

INFLUENCIA DE LOS PLAGUICIDAS EN LA INDUSTRIALIZACION AGRARIA

por

A. ORTUÑO MARTINEZ y A. ALONSO-ALLENDE YOHN (*)

1. INTRODUCCIÓN

1.1. *La lucha química*

La lucha entre el hombre y los parásitos empezó mucho antes de los albores de la civilización, ha continuado sin cesar hasta nuestros días y continuará, sin duda, mientras la raza humana subsista. En ella participan actualmente agrónomos, químicos, médicos, veterinarios, biólogos, bioquímicos, geógrafos, farmacólogos, físicos y economistas; hombres que hablan lenguajes muy distintos. La palabra final de esta batalla no se sabe quién la pronunciará, pero es muy probable que, hasta que el mundo acabe, habrá parásitos que compitan con el hombre.

Gracias al perfeccionamiento de la lucha química se han superado en gran parte los males imputables a los enemigos de los cultivos y su defensa está considerada como uno de los aspectos más importantes para aumentar la cantidad y la calidad de los alimentos.

(*) Departamento de Biología Vegetal del Centro de Edafología y Biología Aplicada del Segura (Murcia).

Se conocen unas 300 sustancias activas con propiedades plaguicidas que son útiles, no sólo en el plano de la alimentación (aumento de las producciones), sino también en el de la sanidad, debido a su acción contra insectos vectores de graves enfermedades.

Las investigaciones realizadas hasta ahora no justifican la prohibición de la lucha química: ello podría conducir a males mayores. El futuro parece estar en una lucha integrada que armonice los criterios del ecólogo, del agrónomo y del químico; pero aún no estamos en condiciones de abandonar el método tradicional. El paso intermedio es la consecución de plaguicidas cada vez más inocuos y selectivos (1).

1.2. La producción mundial de plaguicidas

Sin duda alguna, de entre los países desarrollados, ha sido Estados Unidos el país que ha alcanzado el más alto nivel en todo lo referente al uso de los plaguicidas: producción, consumo, métodos de aplicación, estudios sobre la toxicidad y los métodos de análisis, química residual, tolerancias, etc. Esto le ha permitido dar normas concretas, muy elaboradas, para cada plaguicida y para cada tipo de cultivo. Estas normas son adoptadas por muchos países como punto de partida y dirección para el uso racional de los plaguicidas. Es, por tanto, de gran interés conocer la marcha de la producción y mercado de los plaguicidas en aquel país, así como las nuevas tendencias registradas en los últimos años y las perspectivas futuras.

Desde hace tiempo se observa un continuo y firme incremento en la producción de plaguicidas, con un promedio de un aumento anual del 8 por 100. Ya en 1963 se produjeron plaguicidas por un valor de 374 millones de dólares (precio a nivel de fabricante), y en 1962 las ventas de plaguicidas rebasaron los mil millones de dólares (precio a nivel de consumidor). Comparando con las ventas realizadas en 1952 esta cifra supuso entonces un aumento del 100 por 100. Actualmente la producción y venta, cuando menos, se mantiene (tabla I).

TABLE I

EXPANSIÓN DE LA PRODUCCION DE PLAGUICIDAS EN U. S. A.

(Nivel fabricante)

1952	246 mill. dólares.	
1961	303 mill. dólares	(15 % superior a 1960)
1962	346 mill. dólares	(11,5 % superior a 1961) Promedio: 8 %.
1963	374 mill. dólares	(8 % superior a 1962)

(1) GUNN, D. L. y STEVENS, J. G. R. (1976): *Pesticides and human welfare*, Oxford University Press, Oxford, 278 pág.

(Nivel comerciante)

1961 953 mill. dólares
 1963 (100 % superior a 1952).1.004 mill. dólares (9,4 % superior a 1961)
 1975 2.000

1.3. Pérdidas agrícolas

La necesidad de incrementar aún más el consumo de plaguicidas en agricultura se hace evidente al considerar el volumen de las pérdidas ocasionadas por las plagas, incluso en países donde su empleo está muy difundido. Estas pérdidas se valoraron, hace años, en unos dos mil millones de dólares en los Estados Unidos, y en unos trescientos millones en el Canadá. Como ejemplo muy significativo de los resultados obtenidos con los plaguicidas, se puede citar que, en ciertas regiones de Estados Unidos, el tratamiento de cereales con herbicidas, que supuso un gasto de unos seis millones de dólares, incrementó la producción de la cosecha en unos treinta y dos millones (tabla II).

TABLA II

VALOR DE LOS PLAGUICIDAS UTILIZADOS DURANTE 1972

<i>País</i>	<i>Valor</i>
España	200 millones de dólares (12.000 millones de pesetas).
U. S. A.	10.000 millones de dólares.
Mundial	30.000 millones de dólares.

Otros imperativos que hacen imprescindible la aplicación extensiva de plaguicidas son la erradicación de enfermedades endémicas transmitidas por insectos (tifus, encefalitis, malaria, etc.) y el saneamiento de ciertas zonas para su dedicación al turismo u otros fines.

Resulta evidente que los plaguicidas químicos son, al menos por ahora, imprescindibles para el bienestar de la humanidad. Pero su empleo incontrolado lleva consigo los peligros inherentes a su toxicidad; peligros que en los últimos años han provocado una alarma general en la opinión pública que, aunque excesiva, ha resultado en parte beneficiosa, puesto que ha estimulado el interés sobre el problema en los medios gubernamentales y científicos (2).

1.4. Perspectivas futuras

Está generalmente admitido que el empleo incontrolado de los plaguicidas

(2) ALONSO-ALLENDE, A. (1978): *Los plaguicidas: ventajas e inconvenientes (Bioquímica de la resistencia)*, ed. C.E.B.A.S. Murcia, 109 págs.

puede afectar, por su toxicidad, a la fauna y flora naturales, ocasionando un desequilibrio parcial y temporal en la ecología de extensas regiones. En diversas ocasiones se han encontrado millares de peces muertos en ríos o lagos a consecuencia del uso inadecuado de plaguicidas en los terrenos ribereños o por haber vertido a las aguas residuos de su fabricación.

El riesgo de intoxicación alcanza también al hombre. Los residuos de plaguicidas que, en muchas ocasiones, quedan en los productos agrícolas y en los elaborados industriales que constituyen su alimentación, pueden originar intoxicaciones agudas, cuando el producto es muy tóxico o el residuo muy grande, o acumulativas, cuando se ingieren sistemáticamente alimentos contaminados con niveles altos de plaguicidas.

También ocurre que los plaguicidas inadecuados o mal aplicados pueden perjudicar la calidad de los productos agrícolas, produciendo manchas o zonas de textura alterada, o impartiendo sabores u olores desagradables originados por los propios residuos de plaguicidas o por las alteraciones que producen en el metabolismo vegetal.

El desarrollo de nuevos productos de acción más selectiva y el perfeccionamiento de los métodos de aplicación contribuyen a que el mercado de ventas de los plaguicidas en Estados Unidos esté en continua expansión. En la tabla III se exponen los datos previstos para el período 1962-1975. Hay que hacer notar que el mayor desarrollo se está introduciendo en el sector de los herbicidas, para los que se pronostica un gran futuro, con un promedio de aumento en el consumo anual de 14-17 por 100. El gran auge que está adquiriendo el comercio de los herbicidas se debe primordialmente a la creación, en los últimos años, de productos de acción muy selectiva que permiten detener el desarrollo de determinado tipo de hierbas u otras plantas nocivas sin dañar a las plantaciones agrícolas de interés. Por el contrario, el aumento en la producción de insecticidas parece que seguirá un nivel de pequeños incrementos anuales (1).

TABLE III
AUMENTOS EN LA PRODUCCION DE PLAGUICIDAS

	1962	1975	Promedio aumento anual
Insecticidas	217 *	250	2 %
Nematicidas y Rodenticidas	13	35	14 %
Fungicidas	107	113	5 %
Herbicidas	105	270	14-17 %

* Millones de dólares (valor a nivel fabricante producto básico).

Estas diferencias de la expansión futura en el desarrollo de nuevos plaguicidas se apoyan fundamentalmente en las modernas tendencias observadas. Tendencias que se dirigen hacia la obtención de productos de una mayor eficacia en los tratamientos y de acción residual menos peligrosa. Cualquier nuevo plaguicida se valora no sólo desde el punto de vista de su acción biocida, selectiva hacia un determinado agente causante de plagas, sino también por sus efectos residuales hacia otros géneros de vida. Puede ser que en el futuro los productos insecticidas actuales sean sustituidos por esterilizantes químicos o físicos, atrayentes específicos, etc.

Los problemas relacionados con los insecticidas son muy numerosos y las condiciones que se exigen de estos compuestos pueden, a veces, ser contradictorias. Un insecticida no debe dañar la vida animal o vegetal ni a los insectos amigos del hombre. Muchas veces se exige una especificidad que, llevada a su máximo grado, exigiría insecticidas a medida, pero esto es un inconveniente desde el punto de vista práctico y son más adecuados los productos de amplio espectro. Su acción debe ser suficientemente rápida y persistente; pero la persistencia trae consigo el problema de los residuos, tan aireado, con base posiblemente más espectacular que científica, en estos últimos tiempos, aun cuando no neguemos la importancia real que pueda tener.

Por otro lado, el manejo de estos compuestos exige unos conocimientos profundos de la biología del insecto, del medio ambiente, de los productos auxiliares empleados y de los equipos y formas de aplicación. Así, por ejemplo, la aplicación de polvos exige conocimientos del tamaño, forma y densidad de las partículas, dureza, carga electrostática, adsorción, absorción y adhesividad. En los rociados son muy importantes los problemas asociados a la tensión superficial, etc., etc.

Aquí no vale la frase de «cuanto más, mejor», pues, para conseguir resultados óptimos —fundamentalmente desde un punto de vista económico—, es necesaria una utilización científica de todos los elementos que intervienen en el proceso de la protección vegetal.

2. CONTAMINACIÓN DE PRODUCTOS AGRÍCOLAS POR PLAGUICIDAS

2.1. *Residuos de plaguicidas en alimentos*

Se considera como residuo de un depósito de plaguicidas a toda sustancia presente en o sobre el suelo, las plantas o cualquier otro sustrato resultante de la aplicación de un plaguicida. Este término comprende igualmente a todos los pro-

ductos de degradación o transformación, metabolitos o productos de reacción, susceptibles de tener una cierta importancia toxicológica. Generalmente la concentración de los residuos de plaguicidas son expresados en p. p. m. (partes por millón: miligramos por kilogramo) o en p. p. b. (partes por billón: microgramo por kilogramo en Estados Unidos y nanogramo por kilogramo en Europa).

Los residuos que podemos encontrar en los productos agrarios proceden, en su mayor proporción, del empleo directo de diferentes tipos de plaguicidas utilizados durante su producción o para su conservación, o, en el caso de animales, por su ingestión a través de los alimentos (3).

En EE.UU. las tolerancias residuales de plaguicidas se establecieron en 1954 mediante una modificación de su legislación alimentaria. A partir de ese momento las investigaciones sobre contaminación de los alimentos por plaguicidas se multiplicaron extraordinariamente, promoviendo los distintos estados y los organismos federales diversos estudios sobre los niveles de contaminación alcanzados.

En Inglaterra, el estudio sistemático de la contaminación de los alimentos por plaguicidas se inició en 1961, publicándose los primeros resultados en 1966.

También en España, y con el objeto de aportar más información sobre el problema de la contaminación de los alimentos por plaguicidas, se realizan estudios de los niveles de contaminación de varios grupos de alimentos y se determina la ingestión media de plaguicidas, por persona y día, a partir del consumo de los alimentos en zonas de agricultura avanzada e intensiva.

En estos estudios se determina la contaminación de los diversos grupos de alimentos que constituyen la dieta alimenticia media española y se valora su importancia por comparación con los «niveles máximos admisibles de ingestión diaria de plaguicidas» establecidos por la FAO y la OMS (4).

Los insecticidas organoclorados, debido a su carácter altamente persistente, constituyen el primer contaminante de alimentos por este concepto. Los organofosforados son mucho menos persistentes por ser más termolábiles: se ha comprobado su desaparición aún en alimentos congelados, en el curso de su almacenamiento a -18°C . Sin embargo, tampoco son ajenos a problemas de contaminación.

(3) EDWARDS, C. A. (1975): *Persistent pesticides in the environment*, CRC Press, Cleveland, 170 págs.

(4) FAO-OMS (1966-1977): *Residuos de plaguicidas en alimentos. Informes de las Reuniones conjuntas FAO-OMS*, Gineve.

2.1.1. *Materias primas y elaboradas*

Sobre las materias primas la determinación debe realizarse en el momento de su utilización. Pero, respecto de su aprovechamiento industrial, hemos de distinguir dos casos: 1.º Que sean objeto de tratamientos previos que puedan provocar la eliminación o disminución del contenido en residuos (operaciones de lavado, escaldado o «blanqueo» al agua, pelado mecánico o químico, trituración, cepillado, etc.) que se aplican a la casi totalidad de productos vegetales, y 2.º Que no reciban este tipo de tratamientos, caso mucho menos frecuente.

En el primer caso, el nivel de contaminación por residuos de plaguicidas debe ser muy bajo, casi despreciable en general, si se han respetado las condiciones de aplicación durante su producción y/o conservación. En trabajos realizados en el C. E. B. A. S. (Murcia) se ha puesto de manifiesto que el lavado con agua clorada y cepillado de tomates elimina el 100 por 100 de los residuos de plaguicidas (fundamentalmente compuestos de cobre). Sin embargo, en la práctica puede surgir el problema de las contaminaciones secundarias cuando dichas operaciones no se realicen correctamente. Como ejemplos citaremos, entre otros, el mantenimiento excesivo de una misma agua de lavado, de un mismo baño para pelado químico (caso de conservas de tomate, de gajos de naranja y mandarina, etc.).

En el segundo caso los problemas son mucho mayores, ya que el producto dispuesto para elaboración contiene prácticamente la misma cantidad de residuos que la materia prima.

También ha de considerarse la posibilidad de una contaminación adicional en la fase de preproceso como ocurre en salmueras con sal contaminada o como consecuencia de otros ingredientes, tales como líquidos de gobierno, especias, etc., que pueden contar con un nivel de residuos a veces muy superior al producto base del elaborado, a causa de la posible contaminación de sus componentes (agua, azúcar, sal, ajos, etc.).

2.1.2. *Niveles de contaminación y consumo diario*

Se ha podido comprobar que los niveles de contaminación media por plaguicidas (insecticidas y acaricidas), de las conservas vegetales producidas en nuestro país, no son en absoluto preocupantes (entre milésimas y centésimas de p. p. m.).

Los derivados cárnicos (incluidos embutidos, conservas y deshidratados) y los lácteos presentan el mayor nivel de contaminación (sobre todo los primeros), con cifras del orden de 20 veces superiores a las de derivados vegetales, debido a que los insecticidas organoclorados, por ser liposolubles, se acumulan en los tejidos grasos de los animales.

Los condimentos presentan un nivel de contaminación intermedio entre conservas vegetales y derivados cárnicos, como cabía esperar, aunque más próximo al de aquéllas (centésimas de p. p. m.).

Si consideramos los estudios realizados en España sobre residuos de plaguicidas en frutas y hortalizas, en conjunto, el porcentaje de muestras no contaminadas es del 25,7 por 100. Se han determinado los porcentajes de muestras contaminadas por cada uno de los compuestos detectados más frecuentemente, a los distintos niveles considerados y se ha observado que el contenido en insecticidas clorados se mantiene generalmente por debajo de 0,05 p. p. m.

Los residuos de acaricidas se encuentran entre un 20 por 100 y un 25 por 100 de las muestras analizadas, y solamente sobrepasan las 0,05 p. p. m. en el 6,4 por 100 y 4,3 por 100 de las muestras, siendo los valores máximos encontrados del orden de 0,2 p. p. m.

Para los restantes plaguicidas no se ha calculado el contenido medio en las frutas y hortalizas, ni el intervalo más probable de contaminación, debido a que sólo se han detectado en algunos productos y, por tanto, dichos valores sólo tienen un auténtico significado para esos productos aislados, pero no para el conjunto del total de frutos y hortalizas.

De los resultados expuestos se deduce que los niveles de contaminación son muy bajos, que ciertos plaguicidas aparecen con una gran frecuencia y que, teniendo en cuenta las tolerancias residuales de las diversas legislaciones y las toxicidades de los productos encontrados, no existe peligro de intoxicación por plaguicidas a través del consumo de los alimentos actualmente existentes en nuestros mercados (5).

Teniendo en cuenta el consumo medio anual por persona de los alimentos de cada uno de los principales grupos alimenticios, y conocidos los niveles de contaminación de cada uno de ellos, se recoge en la tabla IV una estimación de la cantidad de plaguicidas que puede ingerir una persona diariamente en España (6).

La ingestión media de plaguicidas que se deduce de los estudios realizados es de 78,4 μg /persona y día de DDT y 13,8 μg de Lindano por persona y día.

Estos niveles son muy inferiores a los máximos admisibles establecidos por la FAO y OMS (500 μg /día de DDT y 625 μg /día Lindano para personas de 50 kilogramos de peso).

(5) GIMENEZ, J. L. y col. (1977): "Niveles de residuos de plaguicidas organoclorados en pimentón y otros alimentos", *Alimentaria*, núm. 87, 49-56.

(6) MATSUMURA, F. (1976): *Toxicology of insecticides*, Plenum Press, London, 504 págs.

TABLA IV

CONSUMO MEDIO, POR PERSONA Y AÑO, DE LOS DIFERENTES ALIMENTOS

GRUPO	Kg./persona/año
I Productos lácteos	83,58
II Productos cárnicos	28,44
III Huevos	14,22
IV Pescados	25,20
V Grasas	4,85
VI Aceites vegetales	24,76
VII Productos de panadería	151,20
VIII Cereales	9,90
IX Hortalizas	54,30
X Tubérculos	109,80
XI Legumbres	15,00
XII Frutas	57,47
XIII Conservas vegetales	3,58

Esta ingestión de DDT y Lindano, calculada a partir de los datos de contaminación de los alimentos españoles, es algo superior a la encontrada en EE.UU. (55 µg/día de Lindano). Sin embargo, debe destacarse que en los alimentos españoles no se han encontrado plaguicidas altamente tóxicos, como el Endrin o el Dieldrín, que suelen encontrarse en los de los países mencionados.

Hemos de considerar también el caso de los residuos de fungicidas utilizados como coadyuvantes en la preconservación bajo régimen de frío de productos hortofrutícolas antes de su transformación industrial y en la conservación por refrigeración para consumo directo.

Los productos más utilizados son el ortofenil-fenato sódico, el 2-aminobutanobenomilo o Benlate, el difenilo y el thiabendazol. En general, en la preconservación, debido a la corta duración, o se utilizan en muy bajas concentraciones o no se utilizan. Sin embargo, en la conservación por refrigeración para consumo diferido en fresco la práctica está generalizada y se utilizan a elevadas concentraciones.

El problema que se presenta es el de su persistencia, necesaria por otra parte, ya que, en general, los productos no sufren después de su conservación ningún tratamiento de eliminación de residuos. Es de tener en cuenta que el fungicida suele quedar retenido en el pericarpio, sin afectar al mesocarpio.

2.2. Toxicidad

2.2.1. Persistencia

La persistencia o larga vida de los principios activos de los insecticidas juega un importante papel en su toxicidad residual. Cuando no se producen transformaciones físicas, químicas o metabólicas la toxicidad potencial presente es, en cualquier momento, igual que la inicial. Esto constituye muchas veces una desventaja considerable pues los residuos son retenidos por las plantas o el suelo durante largos períodos.

Los principios activos fácilmente transformables por las plantas poseen indudablemente ventajas de gran interés, porque, cumplida su misión insecticida, no dejan residuos tóxicos peligrosos para la vida del hombre o de los animales. Este es el caso de los insecticidas de fósforo utilizados en el tratamiento de muchas plagas. Con algunos de los insecticidas clorados últimamente introducidos y con los carbamatos ocurre algo análogo (7).

Ya hemos expuesto anteriormente que la persistencia de ciertos insecticidas clorocarbonados puede acarrear graves perjuicios para la vida de las plantas y los animales. Es sabido que el Aldrín, Dieldrín y Endrín tienen una vida media residual excesivamente larga y no pueden ser usados en determinados tratamientos. Algo análogo sucede con el Heptachlor y el DDT. Con los nombrados en primer lugar se produce, a veces, una fuerte contaminación del suelo agrícola durante un largo período, que lo deja inservible para cualquier planta que sea excesivamente sensible a estos productos. No debe hacerse la siembra de forrajeras porque luego éstas portarían una cantidad de residuos intransformables que los animales necesariamente habrían de ingerir y acumular en sus tejidos. En la carne de los animales sacrificados en los mataderos públicos se han encontrado cantidades variables de aquellos principios activos. También está contaminada la leche procedente del ganado alimentado en pastos que contienen residuos de aquellos insecticidas o con piensos que provienen de terrenos tratados. Estos residuos pasan invariablemente al organismo del consumidor con los perjuicios correspondientes, pero todavía es más grave si la leche con tales residuos es destinada a la alimentación infantil (5).

2.2.2. Niveles de toxicidad y consecuencias sanitarias

En la tabla V se resumen los resultados encontrados en la inspección analítica de la leche obtenida de vacas que fueron alimentadas con piensos preparados con dosis de diversos insecticidas. Se observa que tan sólo el Metoxichlor

(7) CARRASCO, J. M. y col. (1972): «Contaminación por plaguicidas de alimentos constituyentes de la dieta media española», *Rev. Agroq. Tecnol. Alim.*, 12, (3), 463-476.

T A B L A V

RESIDUOS EN LA LECHE PROCEDENTE DE VACAS ALIMENTADAS CON VARIOS INSECTICIDAS

(Niveles residuales en p.p.m.)

Días	DDT ^A			Metoxichlor ^A			Aldrin ^B			Dieldrin ^B			Heptachlor ^A	
	200C	10C	7.000C	800C	40C	1C	75C	10C	200C	75C	10C	200C	75C	
1	0,65	—	0	—	0,06	—	0,07	—	0,15	—	—	0,15	—	
7	3,67	0,28	0,83	0,17	5,22	0,12	1,61	1,10	1,40	0,32	1,10	1,40	0,32	
14	3,19	0,33	0,85	0,06	9,80	0,18	2,32	1,22	1,70	0,36	1,22	1,70	0,36	
56	5,91	0,48	1,56	0,13	14,96	0,33	12,33	1,15	3,20	0,79	1,15	3,20	0,79	
84	6,07	0,60	2,01	0,06	—	0,33	12,89	1,19	3,73	0,92	1,19	3,73	0,92	
112	6,00	0,63	2,14	0,13	16,10	0,41	13,26	1,78	4,14	1,52	1,78	4,14	1,52	
				<i>A partir de la iniciación de la dieta</i>										
				<i>Después del final de la dieta</i>										
1	4,60	0,73	0,40	0,10	12,00	0,39	—	1,26	3,93	1,50	1,26	3,93	1,50	
7	1,61	0,36	0,07	0,01	9,07	0,35	La vaca quedó seca	0,76	3,33	1,03	0,76	3,33	1,03	
13	0,83	—	0,04	0,04	—	—	—	—	3,09	0,79	—	3,09	0,79	
14	—	—	—	—	5,00	0,23	—	0,69	—	—	0,69	—	—	
28	—	—	—	—	0,77	0,18	—	0,34	—	—	0,34	—	—	
39	—	—	—	—	—	0,08	—	0,19	—	—	0,19	—	—	

A) Sensibilidad: 0,04 p.p.m.

B) Sensibilidad: 0,01 p.p.m.

C) p.p.m. en el alimento.

sufre una transformación metabólica más profunda que los demás y se elimina más rápidamente (8).

La acumulación se produce igualmente a través de la piel del animal tratado. Este hecho fue observado y medido cuantitativamente cuando se pulverizaban los establos con formulaciones adecuadas e insecticidas clorados, demostrándose que, mientras existe insecticida en la atmósfera del local, éste penetra a través de la piel del animal y se acumula en los depósitos grasos. En la tabla VI se recogen datos de unas experiencias que demostraron cómo dichos insecticidas pasan rápidamente por esta vía de penetración a la leche. Hay que hacer notar que cuando de esta leche contaminada se separa la porción grasa, los residuos de estos insecticidas van contenidos en ella casi en su totalidad.

TABLE VI
RESIDUOS EN LA LECHE PROCEDENTE DE VACAS PULVERIZADAS
CON VARIOS INSECTICIDAS

INSECTICIDA	Concentr. preparado (%)	Tiempo de residuo máx. (días) (C)	Residuo máximo (p.p.m.)	Duración de residuo detectable (días)
DDT	0,5 ^A	2	2,8	sup. 21
Dieldrín	0,5 ^A	3	7,0	sup. 21
Methoxichlor	0,5 ^A	1	0,70	men. 21
Methoxichlor	0,5 ^B	2	0,44	men. 21
Dilán	0,5 ^B	2	0,75	sup. 14
Strobane	0,5 ^A	1	0,74	14
Strobane	0,5 ^B	2	0,61	14
Toxaphene	0,5 ^A	2	0,61	14
Toxaphene	0,5 ^B	2	0,74	14
Perthane	0,5 ^A	3	0,17	men. 21

A) Emulsión.

B) Suspensión.

C) Después de pulverizar.

La presencia de un insecticida depende, por otra parte, de la planta o el fruto sobre el que se deposita. Es conocida la persistencia de los insecticidas fosforados sobre los frutos cítricos, sobre todo, cuando los árboles son tratados con Parathion. La vida media residual de este producto llega a alcanzar setenta y ocho días en las naranjas y sesenta y uno en los limones. Esto es sorprendente si se tiene en cuenta que son productos que normalmente tienen una vida media muy corta.

(8) HERRERA, A. y col. (1977): «Niveles de hexaclorobenceno (HCB) en leches maternizadas en polvo de fabricación española», *Alimentaria*, núm. 85, 63-64.

La vida media residual, larga o corta, de los principios activos de los plaguicidas tiene cierto significado en relación con su propio campo de acción. No pueden aplicarse indiscriminadamente uno u otro tipo de insecticidas, pues cada tratamiento requiere aquellos específicos más idóneos a los objetivos finales que se persiguen. Si la toxicidad primaria de un principio activo ha de ser fuerte y selectiva, deberá destruirse, o por lo menos, atenuarse al cabo de cierto tiempo, si los productos tratados van a destinarse al consumo humano y/o de los animales.

Para preparar los tratamientos deben conjugarse todos los conocimientos fundamentales que conducen a una buena práctica agrícola; el tipo de plaguicida más conveniente para combatir la plaga que existe en el momento; la concentración necesaria de principio activo en la formulación; el porcentaje de principio activo por unidad de superficie de terreno; fitotoxicidad; frecuencia de los tratamientos; vida residual media y el tiempo que debe mediar entre el último tratamiento y la recogida de la cosecha (plazo de seguridad).

La observancia de estos principios habrá de minimizar el problema que se plantea con la toxicidad residual de los plaguicidas. El consumo diario de productos que contienen pequeños residuos de sustancias tóxicas puede conducir a una toxicidad crónica masiva y a la degeneración de algunos órganos vitales. Centros de investigación especiales de muchos países, en cooperación con los organismos mundiales dependientes de las Naciones Unidas (FAO, OMS y otros asociados), estudian a fondo este problema, que por ahora se resuelve mediante la determinación de las tolerancias residuales por cada país.

2.2.3. *Estudios toxicológicos*

Debido a la posibilidad de que los plaguicidas utilizados entren en contacto con la piel o sean ingeridos en un momento dado, es absolutamente necesario hacer una serie de estudios toxicológicos de base que nos suministren los datos necesarios para hacer frente a las consecuencias derivadas de tal posibilidad. Los estudios toxicológicos de base deben ser ampliados con una serie de estudios toxicológicos complementarios. Es, pues, necesario estudiar y conocer las características que a continuación se detallan (6):

a) Toxicológicos de base:

- Propiedades físico-químicas detalladas.
- La toxicidad aguda: Los valores de DL_{50} (dosis letal al 50 por 100) de los productos y la forma de acción tóxica.
- Penetración y absorción percutánea.

- Carácter irritante de la piel y mucosas.
- Sensibilización alérgica.
- Efectos acumulativos de fracciones de la DL_{50} administradas cada día durante dos a cuatro semanas.
- Efectos resultantes de una exposición muy prolongada, es decir, toxicidad a corto y largo plazo.
- Efectos que aparecen después de un período de latencia.
- Reversibilidad de las lesiones producidas.

b) Toxicológicos suplementarios:

- Acción cancerígena.
- Efectos sobre la reproducción.
- Acción teratógena.
- Estudios metabólicos, incluidos absorción, distribución, acumulación y eliminación por el organismo.
- Toxicidad de los principales metabolitos, productos de reacción por descomposición formados sobre o en los materiales susceptibles de consumo.
- Potenciación de los efectos por otros productos químicos tóxicos. Así como la que estos últimos pueden provocar sobre las sustancias ensayadas en circunstancias particulares.

Esta lista no debe ser considerada como un plan rígido universalmente aplicable, sino más bien como una guía susceptible de modificación para cada sustancia particular.

Otros aspectos importantes a determinar son los riesgos a que se expone el medio ambiente, los cuales serán función de factores tales como la toxicidad, persistencia, cantidades aplicadas, tipo de formulación, método, época y magnitud de las aplicaciones. Las consecuencias sobre el ecosistema deben ser determinadas con exactitud, tanto a corto como a largo plazo.

c) Investigación de residuos.

Es preciso dar indicaciones de los contenidos en residuos de los productos destinados en su totalidad o en parte para el consumo humano o animal, tanto en estado de materia prima, como después de su transformación, pues el peligro eventual para el consumidor depende, principalmente, de los residuos existentes en un alimento dispuesto para el consumo, bien en el momento de la recolección o después de su transformación industrial.

Para los productos que son almacenados o transformados antes de haber sido puestos a la venta, las muestras deben ser analizadas en el momento de la recolección, si los tratamientos se aplican sobre la planta, o al finalizar el almacenaje si los tratamientos se hacen después de la recolección. En todo caso, es conveniente la determinación de residuos a lo largo del período de almacenamiento, o bien de su disminución como consecuencia de los tratamientos previos al consumo, tales como molienda, lavado, pelado, escaldado, etc. Todo ello será de gran valor para la determinación del riesgo para el consumidor.

Si los tratamientos se aplican sobre la planta, y fundamentalmente si se han realizado en un momento de desarrollo avanzado de la cosecha, debe establecerse la curva de desaparición hasta el momento de la recolección, teniendo presente las condiciones climatológicas, edad del vegetal, etc.

Si los tratamientos se aplican durante el almacenamiento (caso de fungicidas de conservación) la determinación debe efectuarse a lo largo del almacenaje, y, de igual modo, han de establecerse las curvas de desaparición antes de su uso.

Si los productos se destinan a transformación industrial, tanto procedentes directamente del campo como si han sufrido una conservación previa, los análisis de residuos deben efectuarse antes de pasar el proceso y sobre el producto elaborado.

La realización sistemática de estos controles permite conocer el grado de contaminación de un alimento y sus posibles efectos sobre el organismo que lo consume; esto último, en combinación con conocimientos previos acerca de su metabolismo. En cualquier caso, las investigaciones de residuos deben realizarse bajo un planteamiento estadístico correcto que permita establecer el grado de certeza de la información obtenida.

2.3. Control analítico de residuos

Es evidente la necesidad de un riguroso control del uso de los plaguicidas. Este control debe comprender el cumplimiento de normas sobre: productos que se pueden aplicar, técnicas y tiempo de aplicación. Sin embargo, la vigilancia final efectiva exige el análisis de los residuos de plaguicidas en los alimentos.

La necesidad de este control ha sido expuesta repetidamente por los científicos y por los organismos responsables de la salud pública de numerosos países. En algunos de ellos, EE.UU., Canadá, Alemania, Bélgica y U.R.S.S., existe, como consecuencia de esta necesidad, una legislación especial que determina los residuos permisibles de los distintos plaguicidas sobre productos agrícolas. Se han es-

tablecido también contactos supranacionales con el fin de unificar métodos analíticos, dar normas generales y redactar leyes comunes.

Para realizar una regulación efectiva del uso de plaguicidas se necesita disponer de métodos analíticos adecuados, de valores de referencia (que indiquen los contenidos máximos permisibles), y el conocimiento preciso de los procesos de degradación y del metabolismo de los plaguicidas. Esto exige una extensa investigación en muy diversos campos.

El análisis químico de los residuos de plaguicidas presenta numerosos problemas. El primero es, quizá, el límite de sensibilidad de los métodos analíticos; es decir, el hecho de que, para poder analizar un producto, se necesita una cantidad mínima del mismo, por debajo de la cual el producto no es detectable. Este hecho hace imposible la comprobación de si un determinado producto se atiene a la norma de no contener residuo alguno (tolerancia cero) que se había establecido para algunos plaguicidas, reemplazándose aquélla, por este motivo, por el concepto más práctico de «máximo residuo permisible». Este dato debe de ir acompañado siempre con la indicación del método analítico a utilizar, ya que distintos métodos pueden dar diferentes resultados.

Un problema importante a resolver, para lograr una generalización de una vigilancia efectiva, es la falta de personal preparado, incluso en los países más avanzados y así, en países como EE.UU. se ha señalado la necesidad de un programa de educación en análisis de residuos, del estudio de métodos analíticos más apropiados y de la publicación de normas analíticas, junto con los valores de residuos permisibles.

Los métodos de análisis de residuos de plaguicidas son muy sensibles y precisos, ya que se trata de determinar sustancias traza, del orden del nanogramo (10^{-9} g) y picogramo (10^{-12} g), y no puede establecerse un método general de determinación de residuos de plaguicidas, puesto que dependerá del material en donde se encuentre el residuo.

En general, el problema más complejo que se presenta es la separación, identificación y determinación cuantitativa de los residuos de varios plaguicidas de naturaleza desconocida sobre un mismo sustrato.

Para resolver este problema sería útil disponer de un método analítico para detectar y determinar cuantitativamente todos los plaguicidas en conjunto. Sin embargo, esto no es posible, y es necesario ir aplicando, sucesivamente, métodos de identificación de plaguicidas afines, que tienen grupos funcionales comunes u otras características idénticas.

Grupos de esta clase son los insecticidas clorados, los organofosforados y los fungicidas con agrupaciones de carbamatos. Así, por ejemplo, la propiedad de inhibir la colinesterasa puede servir para detectar los insecticidas organofosforados y para determinarlos cuantitativamente.

En otras ocasiones se pueden conocer los tratamientos que ha recibido el producto a analizar y, entonces, el análisis puede conducirse con mayor facilidad. Cuando se conocen con certeza los tratamientos que ha recibido la cosecha la identificación del plaguicida es sencilla y el problema se limita al análisis cuantitativo de los residuos.

Además de los métodos generales que pueden aplicarse a los grupos de plaguicidas se han desarrollado métodos analíticos específicos para muchos de ellos.

2.3.1. *Técnicas analíticas*

En la realización práctica del análisis de los residuos de plaguicidas se aplican técnicas muy diversas. Entre las más utilizadas deben destacarse la espectrofotometría, en todas sus formas (fluorescencia, ultravioleta, visible e infrarrojo); la cromatografía sobre papel, columna o capa fina, y la cromatografía gaseosa. En esta última pueden utilizarse los detectores de ionización de llama, termiónico de sodio, captura electrónica y conductividad térmica (9).

También se utilizan las técnicas de activación neutrónica y los métodos isotópicos. En algunas ocasiones se recurre a métodos enzimáticos y a bioensayos con insectos, microbios o plantas. Otra técnica utilizada es la polarografía, tanto simple como en sus modificaciones de polarografía osciloscópica y polarografía oscilográfica. También se utilizan, naturalmente, las técnicas convencionales del análisis químico.

Por consiguiente, un laboratorio de análisis de residuos de plaguicidas en alimentos necesita utilizar una amplia variedad de técnicas especiales que requieren personal muy especializado y un instrumental, generalmente, muy costoso. Esta es una de las causas que limitan la tan necesaria difusión del control analítico de residuos de plaguicidas.

Hasta 1960 las técnicas más sensibles sólo eran capaces de detectar residuos hasta límites del orden de 0,1 ppm; los posibles residuos inferiores a estos límites tenían que calificarse como no detectables o nulos. El desarrollo de las técnicas microanalíticas ha hecho descender estos límites de detección y se han podido

(9) FISHBEIN, L. (1975): *Chromatography of environmental hazards*, Vol. III. *Pesticides*, Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam, 820 págs.

detectar y medir los residuos que dejan ciertos tratamientos de plaguicidas, que anteriormente se calificaban como residuo nulo o no detectable, e incluso se ha comprobado que, en ocasiones, estos residuos son peligrosos para la salud pública.

La aplicación de las técnicas de cromatografía gaseosa y cromatografía sobre lámina delgada ha hecho descender los límites de detección hasta 0,01 ppm y al desarrollarse los detectores más sensibles aplicables a la cromatografía gaseosa, dichos límites bajaron hasta 0,001 ppm. Actualmente, las últimas técnicas microanalíticas permiten detectar trazas de algunos plaguicidas en concentraciones tan pequeñas como 1 ppb.

Estos avances permiten, indudablemente, un control más completo de los residuos de plaguicidas en alimentos, pero exigen el empleo de instrumentos costosos y de técnicas complejas que sólo pueden aplicar analistas muy especializados. Todo ello frena la generalización de estos métodos, tan necesaria para un control amplio de la salubridad de los alimentos.

2.4. *Criterios de la comisión conjunta FAO-OMS.*

En general, el mecanismo de acción de los plaguicidas (insecticidas, acaricidas, helicidas o molusquicidas, nematocidas, rodenticidas, fungicidas y herbicidas) es alterar una reacción enzimática vital para el organismo que combate. De aquí que la contaminación de los alimentos por residuos de plaguicidas sea un peligro potencial para la salud humana y por ello varios países y organismos internacionales, como la FAO y la OMS, han establecido las tolerancias residuales recomendables y los niveles de ingestión máximos diarios admisibles para algunos plaguicidas.

La OCDE se ha interesado, especialmente, por el conocimiento de los niveles de contaminación por residuos de plaguicidas que se encuentran en el medio ambiente y originan desequilibrios ecológicos. Los estudios, desarrollados en colaboración por varios países miembros de la OCDE, se iniciaron en 1966, y se dirigen a conocer la contaminación de la fauna salvaje que se utiliza como indicador de la contaminación.

Las reuniones conjuntas anuales que celebran la Comisión de expertos de la FAO con el Comité de Expertos de la OMS, tienen por objeto realizar informes sobre la presencia de residuos de plaguicidas en los alimentos para evaluar los posibles peligros que pueden tener para el hombre (10).

(10) FAO-OMS (1975) 1974: *Evaluations of some pesticide residues in food*, WHO, Geneva, 545 págs.

Los estudios que se realizan posteriormente a estas reuniones contienen datos sobre las ingestas diarias admisibles (IDA) establecidas, los límites de residuos y los métodos de análisis propuestos para los distintos plaguicidas considerados. Los documentos complementarios contienen monografías detalladas sobre plaguicidas y abarcan comentarios sobre métodos analíticos (8).

El grupo de trabajo de la FAO se encarga de:

- a) Examinar los datos pertinentes sobre ciertos plaguicidas y sus residuos.
- b) Proponer límites de residuos de plaguicidas y recomendar métodos para su análisis.

El Comité de expertos de la OMS se encarga principalmente de:

- a) Examinar los datos toxicológicos y otros pertinentes relativos a ciertos plaguicidas y sus residuos.
- b) Establecer, cuando fuere posible, la IDA de dichos plaguicidas para el hombre.

Además, cada uno de estos grupos de expertos dará recomendaciones encaminadas a indicar, estimular y coordinar las investigaciones necesarias.

En la tabla VII se exponen algunas de las conclusiones alcanzadas en la reunión correspondiente a 1974 (10).

2.5. Recomendaciones para mejorar las actuales normas sobre residuos de plaguicidas.

El continuo perfeccionamiento de los métodos de análisis de residuos de plaguicidas que hemos comentado anteriormente, ha conducido a la necesidad de sustituir el concepto «residuo nulo», que se emplea en las especificaciones del registro de plaguicidas, y el de «tolerancia cero», utilizado en las legislaciones alimentarias, por otros conceptos que se han propuesto como más adecuados.

En varios países, cuando un plaguicida se registra en el organismo oficial correspondiente, se califica como de «residuo nulo», si, al utilizarlo según las especificaciones que se indiquen, el residuo que dejan en la cosecha no es detectable por el método de análisis más sensible conocido en el momento del registro.

Por otra parte, en las legislaciones alimentarias, se fija el nivel de «tolerancia cero» para los residuos de un determinado plaguicida en los alimentos en los

TABLA VII

PLAGUICIDA	Publicación FAO/OMS (véase bibliografía)	Máxima ingestión diaria admisi- ble (mg/Kg) de peso corporal	Producto	Límites de residuos		Dosis de orientación (mg/Kg)	Observaciones				
				Tolerancias (mg/Kg)	Límites prácticos (mg/Kg)						
DDT	1967B	0,005 (Véanse observaciones)	Manzanas, albaricoques, peras, me- locotones, frutas pequeñas (excep- to fresas), hortalizas (excepto rá- ces), grasa de carne y aves de corral	7		—	La IDA es con- dicional. La tole- rancia referente al pescado se reti- ró en la reunión de 1969.				
	1968B					—					
	1969B					—					
	1970,					—					
	1973A					—					
						3,5			—	Los límites se aplican a DDT, DDD y DDE in- dividualmente o juntos.	
						1			—		
						Leche y productos lácteos respec- to a grasa)			1,25	—	Tolerancias su- jetas a revisiones periódicas.
						Huevos (sin cáscara)			0,5	—	

TABLA VII

PLAGUICIDA	Publicación FAO/OMS (véase bibliografía)	Máxima ingestión diaria admisi- ble (mg/Kg) de peso corporal	Producto	Límites de residuos		Dosis de orientación (mg/Kg)	Observaciones
				Tolerancias (mg/Kg)	Límites prácticos (mg/Kg)		
METIL-PARATHION	1965B, 1968B, 1970, 1971B	0,005	Albaricoques, frutos cítricos, me- locotones	1			
			Otras frutas frescas	0,5			
			Hortalizas zanahorias	0,7			
METIL-PARATHION	1969B, 1973B	0,001C	Frutas, coles, cucurbitáceas	0,2C			Las cucurbitá- ceas abarcan me- lones y pepinos. Las tolerancias temporales son para metil - para- tion con su aná- logo oxigenado.
			Otras hortalizas	1C			
			Accite de semilla de algodón	0,05C			

TABLA VII (Cont.)

PLAGUICIDA	Publicación FAO/OMS (véase bibliografía)	Máxima ingestión diaria admisi- ble (mg/Kg) de peso corporal	Producto	Límites de residuos		Dosis de orientación (mg/Kg)	Observaciones
				Tolerancias (mg/Kg)	Límites prácticos (mg/Kg)		
	1965B,	0,002	Acetunas y aceite de oliva ...	2			
	1967B		Cerezas, frutos cítricos, melocotones ...	0,7			
	1968B		Otras frutas ...	0,5			
	1969B		Hortalizas de hoja ...	0,7			
	1971B		Otras hortalizas ...	0,5			
			Maíz dulce (granos y mazorcas, sin hojas) ...	0,7			
			Semilla de algodón, semilla de cáncamo y semilla de girasol ...	0,5			
			Almendras, avellanas, pacanas, maní, nueces ...	0,5			
			Arroz, cebada, trigo ...	0,1			
			Grasa de carne de vacuno, ovino y porcino ...	0,7			

Los residuos se determinarán y expresarán como sustancia primitiva.

Los residuos bajan rápidamente en cuantía durante el almacenamiento y transporte.

DIAZINON

T A B L A VII (Cont.)

PLAGUICIDA	Publicación FAO/OMS (véase bibliografía)	Máxima ingestión diaria admisi- ble (mg/Kg) de peso corporal	Producto	Límites de residuos		Dosis de orientación (mg/Kg)	Observaciones
				Tolerancias (mg/Kg)	Límites prácticos (mg/Kg)		
	1967B, 1968B, 1969B, 1971B	0,02		Uvas	8		
				Cereales en fruto, nueces, frutas secas	8		
				Harina integral y harina de cen- teno y de trigo	2		
				Frutos cítricos	4		
				Moras, frambuesas, lechuga, endi- vias, coles, espinacas	8		
				Cerezas, melocotones, ciruelas ...	6		
				Brécoles	5		
				Tomates, berza común, nabos ...	3		
				Frijoles (verdes), manzanas	2		
				Fresas, apio	1		
				Peras, mirtillos, guisantes (con vai- na), coliflor, pimientos, berenje- nas, colirrábano, raíces (nabos ex- clusive), cardo suizo, acelgas	0,5		

MALATION

0 Indica adiciones o modificaciones hechas por la Reunión Conjunta de 1972.

1 Las referencias son a publicaciones FAO/OMS (véase la Bibliografía en la págs. 36). Las fechas de publicación se refieren a la primera monografía completa o completamente revisada o a menciones importantes del compuesto en el informe. Cuando una monografía se ha corregido completamente, no se mencionan las anteriores anticuadas. Cuando sólo aparece la fecha de 1973, el compuesto se consideró por primera vez en la Reunión Conjunta de 1972.

2 Salvo indicación en contrario, las tolerancias y límites prácticos de residuos deberán aplicarse, tan pronto como sea factible, después de la cosecha a los productos agrícolas en bruto, destinados al comercio y antes de su elaboración. Para los productos destinados al comercio internacional, las tolerancias se aplican, a menos que se indique otra cosa, en el momento de entrada en un país, o después lo antes posible. Todas las dosis se refieren a contenidos o muestras representativas de consignaciones individuales o lotes.

3 Las dosis de orientación se incluyen con el fin de ayudar a las autoridades administrativas, aun cuando no se haya establecido la IDA para productos individuales, o se haya establecido la IDA temporal en una fecha anterior y se haya retirado. Las dosis recomendadas son aquellas que no deben excederse si se siguen prácticas agrícolas normales. En lo que respecta a fumigantes, están destinados a aplicarse en una de las etapas indicadas por *f*, *g* ó *b*, en el entendimiento de que, cuando se aplican de este modo, los residuos de fumigantes inalterados en los alimentos según se ofrecen para el consumo no excederían una cantidad próxima al límite de determinación por los métodos analíticos actuales.

* Dosis en el límite de terminación o próxima al mismo.

a Temporal: los resultados de investigaciones deberán facilitarse, a más tardar, el 30 de junio de 1973.

b Temporal: los resultados de investigaciones deberán facilitarse, a más tardar, el 30 de junio de 1974.

c Temporal: los resultados de investigaciones deberán facilitarse, a más tardar el 30 de junio de 1975.

d Temporal: los resultados de investigaciones deberán facilitarse, a más tardar, el 30 de junio de 1976.

e Temporal: los resultados de investigaciones deberán facilitarse, a más tardar, el 30 de junio de 1977.

f Deberán aplicarse en el punto de entrada en un país *y*, en el caso de cereal para molturación, si el producto ha estado libremente expuesto al aire durante un período de por lo menos 24 horas después de la fumigación antes del muestreo.

g Deberán aplicarse a productos cerealícolas molidos que hayan de someterse a cocción o cocinado.

b Deberán aplicarse en el punto de venta al por menor o cuando se ofrecen para el consumo.

siguientes casos: *a)* Si la toxicidad es tan elevada que no se puede tolerar ningún residuo; *b)* Cuando no hay suficientes datos para poder admitir mayor tolerancia, y, *c)* Cuando al usar el plaguicida, de acuerdo con las normas establecidas, el residuo que pueda dejar sobre la cosecha no es detectable por el método analítico más sensible conocido en el momento.

Al mejorar continuamente las técnicas analíticas puede ocurrir, y ocurre de hecho, que residuos de un nivel que anteriormente no era detectado lo sean con las técnicas mejoradas, lo cual implica dos cuestiones: *a)* La posibilidad de que estos residuos sean peligrosos para la salud pública, y, *b)* El hecho de que estos residuos, aun en el supuesto de que no sean peligrosos, ya no pueden calificarse como «cero», con lo que los productos que lo contienen dejan de cumplir estrictamente las normas establecidas.

Estas cuestiones fueron ya consideradas en la reunión celebrada en Roma, en 1961, por técnicos de la FAO y de la OMS, donde se recomendó prescindir de los conceptos «residuo nulo» y «tolerancia cero» y utilizar los de «residuo permisible» y «residuo despreciable».

Al requerimiento de los Departamentos de Agricultura y de Salud, Educación y Bienestar de Estados Unidos, el Comité de Residuos de plaguicidas de la Academia Nacional de Ciencia de aquel país estudió diversos aspectos del asunto y emitió, en junio de 1965, un informe que contenía algunas recomendaciones, de las que resumimos las de interés más general:

1.^a Prescindir de los conceptos «residuo nulo» y «tolerancia cero» y utilizar los de «residuo despreciable» y «residuo permisible».

2.^a Autorizar solamente aquellos plaguicidas que dejen en las cosechas, como máximo, un «residuo despreciable» o un «residuo permisible». Se entiende como permisible, un residuo que ingerido en la dieta alimentaria diaria no constituya peligro para la salud pública, y despreciable el que sea inferior a un nivel establecido para cada caso.

3.^a Especificar para cada plaguicida el nivel por debajo del cual el residuo puede considerarse «residuo despreciable» y, además, el método analítico que debe emplearse para determinar si el residuo contenido en un alimento es superior o inferior a dicho nivel.

4.^a Junto a los valores dados para los «residuos permisibles» deben especificarse también los métodos analíticos que deben emplearse para enjuiciar la observancia o no observancia de las regulaciones correspondientes en un determinado alimento.

La adopción de estas recomendaciones mejorará notablemente las actuales regulaciones sobre el uso de plaguicidas y sus residuos en alimentos, garantizando una más alta salubridad de los mismos, pero llevarlas a cabo en toda su amplitud requiere una extensa labor de investigación.

3. PROBLEMAS TECNOLÓGICOS

Se ha comprobado que algunos insecticidas, fundamentalmente organoclorados, provocan sabores y olores extraños sobre algunos productos hortofrutícolas. Es bien conocido el sabor y olor extraño que suele aparecer sobre patatas que han sido tratadas con HCH. El Lindano, sin embargo, no provoca esa alteración.

Restos de azufre, procedente de tratamientos plaguicidas que lo contienen, tales como azufre micronizado, tiocarbamatos, ditiocarbamatos, sulfato de cobre, etcétera, provocan corrosiones internas en envases metálicos, ya que actúan como catalizadores de corrosión por su capacidad despolarizante. La presencia de iones metálicos incorporados en ciertos residuos favorece la pérdida de vitamina C por catalizar su oxidación.

Por otra parte, la presencia de residuos de plaguicidas en materias primas y elaborados puede conducir, hecho relativamente frecuente, a que el producto no cumpla las normas legisladas al respecto, lo que lo hace incomercializable, ocasiona graves pérdidas económicas, problemas legales, etc. Entre los tipos de elaborados más característicos por la frecuencia con que se presentan estos problemas, podemos citar las conservas vegetales y los condimentos. Y como materias primas los cítricos en general.

En las fábricas de conservas vegetales (pimiento para pimentón, tomate, derivados de agrios, etc.), para evitar la presencia de residuos en el producto transformado, se somete la materia prima a un doble lavado en balsas de agua acidulada, escurrido en transportador, y nuevo lavado con agua por aspersión, antes de proceder a su fabricación.

El lavado, incluso con detergente y cepillado de la casi totalidad de productos, tanto destinados al mercado como a conservación, es una fase imprescindible en las centrales hortofrutícolas. También es una operación ineludible en industrias de congelación, deshidratación, liofilización, etc.

4. LEGISLACIÓN Y CONTROL

Todos los países más organizados tienen una legislación, a veces muy dispar, relativa a la utilización y control de plaguicidas. En cada caso hay organismos competentes encargados de establecer niveles máximos de cada uno de los plaguicidas utilizados en agricultura.

El Comité de la FAO sobre plaguicidas en agricultura y el Comité de Expertos de la OMS en residuos de plaguicidas, han establecido una serie de normas a fin de regular el uso y control de plaguicidas en alimentos.

En general, en cualquier legislación se dan normas acerca de la clasificación de los plaguicidas en función de su toxicidad; la DL_{50} de cada compuesto determina su inclusión en los diferentes grupos establecidos. A veces es una característica especial la que lo fija (por ejemplo, falta de antídoto). También se regulan: la identificación (nombre comercial, materia activa, etc.); las precauciones a tomar; el modo de empleo; el grupo toxicológico a que pertenece, y los símbolos representativos.

Existen además normas reguladoras de una serie de aspectos tales como:

- Cultivos donde pueden ser empleados los diferentes plaguicidas.
- Dosis de aplicación máximas.
- Número de aplicaciones por estación.
- Fechas de aplicación.
- Intervalo entre la recolección y la última aplicación (plazo de seguridad).

Asimismo se dan normas para la protección del medio ambiente, aves, ganados, etc., tales como:

- Destrucción de recipientes después del uso.
- No tratar durante la floración.
- Mantener el ganado fuera de las áreas tratadas durante un tiempo determinado.
- Protección de cursos de agua, etc.
- La reglamentación vigente en España exige que, para poder utilizar un plaguicida, se encuentre inscrito en el Registro de productos fitosanitarios, que fija, entre otras condiciones, el plazo de seguridad que como mínimo debe mediar entre la última aplicación y la recolección.

La determinación del tiempo que debe transcurrir entre el último tratamiento

y la recolección, se realiza teniendo en cuenta la cantidad de residuos posibles en el número de días, para obtener un margen de seguridad que garantice que dichos residuos son siempre inferiores a los niveles de tolerancia exigidos (11).

5. PERSPECTIVAS DE ACTUACIÓN

Entre las diversas formas de actuación para evitar al máximo los riesgos que se pueden derivar de la utilización de los plaguicidas, podemos citar las siguientes:

— Estudiar los ciclos de plagas a combatir, a fin de luchar contra ellas con el mínimo posible de plaguicida, e incluso sin él, mediante la lucha biológica, radiaciones esterilizantes, etc.

— En caso de resultados similares, utilizar siempre el producto menos nocivo.

— No hacer tratamientos en épocas próximas a la recolección, de no ser absolutamente necesarios. En cualquier caso, respetar las normas de aplicación y, sobre todo, el tiempo de espera (plazo de seguridad).

— Investigar nuevos productos efectivos, pero de escasa acción residual, como los insecticidas viróticos empleados en la actualidad en Rusia.

— Utilizar productos cuyos metabolitos o productos de reacción carezcan de toxicidad.

— Activar los estudios para el control biológico de plagas y enfermedades.

— Someter los alimentos a los tratamientos necesarios y en las condiciones adecuadas para tener la absoluta certeza de la eliminación de los residuos (lavados, cepillados, etc.).

(11) ALONSO-ALLENDE, A. (1978): *Legislación sobre plaguicidas y residuos de plaguicidas*, ed. C.E.B.A.S. Murcia, 142 págs.