

1. UTILIZACIÓN DE PESTICIDAS SOBRE ALGODÓN

1.1 ¿QUÉ ES UN PESTICIDA?

Con el término pesticida se describe cualquier sustancia que puede emplearse para controlar plagas que ataquen tanto a los cultivos, al ganado, o durante el transporte y almacenamiento de productos. Estos compuestos son formulados y vendidos selectivamente en función de sus propiedades específicas.⁽ⁱ⁾

El periodo relativamente largo de maduración del algodón permite a gran número de insectos multiplicarse, factor que favorece la utilización de gran número de pesticidas durante su cultivo. Por otro lado se emplean grandes cantidades de herbicidas como defoliantes para permitir el cosechado mecánico del algodón.

En el presente capítulo se pretende hacer una breve reseña de los principales grupos de pesticidas, a saber :

- Organoclorados (OC)
- Organofosforados (OP)
- Piretrinas y piretroides
- Carbamatos

Posteriormente se realiza un estudio bibliográfico sobre el volumen de pesticidas empleados en la actualidad sobre el cultivo de algodón, a través de dicho estudio se pretende dar una visión sobre la materia prima con la que se pueden encontrar los fabricantes textiles europeos susceptibles de solicitar la ecoetiqueta europea en función del país de origen del algodón.

Los pesticidas limitados por la etiqueta ecológica europea han ido variando al irse revisando y aprobando diferentes versiones. En la Tabla siguiente se compara la lista inicial de pesticidas aprobada en marzo de 1996 (documento marco inicial del presente trabajo) y la más reciente de febrero de 1999.

Tabla 1 Pesticidas limitados por la ecoetiqueta europea

PESTICIDAS	Versión 1996 (camisetas y ropa de cama)	Versión 1999 (artículos de textiles)
<i>Aldrin</i>	X	X
<i>Dieldrín</i>	X	X
<i>Endrín</i>	X	X
<i>Clordano</i>	X	X
<i>Heptacloro</i>	X	X
<i>Hexaclorobenceno</i>	X	X
<i>Captafol</i>	X	X
<i>DDT(DDE,DDD)</i>	X	X
<i>2,4,5-T</i>	X	X
<i>Pentaclorofenol</i>	X	X
<i>Canfecloro</i>	X	
<i>Clordimeformo</i>		X
<i>Clorobencilato</i>		X
<i>Dinoseb</i>		X
<i>Monocrotofós</i>		X
<i>Hexaclorohexano</i>		X

1.2 PESTICIDAS ORGANOCLORADOS (OC)

Los pesticidas organoclorados (OC) fueron los primeros en emplearse como insecticidas sintéticos, en el caso particular del algodón, los pesticidas OC desarrollados durante la Segunda guerra mundial ayudaron a reestructurar las zonas geográficas destinadas a ciertos cultivos potenciando la expansión de dicha fibra, sobre todo en muchos países no desarrollados.

En un principio, se aconsejaba el uso de los pesticidas durante la etapa de maduración del algodón sin considerar el efecto real causado por la/s plaga/s. Como los pesticidas OC eran los más económicos y eliminaban indiscriminadamente a todos los insectos fueron los más utilizados y recomendados, consiguiendo un extraordinario aumento de la producción (por ejemplo en el caso de Estados Unidos pasó de 224 kg/Ha entre 1936-1945 a 268 kg/Ha entre 1946-1955).⁽ⁱⁱ⁾

Muchos gobiernos subsidiaron el uso de éstos pesticidas buscando intensificar la producción algodonera, situación en la que se encuentran actualmente algunos de los países subdesarrollados productores de algodón, aunque es bien sabido como este tipo de política favorece no sólo el uso, sino el abuso de los agrotóxicos, además de descartar la utilización de otros medios para controlar las plagas.

En los años cincuenta algunos entomólogos comenzaron a cuestionarse el verdadero poder sobre las plagas de los pesticidas OC y a mediados de esta misma década se produjeron los primeros casos de resistencia de los insectos a los pesticidas: los pesticidas OC debido a su inespecificidad, eliminaban también especies de insectos depredadoras de aquellos que causaban la plaga por lo que el número de plagas aumentó en el algodón tratado.

El control actual de las plagas pretende emplear productos específicos y no persistentes en el medio ambiente, aunque en la práctica este objetivo no se ha alcanzado completamente, por ejemplo los insecticidas no persistentes actualmente en uso (carbamatos y organofosfatos) no son compuestos realmente selectivos.

A grandes rasgos este grupo de pesticidas presenta las siguientes características:

- Los pesticidas OC son muy estables en el medio ambiente por lo que se produce bioacumulación conforme ascienden en las cadenas tróficas alimentarias.
- La mayoría son poco solubles en agua mientras que todos son muy solubles en disolventes orgánicos, esto supone para los mamíferos el peligro de que se acumulen en sus tejidos grasos.
- En general los diferentes organismos los absorben a través del tracto gástrico, siendo su efecto principal la estimulación o depresión del sistema nervioso central.
- Presentan un rango muy amplio de valores de toxicidad aguda y efectos crónicos.
- Algunos tienen riesgo de efectos cancerígenos.
- Se les considera los pesticidas menos tóxicos a nivel de efectos agudos, presentando por el contrario una elevada toxicidad crónica.

1.2.1 DERIVADOS DEL CROROETANO ($\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{Cl}$)

Algunos de los pesticidas que podemos incluir dentro de este grupo son:

- *Hexaclorobenceno*
- *Captafol*
- *DDE (o,p' y p,p')*
- *DDD (o,p' y p,p')*
- *DDT (o,p' y p,p')*

El *DDT*, con sus correspondientes isómeros *o,p'* y *p,p'* y los derivados mono y diclorados *DDE*, *DDD*, fueron los primeros insecticidas sintéticos en utilizarse de forma generalizada. Sus propiedades insecticidas se descubrieron en 1939 y se emplearon ampliamente durante las décadas de los 40 y de los 50. Durante los años sesenta su uso fue prohibido debido a su efecto medioambiental adverso (biomagnificación en las cadenas tróficas) y a su potencial acumulación en los seres humanos.

Pese a su reputación de “pesticida peligroso”, el *DDT* es uno de los más seguros considerando los estudios de los que se disponen de su efecto sobre la salud humana, sin tenerse noticia de envenenamientos mortales por su uso.

Una exposición crítica a *DDT* produce unos efectos primarios neurotóxicos: parestesia facial, irritabilidad, equilibrio precario, temblores y convulsiones. El hombre acumula el *DDT* en su tejido adiposo, y en humanos expuestos a dosis bajas del pesticida no tienen porque observarse efectos clínicos, aunque puede producirse efectos agudos si las reservas de *DDT* pasan al torrente sanguíneo, caso por ejemplo de una dieta precaria o de hambre.

El uso de un derivado, el *Metoxicloro* se está incrementando, al tener un bajo nivel de toxicidad a nivel de mamíferos y una menor persistencia medioambiental.

1.2.2 PESTICIDAS CLORADOS CILODIENOS

En este grupo se incluyen:

- *Clordano*
- *Heptacloro*
- *Aldrín*
- *Dieldrín*
- *Endrín*
- *Endosulfan*

Tienen un efecto tóxico común: producen convulsiones antes que otro tipo de síntomas como serían dolor de cabeza, náuseas y vómitos y efectos crónicos sobre el sistema motor mientras que los efectos neurotóxicos parecen ser secundarios.

A dosis crónicas un estudio efectuado sobre ratones condujo a que *Dieldrín*, *Heptacloro* y *Clordano* (el cual contiene un diez por ciento de *Heptacloro*) producían cáncer de hígado. *Aldrín*, *Dieldrín* y *Endrín* producen defectos congénitos, siendo el *Aldrín* y el *Heptacloro* tóxicos para el feto.

1.2.3 HERBICIDAS

Estos compuestos se formulan para interferir con el sistema hormonal de las plantas, afectando por tanto al sistema bioquímico de los vegetales tratados, los cuales presentan unos síntomas de crecimiento no controlados.

Aunque los preparados puros de estos productos presentan unos niveles bajos de toxicidad para los mamíferos dado que estos carecen del sistema hormonal vegetal, si tienen efectos mortales sobre otros animales en los que causan fibrilación ventricular. Por tanto se les considera muy poco tóxicos para el hombre, siendo por el contrario, sorprendentemente, los que generan el mayor número de envenenamientos.

En este grupo se incluyen:

- *2,4-D*
- *2,4,5-T*
- *Pentaclorofenol*

El *2,4,5-T* contiene impurezas de *TCDD* o *dioxina*, (a nivel de trazas) de todas formas cabe decir que este tipo de compuestos está entre las toxinas conocidas más potentes. Se desconoce el modo de actuación de las *dioxinas* (hay un total de 75 isómeros posibles), pero se han realizado experiencias en las que los animales tratados mueren en unos periodos que pueden variar entre días o semanas.

Las *dioxinas* son por otro lado altamente cancerígenas y teratogénicas, son persistentes a nivel medio ambiental, y siempre que se fabrican clorofenoles están presentes, particularmente en las reacciones de síntesis del *2,4,5-T*.

1.3 PESTICIDAS ORGANOFOSFORADOS (OP)

El desarrollo de los organofosfatos supuso un paso adelante en el control de los insectos, ya que son sustancias efectivas contra un amplio rango de insectos y no persistentes en el ambiente (en comparación por ejemplo a los OC).

El principal problema que presentan es que algunos organofosfatos son extremadamente tóxicos para los mamíferos y debido a esto presentan problemas a la hora de ser aplicados o manejados.

Los compuestos organofosforados usados más comúnmente son:

- *TEPP (tetraetilpirofosfato)*
- *Paratión*
- *Diclorvos*
- *Diazinon*
- *Dimetoato*
- *Malatión*

La base del efecto tóxico de los pesticidas organofosforados es su capacidad de inactivar la acetilcolinesterasa (AChE) la cual se encuentra en sinapsis del sistema nervioso central y autónomo y en las terminaciones nerviosas de los músculos estriados⁽ⁱ⁾.

En la secuencia normal de las transmisiones neuronales varios de los pasos reversibles tienen lugar en las sinapsis: en primer lugar el neurotransmisor, acetilcolina, se une al receptor proteínico en la postsinapsis, lo cual conduce a un cambio conformacional, a cambios iónicos y a la despolarización de la membrana postsináptica.

Para que finalice dicha despolarización es necesario que tengan lugar dos procesos, cuando la acetilcolina es liberada por el receptor, difunde y su efecto es anulado por el efecto de la AChE. Si la AChE es inhibida el efecto de la acetilcolina es prolongado

por lo que se puede unir repetidamente a diferentes receptoras abriendo diferentes canales lo cual conduce a una excitación nerviosa continuada que puede provocar la parálisis nerviosa.

La absorción de los pesticidas organofosforados es muy rápida a través de la piel y del tracto gastrointestinal. Para aquellos pesticidas organofosforados que no requieren activación metabólica los efectos iniciales de una intoxicación son visibles a los pocos instantes del contacto, consistiendo en excesiva sudoración y gesticulaciones si el contacto ha sido dérmico, rigidez respiratoria y secreciones bronquiales si el contacto se ha producido por inhalación, y náusea y vómitos si ha habido una ingestión oral ⁽ⁱ⁾.

De todas formas sólo unos pocos pesticidas organofosforados son capaces de inhibir la acetilcolinaesterasa "in vitro" (por ejemplo el *Paraoxón*). La mayoría tienen un grupo tio (=S) que debe ser metabolizado a oxo (=O) para su activación.

1.4 CARBAMATOS

Al igual que los pesticidas OP, el desarrollo de los Carbamatos supone un paso adelante en el control de los insectos, ya que son sustancias efectivas contra un amplio espectro de especies y no persisten en el medio ambiente en comparación con los OC. El principal problema que presentan es que son extremadamente tóxicos para los mamíferos, por lo que deben extremarse las medidas de protección a la hora de manejarlos.

La acción de los carbamatos es similar a la de los pesticidas organofosforados al actuar inactivando la acetilcolina esterasa (AChE).

Algunos ejemplos de carbamatos son:

- *Propoxur* (Baygón)
- *Carbaryl* (Sevin)
- *Aldicarb* (Tremik)

El mecanismo de actuación de los carbamatos es similar al de los organofosforados., aunque debe tenerse en cuenta que los efectos son reversibles a menor plazo. Los síntomas a una exposición aguda a carbamatos consisten en náusea, vómitos, incremento en la sudoración y la salivación, visión borrosa, debilidad muscular, espasmos, miosis y en casos graves convulsiones, siendo el único tratamiento efectivo de los envenenamientos por carbamatos la aplicación de dosis elevadas de *atrapina*⁽¹⁾.

1.5 PIRETRINAS

A mediados de los 70 se desarrolla un nuevo tipo de pesticidas, las piretrinas, para luchar contra los problemas de resistencia generados por los OC y OP.

Las plagas que afectan en la actualidad al algodón son ampliamente resistentes a OC, OP y carbamatos, por lo que las piretrinas sintéticas son los pesticidas utilizados más frecuentemente y los recomendados por las estrategias del Plan de Control de Plagas (IPM). Este plan supone un paso adelante ya que incluye el estudio del hábitat, depredadores, etc. de las diferentes plagas, recomienda la aplicación selectiva de los pesticidas y el empleo de medidas alternativas, como agentes de biocontrol, con lo que se conseguiría reducir en gran medida la aplicación descontrolada y abusiva de los pesticidas.

En este grupo se pueden incluir pesticidas empleados masivamente como:

- *Cipermetrín*
- *Cihalotrín*
- *Deltametrín*
- *Fenvalerato*

1.6 USO DE PESTICIDAS SOBRE ALGODÓN

La utilización del algodón como fibra textil por parte del hombre se remonta en la historia de la humanidad miles de años, mientras que el uso de pesticidas en el cultivo de dicha fibra se inicia hacia finales de 1940 con las primeras aplicaciones de *DDT*, que evidentemente se consideraban del todo beneficiosas para el desarrollo agrícola.

A finales de los 60, pese al uso masivo de pesticidas se observan descensos, incluso pérdidas de las cosechas debido al desarrollo de plagas de insectos resistentes. El caso de Sudán es fiel reflejo de este hecho, mientras el coste de producción del algodón se cuadruplicó durante diez años debido al uso masivo de pesticidas la producción paso de 420 kg/Ha en la década de los 70 a 250 kg/Ha en 1980 debido al aumento de plagas resistentes, siendo éste un valor similar al obtenido previamente al empleo de pesticidas. Este ciclo de dependencia ha provocado que muchos productores hayan abandonado el cultivo de algodón, y ha producido graves consecuencias en países como El Salvador, Perú, Nicaragua, Guatemala, Egipto, Irak y Australia. ⁽ⁱⁱⁱ⁾

1.6.1 EL MERCADO MUNDIAL DE PESTICIDAS PARA ALGODÓN

La información disponible hoy día sobre la producción global de pesticidas empleada sobre algodón a nivel mundial se encuentra expresada en términos económicos.

El volumen global de pesticidas producidos se puede estimar en unos 24000 millones de dólares, siendo unos 2000 millones destinados a los pesticidas empleados para producción de algodón. De los más de 300 millones de kilogramos de pesticidas empleados en el Tercer Mundo cada año, la mitad corresponde a aquellos empleados para cultivo de algodón.

Estas cifras deben ser consideradas con prudencia ya que existen variaciones considerables, incluso para un mismo año de cosecha, en función de la fuente de información^(iv).

Si pasamos a considerar los diferentes grupos de pesticidas empleados sobre algodón, los insecticidas con un 64% representan el mayor grupo seguidos por los herbicidas con un 21%, mientras que los fungicidas representarían sólo un 2% y el 13% restante corresponde a defoliantes o reguladores del crecimiento.

Por otro lado se constata como el 11% sobre las ventas totales de pesticidas se emplean sobre algodón (Ver Tabla 2). Siendo el porcentaje superior en países del Tercer Mundo, por ejemplo en la *India* el 5% de la zona cultivada corresponde a algodón mientras que esta misma zona absorbe el 55% de todos los pesticidas empleados en el país, elevándose a un 70% en *Egipto*.

Tabla 2 Proporción de las ventas globales de pesticidas empleada sobre algodón

Año de siembra	Ventas totales de pesticidas (millones US\$)	Ventas pesticidas para algodón (millones US\$)	% Pesticidas empleados sobre algodón
1983	12.800	1.344	10.5
1984	13.800	1.518	11.0
1985	15.900	1.749	11.0
1986	17.400	1.914	11.0
1987	20.000	2.400	12.0
1988	20.450	2.250	11.0
1989	21.500	2.365	11.0
1990	26.400	2.719	10.3
1991	26.800	2.948	11.0
1992	25.000	2.675	10.7
1993	25.280	2.730	10.8
1994	27.825	2.838	10.2

1.6.2 PRINCIPALES PESTICIDAS EMPLEADOS EN EL CULTIVO DE ALGODÓN

Como ya se ha mencionado previamente, el principal grupo de pesticidas empleado sobre algodón corresponde al grupo de insecticidas. En la **Tabla 4** se indican los 25 insecticidas (incluyendo acaricidas) empleados mayoritariamente sobre algodón,^(v,vi):

A continuación se refiere la clasificación establecidas por la O.M.S^(vii), que indica el grado de peligrosidad en la manipulación de los diferentes pesticidas (simbología empleada posteriormente en los pesticidas referidos en la **Tabla 4**.

Tabla 3 Restricciones de acceso a ciertos pesticidas recomendadas por la O.M.S.

Clasificación O.M.S.	Definición	Disponible para
Ia	Extremadamente peligroso	Manipuladores individuales autorizados individualmente
Ib	Altamente peligroso	Manipuladores entrenados y estrictamente supervisados
II	Moderadamente peligroso	Manipuladores entrenados y supervisados que conocen y observan medidas estrictas de protección prescritas
III	Ligeramente peligroso	Manipuladores entrenados que observan medidas de seguridad rutinarias
No nocivos bajo uso normal	No nocivos	Público en general que debe respetar las medidas higiénicas pertinentes y seguir las instrucciones del etiquetado.

Tabla 4 Los 25 pesticidas más empleados en el cultivo de algodón en base a su % de ventas (1988-1991) y su clasificación según la O.M.S (Organización Mundial de la Salud).

	<i>Ingrediente/s activo/s</i>	<i>% Ventas total insecticidas</i>	<i>Clasificación O.M.S</i>	<i>Grupo de pesticidas</i>
1	<i>Cipermetrín</i>	7-10	II	Piretrinas
2	<i>Monocrotofós</i>	7-10	Ib	OP
3	<i>Cihalotrín</i>	3-6	II	Piretrinas
4	<i>Cipermetrín + Profenofós</i>	3-6	-	Piretrinas + OP
5	<i>Endosulfan</i>	3-6	II	OC
6	<i>Mezclas varias</i>	3-6	-	-
7	<i>Deltametrín</i>	3-6	II	Piretrinas
8	<i>Fenvalerato</i>	3-6	II	Piretrinas
9	<i>Metil-Paratión</i>	3-6	Ia	OP
10	<i>Aldicarb</i>	3-6	Ia	Carbamatos
11	<i>Profenofos</i>	1-3	II	OP
12	<i>Ciflutrín</i>	1-3	II	Piretrinas
13	<i>Dimetoato</i>	1-3	II	OP
14	<i>Tiodicarb</i>	1-3	II	-
15	<i>Esfenvalerato</i>	1-3	II	Piretrinas
16	<i>Metamidofós</i>	1-3	Ib	OP
17	<i>Metomil</i>	1-3	Ib	Carbamato
18	<i>Bifentrín</i>	1-3	II	Piretrinas
19	<i>Fenpropatrín</i>	1-3	II	Piretrinas
20	<i>Dicrotofós</i>	1-3	Ib	OP
21	<i>Ciflutrín+ Metamidofós</i>	1-3	-	Piretrinas +OP
22	<i>Quinalfós</i>	1-3	II	OP
23	<i>Acefato</i>	1-3	III	OP
24	<i>Clorpirifós</i>	1-3	II	OP

25	<i>Tralometrín</i>	1-3	II	Piretrinas
-----------	--------------------	-----	----	------------

ⁱ (1990) **Stopford W.** Industrial Toxicology: Safety and health applications in the workplace. 11 (The toxic effects of pesticides) *Ed. Phillop L. Willias and James L. Burson.*

ⁱⁱ (1992) **Dinham, B.** Cotton, pesticides and the global economy. *Global pesticide campagne*, **2**, 7-11.

ⁱⁱⁱ(1993) **Brandt, H.** Stellungnahme der Sachverständigen zu dem Fragenkatalog (K Drs. 12/8) für die öffentliche Anhörung am 16. Und 17. März zu dem Thema: "Die Stoffe, aus denen unsere Kleider sind- Stoffströme in der textilen Bekleidungskette". *Deutscher Bundestag, Enquete-Kommission, Kommissionsdrucksache 12/8 1. S.22.*

^{iv} (1993) PAN Pestizideinsatz bei der Primärproduktion von Naturfasern: Baumwolle, Leinen (Flachs), (Schaf-) Wolle und Seide. *Pestizid Aktions-Netzwerk (PAN). Hamburg.*

^v (1992) Active Ingredients and market shares according to industry; chemical types and classification by hazard according to WHO: *IPCS/ International Programme on Chemical Safety.*

^{vi} (1994) The WHO Recommended Classification of Pesticides by Hazard and Guidelines to Classification. *United Nations Environment Programme, International Labour Organization, World Health Organization: Geneva <WHO-Dokument WHO/PCS/94.2>*

^{vii} (1984) **R. Plestina.** WHO: Prevention, Diagnosis and Treatment of Insecticide Poisoning. , Inst. for Medical Research and Occupational Health, Zagreb, Yugoslavia. **WHO/VBC/84.889.**WHO Geneva.