5	1
Europa	1,9	2	3,4	2
Estados Unidos de América	1,5	3	2,6	3
América Latina	0,22	4	2,0	4
Oceanía	0,20	5	1,6	5
África	0,13	6	1,2	6

^a Fuente: Edwards (1986) Reproducción autorizada por el editor

plaguicidas. Por esa razón, la correlación no es directamente proporcional. Así, por ejemplo, mientras que la relación entre el empleo de plaguicidas por unidad de superficie agrícola es de 85 en el Japón y en África, la relación entre los correspondientes rendimientos de cosechas no pasa de 4,5.

Empleo de plaguicidas en los programas de salud pública

En los trópicos, muchas de las enfermedades humanas más importantes son transmitidas por vectores o huéspedes intermediarios, en particular insectos o moluscos, que pueden destruirse con insecticidas o molusquicidas (OMS, 1984e). En un reciente estudio de conjunto (Edwards, 1986) se identifican cinco grandes enfermedades vectoriales contra las que se usan plaguicidas: paludismo, filariasis, oncocercosis, esquistosomiasis y tripanosomiasis.

Entre otras enfermedades vectoriales que pueden combatirse con insecticidas figuran el dengue, la fiebre hemorrágica dengue y la encefalitis japonesa (todas ellas transmitidas por mosquitos), la enfermedad de Chagas (transmitida por reduvidos), la leishmaniasis (transmitida por flebótomos) y el tifus exantemático (transmitido por piojos). Hasta cierto punto, también pueden utilizarse métodos biológicos para combatir los vectores de la enfermedad (OMS, 1982b).

Un estudio de la OMS (Smith y Graz, 1984) ha puesto de relieve que en la lucha antivectorial urbana la mayor demanda de plaguicidas se centra en los insecticidas, siendo las fórmulas más utilizadas los concentrados emulsionables o los concentrados aplicables en volúmenes muy reducidos (ULV o ultra-low-volume). En las zonas urbanas apenas se utilizan actualmente los plaguicidas organoclorados, que han sido reemplazados por piretrinas, piretroides e insecticidas organofosforados tales como clorpirifós, diclorvos, fenitro-

tión, fentión, malatión y temefós (OMS, 1988a). Los requisitos globales de los programas urbanos de salud pública son considerables en lo que se refiere a los plaguicidas, estimándose el costo anual en más de US\$ 100 millones (Smith y Graz, 1984). Sin embargo, esta suma es pequeña en comparación con el costo de los plaguicidas empleados en la agricultura (véase la página 27).

En 1980 se utilizaron unas 50 000 toneladas de plaguicidas en programas de salud pública de países en desarrollo. Esta cifra representaba aproximadamente el 10% del empleo total de plaguicidas; el resto se utilizó principalmente con fines agrícolas (Smith y Lossev, 1981).

Otros métodos de lucha contra las plagas

Muchos plaguicidas pueden ser muy peligrosos no sólo para la salud humana sino también para otros organismos del medio ambiente (Edwards, 1983a). Los daños irrogados al ecosistema pueden reducir de por sí la producción agrícola, menoscabar la calidad del medio ambiente y causar también pérdidas económicas fuera del sector agrícola. Importa pues sopesar los beneficios en los plaguicidas y sus efectos secundarios negativos en cada contexto agrícola y en cada programa de lucha antivectorial.

La resistencia constituye uno de los principales problemas derivados del empleo intensivo y sostenido de plaguicidas (OMS, 1986b). En algunas zonas, el uso de los plaguicidas en la agricultura ha originado una resistencia que perturba gravemente el empleo de esos mismos productos con fines sanitarios. Cuando empieza a desarrollarse resistencia a un plaguicida determinado, la reacción inmediata suele consistir en utilizar más cantidad. Esto puede llevar a la erradicación de los enemigos naturales de la plaga y, finalmente, a un resurgimiento de la propia plaga o a la transformación de insectos hasta entonces inocuos en plagas importantes (FAO, 1979).

Los métodos químicos no son los únicos que permiten combatir las plagas ni son forzosamente los mejores. Entre los distintos procedimientos utilizados figura la aplicación de ciertas técnicas agrícolas y el uso de variedades de cosechas resistentes a las plagas. También existen varios métodos biológicos basados en la suelta de insectos estériles o de bacterias mortíferas para la especie perjudicial o la liberación controlada de insectos u otros animales que devoran la plaga pero no la cosecha. Las condiciones de almacenamiento influyen mucho en las pérdidas que se producen tras la recolección (FAO, 1985a) y, en ciertas circunstancias, puede recurrirse a técnicas de irradiación de alimentos para proteger los productos alimenticios almacenados (OMS/FAO, 1988).

El concepto de tratamiento integrado de las plagas (TIP) (denominado inicialmente «lucha integrada contra las plagas» o LIP) responde al propósito de mejorar la eficacia de la lucha contra las plagas limitando al mismo tiempo al mínimo el costo y el deterioro ambiental propio de los métodos de lucha empleados (FAO, 1967). El TIP es actualmente el procedimiento recomendado para combatir las plagas y comprende diferentes métodos de lucha que se aplican según convenga en función de las circunstancias agrícolas locales y del tipo de plaga (para más detalles, véanse las páginas 92-93). Fundándose en el mismo criterio básico utilizado para combatir las plagas agrícolas, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la OMS han propuesto un concepto denominado «lucha antivectorial integrada» para los programas de salud pública (OMS, 1983).

Existe un informe sobre la aplicación del TIP en las plantaciones de algodón de Nicaragua (Swezey et al., 1986) en el que se examinan los problemas planteados en ese país por una combinación de diferentes factores nocivos y en el que puede verse claramente que, desde el punto de vista económico, el TIP ha resultado eficaz para reducir el impacto de las plagas en la producción algodonera.

Ninguno de los métodos disponibles de lucha contra las plagas suprimirá por completo las enfermedades vectoriales ni las pérdidas que se producen durante la recolección o durante el almacenamiento subsiguiente. Algunos estudios (Repetto, 1985) muestran que el empleo de variedades de arroz resistentes a las plagas aumenta tanto el rendimiento de los arrozales como una aplicación moderada de plaguicidas y que el empleo intensivo de estos productos apenas mejora el rendimiento si se utilizan esas variedades resistentes.

Producción y consumo de plaguicidas

Los plaguicidas se utilizan en todo el mundo, con más o menos intensidad, en función de diversos factores (p. ej., cultivos predominantes, grado de desarrollo del país, condiciones climáticas y frecuencia de las plagas). Wachter y Staring (1981) han estudiado los tipos de desarrollo de las aplicaciones agrícolas de plaguicidas definiendo al respecto cinco grados, desde el uso muy escaso hasta la aplicación intensiva (cuadro 5). Estos diferentes grados se asocian hasta cierto punto con el desarrollo económico general del país. Sin embargo, en cualquier país pueden observarse al mismo tiempo en diferentes regiones distintos grados de aplicación de plaguicidas.

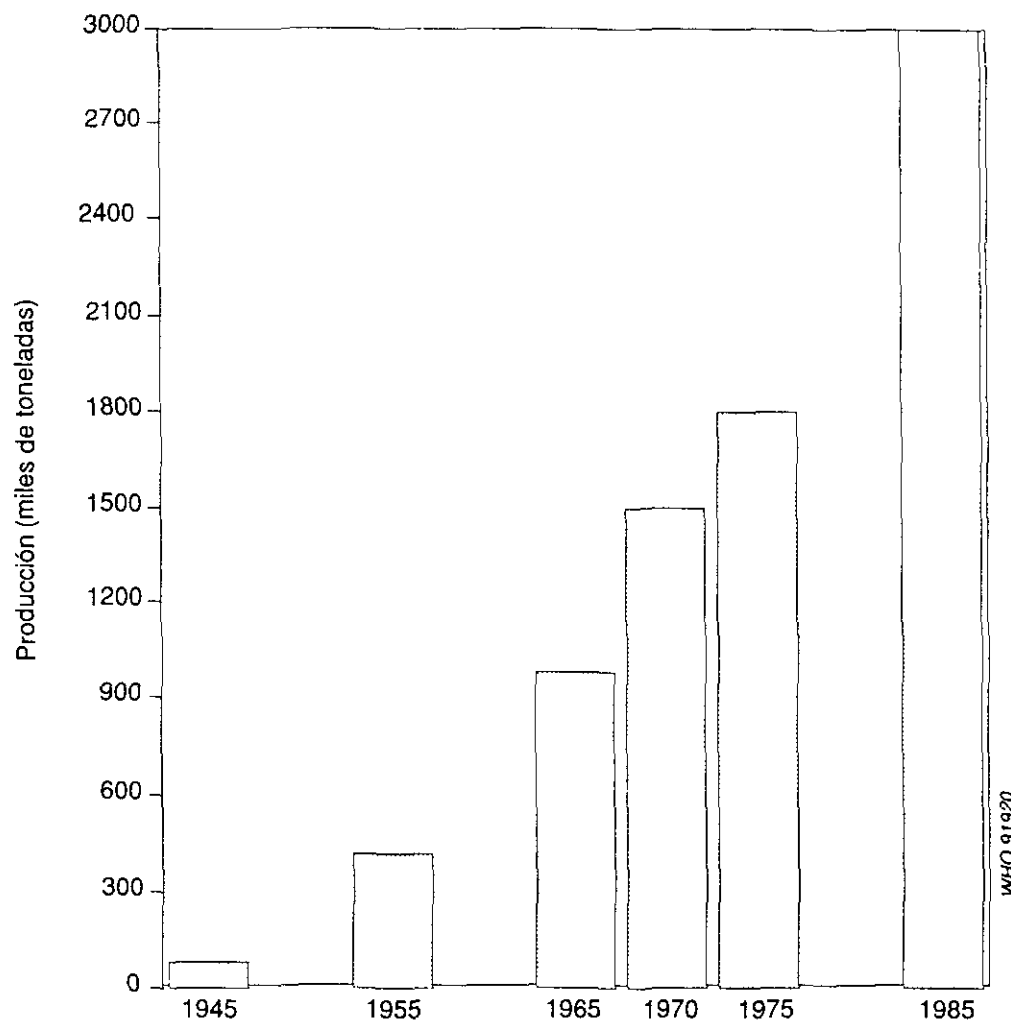
Actualmente podría añadirse un sexto grado en el que la cantidad de ingrediente activo utilizada no llega a 100 g/ha, como consecuencia de la introducción de una nueva generación de plaguicidas, entre ellos el clorsulfurón y el metil-metsulfurón.

Cuadro 5. Desarrollo general del empleo de plaguicidas en la agricultura ^a

Variable	Grado I (muy bajo)	Grado II (bajo)	Grado III (moderado)	Grado IV (alto)	Grado V (muy alto)
Nivel de empleo de los plaguicidas en la agricultura	Menos de 100 g de ingrediente activo por ha	Más de 100, pero menos de 500 g de ingrediente activo por ha	Más de 500, pero menos de 1000 g de ingrediente activo por ha	Más de 1 kg, pero menos de 5 kg de ingrediente activo por ha	Más de 5 kg de ingrediente activo por ha; reducción por Tip
Gama de productos	Pocos productos (<50)	Principalmente productos usados desde hace tiempo y baratos (compuestos organoclorados, DDT, HCH, malatión); cantidad de productos: 50-100	Gama de productos más amplia, insecticidas más modernos, algunos herbicidas; cantidad de productos: 100-250	Gama completa de productos: herbicidas y fungicidas importantes; cantidad de productos: 250-500	Cantidad total de productos: más de 500
Desarrollo de una industria local de plaguicidas	Importación de productos formulados	Productos formulados principalmente de importación y sólo unos pocos formulados en el país	La formulación local representa el 40-70 % del consumo nacional	Formulación local principalmente; si el tamaño del país lo permite, cierto grado de fabricación local también	Escasas importaciones de productos formulados
Estructura de la distribución	Principalmente mediante servicios de extensión a cooperativas	Principalmente mediante servicios de extensión; escaso movimiento de ventas; sólo algunos comerciantes venden también plaguicidas	Los comerciantes independientes participan más en la distribución	Volumen de ventas suficientemente alto para que se instalen comercios especializados	Comercios especializados perfectamente establecidos
Infraestructura de regulación	Inexistente o sólo rudimentaria	Todavía poco desarrollada	Poco desarrollada o desarrollada pero insuficientemente aplicada	Desarrollada o compleja	Compleja
Zona controlada	Menos del 5 %	Aproximadamente el 5-20 %	Aproximadamente el 50 %	50-90 %	Más del 90 %
Nivel general de desarrollo agrícola	Principalmente agricultura de subsistencia	Principalmente agricultura de subsistencia, pero con algunos cultivos comerciales relativamente importantes	Desarrollo tardío; cosechas moderadas	Agricultura desarrollada; rendimientos altos	Agricultura moderna y bien respaldada: rendimientos altos

^a Fuente: Wachter y Staring (1981). Reproducción autorizada por el editor.

Fig. 3. Producción mundial de plaguicidas formulados, 1945-1985 ^a



^a Tomada, con adaptaciones, de Green et al. (1977).

Aunque se dispone de muchas cifras sobre la producción mundial de plaguicidas basadas en el importe de las ventas, son sumamente escasos los datos sobre producción basados en el peso o el volumen del ingrediente activo. Green et al. (1977) han publicado un gráfico en el que se muestra el crecimiento regular de la fabricación entre 1945 y 1975 (Fig. 3), pero no es posible tener acceso a datos más recientes.

El total de ventas de plaguicidas pasó de US\$ 3000 millones en 1972 (Green et al., 1977) a US\$ 15 900 millones en 1985 (cuadro 6). Como el cambio del valor del dólar estadounidense entre 1972 y 1985 fue de 50,8:130,5 (tomando como valor de referencia 100 en 1980), la suma de US\$ 3000 millones en 1972 equivale a unos US\$ 7700 millones en 1985; por consiguiente, en términos reales, las ventas de plaguicidas se han duplicado entre 1972 y 1985. El aumento real es probablemente algo menor a causa del aumento de

Cuadro 6. Valor de los plaguicidas comercializados en 1985
(en millones de US\$)^a

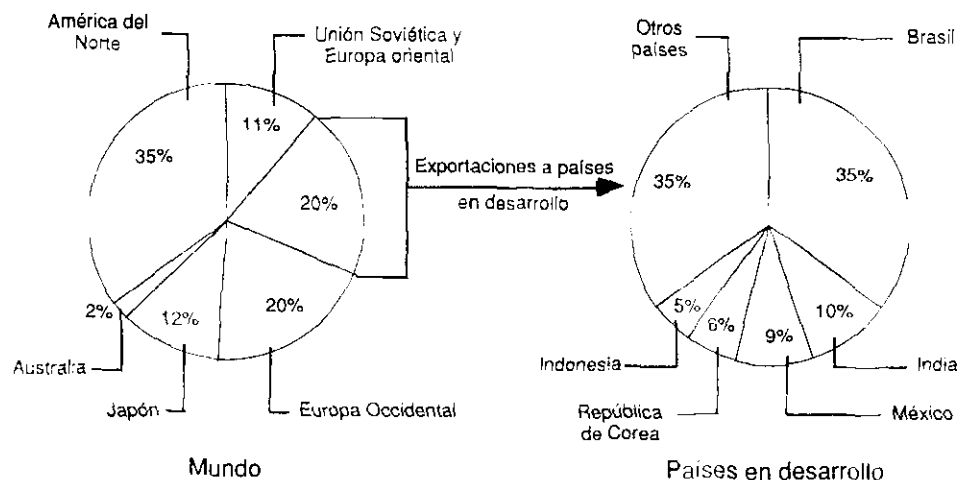
Zona	Herbicidas	Insecticidas	Fungicidas	Otros	Total
EE UU	3100	1090	330	330	4 850
Europa occidental	1475	850	1110	400	3 825
Asia oriental	775	1300	785	90	2 950
América Latina	485	655	250	60	1 450
Europa oriental	625	450	230	95	1 400
Otras	615	655	105	50	1 425
Total mundial	7075	5000	2800	1025	15 900

^a Fuente: Wood McKenzie Agrochemical Service (comunicación personal).

las ventas de plaguicidas nuevos y más caros. Partiendo de esta estimación, cabe concluir que el consumo mundial en 1985 se sitúa en torno a 3 millones de toneladas (Fig. 3).

Otra manera de estimar el consumo mundial de plaguicidas se basa en el «valor mercantil» de los productos agroquímicos según los datos publicados, por ejemplo, por Wood McKenzie & Co. (1987), o en el precio medio por tonelada. De hecho, sólo se dispone de datos para los plaguicidas exportados (Wood McKenzie & Co. Ltd., comunicación personal), que en 1985 tenían un precio medio de US\$ 5100/tonelada. Sobre la base del mismo informe, cabe evaluar en US\$ 15 900 millones el total de ventas en 1985 (cuadro 6). Así pues, tomando como referencia los precios de exportación, el número de toneladas consumidas podría estimarse en 3,1 millones, cifra muy semejante a la obtenida en el cálculo precedente. Según los datos de Wood McKenzie & Co. Ltd., analizados por Mowbray (1988) (proporción equivalente a 600 000 toneladas anuales), el 20% de los plaguicidas fabricados se exporta a países en desarrollo (Fig. 4).

Fig. 4. Comercialización de los plaguicidas en el mundo, tomando como base los valores en 1981 (con exclusión de puntos de venta no agrícolas)^a



^a Tomada de Mowbray (1988) y basada en datos del Wood McKenzie Agrochemical Service.

En 1985, los principales grupos de plaguicidas se utilizaron en las siguientes proporciones: herbicidas, 46%; insecticidas, 31%; y fungicidas, 18% (Anon, 1985). Estos productos se aplicaron en cierto número de cosechas diferentes y de importancia relativa variable con respecto a la producción agrícola mundial, según se indica en el cuadro 7. Como puede verse, las mayores cantidades de herbicidas se emplearon para tratar el maíz y las semillas de soja. En el caso de los insecticidas, las mayores cantidades se utilizaron en el algodón, mientras que las mayores cantidades de fungicidas se utilizaron en el trigo y en la horticultura. El análisis detallado en diferentes zonas del mundo (Anon, 1985) muestra que aproximadamente el 75% del consumo total se localizó en Europa occidental, el Japón y los Estados Unidos de América.

Es sumamente difícil obtener datos sobre el consumo de cada plaguicida en los distintos países, toda vez que los fabricantes se resisten a facilitar esa información. Además, en muchos países los registros son incompletos y el gobierno apenas controla el empleo de estos productos químicos. No obstante, en el anexo 1 se presentan los datos disponibles sobre cierto número de plaguicidas hasta 1981.

Cuadro 7. Producción mundial de las principales cosechas y cifras correspondientes de comercialización de herbicidas, insecticidas y fungicidas, 1985^a

Cosecha	Producción (en millones de toneladas)	Plaguicidas comercializados (en millones de US\$, 1984)		
		Herbicidas	Insecticidas	Fungicidas
Caña de azúcar	941	148	42	26
Trigo	510	791	108	351
Maíz	490	1395	456	116
Arroz	466	507	633	302
Patatas	299	—	—	—
Remolacha azucarera	283	287	97	49
Cebada	178	—	—	—
Mandioca	137	—	—	—
Batatas	111	—	—	—
Semillas de soja	101	1348	128	28
Sorgo	77	102	56	12
Avena	46	—	—	—
Bananas	42	—	—	—
Coco	35	—	—	—
Mijo	32	—	—	—
Centeno	30	—	—	—
Cacahuetes	21	46	65	55
Algodón	17	288	969	23
Frutas, verduras y hortalizas	?	487	1168	1232

^a Fuente: FAO (1986b), Anon (1985); cf. cuadros A1.2, A1.3 y A1.4 del anexo 1

Según Edwards (1986), el empleo global de plaguicidas en la agricultura, expresado en cantidad aplicada por hectárea, ha sido mucho mayor en el Japón, Europa y los Estados Unidos de América que en el resto del mundo, aunque China sea también un usuario importante. Sin embargo, el mercado que crece más de prisa es el africano, con un aumento de las ventas del 182% entre 1980 y 1984. Otros mercados en rápida expansión son América Central y del Sur (aumento del 32% entre 1980 y 1984), Asia (28%) y la región del Mediterráneo oriental (26%). Aunque las ventas de herbicidas han superado a las de insecticidas y fungicidas en los países desarrollados y en algunos países en desarrollo y siguen aumentando rápidamente, no ocurre así en otros países en desarrollo en los que los insecticidas representan aún, con mucho, la mayor proporción de los plaguicidas usados. En el cuadro 8 se da una lista de los plaguicidas más utilizados en ciertos países asiáticos y en la que figuran algunos productos sumamente peligrosos (véase el capítulo 3).

No es fácil interpretar los datos procedentes de los países en desarrollo, toda vez que las estimaciones difieren según las fuentes. Así, por ejemplo, mientras que en un informe (Balk y Koeman, 1984) se evalúa en 4300 toneladas el consumo total de plaguicidas en Indonesia en 1978, en otro (Staring, 1984) la cifra asciende a 13 400 toneladas. Según este último informe la cantidad importada fue de 4300 toneladas. Cabe indicar el empleo de plaguicidas en función de la población o de la superficie agrícola cultivable a fin de facilitar las comparaciones. Tales estimaciones (cuadro 9) revelan grandes diferencias entre algunos países de América Latina.

Otro factor de importancia para evaluar el posible impacto sanitario de los plaguicidas es el carácter estacional de su empleo. Cada plaga sólo tiene importancia durante una fracción de la estación de cultivo, por lo que la exposición humana a los plaguicidas tiende también a limitarse a los mismos periodos. Así, por ejemplo, en algunas partes de Africa occidental suele recurrirse a los herbicidas y fungicidas al principio de esa estación, aplazando la aplicación de insecticidas para más tarde. Importa tener en cuenta este carácter

Cuadro 8. Los quince plaguicidas más usados en Bangladesh, la India, la República de Corea, Nepal, el Pakistán, Filipinas y Tailandia

1 Carbarilo (I)	9 Paraquat (H)
2 Malatión (I)	10 Fosfuro de aluminio (I)
3 Metilparatión (I)	11 Metiloxidemetón (I)
4 Diacínón (I)	12 Fosfamidón (I)
5 Monocrotofos (I)	13 2,4-D (H)
6 Endosulfán (I)	14 BPMC (2-sec-butilfenil-metilcarbamato) (I)
7 Carbofurán (I)	15 Fosfuro de cinc (I)
8 Mancozeb (F)	

I = insecticida F = fungicida H = herbicida

Cuadro 9. Empleo de plaguicidas en relación con la población y la superficie cultivada (1982-84) en cinco países latinoamericanos^a

País	Población (en millones de habitantes)	Superficie cultivada km ²	Cantidad de plaguicida usada		
			toneladas	kg/persona	kg/km ²
Costa Rica	2,6	31 844	8 000	3,1	251
Guatemala	8,4	42 000	3 000	0,36	71
Colombia	29	310 000	21 000	0,72	68
México	81	600 000	53 000	0,65	88
Brasil	136	1 200 000	42 000	0,31	35
Mundo	4 000 000		2 000 000	0,5	

^a Basado en la información publicada por Finkelman y Molina (1988)

estacional en los estudios sobre la exposición humana y los efectos agudos, ya que las cifras medias de exposición anual e incidencia de intoxicaciones quizá no reflejen lo que pasa en los meses de mayor consumo de plaguicidas.

Tendencias futuras

El uso que se haga de los plaguicidas en el futuro dependerá de varios factores, entre los que se destacan naturalmente la necesidad de combatir las plagas y los productos disponibles. Otros factores son la comercialización, los reglamentos, las actitudes del público y la disponibilidad de otros métodos.

Aproximadamente el 25% del consumo actual de plaguicidas en el mundo tiene lugar en países en desarrollo, principalmente en cultivos de productos agrícolas destinados a la venta. Con el desarrollo del país, el tipo y las cantidades de plaguicidas tienden a evolucionar desde una pequeña cantidad de compuestos organoclorados utilizados en un pequeño número de cultivos hasta una amplia gama y mayores cantidades totales de insecticidas, fungicidas y herbicidas aplicados a una amplia variedad de cultivos. La tendencia actual en el caso de muchos cultivos es tratarlos con plaguicidas tan pronto como son objeto de una explotación intensiva. En algunos países en desarrollo, las cantidades de plaguicidas actualmente empleadas rebasan con mucho las que se utilizan para combatir las enfermedades y plagas agrícolas (Balk y Koeman, 1984).

Como se indicó en la página 23, cabe reducir la incidencia de plagas y enfermedades agrícolas mediante un aprovechamiento adecuado de los mecanismos reguladores naturales; ahora bien, los plaguicidas constituyen un valioso complemento incluso en este contexto. La adopción de los principios del TIP se traducirá en una menor nece-

sidad de plaguicidas, en contraste con lo que sucede en las zonas donde éstos constituyen el único medio empleado para combatir las plagas.

Edwards (1986) ha dado a conocer sus previsiones sobre las modalidades futuras de empleo de plaguicidas a nivel regional y nacional, en función del tipo de plaguicida y del tipo de cosecha. El siguiente resumen se basa en su informe, donde se sugiere que el empleo futuro dependerá probablemente de los cambios previsibles en la importancia relativa de las cosechas y que el consumo de plaguicidas aumentará espectacularmente en los países en desarrollo, sobre todo en Africa (cuadro 10).

Los compuestos organofosforados siguen siendo al parecer el tipo más importante de insecticida utilizado en los países en desarrollo y, probablemente, la demanda de esos productos se multiplicará por dos o más en los próximos diez años, si bien es de esperar que al mismo tiempo desaparezcan de la circulación los compuestos más tóxicos. También es probable que aumente considerablemente el empleo de carbamatos y piretroides, mientras que descenderá bastante el de los compuestos organoclorados. La cantidad de insecticidas arsenicales utilizados descenderá probablemente hasta un nivel insignificante, al par que aumentará considerablemente el empleo de nuevos productos y de procedimientos no químicos de lucha contra las plagas.

Según las previsiones de Edwards, la demanda de herbicidas a base de triazina y carbamatos se triplicará probablemente hacia 1993, mientras que la de fenilureas se multiplicará por dos o más. Es probable que haya una demanda considerable de compuestos fenoxiácidos clorados y de amidas, en caso de que sean económicamente competitivos. Aunque susciten cierto interés los nuevos tipos de herbicidas, el empleo de los productos bien acreditados cuyas patentes han caducado experimentará probablemente el incremento máximo. No es de esperar que la demanda de herbicidas aumente

Cuadro 10. Crecimiento porcentual del empleo de plaguicidas previsto a nivel regional entre 1983 y 1993^a

Región	1983-1988	1988-1993
Africa	60	200
América Latina	45	40
Mediterráneo oriental	25	22
Asia oriental	28	25
Otros países en desarrollo	15	12
Todos los países en desarrollo	37,5	55
Total mundial	23	20

^a Edwards (1986) Reproducción autorizada por el editor.

con tanta rapidez en los países en desarrollo como en los desarrollados.

Edwards prevé también un aumento de la producción de ditiocarbamato y ftalimida. Sin embargo, como estos plaguicidas plantean problemas sanitarios graves, su empleo quizá disminuya de hecho. Los compuestos mercuriales quizá desaparezcan de la circulación en los próximos años, mientras que irán ganando adeptos los fungicidas orgánicos sistémicos.

Cualquiera de los productos químicos de nuevo cuño será probablemente menos tóxico y menos persistente que los actuales. Concebidos para que sean más eficaces y selectivos, es de temer que resulten también más caros. Actualmente se considera que hay buenas perspectivas de obtener compuestos de liberación controlada, así como agentes naturales (biológicos o químicos) para combatir las plagas.

También es de esperar que progresen las técnicas de aplicación con miras a adaptarlas a las condiciones locales de los países en desarrollo. Entre los progresos previsibles figuran ciertas mejoras y modificaciones del material actualmente usado que permitan utilizar menores cantidades del producto químico, así como una mayor utilización de los sistemas de lucha integrada.

Como puede verse en la figura 3, el empleo de plaguicidas se ha venido duplicando cada diez años entre 1945 y 1975, y casi ha vuelto a duplicarse entre 1975 y 1985 (véanse las páginas 24-26). El cuadro 10 muestra que también en los países en desarrollo cabe esperar que se duplique en los diez años comprendidos entre 1983 y 1993. Si los problemas de salud pública planteados por el empleo de plaguicidas estuvieran directamente relacionados con las cantidades utilizadas, estas cifras podrían darnos una idea de la magnitud de los problemas que se plantearán en el futuro a menos que se tomen medidas para evitar o reducir esas consecuencias sanitarias adversas. Aproximadamente la mitad del aumento del empleo de plaguicidas en los países en desarrollo provendrá de su aplicación a una mayor proporción de tierras agrícolas. Es de suponer que el número de personas expuestas aumentará en consecuencia. Una indicación de la asociación entre el empleo de plaguicidas y los problemas de salud pública nos la da la estimación que ha hecho la OMS del número de casos de intoxicación aguda no intencional: medio millón en 1972 y un millón en 1985. Esta tasa de aumento es la misma que la calculada para el consumo de plaguicidas en el mundo.