

Plaguicidas: ¿Salvará la química a la humanidad?

por D.A. Lindquist*

Los plaguicidas son productos químicos empleados para luchar contra plagas tales como insectos, hierbas nocivas y parásitos, vectores patógenos de las plantas nematodos y roedores. El aumento del uso de plaguicidas desde 1945 ha ayudado en gran medida a multiplicar la producción agrícola; ha protegido el ganado contra enfermedades tales como la tripanosomiasis y al hombre contra flagelos como la malaria y la filariasis; ha reducido las pérdidas de los cereales en granero y silos y ha mejorado el bienestar general de la humanidad. La cantidad de plaguicidas utilizada a nivel mundial excede probablemente de 2 millones de toneladas [1]. La mayor parte de estos productos se elabora en los países industrializados y el valor de la producción anual se eleva a más de 10 000 millones de dólares de los Estados Unidos [2]. El uso mundial de plaguicidas se encuentra en aumento, tendencia que se ha de mantener en lo que queda del siglo, ya que la producción de alimentos debe poder compensar el aumento de población. Sin embargo, el empleo de plaguicidas no está exento de problemas.

Los plaguicidas son necesarios

Se ha estimado que el rendimiento agrícola a mediados del decenio de 1960 era de 4 dólares aproximadamente por cada dólar invertido en plaguicidas [3]. Más difícil es calcular los beneficios resultantes para la salud pública, aunque indudablemente han sido muy altos.

Se ha dicho que las pérdidas atribuibles a las plagas constituyen, en promedio, el 35% de los principales cultivos de productos alimenticios del mundo [4]. En ciertos lugares las pérdidas exceden sobradamente esta cifra. Estudios realizados en el Reino Unido indican que, de no haberse utilizado plaguicidas en los cultivos, las pérdidas hubieran sido del 24% el primer año, pero sin el empleo de plaguicidas hubieran crecido hasta el 45% en el tercer año consecutivo [5]. En los Estados Unidos los plaguicidas son la causa de que la producción agrícola se haya elevado en un 20% desde 1945 [4].

Los métodos de producción agrícola que no requieren labranza (producción de cultivos con poca o ninguna roturación y preparación del suelo), que se hacen cada vez más populares porque evitan la erosión del terreno y reducen el consumo energético, exige un control eficaz de las malas hierbas. Este hecho y la gamma de herbicidas eficaces hoy existentes han resultado en un aumento espectacular de la utilización de estos productos en los últimos años, aumento que tiende a continuar. En el plano mundial, se utilizan más herbicidas que insecticidas, a pesar de que los países en desarrollo no utilizan estos productos tan extensamente como los países desarrollados. Las malas hierbas compiten con las plantas de cultivo por las limitadas reservas de suelo, la humedad

y los nutrientes vegetales, rivalidad que a menudo resulta en cuantiosas mermas de las cosechas. No son excepcionales las del 50 al 70% de las plantas cultivadas como resultado de la competencia de las malezas [6,7]. Por consiguiente, la lucha contra las malas hierbas tiene gran importancia para los países en desarrollo.

La lucha contra las enfermedades transmitidas al hombre y animales por insectos vectores se basa en gran parte en la destrucción de insectos, dado que existen muy pocas vacunas [8]. Los insecticidas tienen un papel principalísimo en la lucha contra la malaria, la filariasis, el dengue y otras enfermedades transmitidas por vectores.

Problemas causados por los plaguicidas

A pesar de los enormes beneficios obtenidos con el uso de los plaguicidas, estos productos químicos no dejan de plantear problemas. Muchos plaguicidas son tóxicos para los organismos vivos y perturban ciertos sistemas bioquímicos. Como todos los organismos vivos presentan algunos sistemas bioquímicos similares, se puede comprender que un producto químico que destruye una mosca puede también ser fatal para un perro. Por consiguiente el problema a que hay que atender no solo en el momento de desarrollar el plaguicida, sino también cuando se lo utilice es que un producto químico puede ser tóxico para un organismo que no se quiere destruir.

La gran difusión y a veces la impropiedad de la utilización de los plaguicidas ha dado por resultado la aparición de variedades de insectos, de enfermedades de plantas, de hierbas y de roedores han adquirido resistencia al ataque químico y ya no se pueden combatir con ciertos plaguicidas. Es preciso desarrollar nuevos productos para combatir estas plagas resistentes. El aumento del costo del desarrollo de plaguicidas (actualmente calculado en 15 a 20 millones de dólares por cada producto específico durante un período de 6-10 años) ha tenido como consecuencia el que en los últimos años se hayan desarrollado pocos plaguicidas nuevos [9].

Los residuos de plaguicidas presentes en los alimentos constituyen un peligro potencial que ha merecido gran atención en los últimos 20 años. En los países desarrollados se ha creado un gran número de órganos para reglamentar la cuestión de los residuos de plaguicidas en los artículos alimenticios. En muchos países en desarrollo no se han establecido las cantidades permisibles (tolerancias) de residuos de plaguicidas en los alimentos aunque, en general, se han seguido las directrices preparadas por la FAO y la Organización Mundial de la Salud. Como la cantidad de pesticidas que se tolera en los alimentos son ínfimas, es necesario utilizar procedimientos analíticos muy perfeccionados. En el caso de ciertos plaguicidas, la fórmula química original sufre modificaciones dentro de la planta que la convierten en un producto aún más tóxico, lo que se debe

*El Sr. Lindquist es Jefe de la Sección de Residuos y Productos Agroquímicos de la División Mixta FAO/OIEA.



Baño del ganado en una solución garrapaticida.

tener en cuenta cuando se analizan los residuos. Ciertos plaguicidas son relativamente estables y, como una considerable parte del plaguicida aplicado frecuentemente se incorpora a la tierra, existe la probabilidad de que estos productos se acumulen. Estas sustancias químicas pueden llegar por lixiviación a las aguas subterráneas o los ríos y los lagos y puede darse el caso de que la bioacumulación adquiera tal amplitud que resulte nociva para los peces o las aves. Por lo general, la bioacumulación se produce únicamente cuando el plaguicida es estable en el medio ambiente; la mayoría de los nuevos tipos de insecticidas no son lo suficientemente estables para que se presente en este tipo de problema.

Cuando se efectúa una investigación sobre el metabolismo, destino y residuos de un plaguicida en un artículo alimenticio, es indispensable disponer de medios que permitan medir cantidades diminutas de sustancias químicas. La presencia de residuos de plaguicidas se mide por lo general en millonésimas o partes por millón (ppm). Para formarse una idea de lo que representa un ppm se puede imaginar un centímetro en un millón de centímetros o un centímetro en diez kilómetros, un minuto en dos años, o un gramo de mantequilla en mil kilogramos de pan. Para medir estas diminutas cantidades de plaguicida es necesario con frecuencia utilizar sustancias químicas marcadas con radiactividad, especialmente cuando se trata de medir los cambios de la estructura química del plaguicida, de los desplazamientos de éste en el suelo, en las plantas o en los animales, así como las cantidades de plaguicida que se infiltran durante las diversas etapas de la elaboración de alimentos, etc.

Actualmente reciben considerable atención los métodos de formulación y de aplicación de plaguicidas. El objetivo de estas investigaciones es el de aplicar los plaguicidas tan precisa y selectivamente en el objetivo deseado como sea posible y limitar la cantidad de plaguicida que no da en ese objetivo y se deposita en el

suelo, en el agua o en cultivos que son ajenos al objetivo perseguido. La fórmula química de los plaguicidas que se aplican en el suelo presenta la posibilidad de que aumente la duración del período en que son efectivos, reduciéndose con ello la cantidad de plaguicida necesario, y dejando menos residuos potenciales en los cultivos que se desea proteger.

Las plantas y los alimentos para animales exportados de los países en desarrollo deben satisfacer las normas de los países importadores. Estas normas incluyen la determinación del contenido máximo de residuos de plaguicidas. Por lo tanto, los países en desarrollo deben establecer y mantener órganos de investigación y de reglamentación que garanticen valores de aceptables residuos de plaguicidas en los artículos exportados. Las investigaciones exigen a menudo la utilización de sustancias químicas marcadas con radisótopos para determinar la proporción de plaguicidas.

Radisótopos y plaguicidas

Durante el proceso de desarrollo de un nuevo plaguicida y antes de su comercialización, la síntesis de los productos marcados con radisótopos constituye una parte normal de los gastos de investigación y desarrollo. El material marcado con radisótopos se utiliza para un determinado número de estudios, incluido el del metabolismo del plaguicida en cada especie vegetal para el cual está destinado, el metabolismo en rumiantes, en aves de corral y en sus huevos, en el suelo (tanto aeróbico como anaeróbico), y posiblemente sus transformaciones durante la lixiviación y sorción en el suelo, así como durante la hidrólisis, la bioconcentración y la fotodegradación. Una vez concluidos los estudios de metabolismo, se determina la toxicidad de todo metabolito importante. Sobre la base de estos resultados, se prepara un procedimiento analítico que se puede utilizar en todos los cultivos para los que se destina el plaguicida, así como en la carne, la leche y en los huevos. En ciertos casos los estudios de metabolismo abren perspectivas sobre la utilización de otros plaguicidas experimentales. Casi todas estas investigaciones se llevan a cabo en cultivos de la zona templada de los países desarrollados. En la Sección de Residuos y Productos Agroquímicos de la División Mixta FAO/OIEA se estudian las soluciones de algunos de los problemas concretos relativos a los plaguicidas que se plantean en países en desarrollo.

Persistencia de plaguicidas en el medio ambiente: Actualmente se obtienen datos sobre la persistencia de plaguicidas en el medio ambiente principalmente gracias a las investigaciones realizadas por países desarrollados de la zona templada. Sin embargo la temperatura, la humedad y otros factores ambientales que influyen en dicha persistencia son totalmente diferentes en la mayoría de los países en desarrollo. Las reglamentaciones relativas al uso de plaguicidas están influenciadas en gran medida por la persistencia del producto (por ejemplo el DDT). Las investigaciones sobre la persistencia de plaguicidas en las regiones tropicales reciben asistencia mediante programas para la coordinación de investigaciones sobre la interacción de plaguicidas en los suelos. Los datos de estos estudios, en que se utilizan plaguicidas marcados, serán de utilidad para los países en desarrollo al establecer las reglamentaciones relativas al empleo de ciertos plaguicidas.

Residuos fijados: Después de la aplicación de un plaguicida al suelo o a las plantas, una parte del mismo o de sus productos de degradación puede quedar tan íntimamente fijada al material del suelo o de la planta que no se puede extraer con solventes orgánicos de la manera normal. Un programa para la coordinación de investigaciones se dedica a la identificación de estos residuos fijados y la manera de determinar si los mismos entrañan posibles riesgos. Las investigaciones con plaguicidas marcados con radisótopos es el único método posible de resolver las numerosas cuestiones relativas a los residuos fijados. La acumulación de residuos fijados en el suelo como resultado de la repetida aplicación de plaguicidas podría producir efectos perjudiciales si esos residuos fijados son tóxicos y si se liberan posteriormente incorporándose a otra planta o como consecuencia de un sistema de cultivo diferente. La identificación de la sustancia química específica y la naturaleza física del agente de fijación puede mejorar la fórmula de los plaguicidas.

Los efectos de plaguicidas sobre la acción microbiana: El principal mecanismo de degradación que transforma los plaguicidas en productos químicos no tóxicos en el suelo es la degradación microbiana. La rapidez y amplitud con que se produce dicha degradación microbiana no solo influye en los residuos, sino también en la eficacia del plaguicida. En la mayoría de los países en desarrollo hay un grave desconocimiento sobre la degradación microbiana de plaguicidas en los suelos tropicales. La División Mixta FAO/OIEA apoya las investigaciones sobre este aspecto utilizando plaguicidas marcados con radisótopos.

Es necesario disponer de información sobre la degradación microbiana de los plaguicidas para establecer los procedimientos de control y la preparación de fórmulas tendientes a evitar una biodegradación rápida. Por otra parte, los efectos de los plaguicidas sobre la microflora del suelo es particularmente importante en condiciones de cultivo intenso, en cuyo caso se emplean repetidas aplicaciones de plaguicidas. Las técnicas de sustratos marcados con radisótopos son de gran valor para obtener esos datos. La División Mixta FAO/OIEA presta asistencia a este respecto.

Actividad sistémica: La absorción y el desplazamiento de un plaguicida en el organismo de una planta se denomina actividad sistémica. La medición de la tasa de absorción y de desplazamiento dentro del sistema de la planta se puede lograr en mejores condiciones usando plaguicidas marcados con radisótopos. Los herbicidas que se aplican en el suelo para eliminar las malezas dependen para su efecto principalmente de dicha actividad sistémica. El desplazamiento del herbicida en el suelo, y su absorción y translocación en la planta se pueden medir con precisión en diversas condiciones ambientales, de humedad y nutricional con la ayuda de herbicidas marcados con radisótopos.

Residuos de plaguicidas: En los países en desarrollo existen numerosos cultivos que son poco corrientes en los países industrializados y sobre los que se carecen de datos respecto a los residuos de plaguicidas. Sin embargo, las autoridades reglamentadoras de los países en desarrollo deben disponer de datos sobre los cuales se basen las tolerancias de residuos respecto a determinados cultivos

y plaguicidas. Los datos necesarios se pueden obtener por extrapolación de otras investigaciones; sin embargo, frecuentemente es necesario efectuar investigaciones sobre los cultivos específicos en las condiciones climáticas locales, utilizando el plaguicida de que se trate. Entre otros ejemplos, se puede citar la eficacia de la eliminación de los plaguicidas de hidrocarburos clorinados durante el tratamiento de semillas oleaginosas para obtener aceite; la acumulación de plaguicidas en peces que tienen su habitat en los arrozales inundados que reciben aplicaciones de un cierto número de diferentes plaguicidas; la lixiviación de un insecticida en el suelo en tierras tropicales de elevada precipitación pluvial; los residuos de insecticidas en la carne y en la leche caprina y vacuna de animales que han sido tratados con insecticidas para la eliminación de plagas de insectos tropicales; el destino de los insecticidas aplicados a las legumbres y hortalizas que se consumen crudas; todas estas cuestiones han sido, son o serán objeto ya sea de programas para coordinar las investigaciones o de proyectos de asistencia técnica de la División Mixta FAO/OIEA. Algunos de estos problemas se pueden resolver total o parcialmente, utilizando plaguicidas sin marcar. Sin embargo, frecuentemente se requieren datos más precisos, y los plaguicidas marcados con radisótopos ofrecen la manera de obtener la información necesaria.

Alimentos más abundantes y un medio ambiente limpio

Los plaguicidas son indispensables para mejorar las condiciones de vida humana. La cantidad de plaguicidas utilizada en el mundo seguirá en aumento. Para minimizar los efectos nocivos de los plaguicidas, sin dejar de procurar su máxima efectividad, se requiere la utilización de sustancias radiomarcadas para estudiar el metabolismo, el destino, los residuos y las fórmulas de los plaguicidas. La lucha eficaz contra las plagas, a un costo aceptable y con el mínimo de efectos sobre los organismos ajenos al objetivo perseguido, resultará en una producción de alimentos satisfactoria y en un medio ambiente limpio. Para ello deberán continuar los trabajos de identificación, investigación y solución de los problemas relacionados con los plaguicidas, en parte con la ayuda de las técnicas nucleares, con el apoyo que presta la División Mixta FAO/OIEA.

Referencias

- [1] J.F. Copplestone, *A global view of pesticide safety* In: Pesticide Management and Insecticide Resistance, Eds. D.L. Watson and A.W.A. Brown, Academic Press, Nueva York (1977).
- [2] GIFAP Bulletin 6 (2) p. 1 (Abril/Mayo 1980).
- [3] J.C. Headley, *Estimating the productivity of agricultural pesticides* Am. J. Agric. Econ. 50: 13 (1968).
- [4] *Biological resources*. In: Agricultural Production: Research and Development Strategies for the 1980s, Proc. Conf. Bonn, FRG, 8-12 Oct. 1979, p. 38 (1980).
- [5] Royal Commission on Environmental Pollution, Seventh Report: *Agriculture and Pollution*: Chapter 3, Pesticides, HMSO, Londres, Reino Unido (1979).
- [6] P.J. Van Rijn, *Weed control in the tropics* Proc. Symp. Weed Research in Sudan, pp. 68-78 (1979).
- [7] H.M. Ishag, *Weeds: a factor limiting crop production in Sudan*. Proc. Symp. Weed Research in Sudan, pp. 9-14 (1979).
- [8] *Pest control: an assessment of present and alternative technologies* Vol. V, Pest control and public health, US National Academy of Sciences, Washington, D.C., pp. 11-17 (1976).
- [9] C.A.I. Goring, *The costs of commercializing pesticides* In: Pesticide management and insecticide resistance, Eds. D.L. Watson and A.W.A. Brown. Academic Press, Nueva York (1977).