Capítulo 5

FUENTES E INDICADORES DE EXPOSICION HUMANA A LOS PLAGUICIDAS

Las exposiciones humanas a los plaguicidas pueden clasificarse de varios modos: agudas o crónicas, profesionales o no profesionales, intencionales o no intencionales, accidentales o incidentales. Dentro de cada tipo, la exposición puede ser oral (por ingestión), respiratoria (por inhalación) o dérmica (a través de la piel). En la figura 1 se representan los diferentes tipos de exposición. Como los individuos suelen estar expuestos de varios modos, para evaluar el riesgo que pesa sobre la salud habrá que tener en cuenta la exposición total resultante de todas las fuentes.

La *exposición potencial* a partir de medio ambiente puede estimarse mediante la vigilancia ambiental. La *exposición real* (absorción) puede medirse mediante la vigilancia biológica de los tejidos humanos y humores orgánicos.

Exposición aguda

Las exposiciones agudas pueden ser accidentales, profesionales o intencionales y dar lugar a efectos sistémicos o locales (por ejemplo, dermatitis o lesiones oculares). Dejando aparte las intoxicaciones en el ambiente doméstico, los envenenamientos sistémicos se observan en los trabajadores, en los que la exposición es predominantemente dérmica y desempeña un papel importante la ropa contaminada. La inhalación es la segunda vía importante de exposición aguda para los trabajadores dedicados a la fabricación o a la aplicación de productos químicos agrícolas. Para el público en general, en cambio, la vía más común de exposición es la ingestión, sea accidental o intencional. Tanto los adultos como los niños están expuestos a intoxicarse; en estos últimos, un factor causal frecuente de exposiciones agudas es el uso de recipientes inadecuados para guardar los productos.

Exposición accidental

En conjunto, la exposición accidental a los plaguicidas representa aproximadamente el 4-5% de todas las intoxicaciones accidentales, y esta proporción es más elevada en los países en desarrollo que en los

industrializados. Los medicamentos y los venenos caseros son casi siempre los agentes causales, pues no hay que olvidar que estos productos suelen estar al alcance de un número mucho mayor de familias que los plaguicidas. Las principales víctimas de la exposición accidental aguda a los plaguicidas son los niños menores de cinco años.

A causa de la extrema toxicidad de algunos de los plaguicidas más usados, basta la ingestión de cantidades pequeñísimas (por ejemplo 1 g o menos) o un contacto cutáneo limitado con el producto concentrado para provocar la intoxicación aguda. A continuación se dan algunos ejemplos de situaciones en las que cabe tenerse en cuenta la exposición accidental y no profesional a los plaguicidas:

— plaguicidas almacenados en la vivienda en armarios que no se cierran y a los que los niños tienen acceso;

— plaguicidas almacenados en botellas o recipientes sin ninguna señal distintiva y que pueden ser ingeridos en caso de confusión con alimentos o bebidas;

— plaguicidas guardados junto con productos alimenticios;

— empleo de plaguicidas agrícolas con fines domésticos o médicos, con riesgo de inhalación o de contacto cutáneo extenso;

— empleo de recipientes vacíos de plaguicidas para transportar o conservar el agua de bebida;

— tratamiento de productos alimenticios con plaguicidas o de grano de siembra con fungicidas;

— transporte de alimentos y plaguicidas en el mismo vehículo o en la misma sección de un buque.

Estas dos últimas situaciones son particularmente graves, ya que cualquier incidente de contaminación de alimentos o de uso incorrecto de semillas tratadas puede afectar a un sector muy numeroso de la población, como sucedió en el Iraq en 1970 (véase el capítulo 4). A consecuencia de este tipo de exposición se han registrado varios incidentes graves de envenenamiento (cuadro 19). Sin embargo, la impresión general relativa a la morbilidad causada por la contaminación accidental de los alimentos por plaguicidas (con exclusión de fungicidas a base de metales o metaloides) es que los incidentes graves son raros pese al empleo generalizado de dichos productos. En su obra clásica sobre los riesgos sanitarios de los plaguicidas, Hayes (1975) cita 28 brotes importantes de intoxicación causados por alimentos contaminados en el curso de un período de 40 años. En el último decenio parece haber habido una reducción de esos episodios en comparación con los decenios precedentes.

Exposición profesional

Aproximadamente el 60-70% de todos los casos de intoxicación no intencional aguda por plaguicidas se deben a la exposición profesional (Copplestone, 1985). Parecen estar especialmente expuestos los trabajadores de los países en desarrollo. Cuando se utilizan plaguicidas en la agricultura, los grupos profesionales que pueden resultar expuestos comprenden los granjeros y los miembros de su familia, ya que no es raro que en las faenas de la granja participen todos los miembros de la familia, incluidos niños y viejos, sobre todo en los países en desarrollo. Al calcular el número de personas que pueden estar expuestas a una exposición profesional aguda, habrá que tener en cuenta este factor.

La exposición profesional puede afectar también a las personas que trabajan en la fabricación y la preparación de plaguicidas. Además, los residuos de plaguicidas en los vegetales o la fruta pueden dar lugar a una exposición importante entre las personas que recolectan o manipulan la cosecha. En la lista siguiente figuran algunas de las profesiones u ocupaciones potencialmente expuestas en ese sector industrial:

— obreros dedicados a la fabricación de plaguicidas
— personas que intervienen en la formulación de plaguicidas
— vendedores
— transportistas
— mezcladores
— cargadores
— operarios que manejan el equipo de aplicación (profesionales propiamente dichos o agricultores
— cultivadores y recolectores
— socorristas y personal de limpieza.

Exposición intencional

A veces se produce una exposición intencional en los plaguicidas como consecuencia de tentativas de suicidio. La principal vía de exposición es la ingestión. Esto puede representar un grave problema, habida cuenta de que incluso los plaguicidas más tóxicos están al alcance de todos los miembros de la comunidad. La facilidad con que es posible disponer de productos químicos con un efecto letal tan rápido que excluye cualquier socorro (p. ej., paratión) o que matan al cabo de un lapso de tiempo en el que todo tratamiento es ineficaz aumenta la frecuencia de exposiciones intencionales mortales.

Exposición profesional a largo plazo

En los grupos profesionales antes mencionados suelen registrarse casos de exposición a largo plazo. Se dispone de muy pocos informes sobre esos efectos, por lo que convendría estudiar más a fondo las condiciones en las que se producen esas exposiciones crónicas. Así, por ejemplo, la exposición prolongada en el ambiente de trabajo a concentraciones elevadas de polvo de plaguicida puede provocar a la larga efectos crónicos en los pulmones, aunque no se haya producido una intoxicación aguda. La exposición crónica a un plaguicida que puede provocar cánceres en el animal debe registrarse siempre, incluso si se considera poco intensa, a fin de poder detectar en su día cualquier posible vínculo con el cáncer humano. La exposición crónica de los trabajadores a ciertos plaguicidas puede determinarse mediante la vigilancia biológica (véase la página 69), que proporciona las estimaciones más fidedignas de la absorción a largo plazo del producto en el organismo.

Exposición a largo plazo en el medio ambiente general

La población general puede estar expuesta a los plaguicidas de varios modos. Las principales vías de exposición son, por orden de importancia, las siguientes:

1. ingestión (a través de los alimentos y del agua de bebida),
2. inhalación (a través del aire y del polvo), y
3. absorción cutánea (a través de la ropa o por contacto directo).

Las personas que residen en una zona agrícola o en sus inmediaciones pueden verse expuestas a los plaguicidas aplicados mediante rociamientos aéreos, si están cerca los campos tratados, así como a los que se encuentran en el agua o los alimentos contaminados. Los consumidores que viven lejos de la zona de producción pueden comer hortalizas o productos animales contaminados con residuos de plaguicidas o beber agua igualmente contaminada. Además, pueden producirse exposiciones a través del aire, del agua o de los alimentos como consecuencia del empleo de plaguicidas con fines sanitarios para destruir vectores de enfermedades en zonas residenciales.

Aire

El aire puede contaminarse fácilmente con plaguicidas durante las operaciones de rociamiento. Cuando se aplican por este procedimiento fórmulas emulsionadas, al evaporarse las gotitas se forman a veces pequeñas partículas que las corrientes de aire pueden transportar a grandes distancias. Así lo han confirmado, por ejemplo,

ciertos estudios que revelan la presencia de plaguicidas en las mezclas de humo y niebla de las ciudades (Glotfelty et al., 1987).

Se ha demostrado que incluso los plaguicidas poco volátiles, como el DDT, se evaporan en la atmósfera con bastante rapidez, sobre todo en los climas cálidos, tras la desorción del plaguicida de la arcilla y las fracciones orgánicas del suelo. En los trópicos puede haber desaparecido al cabo de un año hasta el 90% de los insecticidas organoclorados depositados en el suelo. Otros plaguicidas pueden volatilizarse todavía con más rapidez y hasta los herbicidas con una presión de vapor baja (p. ej., ésteres del 2,4-D) se volatilizan, especialmente durante las operaciones de rociamiento.

Sin embargo, según Edwards (1986), apenas hay indicaciones de efectos graves en la salud humana como consecuencia de la exposición a los plaguicidas suspendidos en la atmósfera, salvo cuando éstos se utilizan en espacios cerrados y mal ventilados.

En muchos países en desarrollo se acostumbra tratar las viviendas humanas con plaguicidas para destruir los vectores de las enfermedades. Cuando el producto químico se evapora en el aire de la casa, los habitantes pueden inhalarlo. Además, pueden absorber una cantidad suplementaria a través de la piel, como consecuencia del contacto con superficies tratadas o por ingestión de alimentos contaminados.

En la India se ha comprobado que las vacas pueden absorber insecticidas organoclorados al frotarse contra las paredes tratadas, eliminando después por la leche cantidades relativamente importantes del plaguicida (Edwards et al., 1980).

Suelo

A veces se trata deliberadamente el suelo con plaguicidas a fin de eliminar insectos, nematodos o enfermedades. Además, se calcula que hasta un 50% de los plaguicidas aplicados a los cultivos o utilizados como herbicidas no alcanzan su objetivo y caen en el suelo. Algunos plaguicidas, especialmente los organoclorados, pueden persistir en éste durante años (Edwards, 1986) aunque, como ya se ha dicho, una gran proporción del producto se evapora.

La persistencia y el transporte de los plaguicidas en el suelo dependen de varios factores, entre ellos la estructura química del compuesto, el tipo de formulación, el tipo de suelo, las condiciones atmosféricas, el riego, el tipo de cosecha y los microorganismos presentes en el suelo.

Ciertos cultivos, especialmente las zanahorias y otras raíces comestibles, pueden absorber plaguicidas a partir del suelo. En los prados, el

ganado vacuno y otros herbívoros pueden ingerir los residuos de plaguicidas presentes en la hierba, que aparecerán finalmente en la carne y en la leche. Afortunadamente, la arcilla y la materia orgánica del suelo adsorben ciertos plaguicidas de una forma que no se presta fácilmente a la absorción por las plantas. No obstante, siempre queda el peligro de que contaminen las aguas subterráneas.

Según Edwards (1986), apenas hay indicios de que la contaminación del suelo por los plaguicidas tenga efectos graves en la salud humana, ya que las cantidades absorbidas por las plantas son pequeñas y la contaminación resultante de los alimentos es mínima. Sin embargo, en un reciente episodio de envenenamiento por contaminación de sandías con aldicarb (Green et al., 1987), una de las explicaciones aducidas para explicar la contaminación fue la absorción del plaguicida a partir del suelo.

Agua

Para combatir muchos vectores de enfermedades humanas se recurre a los rociamientos o al tratamiento del agua superficial con insecticidas. En las zonas tropicales suele tratarse el agua con herbicidas para destruir la vegetación acuática. Por otra parte, el agua puede estar contaminada por:

— los vertidos de restos de plaguicidas tras las operaciones de rociamiento;
— el agua utilizada para lavar el material de rociamiento, vertida en ríos, estanques o lagos;
— el rociamiento de plantaciones situadas en las orillas;
— el derramamiento accidental del plaguicida formulado;
— el arrastre, infiltraciones y erosión en los suelos tratados;
— la precipitación de los plaguicidas que contaminan la atmósfera;
— la aplicación de plaguicidas en ríos o estanques para matar los peces y poder luego recogerlos y comerlos.

Todos estos factores pueden provocar la contaminación del agua potable. Sin embargo, la exposición a los plaguicidas contenidos en el agua que se bebe suele ser baja por término medio aunque a veces se registran incidentes graves (Edwards, 1986).

En el marco del sistema mundial de vigilancia del medio ambiente OMS/PNUMA se han hecho determinaciones de la concentración de plaguicidas organoclorados en diversas fuentes de agua potable (SIMUVIMA, 1983). Los valores de referencia establecidos por la OMS (1985a) se han sobrepasado en los ríos de cinco países y en lagos de tres países. El valor más alto era 1000 veces mayor que el de referencia. No se hicieron estimaciones de las correspondientes exposiciones humanas. Bajo el patrocinio OMS/PNUMA (1987-

1988) se han publicado desde entonces nuevos datos recogidos por el SIMUVIMA.

Cultivos

La concentración de plaguicida en un cultivo inmediatamente después de la pulverización debe ser suficientemente elevada para que resulte eficaz contra la plaga. La relación entre la concentración eficaz y la concentración que afectará la salud del consumidor tiene una importancia clave para evaluar el riesgo asociado a la exposición.

Los plaguicidas aplicados a los cultivos se pueden evaporar, o descomponer, o pueden ser arrastrados por el agua, o quedar absorbidos por la planta. La concentración desciende también por dilución a medida que la planta crece. Como la concentración del plaguicida dentro y fuera de la planta tiende a disminuir, un tratamiento inicial que al principio puede ser muy tóxico para el hombre acaba con el tiempo siendo inocuo. Por esta razón se aconseja a los agricultores que no practiquen los rociamientos inmediatamente antes de la recolección, y en muchos países desarrollados se han establecido «períodos de espera» oficiales que ya forman parte de las buenas prácticas agrícolas.

La OMS y la FAO han evaluado la exposición de la población general a plaguicidas que han sido correctamente aplicados a las cosechas según las normas agrícolas recomendadas, y los resultados obtenidos se han publicado en una serie de hojas de datos sobre más de 70 plaguicidas diferentes (OMS/FAO, 1975-1989). En el caso de todos los plaguicidas examinados se llegó a la conclusión de que cuando se siguen prácticas agrícolas correctas se excluye el riesgo de exposición a cantidades peligrosas del plaguicida.

Como hay que hacer todo lo posible para impedir que disminuya el rendimiento de los cultivos destinados al consumo humano, suelen aplicarse en éstos más plaguicidas de los que se utilizan para otros productos agrícolas menos valiosos. En los países en desarrollo suelen echarse en falta además reglamentos o consejos sobre la cronología de las aplicaciones, no siendo raro que se utilicen plaguicidas pocos días u horas antes de la recolección. Tales cosechas pueden contener cantidades de residuos susceptibles de provocar una fuerte exposición en caso de consumo inmediato. En algunos países esto constituye un grave problema, ya que muchas hortalizas se cultivan en pequeños huertos próximos a las ciudades y los productos tratados se llevan directamente al mercado, a menudo sin lavarlos apenas. A veces se les aplican pesticidas incluso cuando están expuestos para la venta con objeto de ahuyentar las moscas. Importa, pues, evitar a toda costa esa aplicación incorrecta de los plaguicidas.

Alimentos

Aparte de la contaminación directa causada por los rociamientos, los productos alimenticios pueden resultar contaminados de diversos modos. La carne, por ejemplo, puede contener niveles elevados de plaguicidas cuando éstos se concentran en ciertos tejidos tras el tratamiento antivectorial o el baño preventivo de las reses. También la pesca en los arrozales tratados con plaguicidas puede contener concentraciones elevadas de residuos de éstos.

Otro riesgo proviene del uso de plaguicidas para evitar las pérdidas de alimentos durante el almacenamiento o el transporte al por mayor (PNUMA, 1981). Las pérdidas causadas por artrópodos y roedores pueden ser muy importantes y, en general, para evitarlas se acostumbra tratar más o menos indiscriminadamente los alimentos con plaguicidas. Los productos alimenticios así tratados pueden contener concentraciones elevadas de éstos.

En épocas de penuria se han dado muchos casos de intoxicación colectiva debida a la ingestión accidental o intencional por personas o animales domésticos de semillas tratadas con plaguicidas. La cocción o la preparación de un alimento contaminado puede modificar la toxicidad del compuesto, y conviene tener en cuenta este hecho en las encuestas epidemiológicas sobre la exposición de los alimentos a los plaguicidas.

Muchos países han promulgado leyes sobre contaminación alimentaria y analizan regularmente los alimentos, tanto importados como locales. En algunos países en desarrollo, sin embargo, la legislación es escasa y a menudo son mucho mayores los problemas planteados por las plagas, aparte de que por falta de conocimientos apropiados es frecuente que se rocíen las cosechas en épocas próximas a la recolección (Edwards, 1986).

El establecimiento de normas internacionales para evitar la contaminación excesiva de los alimentos constituye la finalidad principal del Programa Común FAO/OMS de Normas Alimentarias y de la Comisión del Codex Alimentarius (Codex, 1984).

Pueden obtenerse datos sobre residuos de plaguicidas en los alimentos por medios muy diversos: estudios concretos con sustancias radiomarcadas, ensayos supervisados en diferentes condiciones agrícolas y climáticas o vigilancia del artículo alimenticio. Importa tener en cuenta las limitaciones de cada tipo de estudio (Bates, 1982). Sin embargo, a veces puede demostrarse una correlación directa cuando se dispone de datos concretos sobre el empleo de plaguicidas y sobre los residuos de éstos en los alimentos de la misma zona (Kapoor et al., 1980).

En 1979 se pidió a los Centros Colaboradores FAO/OMS/PNUMA para la Vigilancia de la Contaminación de los Alimentos que presentaran todos los datos disponibles sobre las concentraciones de ciertos contaminantes químicos en la alimentación total y que dieran detalles sobre cómo se determinaban las ingestas dietéticas totales. Desde 1980, esos datos se vienen recogiendo sistemáticamente en el marco del Sistema Mundial de Vigilancia del Medio Ambiente PNUMA/OMS (SIMUVIMA, 1986).

Han suministrado datos sobre ciertos plaguicidas once centros colaboradores que participan en el programa de vigilancia en Australia, Austria, el Canadá, los Estados Unidos de América, Guatemala, Hungría, Irlanda, el Japón, Nueva Zelandia, el Reino Unido y Suecia. Los datos abarcan el período 1971-1983 y comprenden información sobre la absorción de diversos plaguicidas organoclorados y organofosforados (cuadro 20). Con objeto de identificar posibles problemas de salud asociados a la presencia de contaminantes tóxicos en el aporte alimentario, se ha hecho un análisis de la absorción dietética real de ciertos contaminantes. En algunos casos, las cifras de absorción de aldrina, dieldrina y lindano se acercaban a los niveles establecidos en las reuniones conjuntas FAO/OMS sobre residuos de plaguicidas.

Vigilancia biológica

En general, la exposición humana a los plaguicidas se estima midiendo las concentraciones existentes en el medio ambiente (aire, agua y alimentos). En algunos casos, sin embargo, puede obtenerse información sobre las exposiciones analizando la concentración del plaguicida en los tejidos y humores humanos. Esta forma de investigación, denominada vigilancia biológica, resulta especialmente útil en caso de exposición simultánea por distintas vías. La vigilancia biológica requiere personal especializado y medios para reunir y analizar las muestras e interpretar los resultados. Por consiguiente, sólo puede aplicarse a escala limitada en los países en desarrollo.

El PNUMA y la OMS han llevado a cabo varios proyectos en el marco del SIMUVIMA con miras a fomentar la aplicación de la vigilancia biológica en los países y mejorar los métodos existentes. En la actualidad está en curso un proyecto piloto en el que se combinan la vigilancia ambiental y la biológica (Programa HEAL de Evaluación de la Exposición Humana patrocinado por el SIMUVIMA).

Indicadores de exposición

La exposición incidental a varios plaguicidas persistentes y no persistentes y a sus metabolitos puede determinarse analizando el suero, la

Cuadro 20. Resumen de los estudios del SIMUVIMA sobre absorción dietética de plaguicidas organoclorados y organofosforados[a]

Plaguicida	IDA máxima (mg/kg de peso corporal)	Resumen de los resultados	Evaluación
Aldrina y dieldrina	0,0001 (total combinado aldrina + dieldrina) (1966)	La absorción dietética mediana y/o media de residuos de aldrina/dieldrina corresponde en varios países a un porcentaje importante de la IDA. En los últimos años, la mediana se situaba entre el 5% y el 15% de la IDA, mientras que la media estaba entre el 7% y el 56% En un caso el 90° percentilo rebasaba la IDA En algunos países se ha observado descenso del aporte dietético de residuos de aldrina/dieldrina durante varios años Esto puede deberse a que ciertos países han restringido o prohibido el empleo de dichos plaguicidas	Todos los valores correspondientes al 90° percentilo se encontraban por debajo de los límites de residuos establecidos para los alimentos sometidos a vigilancia. Los niveles del 90° percentilo de aldrina y dieldrina de la leche humana eran superiores a los determinados en la leche de vaca, pero no llegaban al LRE[b] de 150 µg/kg (componente graso) para la leche de vaca
Complejo de DDT	0,02 (1984)	Los aportes dietéticos del complejo de DDT fueron menores en los países que han facilitado datos. Todos los valores correspondientes al 90° percentilo eran inferiores al 10% de la IDA	Salvo en el caso de la concentración de complejo de DDT en las lechugas de una parte de Egipto, ninguno de los valores de la mediana o del 90° percentilo comunicados sobrepasaban los límites de residuos fijados por el Codex. En Australia se ha señalado un valor del 90° percentilo para el complejo de DDT en los tomates relativamente elevado. Los países participantes facilitaron muy pocos datos sobre el complejo de DDT en artículos crudos, por lo que es difícil evaluar las probabilidades de una contaminación por DDT de esos productos, especialmente en los países en desarrollo donde se está usando o se ha usado mucho En todos los países se han facilitado datos, donde los valores del 90° percentilo para el DDT en la leche humana sobrepasaban el límite impuesto por el Codex para el DDT en la leche de vaca Los niveles comunicados por Guatemala eran inferiores a los facilitados anteriormente, pero tanto los de la mediana como los del 90° percentilo rebasaban apreciablemente el límite fijado por el Codex

			Conviene que se vigilen con más frecuencia y por más países los niveles de DDT y de otros plaguicidas *dorados en la leche humana* También es necesario identificar los puntos de contaminación y evaluar las posibles consecuencias sanitarias de los *niveles* observados
Hexaclorociclohexanos (*HCH*), isómeros totales	0,01 (*isómero gamma* (lindano)) (1977)	La Reunión Conjunta FAO/OMS sobre Residuos de Plaguicidas no ha propuesto ninguna IDA para los *isómeros totales del HCH.* En el Canadá el aporte de isómeros del hexaclorociclohexano (HCH) descendió de 0,05 µg/kg de peso corporal en 1971 a 0,01 µg/kg en 1977 Las medianas de los aportes *registrados en Guatemala, el Japón y el Reino Unido* se sitúan en general en torno a 0,4 µg/kg de peso corporal. Hungría ha comunicado las cifras de absorción registradas en varios grupos de población El valor global de la mediana fue de *0,2 µg/kg de peso corporal* en 1978 y de 0,1 µg/kg de peso corporal en 1979. En los Estados Unidos, los promedios de absorción acusaron un aumento de 0,004 a 0,025 µg/kg de peso corporal entre 1972 y 1974, descendiendo a *partir de este último año* hasta un valor de 0,01 µg/kg de peso corporal en 1982	Globalmente, en el aporte alimentario se han encontrado niveles bajos de isómeros totales *del HCH, sin indicios de aumento desde* 1979 Coincide con esta observación el hecho de que los niveles registrados en la leche humana parecen mantenerse constantes o quizá acusan un descenso lento. Sin embargo, en la leche humana se han encontrado concentraciones *más altas que en* la de vaca en los países donde ha podido hacerse esta comparación (Japón, Reino Unido, EE UU) En ciertos países donde quizá se haya usado el HCH más recientemente se han encontrado concentraciones *elevadas de isómeros totales de este* plaguicida. También es interesante que en el Canadá, el Reino Unido y los EE. UU se hayan registrado niveles más bajos en la leche que en otros países El hallazgo de niveles *altos de isómeros totales del HCH en el Reino Unido, tanto en la grasa de cerdo* importada como en menor medida en la grasa de las *aves de corral del país, indica que pueden producirse* incidentes esporádicos de contaminación de los alimentos de origen *animal como consecuencia de la presencia de HCH en el medio ambiente* Los niveles relativamente altos de HCH total en el maíz y en el arroz de China indican que en los *alimentos de origen vegetal pueden encontrarse* residuos de *este plaguicida, probablemente como consecuencia de un uso reciente.* Teniendo en cuenta la preocupación que suscita el HCH de grado técnico, su aparición en alimentos nacionales e importados y en la leche humana obliga a vigilar más su empleo y a *investigar la presencia de sus residuos en los alimentos destinados al consumo*

Cuadro 20. *(continuación)*

Plaguicida	IDA máxima (mg/kg de peso corporal)	Resumen de los resultados	Evaluación
Lindano	0,01 (1977).	Han comunicado datos sobre la ingestión dietética de residuos de lindano Guatemala, el Japón, Nueva Zelandia, el Reino Unido y los EE. UU. Todas las cifras comunicadas representan el 1,2% o menos de la IDA, incluso en niveles del 90° percentilo.	En general, los niveles de lindano en la mayor parte de los alimentos, con excepción de la leche y los productos frescos, se encuentran muy por debajo de los límites impuestos por el Codex. En la leche, los niveles del 90° percentilo se acercan en algunos casos al límite de residuos del Codex. Ha habido también algunos indicios de un incidente de contaminación por la leche registrado durante un año en el Reino Unido. Estos resultados hacen pensar que conviene vigilar de continuo la presencia de lindano en la leche y en los piensos del ganado vacuno. Los niveles de residuos de lindano señalados en otros alimentos suelen ser bajos. A título de excepción cabe citar las altas cifras de lindano observadas en ciertos productos frescos, probablemente a consecuencia de un uso reciente e intensivo
Heptacloro/ epóxido de heptacloro	0,0005 (1986)	En el Canadá, Guatemala, el Japón y los Estados Unidos se han registrado los aportes dietéticos de heptacloro y de epóxido de heptacloro. En cada caso, las medianas de ingestión eran del 1% o menos de la IDA de 0,5 µg/kg de peso corporal. Las máximas ingestiones del 90° percentilo señaladas fueron del 9% y el 3% de la IDA en Guatemala y el Japón, respectivamente, en 1982. En los países que han comunicado datos durante varios años (Canadá, Japón y EE. UU.) no se observa ninguna tendencia significativa. Las medianas de ingestión de HCB en 1973-1977 variaban desde 0,001 hasta 0,13 µg/kg de peso corporal en las dietas estudiadas en el Canadá, Hungría, el Japón, el Reino Unido y los EE. UU. En fecha más reciente se han señalado medianas de HCB próximas a 0,002 µg/kg de peso corporal, sin diferencias significativas entre los diferentes países.	Hay pocos indicios de contaminación de los alimentos por heptacloro, HCB o endosulfán, salvo en el caso de la leche y de la leche humana. Sin embargo, los elevados niveles de HCB y, en menos grado, de heptacloro y de su epóxido en la leche humana en comparación con la leche de vaca muestran la necesidad constante de reducir las fuentes de contaminación por dichos plaguicidas. Por otra parte, la demostración de un incidente de contaminación del pescado por HCB (en el Brasil se encontraron valores de media y del 90° percentilo de 30 µg/kg y 200 µg/kg, respectivamente, en las conservas de pescado de una zona del país en 1983) hace patente también la necesidad permanente de reducir las fuentes de contaminación y de vigilar la presencia de dichos plaguicidas en los alimentos de origen animal
Hexacloro-*benceno* (HCB)	IDA (=0,0006) suprimida en 1978		
Endosulfán	0,008 (1982)		

		En el caso del endosulfán, muy pocas muestras presentan niveles superiores al límite de detección, no se han hecho estimaciones del aporte dietético	
Plaguicidas organofosforados	Diacinón 0,002 (1965) Malatión. 0,02 (1963) Paratión 0,005 (1963) Metilparatión 0,02 (1984) Fenitrotión. 0,003 (1986)	En 1980 se inició la recogida de datos sobre el aporte dietético de diacinón, malatión, paratión y metilparatión En todos los casos los aportes notificados (mediana y 90° percentilo) de plaguicidas organofosforados son bajos. 2% (o menos) para cada uno de los plaguicidas sobre los que se informa En los países que han comunicado datos durante varios años (Japón y los EE UU) se observa un ligero aumento de la absorción de plaguicidas organofosforados en los últimos años Para determinar si esto constituye una tendencia habrá que obtener datos durante algunos años *más. Guatemala no ha señalado niveles detectables* de ninguno de los tres plaguicidas organofosforados siguientes malatión, paratión y metilparatión	Los datos disponibles hacen pensar que cuando el diacinón se aplica adecuadamente sólo persisten en el artículo alimenticio concentraciones muy bajas, apenas detectables cuando éste llega al mercado Sin embargo, las escasas excepciones observadas muestran que el nivel de residuos puede acercarse al LMR cuando se aplica mal el plaguicida Los datos comunicados hasta la fecha no sugieren en modo alguno la presencia general de niveles significativos de malatión en los alimentos examinados Los niveles del 90° percentilo en el trigo indican que es necesario ejercer una vigilancia continua, especialmente en el grano Los datos disponibles hasta ahora sobre el paratión permiten deducir que sus concentraciones no rebasan apenas los límites de detección en la mayor parte de los casos Sin embargo, la observación esporádica de niveles más altos en la fruta y las hortalizas indica que las cosechas pueden contaminarse en ciertas condiciones de empleo En general no se ha encontrado metilparatión en los alimentos analizados Sin embargo, su presencia en las hortalizas de un país en cierto año a niveles superiores al LMR hace pensar que, en ciertas condiciones de uso, la contaminación puede alcanzar un nivel inquietante. En las operaciones de vigilancia efectuadas en 1982 y 1983 no se señaló la presencia de residuos de fenitrotión Sin embargo, no podrá hacerse ninguna evaluación mientras no se comuniquen datos sobre los residuos de este plaguicida en los alimentos durante un período de tiempo más prolongado y se reciban comunicaciones de un mayor número de países

[a] Fuente SIMUVIMA, 1986

[b] Límite de residuos extraños concentración máxima toxicológicamente admisible de un residuo que surge de fuentes distintas del uso directo o indirecto del plaguicida para producir el artículo alimenticio de que se trate (FAO/OMS (1976))

Cuadro 21. *Indicadores biológicos de exposición a los plaguicidas*[a]

Indicador	Aplicaciones
Residuos de plaguicidas y sus metabolitos en la orina	Verificación de exposiciones a corto y a largo plazo y de la exposición incidental a insecticidas de carbamato y organofosforados, herbicidas de fenoxiácido, paraquat, pentaclorofenol y otros
Residuos de plaguicidas en el tejido adiposo y en el suero	Verificación de exposiciones a corto y a largo plazo y de la exposición incidental a plaguicidas organoclorados y a ciertos plaguicidas organofosforados lipofílicos
Residuos de plaguicidas en la leche materna	Verificación de exposiciones a corto y a largo plazo a plaguicidas organoclorados
Residuos en la piel y en el pelo	Verificación de la exposición a oligoelementos metálicos (mercurio, arsénico)
Determinaciones de colinesterasa	Verificación de trastornos colinérgicos y vigilancia de la exposición a insecticidas organofosforados
Aumento del tiempo de coagulación sanguínea	Indicación de la exposición a rodenticidas anticoagulantes

[a] Fuente: Davies et al., 1982. Reproducción autorizada por el editor.

grasa, la orina, la sangre o la leche (cuadro 21). En el caso de los plaguicidas organofosforados, cabe utilizar como indicador de exposición la actividad colinesterásica, ya que existe una buena correlación entre la exposición y la reducción de la colinesterasa.

Ciertos estudios han demostrado que en la grasa humana pueden encontrarse muchos de los plaguicidas organoclorados persistentes. Las concentraciones observadas varían según los países (cuadro 22), habiéndose encontrado los niveles máximos de DDT en aquellos donde todavía sigue usándose este compuesto. Murakami (1987) ha publicado una detallada revisión de los datos disponibles.

Residuos en la leche humana

La contaminación de la leche humana por productos químicos presentes en el medio ambiente se observó por primera vez en 1951, cuando Laug et al. demostraron en los Estados Unidos que la leche de mujeres sanas podía contener importantes cantidades de un insecticida organoclorado, el DDT. Desde entonces se han realizado numerosas investigaciones sobre la contaminación de la leche humana en países de todo el mundo, habiéndose descubierto DDT y algunos otros plaguicidas organoclorados en la mayor parte de esas encuestas. Los contaminantes hallados con más frecuencia en la leche humana son el DDT y su principal metabolito DDE, el hexaclorobenceno, el hexaclorociclohexano, la dieldrina, el epóxido de

Cuadro 22. Insecticidas organoclorados descubiertos en la grasa humana de la población general de diferentes países antes de haberse restringido o prohibido el uso de dichos insecticidas en los países desarrollados.

País	Insecticida	Cantidad (mg/kg)
Argentina	DDT total	13,2
	beta-HCH	2,4
	dieldrina	0,3
	epóxido de heptacloro	0,2
Brasil	DDT total	7,9
	beta-HCH	0,2
	dieldrina	0,1
	epóxido de heptacloro	0,002
Canadá	DDT total	4,9
Francia	DDT total	7,1
	HCH	0,1
	epóxido de heptacloro	0,1
India	DDT total	31,0
	dieldrina	0,03
Reino Unido	DDT total	3,0
	HCH	0,3
	dieldrina	0,02
Estados Unidos de América	DDT total	9,6
	HCH	0,5
	dieldrina	0,1

[a] Fuente: W. F. Almeida, comunicación personal

heptacloro y los bifenilos policlorados que no se utilizan como plaguicidas.

En un estudio sobre la leche humana realizado recientemente en Suecia (Norén, 1987) se observó que la concentración de dioxinas y dibenzofuranos policlorados había descendido en el curso de los 10 años precedentes, atribuyéndose este descenso (al menos en parte) a la prohibición de utilizar en Suecia ciertos plaguicidas del tipo de los fenoles clorados y del 2,4,5-T. Todos estos plaguicidas contienen cantidades más o menos grandes de dioxinas y dibenzofuranos policlorados como contaminantes.

En fecha reciente se han recogido y evaluado datos sobre residuos de plaguicidas en la leche humana en el marco del Programa Común FAO/OMS de Vigilancia de la Contaminación de los Alimentos. En el cuadro 23 se presenta un resumen de dichos datos y de las estimaciones sobre la absorción de ciertos plaguicidas.

La absorción dietética de contaminantes por los niños criados al pecho puede estimarse a partir de los niveles de residuos encontrados en la leche humana. En sus tres primeros meses de vida, un lactante consume por término medio 120 g de leche materna por kg de peso corporal y por día. El volumen consumido por unidad de peso desciende con la edad. Multiplicando la concentración de un contaminante dado en µg/kg por 0,12, puede estimarse la absorción aproximada de dicho contaminante en µg/kg de peso corporal por día, y el resultado puede compararse con la IDA correspondiente. A su vez, puede calcularse un «nivel aceptable» de residuos de plaguicidas en la leche humana dividiendo la IDA por 0,12. Así, por ejemplo, el «nivel aceptable» máximo de aldrina o dieldrina en la leche humana es de 0,8 µg/kg (leche entera), sobre la base de una IDA de 0-0,0001 mg/kg de peso corporal; cuando las concentraciones de aldrina o dieldrina pasan de 0,8 µg/kg de leche entera, el lactante recibirá más de la IDA.

Ahora bien, como se ha señalado en una reciente reunión de expertos (OMS, 1987b), la IDA puede resultar equívoca en el caso de los lactantes cuando se refiere a compuestos susceptibles de acumularse en el tejido adiposo. A causa del rápido aumento de la concentración de la grasa durante el primer semestre de vida, puede ocurrir que ni siquiera una absorción relativamente alta de un

Cuadro 23. Absorción de diversos plaguicidas a partir de la leche humana según las estimaciones del SIMUVIMA [a]

Plaguicida	Absorción estimada
aldrina y dieldrina	Según los datos de 11 países, el 90° percentilo rebasa en todos los casos la IDA máxima de 0,1 µg/kg de peso corporal hasta diez veces. También la mayor parte de los valores de la mediana rebasan la IDA
complejo de DDT	Basándose en un «nivel aceptable» de DDT en la leche (véase el texto) de 167 µ/kg, solamente en Guatemala ha sido rebasada en los últimos años la IDA en el nivel del 90° percentilo. La absorción correspondiente al 90% representa aproximadamente el 70% de la IDA en los Estados Unidos en 1979
lindano	Los datos publicados sobre los niveles de mediana y del 90° percentilo para el lindano en la leche humana indican que en todos los casos las absorciones estimadas se situaban muy por debajo de la IDA máxima de 10 µg/kg de peso corporal, sin rebasar nunca el 10% de la IDA ni siquiera en el nivel del 90° percentilo
heptacloro y epóxido de heptacloro	En el nivel del 90° percentilo, la absorción calculada constituye a veces un porcentaje apreciable de la IDA, en los Estados Unidos (1975 y 1979) y en Suiza (1974) esta absorción calculada representaba aproximadamente el 85% de la IDA. Las absorciones calculadas para el 90° percentilo en Guatemala (1974) y el Japón (1978) eran aproximadamente del nivel del 75%, pero descendieron en los años siguientes

[a] Fuente: SIMUVIMA, 1986

compuesto liposoluble produzca la correspondiente concentración elevada del compuesto en los órganos o tejidos sensibles.

El grupo de expertos llegó a la conclusión de que de momento no estaba justificado limitar la lactancia o eliminar ciertos artículos alimenticios de la dieta materna. Pese a la presencia de estos compuestos en la leche humana, conviene fomentar y promover la lactancia materna por la influencia benéfica que tiene la leche de la madre en el estado general de salud y el desarrollo del niño. Sin embargo, en los grupos de población en los que plantea un problema la contaminación por plaguicidas de este tipo, es indispensable tomar medidas para reducirla.

Factores que influyen en la exposición

Los métodos de aplicación de plaguicidas han progresado mucho en los países desarrollados gracias a la utilización de tratamientos de semillas, las aplicaciones locales circunscritas, la reducción creciente del volumen de los rociamientos y los nuevos métodos de aplicación de volúmenes ultrarreducidos. En consecuencia, las aplicaciones resultan cada vez más inocuas. Los sistemas cerrados, en los que las plantas quedan encerradas en una especie de invernadero durante el rociamiento, ofrecen la posibilidad de reducir considerablemente la exposición; sin embargo, si no se cuidan como es debido pueden dar una falsa sensación de seguridad. En cambio, gran parte del material utilizado en los países en desarrollo para las aplicaciones se encuentra en mal estado de conservación y falto de piezas de repuesto. Los plaguicidas se aplican a menudo con pulverizadores manuales, máquinas de rociamiento tiradas por bueyes o espolvoreadores de dudosa eficacia, utilizando inadecuadamente la ropa de protección. Además, en muchos países en desarrollo el calor y la deficiente instrucción general hacen que los plaguicidas resulten más peligrosos para el usuario que en los países desarrollados.

Mientras que en los países desarrollados son operadores profesionales quienes aplican la mayor parte de los plaguicidas, en los que aún están en desarrollo esta labor está casi totalmente en manos de agricultores que en muchos casos conocen mal y no tienen bastante práctica de los diferentes métodos utilizables. Como tampoco suelen tener una idea clara de los posibles riesgos ni toman las precauciones básicas, para evitar consecuencias sanitarias adversas puede ser sumamente útil establecer una red eficaz de servicios de extensión y asesoramiento que den consejos técnicos sobre cómo emplear sin riesgos los plaguicidas. Muchos países en desarrollo carecen de ese servicio de extensión, por lo que los consejos provienen principalmente de representantes de la industria de los plaguicidas. No es raro que éstos se apliquen a intervalos demasiado cortos, sobre todo

cuando se utilizan por primera vez en el país, con el consiguiente aumento espectacular del rendimiento de las cosechas.

En los países desarrollados, los servicios encargados del registro exigen etiquetas y envases apropiados y seguros a fin de reducir al mínimo el despilfarro. En cambio, tanto las etiquetas como los envases de plaguicidas utilizados en los países en desarrollo suelen ser insuficientes e inapropiados para la zona en que se emplean. Las advertencias suelen estar escritas en un idioma que el usuario no comprende y el problema de la toxicidad está mal explicado o ni siquiera se aborda; por otra parte, las aplicaciones correctas del plaguicida no suelen estar claras y la dosificación no se especifica. La FAO (1985b) ha formulado directrices sobre las normas apropiadas de rotulación.

Mientras que en los países desarrollados sólo se dispone de un número limitado de tipos y formulaciones de plaguicidas, en los que aún están en desarrollo puede encontrarse una variedad desconcertante de formulaciones del mismo producto químico, a menudo preparadas en el ámbito local. Los formuladores poco escrupulosos pueden añadir diluyentes o usar productos químicos ineficaces pasados de fecha. Conviene advertir a este respecto que el Banco Mundial (1985), en sus normas sobre el empleo de plaguicidas en los proyectos financiados por el propio Banco, recomienda que se dispensen en formulaciones relativamente poco tóxicas aquellos materiales susceptibles de tener una amplia distribución. Esta recomendación responde a la idea de que en los climas cálidos no es posible conseguir una protección completa de los trabajadores. Los envases de material hidrosoluble y las formulaciones de microcápsulas o gránulos sueltos pueden utilizarse sin riesgo, aunque las dos últimas resultan actualmente muy caras.

Ni siquiera en los países desarrollados suele utilizarse ropa de protección apropiada. Por otra parte, en los países en desarrollo la gente no se viste adecuada ni suficientemente para aplicar los plaguicidas y con frecuencia utiliza durante largo tiempo la misma ropa contaminada por esos productos, aumentando así la exposición global del individuo. Además, en los climas cálidos rara vez puede utilizarse ropa de protección, ya que el efecto de abrigo puede resultar insoportable para el operario.

En las zonas tropicales es corriente rociar las paredes de las casas y las chozas con insecticidas para eliminar las plagas domésticas y ciertos vectores de enfermedades (p. ej., mosquitos). Como estos plaguicidas son de efecto residual, los habitantes están continuamente expuestos a una pequeña concentración del producto químico sea por contacto o por inhalación y, en cierta medida, por ingestión de alimentos contaminados (Edwards, 1986).

Capítulo 6

POBLACIONES EXPUESTAS

Exposición en diferentes sistemas agrícolas

Por varias razones, tanto el empleo de plaguicidas como sus posibles efectos en la salud difieren de unas regiones y sistemas agrícolas a otros. En los países en desarrollo, la mayor parte de los agricultores atienden sólo las necesidades locales. Aunque en este tipo de agricultura se planteen numerosos problemas de plagas, por lo general las pérdidas se «aceptan» o neutralizan por los procedimientos tradicionales. Los plaguicidas sólo tienen un uso limitado, ya que los campesinos ignoran su existencia o no pueden permitirse el lujo de adquirirlos (o no estiman que valga la pena).

En los países en desarrollo con agricultura comercial, algunos plaguicidas pueden llegar a las manos de los agricultores que viven en un nivel de subsistencia y no están familiarizados con los posibles riesgos de esos productos ni con las indispensables medidas de seguridad.

En los países en desarrollo el empleo agrícola de plaguicidas se encuentra así íntimamente vinculado con la producción destinada a los mercados regionales, nacionales o internacionales. Como puede verse en el cuadro 7 (página 28), el empleo más intensivo de estos productos está relacionado con la producción de hortalizas, algodón, semillas de soja, arroz, maíz y trigo.

Los sistemas agrícolas de los países en desarrollo pueden clasificarse de muchos modos en función de las cosechas, las condiciones hidrológicas, el método de cultivo, el aporte de nutrientes y el grado de comercialización. En lo que aquí respecta, utilizaremos las tres categorías definidas por Copplestone (1985): agricultura de grandes extensiones (plantaciones), que tiende al monocultivo y requiere una lucha intensiva contra las plagas; horticultura comercial, que difiere tanto en los tipos de cultivos como en las dimensiones de las propiedades; y agricultura de subsistencia. Los trabajadores emigrantes suelen desempeñar un importante papel en esos sistemas. Cuanto más pequeña es la parcela explotada y más importancia tenga la subsistencia, menos probable será que se utilicen plaguicidas. El tipo de cultivo tiene de por sí una influencia apreciable, ya que los dos más vulnerables al ataque de los insectos son el algodón y el arroz.

Los herbicidas suelen tener un uso menos general en todas las formas de agricultura de las zonas en desarrollo, ya que las malas hierbas pueden eliminarse a mano; sin embargo, a este respecto, Papua Nueva Guinea constituye una notable excepción (Mowbray, 1988).

A los empleados de las plantaciones se les facilita a veces casa y comida, así como cierto grado de asistencia médica. Las plantaciones difieren en lo relativo a la asistencia y el adiestramiento que proporcionan al personal y pueden aplicar sus propias normas en vez de atenerse a una norma nacional mínima de condiciones de trabajo. Aunque se utilicen mucho los plaguicidas, la magnitud de la exposición suele depender de la calidad de la explotación. Los plaguicidas se aplican a menudo en gran escala utilizando aviones o aparatos de rociamiento arrastrados por tractores.

En la mayoría de las pequeñas explotaciones agrícolas con producción comercial la situación difiere en muchos aspectos. Muchas de ellas son granjas familiares, mientras que en otras se da empleo a otras familias, de preferencia a individuos aislados, para que se ocupen de las faenas cotidianas. Gran parte de la población rural participa así en estos trabajos. En algunos países en desarrollo estas personas pueden representar más de la mitad de la población rural total, dejando aparte los empleados de las plantaciones y los sujetos demasiado viejos o demasiado jóvenes para trabajar en el campo o guardar el ganado. Por lo general, en los cultivos comerciales de este tipo se utilizan menos plaguicidas que en las grandes plantaciones, bien porque es difícil obtenerlos o por su elevado precio.

Como ha señalado Copplestone (1985), el riesgo de exposición a los plaguicidas depende de la estructura familiar y de los hábitos de vida tradicionales. Cuando los agricultores y sus familias viven junto a las tierras cultivadas el riesgo de exposición es mayor que cuando viven en aldeas separadas, a largo camino del lugar de trabajo.

En el caso de la agricultura de subsistencia, la exposición a los plaguicidas es mucho menor pues, en general, los campesinos no están en condiciones de comprar esos productos y han de resignarse a las pérdidas causadas por las plagas; ahora bien, al mismo tiempo representan probablemente el grupo menos expuesto a los plaguicidas (Copplestone, 1985).

Desde el punto de vista del empleo de plaguicidas, los cultivos más importantes son el algodón, el arroz y el maíz. También son importantes algunos productos de plantaciones tales como ciertas frutas, el café y el té, pero por lo general las zonas de cultivo son en este caso mucho más reducidas. En el mundo en desarrollo, el cultivo de algodón, arroz y maíz ocupa 27, 140 y 80 millones de hectáreas, respectivamente. Las plantaciones de café representan otros 10,5

millones de hectáreas. En el cuadro 24 se dan más detalles sobre esta cuestión.

Sin embargo, sólo una pequeña fracción de la producción total de arroz y maíz está sometida a un tratamiento intensivo por plaguicidas. La mayoría de estos cultivos se sitúan en el ámbito de la agricultura de subsistencia, que produce la mayor parte de los alimentos en el mundo en desarrollo.

En muchos países en desarrollo se está generalizando rápidamente el empleo de plaguicidas, incluso en el sector del consumo local. La producción se intensifica y se hace un amplio uso de fertilizantes, plaguicidas y nuevas variedades de cultivos a menudo con el respaldo de programas nacionales de extensión agrícola. Por consiguiente, el número de personas expuestas a los plaguicidas está experimentando un aumento continuo.

Aproximadamente el 20% de todos los plaguicidas se venden en países en desarrollo. La mayor parte de los ingredientes activos se fabrican en países desarrollados y se exportan bajo esta forma (para ser formulados en el país importador) o como concentrados ya formulados. Los insecticidas, fungicidas y rodenticidas representan una mayor proporción del total en los países en desarrollo, ya que en esas zonas se utilizan para combatir las plagas más importantes.

En las plantaciones, la proporción del personal expuesta durante largo tiempo a materiales muy concentrados durante toda la tempo-

Cuadro 24. Extensión total de las tierras agrícolas dedicadas a ciertos cultivos, por clase económica y región, 1985 (millones de hectáreas)[a]

Clase y región	Superficie agrícola	Algodón	Arroz	Maíz	Café
Economías de mercado desarrolladas	399	4,8	3,8	43	-
Economías de mercado en desarrollo	684	21,3	102	62	10,4
África	153	3,1	5,0	16	3,7
Latinoamérica	177	5,3	7,0	29	5,7
Mediterráneo oriental	82	1,9	1,1	2,2	-
Asia sudoriental	271	11,0	86,6	16	1,0
Otras regiones	1	-	2,4	-	0,04
Economías de planificación central	391	9,1	41	28	0,04
Asia	114	5,8	40	13	0,04
Europa oriental y la URSS	277	3,3	0,7	15	-
Todos los países desarrollados	676	8,1	4,5	53	-
Todos los países en desarrollo	798	27,1	142	80	10,5

[a] Fuente: FAO, 1986b.

rada de cultivo tiende a ser baja (alrededor de 10-25%, quizá) debido a que ese personal tiene funciones más especializadas. La mayor parte de la gente que se dedica a cultivos comerciales, especialmente la que trabaja en pequeñas explotaciones, puede utilizar plaguicidas al menos durante una parte de la temporada de cultivo. Tanto en las grandes plantaciones como en las pequeñas explotaciones comerciales, la mayoría de las personas que trabajan en el campo y en la recolección tienen algún contacto con residuos de plaguicidas, pero la exposición del personal agrícola a los plaguicidas de degradación rápida puede reducirse introduciendo «tiempos de espera» apropiados tras cada aplicación del plaguicida.

Exposición en programas de salud pública

Los gobiernos utilizan muchos de los plaguicidas que no se usan en la agricultura en diversos programas de salud pública, a menudo para combatir las enfermedades de transmisión vectorial. Los insecticidas se emplean sobre todo para combatir el paludismo, la filariasis y la tripanosomiasis, mientras que en algunos sitios también se recurre bastante a los molusquicidas contra la esquistosomiasis (Copplestone, 1985). Los rodenticidas no sólo protegen los almacenes de alimentos sino que contribuyen también a prevenir la peste. El empleo de plaguicidas con fines de salud pública puede provocar la exposición del personal encargado de los rociamientos y del público en general.

Por lo general se utiliza una gama limitada de plaguicidas, cuya toxicidad es también limitada; la inevitable exposición del público como consecuencia del rociamiento de las viviendas rurales y de los rociamientos aéreos y nebulizaciones en las zonas urbanas limita tanto la elección del plaguicida como la de la formulación que se vaya a emplear. Con todo, los rociadores pueden seguir aplicando casi a diario plaguicidas durante semanas o meses.

Aunque el personal de los rociamientos puede estar dedicado a esta actividad durante largo tiempo, por lo general se le emplea sobre una base diaria y con una retribución modesta. Por lo general se trata de operarios poco instruidos a los que se les da una formación elemental para practicar los rociamientos, haciendo a menudo caso omiso de las normas de seguridad a fin de no alarmarlos indebidamente. Con frecuencia no reciben ni orientaciones ni un buen ejemplo por parte de sus supervisores. Cierto es que sólo suelen estar expuestos a compuestos poco tóxicos, del tipo de los recomendados con fines sanitarios (Copplestone, 1985).

Volumen de las poblaciones expuestas

En los países en desarrollo suele ser alta la proporción de la población que depende de la agricultura (cuadro 25). Por término medio,

Cuadro 25. Población total, población agrícola y población económicamente activa, *por clase económica y región, 1985 (en millones)*[a]

Clase y región	Población total	Población agrícola	Población económicamente activa		
			Total	En la agricultura	Porcentaje en la agricultura
Economías de mercado desarrolladas	818	57	378	25	6,7
Norteamérica	264	8,5	130	4,2	3,2
Europa occidental	378	33	167	14	8,6
Australia y Nueva Zelandia	19	1,4	8,8	0,6	7,1
Israel, Japón y Sudáfrica	157	14	72	6,2	8,6
Economías de mercado en desarrollo	2478	1387	923	528	57
Africa	451	307	182	128	71
Latinoamérica	405	115	140	39	28
Mediterráneo oriental	242	102	77	33	44
Asia oriental	1375	860	522	326	63
Otras regiones	5,8	3,2	2,4	1,4	58
Economías de planificación *central*	1541	885	862	505	59
Asia	1149	814	660	469	71
Europa oriental y la URSS	392	71	202	36	18
Todos los países desarrollados	1210	128	580	62	11
Todos los países en desarrollo	3627	2201	1583	998	63

[a] Fuente FAO, 1986

el 63% de los miembros económicamente activos de la población trabajan en el sector agrícola. En los países desarrollados la proporción correspondiente es del 11%. Así pues, incluso si se usan menos los plaguicidas, en las zonas en desarrollo hay una proporción relativamente mayor de personas que los manipulan o viven en zonas donde se utilizan esos productos en la agricultura.

La República Unida de Tanzanía, por ejemplo, cuenta 22 millones de habitantes, de los cuales el 90% viven en zonas rurales. La población económicamente activa es aproximadamente de 10 millones de personas, de las cuales 8 millones constituyen la mano de obra rural. Las diferentes categorías de trabajadores agrícolas se distribuyen como sigue: trabajadores de plantaciones y jornaleros, 1,5%; agricultura mixta, ganadería, caza y pesca, 6%; y agricultura de subsistencia y producción agrícola comercial, 92% (J. Nkurlu, comunicación personal, 1987).

En algunos países en desarrollo se han hecho estimaciones de la exposición a los plaguicidas en diferentes grupos de la población rural. En China, por ejemplo, la provincia de Sechuán cuenta unos 87 millones de habitantes y tiene una superficie agrícola total de 6,5 millones de hectáreas. La cantidad de plaguicidas utilizados se eleva

por término medio a 4 kg por hectárea. Aproximadamente 10 millones de personas (12% de la población) intervienen cada año en la aplicación de plaguicidas. Basándose en una encuesta realizada en 78 000 personas (F. Xu; comunicación personal, 1987), se ha calculado que el número de personas afectadas por intoxicaciones en toda la provincia asciende cada año a 100 000 entre los 10 millones que utilizan plaguicidas (1%). Los plaguicidas que han provocado más casos de intoxicación son los compuestos organofosforados (77%), siendo la piel la principal vía de exposición (60-65%).

Estos datos indican que aproximadamente el 5-10% de la población agrícola de ciertos países en desarrollo está bastante expuesta a los plaguicidas. Esta cifra puede calcularse también partiendo de la superficie agrícola total tratada con estos productos. El cultivo del algodón ocupa 27 millones de hectáreas en el mundo en desarrollo (cuadro 24) y es objeto de un tratamiento intensivo con plaguicidas. Las plantaciones de café, otro cultivo que consume gran cantidad de plaguicidas, ocupan unos 10 millones de hectáreas. Entre otros productos que son objeto de un tratamiento intensivo con plaguicidas figuran el té, las hortalizas y las frutas, que en conjunto ocupan algunos millones de hectáreas. El empleo intensivo de plaguicidas en los arrozales y maizales se limita a una pequeña fracción de la producción total de los países en desarrollo. Estas cifras permiten deducir que las tierras agrícolas sometidas a un tratamiento intensivo con plaguicidas en los países en desarrollo totalizan unos 40 millones de hectáreas, lo que representa aproximadamente el 5% de la superficie agrícola, con inclusión de las grandes plantaciones. Así pues, unos 50 millones de miembros de la población económicamente activa, o unos 100 millones de la «población agrícola» (5% de 2200 millones, cuadro 25) vivirán en zonas donde se hace una aplicación intensiva de plaguicidas con fines agrícolas o trabajarán en una agricultura de ese tipo.

Además, en algunos países puede llegar al 50% la proporción de la población rural económicamente activa que cultiva la tierra para vender los productos cosechados. Así pues, puede haber 500 millones de personas expuestas en menor grado a los plaguicidas.

Como antes se señaló, la situación está cambiando rápidamente en muchos países en desarrollo. Las nuevas formas de producción agrícola originan un mayor consumo de plaguicidas. Por esta razón, las cifras de población antes mencionadas tenderán probablemente a aumentar.

La población no agrícola de los países en desarrollo (1400 millones de personas) se verá expuesta a los plaguicidas debido principalmente a la presencia de residuos en los alimentos y, a veces, a operaciones de lucha contra enfermedades de transmisión vectorial.

Capítulo 7

CONSECUENCIAS SANITARIAS

En los capítulos precedentes se ha dejado bien establecido que la mayor parte de los efectos sanitarios graves relacionados con los plaguicidas se deben a envenenamientos agudos: tentativas de suicidio, intoxicaciones colectivas por alimentos contaminados, accidentes químicos en la industria y exposición laboral en la agricultura. También podrían ser alarmantes para la salud pública los efectos crónicos (cáncer, influencias adversas en la reproducción y efectos inmunológicos) a juzgar por el gran volumen de datos obtenidos en los trabajos de experimentación animal y en los escasos estudios epidemiológicos realizados hasta la fecha.

Efectos agudos en el individuo

No se dispone de datos brutos para calcular la incidencia anual de casos de intoxicación aguda, mortal o no mortal, por plaguicidas. Sin embargo, fundándose en modelos y en cálculos oficiosos basados en datos de hospitalización y encuestas demográficas (OMS, 1986a), cabe deducir que la incidencia anual de casos de intoxicación aguda no intencional con manifestaciones graves pasa probablemente de un millón (1985), con una tasa de letalidad del 0,4-1,9% (cuadro 26). En otras publicaciones las cifras de casos calculadas van de 750 000 (Bull, 1982) a 2 000 000 (ESCAP, 1983). Se estima que la exposición laboral da lugar al 70% (700 000 casos) del total de intoxicaciones graves no intencionales. Por otra parte se ha calculado que hay además 2 millones de casos de envenenamiento intencional, constituidos principalmente por tentativas de suicidio (Jeyaratnam, 1985). En el total de más de 220 000 defunciones por intoxicación aguda intencional o no intencional, los suicidios representan aproximadamente el 91%, la exposición laboral el 6% y otras causas, inclusive la contaminación de los alimentos, el 3% (Jeyaratnam, 1985).

En el millón anual de casos de intoxicación no intencional estimado por la OMS figuran tanto los casos hospitalizados como los no hospitalizados, calculándose estos últimos sobre la base de seis casos no hospitalizados (sin notificar) por cada caso hospitalizado (y notificado). En ciertas encuestas se han utilizado otras proporciones que van desde 10:1 (Jeyaratnam et al., 1987) hasta 100:1 (Kahn, 1976). Así pues, el número de intoxicaciones menos graves quizás supere

Cuadro 26. Estimación del número anual de casos de intoxicación por plaguicidas en el mundo

Año	Casos	Defunciones	Referencia
Intoxicaciones no intencionales			
1973	500 000	—	OMS, 1973
1977	—	20 640	Copplestone, 1977
1985	1 111 000	20 000	Levine, 1986 (encuestas de mortalidad por zonas método utilizado en el estudio de la OMS, 1973)
1985	1 000 000	20 000	OMS, 1986a
Intoxicaciones intencionales (suicidios)			
1985	2 000 000	200 000	Jeyaratnam (1985) (basado en datos hospitalarios)

mucho al estimado por la OMS. La tasa de letalidad representa otra base para calcular la frecuencia de las intoxicaciones. En el informe de la OMS se evaluó en una defunción por 50 casos (hospitalizados y no hospitalizados), mientras que en un estudio sobre intoxicaciones por isomalatión realizado en el Pakistán (Baker et al., 1978) se consideró que la tasa de letalidad de los casos sintomáticos (encuesta por cuestionario) era de 1 por 500. Las estimaciones del número total de casos de intoxicación por plaguicidas, incluyendo todos los niveles de gravedad y tomando como base el mayor de estos multiplicadores, hacen pensar que la cifra real quizás sea mucho mayor que los 3 millones aproximadamente de casos graves que se mencionan en el cuadro 26.

Para calcular el número de casos de envenenamiento por plaguicidas se basa en el volumen de la población expuesta, calculado según se indica en el capítulo 6. Según Jeyaratnam et al. (1987), en algunos países pueden observarse cada año síntomas de intoxicación (grave o leve) en el 7% aproximadamente de los trabajadores agrícolas que están en contacto con un empleo intensivo de plaguicidas, a menos que se hayan establecido programas eficaces de adiestramiento. En esta estimación no se han incluido las tentativas de suicidio. En China se ha calculado que cada año pueden sufrir intoxicaciones hasta el 1% de todos los usuarios de plaguicidas con fines agrícolas. En los países en desarrollo, el volumen de la población muy expuesta puede evaluarse en 50 millones de personas, mientras que un total de 500 millones pueden sufrir una exposición menor. Cabe deducir pues que cada año podrían producirse de 3,5 a 5 millones de casos de intoxicación no intencional (grave o leve), si bien tales estimaciones no son muy de fiar.

Intoxicaciones colectivas

Los brotes registrados de intoxicación colectiva por alimentos contaminados han producido unos 15 000 casos en el espacio de 41 años (366 casos anuales), lo que representa una contribución relativamente pequeña al total de casos de intoxicación aguda. No se conoce en qué medida quedan sin declarar esos accidentes, pero es poco probable que pasen inadvertidos los brotes epidémicos importantes.

Efectos crónicos

Por falta de datos no es posible hacer ningún tipo de estimación del número de personas que sufren efectos crónicos en la salud. Se ha señalado la intervención de plaguicidas en diversos trastornos y enfermedades: cáncer, influencias adversas en la reproducción, neuropatías periféricas, trastornos neuroconductuales, depresión de las funciones inmunológicas y reacciones de sensibilización alérgica, especialmente cutáneas. La inhibición acumulativa de la actividad colinesterásica, resultante de la exposición prolongada a pequeñas dosis de compuestos organofosforados, reduce el umbral de la intoxicación aguda por dichos plaguicidas. También la deshidratación y la desnutrición pueden reducir el umbral tóxico de estos productos.

Numerosos datos procedentes de la experimentación animal hacen pensar que la exposición a los plaguicidas puede tener efectos crónicos en la salud. Sin embargo, como se señaló en el capítulo 4, sólo se dispone de datos epidemiológicos sobre algunos de esos efectos. Entre los efectos sobre los que existen pruebas documentales figuran la esterilidad masculina causada por la exposición al DBCP y los trastornos neuroconductuales consecutivos a la exposición prolongada a pequeñas cantidades de compuestos organofosforados. En el caso de un reducido número de plaguicidas se han observado neuropatías periféricas. Asimismo se sabe que la exposición (dérmica o por ingestión) al paraquat causa una neumopatía proliferativa. Ciertas dermatosis de sensibilización alérgica han sido atribuidas a algunos plaguicidas mientras que en un pequeño porcentaje de casos se han observado efectos neuropsiquiátricos persistentes tras la intoxicación aguda por plaguicidas.

Con respecto a la dermatitis primaria de contacto y a los trastornos neuroconductuales consecutivos a la intoxicación aguda, los escasos datos disponibles permiten hacer algunas estimaciones preliminares de la probabilidad de que aparezcan efectos crónicos en la salud de las personas profesionalmente expuestas a plaguicidas en la agricultura. A juzgar por lo observado en California (CDFA, 1986), donde se comprobó que el número de dermatosis causadas por plaguicidas en los obreros agrícolas era idéntico al de intoxicaciones profesio-

nales graves no intencionales, cabe estimar que cada año pueden producirse 700 000 casos en todo el mundo (véase la página 85). Suponiendo que el 70% de las intoxicaciones profesionales agudas estén causadas por compuestos organofosforados (Jeyaratnam et al., 1987) y que el 5% de esos episodios produzcan efectos neuroconductuales persistentes (Eskenazi y Maizlish, 1988) la cifra anual de estos casos podría ser de 25 000. Aplicando los mismos supuestos a otras intoxicaciones no intencionales, cabe deducir una cifra anual de 10 000 sobre la base de los 300 000 casos graves (página 85).

En algunos grupos profesionales expuestos a ciertos plaguicidas (agricultores o fabricantes de estos productos, por ejemplo) las encuestas epidemiológicas han revelado un aumento del riesgo de cáncer pulmonar, cánceres linfopoyéticos y, posiblemente, otras formas de cáncer. También existe un riesgo potencial de cáncer por ingestión de ciertos plaguicidas.

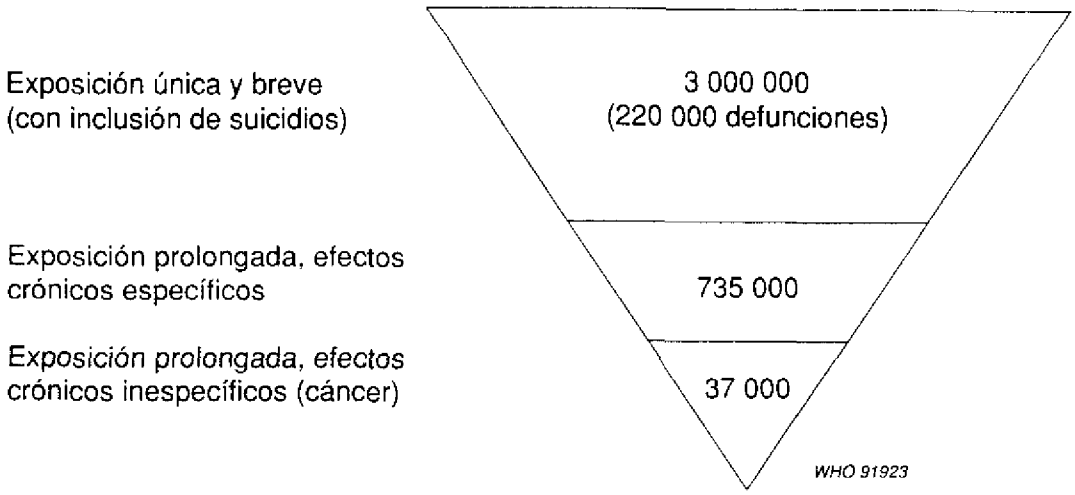
Basándose en una extrapolación lineal del riesgo a partir de los datos obtenidos en el animal y la exposición a los niveles máximos de residuos tolerados en los Estados Unidos para 28 plaguicidas (NAS, 1987), cabe calcular que entre los 550 millones de personas muy expuestas o moderadamente expuestas pueden producirse anualmente 37 000 casos de cáncer en los países en desarrollo. Habida cuenta del volumen de población posiblemente expuesta, el número calculado de casos es relativamente pequeño, sobre todo si se compara con el número de envenenamientos agudos. Conviene tener en cuenta que en los países en desarrollo se utilizan ciertos plaguicidas (p. ej., compuestos organoclorados) que no se emplean en los Estados Unidos, y este factor aumentará probablemente en medida considerable la estimación. Sin embargo, muchos de los presuntos plaguicidas carcinogénicos que se incluyeron en el modelo de cálculo utilizado por la National Academy of Science no son genotóxicos y sus mecanismos de carcinogenicidad no están claros.

Por falta de datos, no es posible estimar el número de casos de consecuencias desfavorables en la reproducción, neuropatías periféricas, depresión inmunitaria (inclusive con sensibilización cutánea) y efectos neuroconductuales asociados con la exposición prolongada a pequeñas cantidades de plaguicidas.

Evaluación de las consecuencias sanitarias globales

Ningún segmento de la población general está completamente protegido contra la exposición a los plaguicidas, con sus posibles efectos graves en la salud; sin embargo, los habitantes del mundo en desarrollo y ciertos grupos particularmente expuestos en cada país soportan a este respecto una carga desproporcionada.

Fig. 6. Estimación global de las conscuencias sanitarias anuales de la intoxicación por plaguicidas



A los 3 millones de casos de intoxicación aguda grave de la figura 6 habrá que sumar un mayor número de casos leves que no se notifican y de trastornos agudos (p. ej., dermatitis). En la mencionada figura, el número de casos de efectos crónicos es menor que el de efectos agudos, con lo que se invierte la pirámide de la figura 2 (página 13). El aumento de la morbilidad aguda y crónica pone de relieve la necesidad de servicios médicos y de rehabilitación. La carga patológica global puede estar acentuada por un número desconocido de efectos menos graves en la salud, que sólo podrán precisarse en futuras encuestas epidemiológicas.

Tendencias futuras de las consecuencias sanitarias

Si, como es de esperar, el empleo de plaguicidas químicos se duplica durante los 10 años próximos en los países en desarrollo y si prosigue la expansión de las prácticas agrícolas, cabe anticipar que aumentará en consecuencia el número de casos de intoxicación aguda intencional y no intencional a menos que se emprendan programas educativos y preventivos importantes. Según se prevé, el mayor incremento se registrará en el sector de los herbicidas. Los plaguicidas organoclorados se utilizarán menos mientras que cobrarán importancia creciente los insecticidas organofosforados y los carbamatos insecticidas-nematocidas. Si no se reduce el empleo de los plaguicidas más tóxicos, aumentarán los riesgos de intoxicación aguda. A medida que aumenta el interés por la horticultura comercial y la explotación de plantaciones en los países en desarrollo, el número de personas que trabajan en sectores muy expuestos puede aumentar en el decenio próximo incluso aunque descienda la proporción de la población global dedicada directamente a la agricultura.