



UNIVERSIDAD CENTRAL DE VENEZUELA  
FACULTAD DE AGRONOMÍA  
DEPARTAMENTO DE ZOOLOGÍA AGRÍCOLA



ASIGNATURA: FUNDAMENTOS DEL MANEJO INTEGRADO DE INSECTOS PLAGAS

**TEMA: CONTROL QUÍMICO DE INSECTOS PLAGA**

Prof. Mario Cermeli y Gabriel Díaz.

Los plaguicidas, desde su descubrimiento y uso intensivo después de la Segunda Guerra Mundial, se han convertido en una herramienta indispensable en el mantenimiento de los niveles de vida humana, en lo que respecta a salud, alimentación y medio ambiente, pudiéndose comparar con la medicina por su impacto sobre nuestra existencia.

Son un componente regular en los sistemas de producción agrícola revolucionando el manejo de cultivos. Actualmente, la producción de alimentos no se concibe sin el uso de plaguicidas (Pedigo 1989).

El uso de plaguicidas a escala mundial, que incluye a los herbicidas, fungicidas, nematicidas e insecticidas, ha aumentado notablemente desde 1945. Los insecticidas constituyen alrededor del 40 % del total de productos químicos utilizados en la agricultura. En Venezuela tiende a disminuir su uso, debido a las dificultades económicas y a la reducción de las actividades agrícolas por falta de una política coherente y estable de los gobiernos de turno.

La importancia y uso de estos productos químicos, indujo a Metcalf (1980) a calificar la última mitad de este siglo como la Edad de los Plaguicidas, dividiendo este período en tres fases o eras: 1. **Era de Optimismo** (1946-1962) que comienza con el uso del DDT y la introducción al mercado de otros productos similares. Se caracteriza esta era por el optimismo expresado por los técnicos para erradicar las plagas agrícolas y vectores de enfermedades en humanos y animales domésticos. En un período de 15 años la producción y utilización, solo de DDT, llegó a los 2.000 millones de kilos. 2. La **Era de la Duda** (1962-1976) comienza con la publicación del libro de Rachel Carson, **Primavera Silenciosa**, con el cual llama la atención sobre el efecto de los plaguicidas, en particular el DDT, sobre el medio ambiente. En esta era comienza a profundizarse sobre la ecuación beneficio/riesgo en el uso de los plaguicidas. 3. Los problemas ocasionados por el uso excesivo, indebido e innecesario de los insecticidas de amplio espectro de acción dan comienzo en 1976 a la **Era del Manejo Integrado de Plagas**. Con ello se abre el camino a cambios en el uso de los plaguicidas haciendo un uso más racional de su selectividad, cantidad y momento de aplicación, aplicándolos solo cuando son necesarios y con la aceptación por parte de la opinión pública.

El Control de Plagas basado exclusivamente en el uso de plaguicidas, sumado a la modernización de la agricultura con miras a una mayor productividad y eficiencia, sin tomar en cuenta los factores ecológicos

y ambientales, ha pasado por diferentes etapas antes de llegar al estado de crisis y al convencimiento de la necesidad de implementar un control más racional que se ha venido a llamar Manejo Integrado de Plagas. Estas fases, provocadas por la necesidad de mantener a raya los organismos dañinos, basándose exclusivamente en el control químico, han sido mencionadas entre otros por Smith (1969) y Metcalf y Luckmann (1975). Estas fases pueden encontrarse en forma simultánea o en su etapa final en un país o región, sin discriminación en cuanto a grado de desarrollo de su agricultura. Estas fases o etapas son:

## **FASES DEL CONTROL QUÍMICO**

### **Subsistencia**

Propia de la agricultura de subsistencia o en pequeña escala donde la producción es para consumo local o familiar. Las medidas de control se basan en métodos culturales (variedades locales, cultivos múltiples, etc.) y sanitarios, con alto uso de mano de obra y baja utilización de insumos.

### **Explotación o Expansión**

Ocurre con el aumento del área bajo cultivo, "modernización" de la agricultura, uso intensivo de maquinarias e insumos, se produce para la agroindustria y se hace énfasis en obtener ganancias comparables a otras actividades económicas. En estas condiciones el control de plagas se basa exclusivamente en el uso de plaguicidas, aplicándolos por calendario sin tomar en cuenta la población de la plaga o presencia de las mismas. Al comienzo de esta fase se observa un incremento notable de la producción y productividad, lo que contribuye a incrementar aún más estas prácticas de control.

### **Crisis**

A medida que pasa el tiempo, se hace necesario utilizar los plaguicidas con más frecuencia y en mayores dosis debido a una mayor tolerancia y a la resurgencia violenta de las plagas. Se sustituyen los productos ineficaces por otros y éstos a su vez resultan inocuos al poco tiempo. Simultáneamente, especies consideradas de importancia secundaria o poco conocidas, surgen como plagas importantes. Esta combinación de resistencia o tolerancia a los productos químicos, la rápida resurgencia de las plagas después del tratamiento y la transformación de plagas secundarias en plagas de primer orden, aunadas con problemas de mercadeo, aumentan enormemente los costos de producción y por lo tanto la rentabilidad del cultivo.

### **Desastre**

En esta fase, el uso cada vez mayor de plaguicidas para mantener las plagas a niveles aceptables se hace intolerable, los costos son tan altos que el cultivo o los cultivos no pueden cubrirse con los precios existentes en el mercado. A pesar del uso intensivo de plaguicidas, la calidad de los productos cosechados no es aceptable para la industria o para los consumidores desde el punto de vista sanitario. Viene un colapso de la agricultura en la zona afectada, el abandono del cultivo y de las tierras y los problemas sociales que ello acarrea.

### **Manejo o Control Integrado de Plagas**

Después del desastre los productores y organismos estatales relacionados con la producción agrícola quedan convencidos que es necesario aplicar medidas de control que armonicen con el ambiente, basados en el conocimiento de la biología de las plagas y fenología de los cultivos. A pesar que en el país existen ya zonas y cultivos en la fase de desastre (Cermeli 1980), la implementación del Manejo Integrado de Plagas no ha encontrado el apoyo ni el respaldo del Sector Oficial y Privado, salvo muy contadas excepciones.

### **CONTROL QUÍMICO**

En la implementación de cualquier programa de Manejo de Plagas, el uso de productos químicos todavía constituye uno de los componentes más importantes en la mayoría de los casos.

Por control químico se entiende la utilización de cualquier producto químico, natural o sintético, que contribuye a mantener los organismos a un nivel poblacional incapaz de causar daños económicos.

**Entre estos productos químicos, utilizados en el manejo y control de poblaciones de insectos, encontramos:**

1. Coadyuvantes, Auxiliares, suplementos y sinergistas
2. Atrayentes.
3. Repelentes.
4. Esterilizantes.
5. Inhibidores de crecimiento, alimentación y antimetábolitos.
6. Insecticidas y acaricidas.

### **Coadyuvantes, Auxiliares, Suplementos y Sinergistas**

Son productos químicos añadidos a la formulación del plaguicida para contribuir a su estabilidad, conservación, mejorar la cobertura o aumentar el poder tóxico del mismo. Estas sustancias solas, poseen

bajo o ningún poder tóxico, pero mezcladas con los plaguicidas mejoran su efectividad. Entre los dos primeros tenemos a los emulsificantes, adherentes y dispersantes.

Sinergistas son productos que por si solos son relativamente no tóxicos pero al usarlos junto con otros productos, como los piretroides organofosforados o carbamatos, aumentan significativamente la toxicidad de estos últimos, siendo la toxicidad resultante mayor que la suma de la toxicidad de ambos productos. Los sinergistas actúan facilitando la penetración de los insecticidas a través de la cutícula y el sistema nervioso de los insectos o bien protegiéndolos de la acción enzimática de detoxificación.

### **Atrayentes**

Como el nombre lo indica, son todas aquellas sustancias químicas que ejercen atracción sobre una determinada especie o grupo de ellas. Esto es una nueva rama del control aplicado, donde se trata de utilizar los diferentes productos químicos con que se comunican entre si los insectos o se orientan. Hoy día se trata como un método aparte conocido como Control Etológico.

Se entiende por Semioquímico toda molécula orgánica producida por plantas o animales que causa interacción en el comportamiento entre organismos. Se pueden considerar como "mensajeros químicos" que causan respuesta en el comportamiento del organismo receptor.

### **Feromonas**

Son productos químicos o mezclas de ellos que causan una respuesta en el comportamiento entre organismos de la misma especie. Entre estos productos encontramos las feromonas sexuales, de alarma, las utilizadas por las hormigas para indicar el camino a fuentes alimenticias, o por los parasitoides para indicar a otros individuos cuáles son los hospederos ya parasitados.

Aleloquímicos son compuestos que inducen una reacción entre organismos de diferentes especies. Estos productos causan tres tipos diferentes de interacciones: **Alomonas** donde la reacción es favorable al organismo emisor y no al receptor. Por ejemplo, los productos químicos defensivos producidos por las plantas que reduce el ataque de herbívoros. **Kairomonas** donde la reacción es favorable al organismo receptor a expensas del emisor. Por ejemplo, los mismos químicos defensivos de las plantas pueden servir de atrayentes para otras especies de herbívoros. **Sinomonas** la interacción es mutualista, es beneficiosa para ambos organismos o especies, tanto la emisora como la receptora. Por ejemplo, la fragancia emitida por las flores atrae los insectos que se alimentan del néctar, a la vez la planta se beneficia al ser polinizada por estos insectos.

### **Repelentes**

Son sustancias químicas que ejercen repelencia sobre organismos, especies o grupos de ellas. Pueden actuar en forma de vapor o por contacto. Los primeros productos eran extraídos de plantas como el caso del aceite de citronela que aleja los mosquitos y no permite que se posen sobre las superficies tratadas, sin embargo se considera muy volátil para ser un buen repelente. Actualmente el de mayor uso es el deet o N,N-dietil-m-toluamida. Todos son para uso en humanos o animales domésticos.

En la búsqueda de productos naturales se han estudiado una serie de plantas, siendo el cariaquito morado (*Lantana* sp.) y el eucalipto (*Eucalyptus* spp.) candidatos prometedores para preservar semillas de papa en depósitos rústicos. Poco se sabe sobre el modo de acción de los repelentes químicos o la relación de la estructura química con la repelencia. Aparentemente interfieren en la detección de los estímulos emitidos por el hospedero.

### **Esterilizantes**

Son productos químicos naturales o sintéticos que inhiben la reproducción de las plagas. Algunos productos fueron desarrollados para reemplazar el uso de rayos X o gamma en los programas de control por medio de machos estériles. Un ejemplo representativo es la liberación de macho estériles de mosca de la fruta (*Anastrepha* sp) en cultivos frutales.

### **Inhibidores de Crecimiento y Antimetabolitos**

Es un grupo de sustancias que están relacionadas químicamente o funcionalmente (bioanálogos) con dos hormonas que producen los insectos para regular su crecimiento y metamorfosis: la hormona de la muda o ecdisona y la hormona juvenil o neotenina.

La hormona juvenil predomina en los estados inmaduras y tiende a mantener al insecto en su forma larval o ninfal. Las sustancias sintéticas que tienen efectos similares se llaman juvenoides y evitan que el insecto alcance el estado adulto. Los juvenoides interfieren con el desarrollo normal de la ecdisis de los insectos imitando la acción de la hormona juvenil. Bien sea inundando con grandes cantidades al organismo, lo cual afecta la homeostasis del mismo, ó, actuando simultáneamente como agonistas o antagonistas en diferentes sitios de acción, interfiriendo con su desarrollo normal. Los que se han sido utilizados comercialmente en el país son el hidroprene y el methoprene. Otros productos actúan inhibiendo la producción, transporte, degradación o bloqueando el sitio de acción de la hormona juvenil, como es el caso de los precocenos.

Por otro lado la ecdisona interviene el proceso de muda o ecdisis que consiste en el cambio periódico de la cutícula del insecto permitiendo su crecimiento y metamorfosis. La endurecida vieja cutícula se desprende y se forma una nueva cutícula que inicialmente es elástica y permite el crecimiento del insecto hasta que se endurece. Durante el proceso hay absorción y depósito de quitina. Algunos compuestos interfieren con la formación de la nueva cutícula y el proceso de muda en general causando el crecimiento anormal del insecto y su muerte. Estos productos llamados reguladores de crecimiento de los

insectos constituyen la generación más moderna de insecticidas. Son sustancias poco tóxicas para los vertebrados y se les considera poco dañina para el medioambiente. Actualmente en el país son utilizados el novaluron (Rimon®), lufenuron (Macth®) y teflubenzuron (Nomolt®), pertenecientes al grupo de las benzoil ureas quienes inhibe la formación de quitina y por otro lado están las diacilhidrazinas que interrumpe la muda en el insectos (ej. Tebufenocide Mimic®).

### **Insecticidas y Acaricidas**

Son aquellos productos químicos tóxicos para insectos y ácaros.

Como podemos ver, en la actualidad el arsenal de productos químicos para el control de insectos comprende un sin número de compuestos cada vez más específicos, menos contaminantes, pero a su vez cada vez más costosos. A pesar de ello, los insecticidas y acaricidas son todavía uno de los medios más económicos y fáciles de utilizar, a pesar de sus limitaciones. Chirinos y Geraud – Pouey (2011), señalan que el 92 % de los agricultores en Venezuela basan el manejo de plaga exclusivamente en el control químico.

### **Ventajas y desventajas del uso de plaguicidas**

A pesar de los problemas e inconvenientes suscitados con el uso de plaguicidas en los sistemas de producción agrícola estos productos han contribuido notablemente a:

1. Aumentar los rendimientos a nivel mundial (producción y productividad).
2. Mejorar la calidad y aspecto físico de los productos agrícolas.
3. Mayor eficiencia en la protección de plantas.
4. Estabilidad en el negocio agrícola.

Entre las ventajas o propiedades que hacen atractivo el uso de productos químicos, incluyendo los insecticidas y acaricidas se encuentran:

1. Es el único método o recurso práctico para controlar las plagas una vez que han sobrepasado el nivel económico de infestación o están a punto de alcanzarlo.
2. Ejercen una rápida acción curativa, lo que permite evitar daños económicos.
3. Poseen un amplio rango de usos, propiedades, métodos de aplicación, selectividad, etc.
4. Son, en líneas generales, de bajo costo y su uso produce una relación costo/beneficio relativamente alta.
5. Se utilizan cuando son necesarios.

Las desventajas o problemas causados por el uso continuado o exclusivo de plaguicidas como método de supresión son:

1. Desarrollo de poblaciones resistentes más de 400 especies de importancia económica o de salud pública.
2. Resurgencia de las poblaciones de plagas y como consecuencia la "adicción" a los plaguicidas.
3. Brotes violentos de plagas secundarias u ocasionales.
4. Efectos adversos sobre organismos a los que no va dirigido el tratamiento:
  - I. Enemigos naturales como los parasitoides, depredadores y patógenos.
  - II. Abejas y polinizadores.
  - III. Fauna silvestre (peces, aves, mamíferos, etc.).
  - IV. Hombre y animales domésticos.
  - V. Plantas cultivadas.
5. Presencia y consecuencias adversas a la salud de residuos en los productos cosechados.
6. Peligros directos en su aplicación.
7. Simplificación y reducción en los componentes bióticos de los agroecosistemas.
8. Alto costo económico y energético.

## **CLASIFICACION DE LOS INSECTICIDAS**

**Los insecticidas pueden clasificarse según su:**

1. Finalidad
2. Modo de acción
3. Impacto ecológico
4. Por su origen y composición química
5. Por la actividad bioquímica en los organismos

### **1. Finalidad**

Según el efecto que tenga sobre los diferentes grupos o especies de plagas: aficida, garrapaticida, larvicida, etc. Esta clasificación poco eficiente e incoherente.

### **2. Modo de acción**

Por la forma de actuar sobre los insectos o la planta hospedera. Se pueden dividir en:

- a) Ingestión: Deben ser ingeridos por el insecto para que haga efecto a través del sistema digestivo.
- b) Contacto: Actúan al entrar en contacto con la plaga a través de la cutícula.
- c) Fumigación: Actúan a través del aparato respiratorio, en su fase de vapor.
- d) Sistémica: El plaguicida penetra a través de la cutícula de la planta, pasa a los vasos conductores y de allí por la savia a las diferentes partes de la planta.
- e) Translaminar o de profundidad: Penetran la cutícula de las plantas, pero no son traslocados. Ejercen su acción a través de la lámina foliar.

### 3. Impacto ecológico y papel que pueden desempeñar en Programas de Manejo Integrado de Plagas (Horn 1988).

Es una clasificación de conveniencia ya que es difícil encontrar productos que afecten una sola especie o grupo de ellas. Se dividen en:

- a) Insecticidas de amplio espectro: Los que afectan de forma adversa otros seres vivos, además de los insectos. Estos productos se han denominado también **biocidas**. En este grupo se incluyen la casi totalidad de los productos sintéticos.
- b) Insecticidas de espectro limitado o bioracionales: Afectan solamente a los organismos que se quieren controlar sin afectar a otros seres vivos, animales o plantas. En este grupo se incluyen los entomopatógenos o insecticidas microbiales, reguladores de crecimiento, reguladores de comportamiento, atrayentes y repelentes.

### 4. Origen y composición química

<b>4.A. Inorgánicos</b>	Arsenicales		
	Fluoruros		
	Azufre		
<b>4.B. Orgánicos</b>	Origen Mineral	Aceites	
	Origen Vegetal	Alcaloides	Nicotina
			Rotenona
			Piretro
			Azadirachtina
			Riania
	Biológicos	Bacterias, Hongos	<i>Bacillus thuringiensis</i>
			<i>Metarrhizium anisopliae</i>
			<i>Beauveria bassiana</i>
<i>Nomurea rileyi</i>			
			<i>Verticillium lecanii</i>

	Sintéticos	Clorados	DDT y derivados (TDE, Metoxicloro)
			BHC
			Lindano
			Ciclodienos
		Fosforados	
		Carbamatos	
		Piretroides	
		Otros	Dinitros
			Fumigantes
			Toxinas de origen biológico

#### 4.A. Insecticidas Inorgánicos:

A excepción del azufre estos insecticidas no son usados actualmente en el país.

**Arsenicales:** Comprenden varios compuestos derivados del ácido arsenioso y ácido arsénico que combinados con bases dan origen a los arsenitos y arseniatos. Los primeros son muy tóxicos y solubles, lo que los hace fitotóxicos. Su uso se limitó a los cebos envenenados. Los arseniatos son menos tóxicos y menos solubles, habiéndose usado ampliamente en espolvoreos y aspersiones antes de la aparición de los insecticidas sintéticos. Actúan por ingestión.

**Fluoruros:** Estos compuestos también actúan por ingestión y se utilizaron en forma semejante a los anteriores. Son más baratos y menos tóxicos para animales de sangre caliente. Son menos eficaces contra las plagas y son fitotóxicos.

**Azufre:** Es un producto de uso múltiple, desde tiempos remotos, como fungicida, acaricida e insecticida. Actúa como fumigante sobre ácaros e insectos y se formula como polvo para espolvoreos o polvo mojable para aspersiones. Es incompatible con los aceites minerales.

#### 4.B. Insecticidas Orgánicos:

##### 4.B.1. : Origen Mineral

**Aceites:** En su mayoría, los aceites utilizados en agricultura son de origen mineral (petróleo), aún cuando algunos aceites vegetales se han probado para el control de virus no circulativos transmitidos por insectos.

Los aceites minerales se utilizan para controlar plagas sésiles como las escamas, destruir huevos, como adherentes y para inhibir la transmisión de virus. Matan por asfixia formando una película sobre la

superficie del insecto o huevos. Se utilizan aceites livianos por ser menos fitotóxicos. Por ser insolubles en agua, deben utilizarse con un emulsificante. Deben reunir las siguientes especificaciones: **Volatilidad:** Suficientemente livianos para no producir fitotoxicidad. **Viscosidad:** Baja para no dañar el follaje. **Pureza:** Alto índice de saturación. En Venezuela solo se utilizan en forma de emulsión concentrada de aceites livianos, conocido como aceite blanco.

#### **4.B.2. Insecticidas de Origen Vegetal:**

Son sustancias provenientes de plantas, bien sea de las raíces, tallos, hojas o flores. Fueron utilizados en el pasado por su alta efectividad contra los insectos y su relativa baja toxicidad para animales de sangre caliente. A pesar de que usan en muy bajas concentraciones, el precio de ellos no puede competir con los productos orgánicos sintéticos. Tienen la desventaja de que se descomponen rápidamente al contacto con la luz y altas temperaturas, lo cual dificulta su almacenamiento.

**Nicotina:** Se obtiene de la planta del tabaco, *Nicotiana rustica* y *N. tabacum*. Su empleo se conoce desde el siglo XVIII. La nicotina obtenida directamente del tabaco es una mezcla de alcaloides y se comercializaba en forma de sulfato de nicotina. Actúa por contacto y como fumigante. Fue muy utilizada en controlar plagas de plantas ornamentales, sobre todo chupadoras. Es de alta toxicidad para mamíferos e incompatible con el DDT y otros clorados. Reemplaza la colinesterasa en el sitio receptor.

**Rotenona:** Es un alcaloide extraído de las raíces de las plantas del género *Lonchocarpus* y *Derris*. Se descompone en presencia de la luz y altas temperaturas, su costo es elevado. Actúa por ingestión y contacto. Inhibe el transporte de electrones en las mitocondrias. Reduce el consumo de oxígeno, depresión de la respiración, latidos del corazón y parálisis. Inhibe el transporte del electrón del complejo I mitocondrial.

**Piretro:** Mezcla de alcaloides obtenidos de las flores de crisantemo (*Chrysanthemum*). Su alto costo limitó su uso agrícola. Muy utilizado en aerosoles caseros y floricultura. Actúa por contacto, sobre el sistema nervioso central. Poder de Knock-down. Afecta tanto el sistema nervioso central, como al periférico de los insectos. Bloquea a la conducción nerviosa. Coeficiente negativo de temperatura.

**Azadirachtina:** Alcaloide obtenido de las semilla de neem (*Azadiracta indica*), que según su modo de extracción y los insectos afectados puede tener efecto repelente, inhibidor de alimentación u ovoposición, regulador de crecimiento y reproducción. En el país se ha comercializado productos sintéticos basados en este alcaloide ej. Sukrina®, Nimbecidine®, entre otros.

Actualmente, hay un nuevo interés en el estudio y producción productos de origen vegetal, no solo como insecticidas sino como atrayentes, repelentes, inhibidores de crecimiento y otros.

#### 4.B.2. Insecticidas Biológicos:

Son productos con efecto tóxico sobre las plagas, preparados a partir de bacterias, hongos o virus. En nuestro país se expenden o experimenta con productos a base de *Bacillus thuringiensis*, *Beauveria bassiana*, *Metarrhizium anisopliae*, *Nomurea rileyi* y *Verticillium lecani*.

Las esporas de *B. thuringiensis* var. *kurstaki* son eficaces contra larvas de lepidóptera; la variedad *israelensis* contra larvas de Díptera, particularmente zancudos y la variedad *Tenebrionis* contra larvas de Coleóptera, siendo inocuas para otros organismos. *B. bassiana* es un hongo de amplia distribución y ha sido señalado como patógeno de más de 500 especies de insectos (Arcia y Batista 2006). *M. anisopliae* es un hongo particularmente activo contra Homóptera, en particular contra la candelilla de la caña de azúcar (*Aenolamia* spp.). *N. rileyi* es otro hongo que afecta larvas de Lepidóptera. Se recomienda para el control del cogollero del maíz. *V. Lecani* es un hongo que afecta mayormente a Homóptera, particularmente áfidos, escamas y moscas blancas.

El problema con estos productos biológicos es el grado de virulencia de las cepas utilizadas y el manejo en condiciones de almacenamiento. Su efectividad también depende de las condiciones climáticas presentes al momento de la aplicación. Recientemente se ha detectado resistencia de algunas plagas a *B. thuringiensis*.

#### 4.B.3. Insecticidas orgánicos-sintéticos:

En 1892 se utilizó por primera vez un insecticida orgánico, una sal de dinitro cresol, en Alemania. Fue con el descubrimiento del DDT, en 1939, y su éxito en el control de vectores del tifus en Nápoles y del paludismo en Asia, en la II Guerra Mundial, cuando comenzó el gran interés por estos compuestos y el desarrollo violento de la industria de plaguicidas a partir de 1945. Desde esa fecha, hasta hoy, el panorama del control de plagas ha pasado por varias etapas.

**Insecticidas Clorados:** También conocidos como hidrocarburos halogenados o halógenos orgánicos con Cloro, Bromo o Iodo. Son sustancias orgánicas en las cuales el cloro, carbono, hidrógeno y, a veces, el oxígeno forman parte de su molécula. En general poseen efecto residual largo, son relativamente baratos y de uso comparativamente seguro: Tienen la desventaja de almacenarse en los tejidos adiposos de animales y vegetales, donde se descomponen lentamente. Hasta hace poco se desconocía su modo de acción específico, excepto que afectaban al sistema nervioso central interfiriendo en la transmisión de los impulsos nerviosos. Actúan sobre los insectos por contacto e ingestión, aunque algunos de ellos lo hacen también como fumigante. Ejercen un efecto amplio sobre algunos grupos de insectos, lo cual resulta, a

veces, desfavorable para el control natural y aplicado. Los insecticidas clorados se dividen por su modo acción en dos grupos:

- a) Organoclorados: afectan la transmisión de impulsos nerviosos a través del canal de  $\text{Na}^+$  ejemplo: DDT.
- b) Ciclodienos: afectan la transmisión de los impulsos nerviosos a través del canal de  $\text{Cl}^-$  ejemplo: Lindano (Casida y Quinstad 1998). Por razones de efecto residual y acumulación en las grasas, el uso de estos productos está reglamentado en Venezuela.

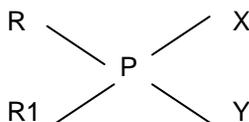
**Fosforados:** Son compuestos orgánicos derivados en su mayoría del ácido fosfórico. A pesar de que los primeros fosforados eran altamente tóxicos, lo cual causó un impacto negativo en el público, los nuevos compuestos tienden a ser menos tóxicos y, hasta cierto punto, más selectivos; es decir de alta toxicidad para los insectos y, baja para los mamíferos.

Los fosforados pueden actuar por contacto, ingestión o como fumigantes. Poseen además, efecto de profundidad; o sea la propiedad de penetrar los tejidos vegetales y actuar a través de la lámina foliar. Otros tienen acción sistémica: o sea la propiedad de ser absorbidos por las plantas o animales, y ser trasladados por la savia o por la sangre. De esta manera resultan efectivos sobre plagas chupadoras o parasitoides internos o externos, sin afectar al huésped o a los enemigos naturales presentes.

Los fosforados inhiben la acción de varias enzimas, la mayor acción in vivo es sobre la acetilcolinesterasa. Esta enzima controla la hidrólisis de la acetilcolina, que se genera en las uniones de los nervios (Sinapsis), a colina. En ausencia de acetilcolinesterasa, la acetilcolina se acumula y previene la transmisión de los impulsos nerviosos a través de la sinapsis o unión de las células nerviosas.

Esto causa pérdida de la coordinación, convulsiones, y finalmente la muerte. Tanto los insectos como los mamíferos comparten el mismo mecanismo de transmisión nerviosa. La fosforilización de la enzima es muy estable por lo que el bloqueo de la hidrólisis de acetilcolina a colina es muy eficiente.

Conociéndose su modo de acción, ha facilitado la síntesis de productos más específicos, es decir, más tóxicos a insectos y menos tóxicos a los animales de sangre caliente. El antídoto es la atropina. La fórmula estructural es:



X= O ó S

Y= OH o derivados

R y R1= alquil, alcoxí, alkiltio o aminas

**Por su modo de acción los fosforados se dividen en dos grupos:**

**De contacto:** clorpirifós (Lorsban, Pyrinex, Dorsan, Memphis, Phospoint), diazinón (Basudin, Danol), fentoato (Elsan), fenitrotión (Sumithion), fention (Lebaycid, Atillan), malation (Malathion), paratión metílico (Parathion), pirimifos metil (Actellic), profenofos (Curacron), triclorfon (Thiodrex).

**Sistémicos:** acefate (Acefate), dimetoato (Difos, Sistemín), metamidofos (Amidor, Monitor, Tamarón), monocrotofos (Inisan, Nuvacron).

**Carbamatos:** Son productos orgánicos derivados del ácido carbámico, su modo de acción es parecido a los fosforados, pero algunos grupos de insectos muestran cierta tolerancia natural a los carbamatos.

Inhiben la acetil colinesterasa, pero la unión con la enzima es inestable, por lo que favorece la recuperación en casos de intoxicación aguda en animales de sangre caliente. A este grupo pertenecen productos de acción de contacto y sistémicos, de toxicidad variable.

**De contacto:** carbaril (Cebicid,), pirimicarb (Pirimor), thiodicarb (Semevin, Elite, Futur).

**Sistémicos:** aldicarb (Temik), carbofuran, (Furadan), carbosulfan, metomilo (Lannate, Concord, Kuik).

**Piretroides:** Su modo de acción y composición química es similar a los compuestos naturales derivados de las flores del piretro, pero más estables al calor y a la luz. Son efectivos a bajas concentraciones y selectivos para ciertos grupos de plagas. Actúan por contacto y en menor grado por ingestión. En el mercado nacional se encuentran:

Alfamestrina (Dominex, Alfamax, Alfapoint, Xenon), bifentín (Brigade) cipermetrina (Arrivo, Cima, Ciper, Ciperpoint, Drago, Nurelle), lambda-cialotrina (Karate), deltametrina (Decis, Deltakill), permetrina (Ambush), zeta-cipermetrina (Furia).

**Neonicotinoides:** son insecticidas sintéticos derivados de la nicotina natural y se originaron en la década de 1990. Actúan sobre el sistema nervioso central de los insectos. Son efectivos a bajas concentraciones. Tienen elevados precios, lo cual restringe su uso a cultivos de mayor rentabilidad. Su modo de acción en el insecto es principalmente por contacto e ingestión. En la planta presentan buen movimiento sistémico. Algunos además tienen acción translaminar. La acción de volteo es intermedia al igual que su persistencia. Su modo de acción en el insecto es principalmente por contacto e ingestión. En la planta presentan buen movimiento sistémico. Algunos además tienen acción translaminar.

**Pirroles:** actúan por contacto e ingestión y tiene marcada actividad translaminar. Es de amplio espectro. Se caracteriza por inhibir el proceso de energía en plagas susceptibles. Interrumpe el transporte de electrones dentro de las células. Actualmente en el país se comercializa clorfenaprir (Sunfire ®).

**Fumigantes:** Son aquellos productos que ejercen su acción tóxica sobre las plagas en forma de gas. La aplicación de estos productos se hace generalmente en locales cerrados o bien que puedan taparse con tiendas de lona o plásticos para hacerlos herméticos. Pueden ser utilizados contra todo tipo de plagas, ya que actúan a través de los espiráculos o cutícula. Los productos más utilizados son los que poseen un punto de ebullición cercano a la temperatura ambiente, pero existen otros que pueden ser utilizados con métodos especiales a pesar de su alto punto de ebullición. Además del punto de ebullición, los fumigantes se escogen por su costo, efectividad, toxicidad para humanos, flamabilidad, poder de penetración, efecto sobre las estructuras, etc. Ejemplo: Fosforo de aluminio (Fosfina ®, Gastox ®)

**Fenilpirazoles:** interfieren con los canales de Na<sup>+</sup> en la membrana nerviosa interrumpiendo la transferencia de iones y la transmisión de impulsos entre células nerviosas. Controla una amplia gama de insectos. Actúan por contacto e ingestión. Ejemplo Fipronil (Sofion, Regent)

**Productos basados en toxinas de origen biológico:** Son productos diversos derivados de toxinas producidas por microorganismos o invertebrados. En Venezuela se han utilizado en forma comercial y experimental para el control de una gran variedad de plagas. Entre ellas tenemos:

1. Avermectinas (Vertimec): Se obtiene de la fermentación de un hongo del suelo *Streptomyces avermectilis*. Afectan al ácido gamma amino-butírico en la unión neuro muscular de los artrópodos. Se ha observado resistencia cruzada con los piretroides en algunos insectos. En el mercado venezolano hay varios productos con este ingrediente activo: Vertimec ®, Abac ® y abaveex ®.
2. Derivado de anélidos marinos: se obtiene de una toxina producida por anélidos marinos del género *Lumbrineris* sp. Se comercializa en el país recomendándose para el control de minadores y pasadores de la hoja. En el país se encuentran de manera comercial Thiocyclam hydropen oxalate (Evisect ®) y cartap (Padan ®).
3. Thurigiensin (Di-Beta): Es una toxina obtenida de los cristales de *B. thuringiensis*.

## 5. Actividad bioquímica sobre los organismos

La mayoría de los insecticidas de reciente introducción poseen una estructura química diferente a la de los insecticidas clásicos del pasado (clorados, fosforados, carbamatos y piretroides), sin embargo las nuevas moléculas tienen el mismo modo de acción desde el punto de vista bioquímico en los seres vivos, por estas razones, es más fácil agrupar los insecticidas por su actividad bioquímica.

El mayor énfasis de la industria ha sido con productos que afectan el sistema nervioso, en el intercambio iónico a través de las membranas de las células nerviosas. El esclarecimiento de l modo de acción de los insecticidas clorados y piretroides en los canales de sodio (Na<sup>+</sup>) y cloro (Cl<sup>-</sup>), de la nicotina y sus derivados en el receptor nicotínico de la acetil-colinesterasa, entre otros hallazgos, ha permitido el diseño síntesis de productos de similar modo de acción pero capaces de evadir la creación de resistencia cruzada. Otros grupos de importancia, que afectan directamente el sistema nervioso, son los inhibidores de la respiración y los reguladores de crecimiento.

La ingeniería molecular se está utilizando en la obtención de plantas transgénicas (lo cual ha motivado grandes debates en países desarrollados) y en la clonación de toxinas en baculovirus para el control de insectos. En el cuadro a continuación se resumen los grupos de insecticidas por su modo de acción, más el año de descubrimiento o introducción al mercado entre paréntesis.

Sitios o modo de acción	Origen o Composición Química	
	Vegetal	Sintéticos
<b>A. Neurotóxicos</b>		
Canal de Na <sup>+</sup>	Piretro (≈ 1820)	DDT (1939, deltametrina (1974)
Canal de Cl <sup>-</sup>	Picrotoxin (≈ 1875)	Lindano (1942), dieldrin (1949), endosulfan (1956), abamectina (1981), fipronil (1992).
n AchR (Inhibidores del receptor nicotínico de la acetilcolinesterasa)	Nicotina (≈ 1690)	Cartap (1967), imidacloprid (1990), spinosad (1995).
AchE (Inhibidor de la colinesterasa)	Fisostigmina (1927)	Paratión (1946), carbaril (1957), aldicarb (1965)
<b>B. Otros sitios de acción</b>		
Inhibidores de la respiración	Rotenonas (1848)	Dinitros (1892), cihexatin (1968), diafenthion (1988), fenazaquin (1991), clofenapyr (1992).
Reguladores de crecimiento (IGR)		Hormona juvenil (1940-1967), diflubenzuron (1972), metoprene (1973), fenoxicarb (1981), tebufenocid (1986).

## NOMENCLATURA

Los plaguicidas, entre ellos los insecticidas, se reconocen por: su nombre común o genérico el cual es aprobado por la Organización Internacional de Estandarización (ISO). El nombre químico, que indica la

estructura de la molécula de la materia activa es aprobado por la Unión Internacional de Química Pura y Aplicada (IUPAC). El nombre comercial que viene determinado por los fabricantes o formuladores de plaguicidas. En todo caso, el nombre común o químico es único para un producto, el nombre comercial depende del fabricante, por lo que el mismo producto puede comercializarse con diferentes nombres, nacional o internacionalmente. Como ejemplo tenemos uno de los productos más utilizados en el control de plagas:

Nombre Común: Lufenurón

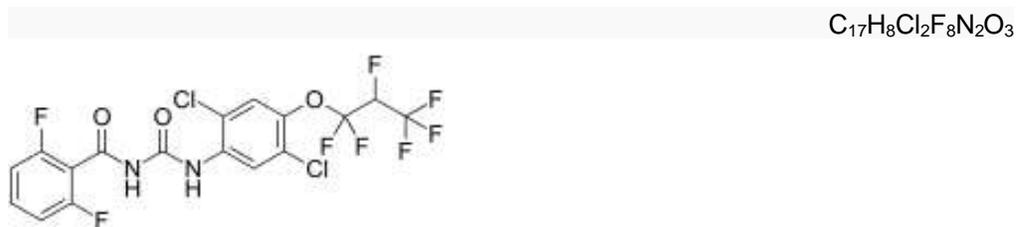
Nombre Químico: 3-[2,5- dicloro-4-(1,1,2,3,3,3- hexafluorpropoxil)-fenil]-1-(2,6-difluorobenzoi)-urea

Nombre Comercial (Marca registrada en Venezuela): Match

La fórmula química indica la composición del producto o componentes que forman la molécula. La fórmula química puede expresarse en forma molecular o estructural y ambos son importantes para describir los componentes. Como ejemplo, utilizaremos nuevamente al lufenurón:

Fórmula estructural

Fórmula molecular



## TOXICIDAD

El grado de toxicidad de los plaguicidas viene dado por la dosis letal media (DL50). Esta medida se determina estadísticamente y representa la cantidad de producto puro (materia activa), expresado en miligramos por kilogramos de peso vivo (mg/kg), necesaria para matar el 50% de una población (de cualquier organismo) dentro de un período de tiempo determinado, bajo condiciones de laboratorio. Este valor varía con la especie, edad, sexo, estado nutricional y modo de aplicación del plaguicida. Mientras más pequeña sea la dosis letal, mayor es la toxicidad.

La dosis letal puede ser aguda (cuando el efecto se observa inmediatamente de aplicar la dosis), o crónica (afecta a más largo plazo en dosis fraccionadas). El modo de aplicación o suministro puede ser: oral, dérmico, intraperitoneal o por inhalación.

En líneas generales, la dosis letal media nos indica las precauciones que deben tomarse con el producto en su manejo y aplicación. Pero, no hay que basarse solamente en ella para determinar la toxicidad o el peligro posterior al uso del mismo. Deben tomarse en cuenta también otros factores, como son: las dosis

utilizadas, dilución, frecuencia de aplicación, formulación y persistencia del producto. En muchos casos, un producto de baja toxicidad, empleado en dosis alta y con frecuencia, puede ser más peligroso que otro muy tóxico, pero aplicado en dosis bajas y menos frecuentemente. No debemos olvidar tampoco que, a veces el mismo producto puede ser de alta toxicidad por vía oral, y por el contrario, de baja toxicidad por contacto con la piel, lo cual aumenta la seguridad de su empleo y manejo. De consiguiente, siempre que sea posible, deben utilizarse productos de baja toxicidad, de corto efecto residual, que no se acumulen en los tejidos animales o vegetales, y que sean lo más específicos posible para la plaga que deseamos controlar.

Todos los plaguicidas deben considerarse potencialmente venenosos, aunque el grado de toxicidad es solamente uno de los factores que han de tomarse en cuenta en cuanto al peligro que reviste el uso y manejo de los mismos.

La legislación vigente en Venezuela, clasifica los plaguicidas en cuatro grupos, según la toxicidad aguda oral y dérmica de los productos formulados (sólidos y líquidos) para ratas: Para facilitar su reconocimiento, los envases llevan una banda de color bien visible que diferencie cada clase, como se indica en el cuadro a continuación:

Clasificación/Color Banda	DL <sub>50</sub> (mg/kg)			
	Vía Oral		Vía Dérmica	
	Sólidos	Líquidos	Sólidos	Líquidos
Extremadamente Tóxicos / ROJO	<5	<20	<10	<40
Altamente Tóxicos / AMARILLO	5-50	20-200	10-100	40-400
Moderadamente Tóxicos / AZUL	50-500	200-2000	100-1000	400-4000
Ligeramente Tóxicos / VERDE	>500	>2000	>1000	>4000

El Cuadro nos indica que deben tomarse todas las precauciones con el manejo y usos de los primeros productos en la tabla. Todo lo relacionado con esta materia (precauciones, dosis, plagas a controlar, cultivos, antídotos, etc.) viene especificado en la etiqueta del envase. Por eso, antes de utilizar cualquier plaguicida, debe leerse atentamente la etiqueta; de ser necesario leerla dos veces. En caso de duda debe consultarse a un técnico.

## PRECAUCIONES

Cuando se utiliza cualquier insecticida o acaricida es preciso adoptar las medidas necesarias para resguardar la seguridad y la salud, no solo del operador sino también de las plantas tratadas, los consumidores humanos o animales, la fauna doméstica o silvestre, los enemigos naturales de las plagas y, por lo regular, del medio ambiente. Tal como se dijo anteriormente, además de leer con atención y a

volver a leer otra vez la etiqueta que traen los envases de los productos, se aconseja adoptar como norma general, las medidas siguientes:

#### **Precauciones con los operadores:**

##### Al preparar las mezclas:

- Adoptar los debidos cuidados, en especial cuando se manipulan productos concentrados.
- Preparar la mezcla en sitio ventilado, preferiblemente al aire libre.
- Evitar el contacto prolongado con los productos y el inhalar vapores o partículas del mismo.

##### Al aplicar los plaguicidas:

- Vestir la ropa apropiada, seca y limpia, con preferencia de tela gruesa y mangas largas.
- Utilizar máscara, botas y guantes de goma cuando sean productos extremadamente tóxicos, o así lo indique la etiqueta del envase.
- Evitar el contacto prolongado y las inhalaciones de la mezcla y revisar los posibles escapes o pérdidas que puedan tener los equipos.
- Efectuar las aplicaciones siempre a favor del viento.
- No fumar, beber, ni comer, sin antes lavarse bien con abundante agua y jabón.

##### En caso de intoxicaciones:

- Retirar inmediatamente del trabajo al operario que muestre síntomas anormales.
- Remover, con abundante agua y jabón los residuos de productos que pueda tener sobre el cuerpo y quitarle la ropa contaminada.
- Dejarlo en reposo en un ambiente tranquilo y llamar inmediatamente al médico.
- Tener a mano el envase del plaguicida, para que sirva de ayuda al facultativo a seleccionar el antídoto que debe aplicar.
- Trasladar al paciente al puesto de medicatura más próximo en caso de no haber médico cerca. Tener en cuenta que la rapidez del traslado y tratamiento puede ser decisiva para la supervivencia del intoxicado.

#### **Precauciones con los obreros de campo:**

No permitir a los obreros, ni a otras personas entrar al campo tratado durante un período prudencial o el que indique la etiqueta.

##### Precauciones con la fauna silvestre:

- Aplicar los plaguicidas solo dentro de los límites del cultivo, evitando el arrastre o deriva por el viento a zonas cercanas.
- Evitar la contaminación accidental de ríos, lagos, quebradas, potreros y bosques.
- No limpiar los equipos, ni botar los residuos de productos cerca de corrientes de agua o de drenajes que vayan a ellas.

### **Protección a los parasitoides y depredadores:**

Utilizar siempre productos lo más selectivos posible y en épocas apropiadas, a objeto de evitar la disminución innecesaria de los enemigos naturales y, por lo tanto, causar la ruptura del equilibrio biológico dentro del campo.

### **Protección a los consumidores:**

El peligro del empleo incorrecto de los plaguicidas, radica en la presencia de residuos que puedan resultar tóxicos a largo plazo al consumidor. Los niveles más altos permitidos para los diferentes productos y cultivos se denominan índice de tolerancia. Estos índices o fechas del último tratamiento permisible antes de la cosecha vienen especificados en la etiqueta.

## **RESIDUOS Y LÍMITES DE TOLERANCIA**

Uno de los peligros del uso inadecuado de los plaguicidas es la presencia de residuos, del compuesto aplicado inicialmente o de sus productos de degradación, que pueden resultar tóxicos, inmediatamente o a largo plazo, a los consumidores. La efectividad de los insecticidas se basa en la deposición de residuos que afectan los insectos al entrar en contacto con ellos. Esta residualidad es un atributo favorable pero a su vez si no llegan a descomponerse o desaparecer a niveles razonables antes de ser consumidos, se convierten en un problema de salud pública o ambiental. La dosis inicial depositada sobre la superficie tratada disminuye por efecto del medio ambiente, la lluvia o rocío, oxidación fotoquímica, acción enzimática de los tejidos animales o vegetales, la manipulación pre y post-cosecha y el procesamiento industrial. El proceso de degradación y persistencia de un plaguicida sigue usualmente la cinética de primer orden y la curva de persistencia puede determinarse para cada insecticida y sustrato de los cultivos. Con estos datos se puede estimar los residuos al momento de la cosecha y el tiempo o intervalo que debe transcurrir entre ésta y el momento de aplicación.

Los niveles más altos permitidos legalmente de un plaguicida y sus metabolitos en productos agropecuarios es lo que se denomina límite máximo de residuos (LMR) conocido también como límite o índice de tolerancia. Esto es, la máxima concentración de residuos de un plaguicida resultante del uso

adecuado para la producción o protección del cultivo y que puede ser ingerido por los consumidores a largo plazo sin causar daño aparente a su organismo o funcionamiento, esta cantidad se expresa en miligramos por kilogramo de peso (mg/kg) o partes por millón (ppm).

Para determinar el límite máximo de residuos (LMR) se toman en cuenta varios factores como son: el patrón de uso del plaguicida, la determinación de residuos en ensayos de campo, la curva de persistencia, métodos de análisis y el patrón alimenticio de la población que determina a su vez la ingesta diaria aceptable o admisible.

La ingesta diaria admisible (IDA) es la máxima cantidad de un producto químico que puede ser ingerido diariamente de por vida sin riesgo aparente o apreciable al consumidor, a la luz de toda la información toxicológica disponible al momento de la evaluación.

Se expresa en miligramos por kilogramos de peso vivo (mg/kg). La IDA se determina generalmente de estudios a largo plazo con animales de laboratorio y para su determinación numérica se toma en cuenta la especie más susceptible y se reduce por un factor de 100 para evitar contratiempos imprevistos (Vettorazzi, 1979; Vettorazzi y Radaelli-Benvenuti 1982).

Los LMR se establecen para cada cultivo o parte a consumir, para cada plaguicida o formulación, y puede variar para cada país en particular según los hábitos alimenticios de consumo. Para evitar confusiones al nivel de los agricultores se utiliza el término: última fecha de tratamiento antes de la cosecha, es decir el tiempo que debe transcurrir entre el tratamiento y la cosecha del producto para así asegurar que los residuos estén dentro de los límites permitidos. Algunos autores utilizan el término tiempo de espera. Tanto los LMR como la última fecha de tratamiento vienen indicados en la etiqueta. De allí la importancia de la etiqueta que lleva el envase y la necesidad de leerla con detenimiento antes de usar cualquier plaguicida. Información sobre las IDA aceptadas a nivel internacional se pueden consultar en el Codex Alimentarius y los LMR para USA en el Federal Register.

## **FORMULACIONES**

La materia técnica o activa de un plaguicida en muy raras ocasiones puede utilizarse directamente. Para su aplicación, manejo, transporte y almacenamiento se necesita mezclarlas o añadirle otros compuestos llamados ingredientes inertes o coadyuvantes, generalmente no tóxicos, lo que se conoce como formulación o la forma de comercialización. Los plaguicidas pueden ser adquiridos en forma sólida o líquida, dependiendo su formulación de las características de la materia activa.

**Formulaciones sólidas:** Según el tamaño de las partículas, se clasifican en polvos, granulados y cebos. Pueden usarse directamente o diluidos en agua para ser aplicados en aspersiones.

**Polvos:** El diámetro de las partículas oscila entre 0,5 y 4  $\mu\text{m}$ . Consisten de una mezcla de ingrediente activos e inertes impregnados o mezclados y luego molidos finamente. Se comercializan como:

**Polvos para espolvoreo (P):** Se aplican directamente y vienen en concentraciones bajas, generalmente entre 1-20%. El Producto se presenta en forma de polvo fino, frecuentemente coloreado para evitar su confusión accidental con harinas comestibles, sino presenta un olor bastante fuerte. Se distinguen los "polvos secos concentrados" de los "polvos secos diluidos". Los polvos concentrados necesitan ser diluidos antes de ser aplicados mientras que los polvos diluidos se aplican directamente en el campo (espolvorees). Ambas formas se venden en el mercado, pero es preferible comprar los polvos diluidos.

**Polvos Mojables (PM):** Los polvos mojables tienen el aspecto de polvos finos, pero son concentrados que al ser mezclados con el agua forman suspensiones. El ingrediente activo en los PM es insoluble en agua por lo que se agrega un humectante para formar una suspensión, siendo indispensable la agitación en el equipo de aspersión. Estas suspensiones o caldos son aplicados en forma de aspersiones o pulverizaciones. Las sustancias humectantes y dispersantes y bases inertes tienen cierto grado de suspendibilidad en el agua, como el caolín, talco y carbonato cálcico. La bentonita tiene la más alta suspendibilidad pero tiende a recubrir la sustancia activa con lo que disminuye la eficacia de la formulación.

**Polvos Solubles (PS):** son formulados para ser utilizados diluidos en agua. Vienen con una mayor concentración de ingrediente activo desde 20-85 % al igual que los PM. Los PS, como el nombre lo indica, la materia activa es soluble en agua, formando una verdadera solución.

**Granulados (G) y Cebos (C):** El diámetro de las partículas en estas formulaciones varía entre 250 y 1250  $\mu\text{m}$  para los granulados, hasta más de 2 mm para los cebos. Se aplican directamente y la concentración de materia activa varía entre 1 y 20 %. En estas formulaciones el insecticida va absorbido o adherido a la superficie de gránulos de inerte, en una concentración que permite su aplicación directa. Con la formulación granulada se disminuye apreciablemente los riesgos de intoxicación accidental y contaminación facilitando la aplicación dirigida del producto.

Los granulados se emplean en casos específicos como la incorporación de insecticidas al suelo, la aplicación de larvicidas contra zancudos, o para el control de insectos del maíz y otras plantas gramíneas que pueden retener los gránulos entre sus hojas. En el caso de los cebos se formula el insecticida con sustancias atrayentes para que la plaga entre en contacto con el producto.

**Gránulos dispersables (GD):** Son gránulos que se dispersan en agua formando una suspensión como los polvos mojables para ser aplicados en aspersiones. La ventaja sobre los polvos mojables es que tienen menos riesgo de ser inhalados y son más fáciles de medir, verter y diluir. También requieren agitación.

**Fumigantes:** Son productos formulados en forma de pastillas o pellets donde la materia activa se gasifica al entrar en contacto con el aire. Se utilizan en locales cerrados herméticamente, como silos o depósitos o bajo lonas o plásticos, para el tratamiento de productos almacenados.

**Formulaciones Líquidas:** Son formulaciones utilizadas generalmente diluidas en agua para aspersiones, salvo los ultra bajo volumen y fumigantes que se aplican directamente. El contenido de materia activa fluctúa entre 20 y 85 %. Las principales formulaciones líquidas utilizadas en el país son:

**Concentrados Emulsionables (CE):** Es la más utilizada mundialmente. El concentrado emulsionable es un líquido de aspecto aceitoso que al ser mezclado con el agua forma una emulsión. La dilución (o caldo) generalmente es muy estable y requiere poca agitación. Se aplica en aspersión. Esta formulación se obtiene disolviendo el producto insecticida y un agente emulsificante en un solvente orgánico. También se usan otras sustancias adyuvantes para mejorar los depósitos en la planta.

Debe tenerse presente que el exceso de adyuvantes tensoactivos es contraproducente, pues facilita el escurrimiento y el lavado del producto, y provoca la formación de abundante espuma que dificulta el sistema de alimentación de la pulverizadora. Esto último puede ocurrir cuando se usan diluciones muy concentradas en lugar de los caldos diluidos para los cuales han sido calculadas las cantidades de adyuvantes.

**Emulsiones Concentradas (EC):** El producto ya viene emulsificado, en forma de mayonesa; solo se diluye la emulsión al agregarle agua para aspersión.

**Concentrados Solubles (CS):** La materia activa es soluble en agua, por ello se forma una verdadera solución al diluirse en ella.

**Ultra bajo Volumen (UBV-ULV):** Son formulaciones concentradas especiales en aceites, para ser utilizadas directamente sobre las plantas, con equipos diseñados para aplicar de 1 a 3 l/ha.

**Floables o Pastas Fluídas (FL o PF):** Cuando la materia activa es sólida o semi sólida, se muele finamente junto a arcilla y agua para formar una pasta, con consistencia de un pudín. Se aplican en aspersiones diluidas en agua, necesitando agitación constante en el equipo. Algunos productos pueden ser utilizados directamente para el tratamiento de semillas antes de la siembra.

**Fumigantes (F):** Pueden ser formulaciones de productos gaseosos que bajo presión se tornan líquidos o bien de productos líquidos que se gasifican al entrar en contacto con el aire. Se utilizan en lugares cerrados herméticamente como silos o depósitos, o bien bajo lonas plásticas para el tratamiento de productos almacenados o estructuras.

**Uso de la formulación adecuada**

La elección de la formulación adecuada a ser aplicada en el campo, depende de una serie de factores que se explican a continuación:

Los polvos para espolvoreo se utilizan generalmente en cultivos con mucho follaje, en donde se requiere penetración. Por lo general, poseen poco efecto residual, debido a la facilidad con que se remueven por acción de las lluvias, viento, etc. Los insecticidas aplicados en esta forma, se acumulan menos en los tejidos vegetales, y por lo tanto, hay menos peligro de residuos tóxicos. Los polvos tienen en su contra que son algo más caros y que deben ser aplicados bajo ciertas condiciones ambientales o atmosféricas. Además con su aplicación se corre también el riesgo de contaminar cultivos cercanos, a causa de la facilidad con que son desplazados por el viento.

Las aplicaciones de líquidos son las más comunes, debido a que no existe el problema de factores ambientales o climáticos mencionados para los polvos. Tienen menor penetración en el follaje espeso, aunque esto último se puede remediar con el empleo de máquinas aspersoras de bajo volumen o bien utilizando productos sistémicos. Con las aspersiones se obtiene mayor efecto residual, sobre todo al utilizar polvos mojables, y también mayor efectividad, ya que el líquido penetra fácilmente los tejidos vegetales. Por otra parte, con ellas existe menos peligro de contaminación de campos vecinos, ya que las pequeñas gotas no son arrastradas tan fácilmente por el viento.

Los insecticidas granulados, aunque no son muy utilizados en nuestro país, poseen también determinadas ventajas, sobre todo cuando se quiere efectuar un control más selectivo. Los granulados se emplean para el combate de plagas en cultivos cuyas hojas terminales forman una especie de copa (arrepollado), o bien para ser aplicados al suelo cuando no es deseable el contacto del producto con el follaje. Con este tipo de formulación se evitan los problemas de contaminación accidental de campos vecinos; y si se usan de acción sistémica, el producto es absorbido por las raíces y, por lo tanto, no afecta directamente a otros insectos sino a los chupadores. Estas ventajas justifican su empleo, a pesar de ser algo más costosos.

## **DOSIFICACION**

Se entiende por dosificación a la cantidad de producto, bien sea comercial o técnico, que debe aplicarse a un cultivo para controlar en forma satisfactoria una plaga. Las recomendaciones se hacen en base a superficie, generalmente una hectárea, para cultivos extensivos o de hilera, o bien en base a concentración de la solución a aplicarse como en el caso de huertos frutales o pequeñas parcelas. En el primer caso se indica en litros o kilos (l o Kg/ha) independientemente del volumen de agua. En el segundo caso en gramos por litro o porcentaje (gr/ L., % ó ‰) especificándose el volumen de agua a utilizarse por árbol o superficie. Es importante conocer si la cantidad especificada es del producto comercial o técnico, ya que la primera tiene una concentración menor de materia técnica o activa. En este



un equipo recién adquirido, una vez que se ha familiarizado con las instrucciones del manual, se procede a ensayar el funcionamiento con agua y seguidamente a su calibración.

El volumen o tasa de descarga de una asperjadora depende de la capacidad de descarga de las boquillas, número de boquillas por surco, distancia entre surcos, presión de aspersión y velocidad de desplazamiento de la máquina asperjadora.

**La tasa de descarga de la boquilla:** es el primer factor a considerar en la regulación y está relacionada con el tamaño del orificio de salida. Este aspecto se ha tratado al describir la boquilla en acápite anteriores.

**Número y distanciamiento entre boquillas:** En las aspersoras de tractor, la distancia entre las boquillas del aguilón está en relación con el ancho del surco. El número de boquillas por surco está determinado por el tamaño de las plantas.

Plantas de hasta unos 25 cm. de altura requieren de una sola boquilla; plantas medianas de 25 a 40 cm. requieren dos boquillas laterales; plantas grandes, de más de 50 cm., tres boquillas, una desde arriba y dos laterales. Cuando se aplica herbicidas se trata de obtener una cobertura uniforme con boquillas planas dispuestas una al lado de otras.

**La presión de aspersión:** debe estar dentro del rango que produce una buena pulverización; ni excesiva que produzca una pulverización demasiado fina, ni deficiente que no llegue a pulverizar el líquido satisfactoriamente. En aspersoras de tractor, por lo general, oscila entre 40 y 100 lb/pulg<sup>2</sup>. Las presiones bajas se utilizan con boquillas planas en las aspersiones de herbicidas y las altas en las aplicaciones de insecticidas con boquillas de aspersión cónica. En general la descarga es proporcional a la raíz cuadrada de la presión del líquido por lo que su influencia en el volumen es relativamente menor; para duplicar el volumen de la aspersión se requiere cuadruplicar la presión.

**Velocidad de la máquina asperjadora:** El volumen de descarga por unidad de superficie es proporcionalmente inverso a la velocidad de desplazamiento de la asperjadora. Si se duplica la velocidad se reduce a la mitad la cantidad de líquido que se aplica. Las aspersoras de tractor se desplazan de 3 a 16 km/h.; normalmente entre 4 y 10 km/h. La velocidad de desplazamiento de una asperjadora de mochila al paso normal del operador es alrededor de 2 km. p.h.

Una vez seleccionado el tipo de boquilla y su disposición en la barra portaboquillas, el ajuste de la descarga se hace regulando la velocidad de desplazamiento de la asperjadora y, en menor grado, con la presión. Cualquier cambio en el volumen fuera del alcance de estos reajustes requerirá el cambio de las boquillas por otras de descarga apropiada

Los diferentes métodos de calibración son tratados en detalle por Mendt, et al. (1985). El uso de la bolsa calibradora facilita la operación, tanto con asperjadoras de espalda como con las de tractor, para un gasto comprendido entre 100 y 400 l/ha. Para efectuar la operación basta asegurar la bolsa a una de las boquillas y operar la asperjadora. Con las boquillas, presión y velocidad recomendados, haciendo un recorrido de 50 m. La bolsa indica directamente el volumen de agua aplicado por hectárea. Cuando no se dispone de bolsa calibradora se debe medir la descarga de las boquillas con un envase apropiado y en una distancia de terminada (con la presión y velocidad recomendada para las boquillas en cuestión) y se calcula el gasto con la siguiente fórmula:

$$\text{l/ha} = \frac{\text{Volumen de agua colectado de las boquillas} \times 10.000}{\text{Superficie de calibración}}$$

Ejemplo: En 50 m de recorrido y una barra de aspersión de 10 m (20 boquillas colocadas a 50 cm de separación) se gastan 15 l, el volumen de líquido que aplica la asperjadora será:

$$\text{l/ha} = \frac{15 \times 10.000 \text{ m}^2}{50 \text{ m} \times 10 \text{ m}} = \frac{150.000}{500} = 300$$

También puede calcularse el volumen aplicado por hectárea utilizando el tiempo de recorrido para la distancia de prueba. La fórmula para el cálculo es la siguiente:

$$\text{l/ha} = \frac{\text{Volumen de descarga de agua/boquilla} \times 10.000}{\text{Distancia recorrida} \times \text{distancia entre boquillas}}$$

Los fabricantes, a fin de facilitar los cálculos, suministran tablas con la información sobre el gasto por minuto de los diferentes tipos de boquillas, la presión y velocidad del tractor requerida para alcanzar esos gastos.

### **Distribución y depósito de las aspersiones**

Por lo general se considera que la eficiencia de la aspersión está dada por la uniformidad con que el insecticida se distribuye y deposita sobre toda la superficie de la planta. En ese sentido el mayor problema es conseguir una buena penetración a las partes internas de la planta. Desde un punto de vista funcional lo deseable es que el producto llegue a los lugares donde se encuentran los insectos. Por ejemplo, podría convenir que la aspersión deje depósitos preferentemente en la parte externa de la planta, si en ella se encuentran los órganos que se desean proteger o es el lugar donde la plaga se ubica normalmente. En algunas plantas, las yemas, botones florales, y frutos tiernos se encuentran distribuidos principalmente en la periferia de la planta, en tales casos el control de una plaga que ataque a estos órganos puede hacerse con una cobertura superficial. Las aplicaciones dirigidas a los terminales del algodón controlan eficientemente las infestaciones iniciales del *Heliothis sp.*

### **Factores que influyen en el depósito de las gotas**

Una gota de caldo insecticida se deposita sobre una hoja y la moja cuando choca con ella con fuerza suficiente que venza su tensión superficial y se rompa, de lo contrario rebota y se pierde. Entre los

factores que intervienen en este fenómeno están la energía cinética de la gota, las características de la superficie de la planta y las características físicas del medioambiente. Estas consideraciones son más importantes cuando se trata de gotitas más pequeñas, como aquellas que predominan en las pulverizaciones de bajo y medio volumen.

Una gotita al salir de una boquilla hidráulica va cargada de una energía cinética que es proporcional al tamaño de la gota y que decrece conforme se aleja de la boquilla.

Una vez perdida la energía inicial, en ausencia de viento, las gotas caen a una velocidad constante según su tamaño; esto se llama *velocidad terminal de la gota*.

Las gotas más grandes caen más rápidamente, con una mayor fuerza de impacto, mientras que las gotas más pequeñas caen lentamente con una capacidad de impacto reducida y por consiguiente con menos posibilidades de mojar los objetos. Además, las gotas más pequeñas quedan expuestas por más tiempo a la acción de los factores del medio ambiente, principalmente la temperatura, que acelera la evaporación. Esta situación se agrava por que la superficie total de las gotitas pequeñas es mayor que la de las gotas grandes que se forman con la misma cantidad de líquido.

### **Maquinas aspersoras o pulverizadores**

Existe una gran diversidad de máquinas aspersoras diseñadas para trabajar en las más variadas condiciones de campo. Las aspersoras pueden diferir en tamaño, peso, forma, rendimiento, sistemas de propulsión, sistemas de pulverización, tipos de bombas, volúmenes de descarga, etc.; y pueden agruparse o clasificarse considerando cualquiera de estas características. Pero la diferencia fundamental está dada por el sistema de pulverización del líquido; es decir, por el sistema que se utiliza para que una masa de líquido se convierta en pequeñas gotitas. Se distinguen tres sistemas de pulverización:

- a. Sistema Hidráulico, que consiste en hacer pasar un líquido a presión por un orificio pequeño.
- b. Sistema Neumático, que consiste en dejar caer una pequeña cantidad de líquido en una fuerte corriente de aire.
- c. Sistema Rotatorio, que consiste en dejar caer un poco de líquido sobre un disco o cilindro que gira a gran velocidad.

De acuerdo a estos mecanismos, las aspersoras se dividen en tres tipos fundamentales: aspersoras hidráulicas, aspersoras neumáticas y aspersoras rotatorias. Las dos primeras son las más ampliamente utilizadas en aspersiones terrestres. La primera y la última son utilizadas en las aspersiones aéreas.

### **INCOMPATIBILIDAD**

La incompatibilidad de mezclas de agroquímicos se presenta cuando uno o varios de los plaguicidas mezclados reaccionan con uno o más componentes de la mezcla. Los resultados de una reacción de incompatibilidad son inseguros y por lo tanto las mezclas no pueden usarse.

Los signos de que ocurrió una reacción de incompatibilidad en una mezcla son los siguientes:

1. Producción de calor en el tanque

2. Aparición de precipitados en forma de grumos o cristales

3. Formación de burbujas

4. Cambios de color

5. Aparición de gotas aceitosas

6. Aparición de geles o sustancias gelatinosas

7. Aparición de natas o espumas en la superficie

8. Formación de líneas de separación entre los ingredientes.

La aparición de calor, precipitados, burbujas o los cambios de color, generalmente significan incompatibilidad química entre los componentes de la mezcla.

La presencia de espuma, gotas aceitosas, geles o la separación de ingredientes, generalmente indican incompatibilidad física, los productos no pueden mezclarse y no deben usarse incluso si durante un período de tiempo corto no se presentan los signos de incompatibilidad.

Si una mezcla de plaguicidas se ha venido utilizando por un tiempo largo y de pronto se presenta una señal de incompatibilidad puede estar afectando alguno de los siguientes factores:

1. Se cambió el orden en que mezclaban los componentes.

2. No se usó suficiente agua para realizar las pre-mezclas.

3. Hubo un cambio de pH en el agua con que se hace la mezcla

4. Se dejó la mezcla preparada sin aplicar por un tiempo prolongado

5. Las temperaturas fueron muy altas o muy frías.

6. Hubo insuficiente agitación

7. El fabricante cambió las características químicas de los productos o de los acondicionadores

8. Hubo un cambio en los materiales de fabricación de los tanques en donde se hacen las mezclas.

Las incompatibilidades producen una serie grande de problemas para el cultivo y la empresa:

1. Se aumentan los riesgos de fitotoxicidad.
2. Se disminuye la efectividad de los productos, esto provoca incremento en los niveles de daño y mayor consumo de agroquímicos.
3. Con frecuencia se presentan daños en el equipo de aplicación
4. Aumentan los riesgos de intoxicaciones de los aplicadores
5. Se aumenta la cantidad de residuos que quedan sobre el cultivo
6. Aumentan los costos de producción
7. Se presentan problemas para desechar los residuos.

Para evitar las incompatibilidades es necesario hacer pruebas previas, para ello se usa un recipiente plástico transparente, se realiza las mezclas, agitando muy bien y se observa durante 15 minutos. Para hacer estas pruebas hay que agregar los productos en el siguiente orden:

1. Polvos mojables
2. Gránulos dispersables y solubles en agua
3. Líquidos solubles en agua
4. Concentrados emulsificables
5. Solventes y coadyuvantes

## **RESISTENCIA**

El fenómeno de la resistencia es uno de los problemas más graves que enfrenta el hombre. Si bien es cierto que se ha hecho más énfasis en lo que respecta a los artrópodos, por ser más dramático y a la vez más documentado, la humanidad enfrenta el mismo problema con los microorganismos causantes de enfermedades (bacterias, hongos, protozoarios), malezas, nemátodos, vertebrados, etc.

La resistencia de insectos a los productos químicos se conoce desde el año 1914, pero su proliferación e importancia se ha dramatizado con el uso masivo de los plaguicidas en los últimos 50 años. Del primer reporte a esta parte el número de artrópodos resistentes a uno o más productos ha incrementado exponencialmente hasta llegar a más de 428, de los cuales 60% son de importancia agrícola y el 40% restante de importancia médica o veterinaria (Georghiou 1983). El Cuadro 1 muestra la resistencia a diferentes grupos de plaguicidas de los artrópodos de importancia económica. En el Cuadro 2 se indica el aumento en el número de especies resistentes en la década de los 70. Los factores que influyen la selección de la resistencia en poblaciones de campo son de origen genético, biológico (bióticos o de comportamiento) y, operacionales (producto químico y su aplicación) (Georghiou y Taylor 1977).

Resistencia puede definirse como: el desarrollo de la habilidad de una raza de insectos para tolerar dosis de insecticida que sería letal para la mayoría de individuos de una población normal de la misma especie. La resistencia es un fenómeno preadaptativo y es enteramente dependiente de la selección con plaguicidas. El desarrollo de la resistencia de los insectos a insecticidas es muy similar a la adaptación de los insectos a los mecanismos de defensa de las plantas, es un fenómeno de **COEVOLUCION** pero de forma más acelerada que en la naturaleza.

El grado de resistencia se mide por la relación entre la dosis letal media (DL50) de la población resistente y la de la población susceptible. Esta relación varía con los productos y los métodos experimentales utilizados, pero siempre depende de la penetración, transporte y reacciones de intoxicación y detoxificación. La selección con un producto determinado tenderá a favorecer los alelos que causan mayor resistencia pero al mismo tiempo la selección natural operará para restringir la variabilidad disponible. La resistencia puede deberse a un solo gen, **monogénica**, y en este caso puede ser muy pronunciada, o deberse a más de un gen, **poligénica**. En todo caso, el número de genes responsables es siempre relativamente pequeño.

### **Resistencia cruzada y Resistencia múltiple**

Resistencia cruzada implica la resistencia de una raza de insectos a compuestos diferentes al agente selectivo, pero que tienen el mismo mecanismo de resistencia o modo de acción. (Ej. Resistencia al DDT y sus derivados; órganos fosforados y carbamatos).

Resistencia múltiple, en cambio, implica la resistencia de una raza de insectos a diferentes compuestos con diferentes mecanismos de acción. Este caso resulta del uso continuado y simultáneo de varios insecticidas bajo condiciones de campo. Es importante distinguir entre ambos casos de resistencia, ya que una resistencia cruzada específica puede suministrar información sobre el mecanismo actuante y por lo tanto en la selección de insecticidas alternativos para el control de las poblaciones resistentes.

### **Causas de resistencia**

Las causas de resistencia pueden ser debidas a factores fisiológicos o de comportamiento. Las causas fisiológicas pueden ser por a) alteración en el sitio de acción, b) aumento en el metabolismo de desintoxicación, c) por reducción en la penetración.

#### **a) Alteración en el sitio de acción**

1. Cambios en la acetil colinesterasa: La enzima se vuelve menos sensible a la inhibición por los fosforados y carbamatos. Esto se ha comprobado en ácaros, garrapatas, saltahojas y mosca doméstica.
2. Resistencia al Knock-down (Kdr): En mosca doméstica, *Culex tarsalis* y mosca de los establos, se ha encontrado un gen recesivo que induce resistencia al Knock-down del DDT. Su efectividad se extiende a los análogos del DDT que no pueden ser dehidroclorinados y parece causar una baja en la sensibilidad de los nervios al no permitir el acceso del insecticida al sitio de acción. Este gen también confiere resistencia cruzada a los piretroides.

#### **b) Aumento del metabolismo de desintoxicación**

1. DDT - asa: La enzima DDT dehidroclorinasa convierte el DDT en un compuesto relativamente no tóxico, DDE.
2. Hidrolasas y Transferasas dependientes del glutatión: La resistencia debida a las hidrolasas y transferasas (GSH-S) son de importancia solo con los esterfosforados. Las fosfatasa, carboxilasas y GSH-S transferasas aumentan la velocidad de desdoblamiento de los insecticidas fosforados en metabolitos menos tóxicos.
3. Oxidasas de Función Múltiple (MFO): Las Oxidasas de Función Múltiple son de gran importancia en el metabolismo de casi todos los grupos de insecticidas, tanto en mamíferos como en insectos. Su acción es reducida por el uso de sinergistas como el butóxido de piperonilo y sesamex. Las MFO parecen también inducir resistencia cruzada a las hormonas juveniles o sus mímicos utilizados en el control de insectos. Aparentemente más de un gen está involucrado en la resistencia causada por estas oxidasas.

#### **c) Reducción de la penetración**

La reducción de la penetración depende del modo de aplicación, tópica o de contacto, y del insecticida. Depende de un solo gen y se le ha denominado **pen**. Se ha estudiado en mosca doméstica y cogollero del tabaco, pero su modo de acción todavía no ha sido dilucidado plenamente.

**La resistencia puede también inducirse por cambios en el comportamiento de los insectos.**

1. Ciertas razas de Anofelinos no se posan sobre paredes tratadas con insecticidas y otros no entran a locales o habitaciones tratadas con los mismos.
2. Otro caso conocido es el de las larvas de *Carpocapsa pomonella* (codling moth) plaga del manzano, que descartan el primer bocado o mordida del fruto antes de penetrar dentro del mismo, evitando así ingerir los productos de efecto estomacal con que se tratan los frutos.
3. La mosca común detecta las superficies tratadas con malathion y no se posan en ellas.
4. La mosca se aleja de las superficies de animales (ganado) tratados tópicamente.
5. Los gusanos belloteros del género *Heliothis* al entrar en contacto con superficies tratadas con piretroides, disminuyen la locomoción evitando mayor contacto con los plaguicidas.

**Cómo disminuir la incidencia y riesgos de la resistencia:** (Metcalf 1983; Georghiou 1983, Denholm y Rowland 1992).

Si bien recientemente se ha avanzado mucho en el conocimiento de la genética, fisiología y bioquímica de la resistencia, no ha ocurrido lo mismo en la formulación de prácticas dilatorias para retardar su evolución. Con la implementación del manejo integrado de plagas existe la esperanza que a corto o mediano plazo se pueda traspasar la barrera. La oportunidad de reducir la presión de selección con insecticidas al utilizar otros métodos como los enemigos naturales, patógenos de insectos, prácticas culturales, variedades de plantas resistentes y otras medidas no químicas, abre nuevas esperanzas. Como en la mayoría de los casos, el MIP aún depende del uso de plaguicidas, solo implementando el manejo de plaguicidas, se podrá mejorar las deficiencias. Metcalf (1983) considera que el uso que se le viene dando a los insecticidas es inadecuado y que su impacto sobre la resistencia puede mejorarse reduciendo la presión de selección o manejando estos productos en una forma más racional.

**Reducción de la presión de selección:** **1)** Aplicar los insecticidas solo cuando sea necesario. **2)** Tratar en franjas o árboles alternos en vez de todo el campo. **3)** Evitar el uso de productos de efecto residual prolongado o formulaciones de liberación controlada. **4)** Evitar los tratamientos que afectan simultáneamente más de una fase de desarrollo de la plaga (ej. larvas y adultos). **5)** En los programas de control utilizar variedades o cultivares resistentes, rotación de cultivos, enemigos naturales, patógenos de insectos y otros métodos no químicos.

**Manejo de insecticidas:** **1)** Mantener bajo estudio las poblaciones de plagas para detectar la resistencia lo más temprano posible. **2)** Evitar el uso de mezclas de insecticidas. **3)** Extender la vida útil de los insecticidas tanto como sea posible, reemplazarlos tan pronto las pruebas de susceptibilidad muestren cambios. **4)** Seleccionar insecticidas alternos basados en información sobre resistencia cruzada o múltiple.

## SELECTIVIDAD

Bajo el término selectividad se entiende la toxicidad selectiva para un organismo (género, orden, clase o phylum) en comparación con otro. Esta comparación, para que sea válida debe efectuarse en igualdad de condiciones. La selectividad se utiliza en los programas de Manejo de Plagas para reducir las poblaciones de plagas causando el mínimo efecto sobre los demás componentes del agroecosistema.

La selectividad se puede obtener por muchas vías, pero las más aceptadas son: la selectividad **ecológica, extrínseca** o de **escape** debida a las diferencias en comportamiento o hábitat de las especies involucradas (Ej. uso de insecticidas sistémicos en plantas o animales, los cuales matarán a los fitófagos o hematófagos, no afectando o afectando en menor grado a otros organismos; uso de ropa protectora por los aplicadores, etc.). La segunda fuente de selectividad es denominada **fisiológica o intrínseca** la cual involucra todos los casos donde el producto o compuesto entra en contacto o es directamente aplicado sobre los organismos y unos muestran susceptibilidad y otros no. En este caso la selectividad puede ser debida a diferencias en la penetración del producto o bien en los eventos que se suceden posteriormente a ella. La selectividad puede resumirse de la siguiente manera:

### A. Fisiológica o Intrínseca:

- Absorción o penetración
- Retención por acumulación o falta de movilidad hacia el Fisiológica sitio de acción.
- Metabolismo de degradación (detoxificación) o falla en la actividad del producto.
- Insensibilidad en el sitio de acción.

### B. Ecológica o Extrínseca:

- Manejo de Plaguicidas y Estrategias de Control.
- Hábitos y Comportamiento de la plaga.

### A. Selectividad Fisiológica o Intrínseca

El tema ha sido tratado extensamente por Corbett (1974), Hollingsworth (1976) y O'Brien (1960, 1967). El índice de selectividad utilizado normalmente es la relación o cociente existente entre la dosis letal media ( $DL_{50}$ ) para vertebrados y la  $DL_{50}$  para insectos o artrópodos, llamado también cociente de selectividad para vertebrados. Un compuesto con un cociente de Selectividad alto nos indica que es mucho más tóxico para insectos que para los vertebrados. Sin embargo, estos cocientes de Selectividad deben ser utilizados con cierto criterio ya que varían tanto dentro como entre especies, dependiendo de la dosis (aguda, crónica, letal o subletal), si el efecto subletal es sobre el comportamiento, fertilidad o tasa de crecimiento; edad, estado de sensibilidad; formulación del producto; etc. Un ejemplo ilustra el valor relativo del cociente de selectividad y como puede ser interpretado para 3 productos de igual coeficiente.

Producto	DL <sub>50</sub> -Vertebrados (mg/kg)	DL <sub>50</sub> -Insectos (mg/kg)	Cociente
A	2	0,02	1-3
B	200	2	1-3
C	20.000	200	1-3

Los tres productos tienen aparentemente un cociente de selectividad muy bueno. Sin embargo, el producto A es muy tóxico para mamíferos; el producto C tiene una toxicidad muy baja para insectos por lo que resulta impráctico su uso; el producto B es el ideal, ya que presenta una toxicidad aceptable para vertebrados y alta para insectos.

La variabilidad que se observa en la toxicidad de un solo producto en individuos de la misma especie nos indica el problema que implica el uso de un solo criterio (cociente de selectividad) para valorar el grado de selectividad entre dos especies en el laboratorio y más aún en el campo, por ser altamente variable y complejo. Un caso especial de selectividad lo encontramos en el fenómeno de resistencia, el cual es uno de los raros casos indeseables, aquí la diferencia en toxicidad se presenta en razas de la misma especie.

**Cambios en la absorción o penetración:** Este tipo de selectividad se refiere a diferencia en la velocidad de penetración a través de la cutícula de los insectos, o entre ésta y la piel de los mamíferos. La barrera que constituye la cutícula es muy variable entre los insectos, inclusive entre las fases de crecimiento de la misma especie. A pesar de lo evidente de este fenómeno, es uno de los aspectos de la selectividad menos comprendido y más complicado de estudiar in vivo. Como ejemplo podemos citar la mayor velocidad de penetración del DDT a través de la cutícula de los insectos en comparación con la piel de los mamíferos.

**Acumulación o almacenamiento:** En este caso el insecto u organismo acumula o almacena el producto químico en tal forma o sitio donde no es capaz de actuar o se mantiene inerte. Generalmente, esta acumulación se efectúa en el cuerpo graso de los insectos o en la grasa corporal de los mamíferos. Como ejemplo podemos citar a la hembra de la cucaracha americana, por poseer un cuerpo graso de mayor tamaño capaz de almacenar mayor cantidad de productos.

**Metabolismo:** Uno de los factores más importantes de la selectividad entre especies o razas de la misma especie es la velocidad con que se metabolizan, activan o detoxifican los insecticidas dentro del organismo. Este fenómeno se ha estudiado con mayor énfasis en los casos donde se ha presentado resistencia. Las enzimas responsables del metabolismo de los insecticidas y otros xenobióticos son las del sistema microsomal u oxidasas de función múltiple, particularmente de los tóxicos liposolubles. Ejemplos de activación microsomal la tenemos con los insecticidas fosforados donde se efectúa la conversión de P=S a P=O, simultáneamente se suceden una serie de reacciones de detoxificación como

son la hidroxilación, sulfoxidación, etc. Los sinergistas actúan como tales al inhibir el metabolismo microsomal de los productos tóxicos. Ejemplos de selectividad entre insectos y mamíferos debido a diferencias en la tasa de detoxificación la tenemos con malatión y dimetoato donde la actividad de las enzimas presentes en los mamíferos descompone con mayor velocidad estos productos que en los insectos.

**Insensibilidad en el sitio de acción:** La selectividad en este caso está relacionada con las diferencias que existen en los sitios donde actúan los tóxicos en diferentes organismos. Los casos más estudiados son con los inhibidores de colinesterasa como los organofosforados y carbamatos, donde se ha comprobado que la enzima en los insectos es más susceptible que en los mamíferos. Como ejemplo podemos citar el fenitrotión, este producto es de 0,02 a 0,05 menos tóxico para mamíferos que a insectos debido a que la unión de él con la colinesterasa de insectos es mucho más estable que con la colinesterasa de los mamíferos.

## **B. Selectividad Ecológica**

Cuando la selectividad fisiológica no es aplicable para el control de plagas debido a la ausencia de productos específicos y también por lo antieconómico de su fabricación y comercialización, se pueden utilizar los productos menos selectivos solo cuando sea necesario y no en forma preventiva o de calendario. Conociendo el ciclo de vida, comportamiento de las plagas y la fenología del cultivo se pueden aplicar en el momento donde sean más susceptibles o cuando los enemigos naturales estén menos expuestos. A continuación, se mencionan las formas de obtener selectividad fisiológica:

### **Mejorando el uso y Manejo de los Plaguicidas:**

a) Aplicación en el momento oportuno, cuando la plaga se encuentra en su fase más susceptible o expuesta a la acción de los plaguicidas. Se pueden utilizar las tablas de vida, tanto para el cultivo como para la plaga. Las primeras proveen la información referente al momento crítico del daño y sobre la relación beneficio/riesgo de la posible aplicación del plaguicida. Las tablas de vida de la plaga describen en detalle su ciclo de vida y cuáles son los factores claves responsables de su fluctuación, lo que indica cuando el uso de insecticida es más efectivo, la época más propicia y su integración con estos factores claves para interferir lo menos posible. Ejemplo: La polilla del repollo (*Plutella xylostella*) es controlada por avispa y otros depredadores cuando el repollo aún no ha formado cabeza, por lo tanto no se justifica el tratamiento químico antes de ese momento. Los tratamientos con productos químicos solo se justifican al formarse la cabeza y cuando el daño se observa en esta fase de crecimiento.

b) Reducción de las dosis: Muchas veces las dosis recomendadas de insecticidas pueden reducirse de tal forma de disminuir su efecto sobre los enemigos naturales, el control ejercido por estos contrarresta la disminución de control de parte del insecticida.

c) Evitar el uso de productos persistentes: Aplicar productos no persistentes en el momento oportuno tratando de controlar la plaga sin afectar los enemigos naturales.

d) Uso de productos sistémicos: Los insecticidas sistémicos son altamente selectivos para las plagas chupadoras, son absorbidos rápidamente por las plantas y actúan por ingestión de la savia sin afectar a los insectos masticadores, parasitoides y de predadores. También pueden ser utilizados en el suelo o en las semillas para ser translocados en la planta hacia las partes de mayor crecimiento o los frutos. En el caso de tratamiento de semillas se reduce significativamente la dosis por hectárea y por lo tanto la contaminación ambiental.

e) Uso de productos granulados: Los productos granulados de liberación lenta pueden utilizarse en forma selectiva para controlar plagas dentro de cogollos (al rodar dentro de ellos por su peso) como en el caso del cogollero del maíz, o bien, aprovechando su mayor peso y penetrar el follaje hacia el suelo como es el caso del control de la candelilla de la caña.

f) Tratamientos dirigidos: Se puede utilizar el conocimiento de la ubicación de las plagas en las plantas para efectuar tratamientos dirigidos o localizados. Es el caso de la queresá del naranjo (*Unaspis citri*) que ataca preferiblemente los troncos de las cítricas. Aplicando en forma dirigida a esta parte de la planta, pueden aplicarse productos no selectivos, sin afectar mayormente a la fauna del follaje.

### **Comportamiento de los insectos:**

El comportamiento, tanto de las plagas como de los enemigos naturales, puede aprovecharse para utilizar selectivamente los productos químicos.

a) Uso de atrayentes: El uso de feromonas sexuales que regulan la atracción entre sexos, o bien las sustancias que incitan la alimentación y ovoposición pueden ser utilizados selectivamente en el control de insectos, bien sea atrayéndolos fuera del cultivo y ser destruidos en trampas, o, para detectar su presencia al inicio del ataque y comenzar las medidas de control a tiempo. El uso de trampas con trimedlure es específico para la mosca del Mediterráneo, las proteínas hidrolizadas o pellets de torula para las moscas de la fruta (*Anastrepha*). Se pueden utilizar para detectar la presencia de las moscas o bien para reducir la población cuando se coloca un número suficiente de trampas por hectáreas.

b) Uso de trampas de luz: La acción que ejercen ciertos colores o luz ultravioleta pueden ser utilizados para atraer y luego destruir los insectos, o bien, para detectar ataques iniciales en forma semejante a los atrayentes químicos.

El uso de platos de plástico amarillo cubiertos de sustancias adherentes alrededor de siembras de hortalizas, reduce la población de áfidos y por lo tanto la incidencia de enfermedades virales.

## **BIBLIOGRAFIA**

- Ayala, H. y M. Cermeli. 1990. Precauciones en el uso manejo de Plaguicidas. Fusagri. 46. p
- Bloomquist, J.R. 1996. Ion channels as targets for insecticides. *Ann. Rev. Entomol.* 41:163-190.
- Bonning, B.C. Y B.D. Hammock. 1996. Development of recombinant baculoviruses for insect control. *Ann. Rev. Entomol.* 41:191-210.
- Burn, A.J., T.H. Coaker Y P.C. Jepson. 1987. *Integrated Pest Management*. Academic, London. 474.p
- Casida, J.E. Y G.B. Quistad. 1998. Golden age of insecticide research: past, present or future?. *Ann. Rev. Entomol.* 43:1-16.
- Cermeli, M. 1981. Situación del Control Químico de Insectos Plagas. pp. 51-86 En: *La Entomología Venezolana: Una Revisión Crítica*. Memorias V Congreso Venez. Entom. Maracay. 4-5 julio 1980.
- Clark, J.M., Campos F., Scott J.G. Y Bloomquist, J.R. 1995. Resistance to avermectins: extent, mechanism and management implications. *Ann. Rev. Entomol.* 41:191-210.
- Coats, J.R. 1994. Risk from natural versus synthetic insecticides. *Ann. Rev. Entomol.* 39:489-515.
- Corbett, J.R. 1974. *The Biochemical Mode of Action of Pesticides*. Academic Press, London 330 p.
- Cremllyn, R. 1979. *Pesticides. Preparation and Mode of Action* J. Wiley, Chichester 240 p.
- Denholm, I. Y M.V. Rowland. 1992. Tactics for managing pesticide resistance in arthropods: Theory and practice. *Ann. Rev. Entomol.* 37:67-90.
- Dent, D. 1991. *Insect Pest Management*. CAB International. pp 132-222.
- Dhadialla, T.S. G.R Carlson Y D.P. Le. 1998. New insecticides with ecdysteroidal and juvenile hormone activity. *Ann. Rev. Entomol.* 43:545-569.
- Fernandez, M. y M. Cermeli. 1982. Impacto causado por el uso de plaguicidas en Venezuela. 1er. Seminario de Biocidas. Caracas 24-26 noviembre 1981. 31+18 p.
- Georghiou, G.P. 1983. Management of resistance in Arthropods. pp. 769-792 En: *Pest Resistance to Pesticides*. Georghiou y Saito (eds).
- Georghiou, G.P. y C.E. Taylor. 1977. Pesticide resistance as an evolutionary phenomenon. *Proc. XV Int. Congress Entomol.* Washington, D.C. pp. 759-785.
- Georghiou, G.P. y R.G. Mellon. 1983. Pesticide resistance in time and space. pp. 1-46 en: *Pest Resistance to Pesticides*. Georghiou y Saito (eds).
- Georghiou, G.P. y T. Saito (eds.). 1983. *Pest Resistance to Pesticides*. Plenum Press, N.Y. 809 p.
- GIFAP. 1984. *Technical Monograph*. N° 2. Bruxelles 22 p.
- Gould, F. 1991. Arthropod behavior and the efficacy of plant protectans. *Ann. Rev. Entomol.* 36:305-330.
- Graham-Bryce, I.J. 1987. Chemical Methods. Pp 113-159. En: *Integrated Pest Management*. Burn, Coaker y Jepson (eds.). Academic, london, pp.?
- Hedin, P.A. 1985. *Bioregulators for Pest Control*. ACS Symposium Series 276. 540 p.

- Hollingsworth, R. 1976. The Biochemical and Physiological Basis of Selective Toxicity, pp. 431-506 En: Insecticide Biochemistry and Physiology. C.F. Wilkinson (ed.)
- Horn, D.J. 1988. Ecological Approach to Pest Management. The Guilford Press, N.Y. 285 p.
- Kogan, M. 1986. Ecological Theory and Integrated Pest Management. Wiley and Son. 362 p.
- Mendt, R. M. Alabarracin y H. Ayala. 1985. Control de Malezas. Serie Petróleo y Agricultura. Nº 8. FUSAGRI, 98 p.
- Metcalf, R.J. 1975. Insecticides in Pest Management. pp. 235-270 En: Introduction to Insect Pest Management. Metcalf y Luckmann (eds.) J. Wiley.
- Metcalf, R.L. 1980. Changing role of insecticides in crop protection. Ann. Rev. Entom. 25:219-256.
- Metcalf, R.L. 1983. Implications and prognosis of resistance to insecticides. pp. 703-733 en: Pest Resistance to Pesticides. Georghiou y Saito (eds.).
- Metcalf, R.L. 1986. The ecology of insecticides and the chemical control of insects. En: Ecological Theory and Integrated Pest Management.. M. Kogan (ed.) pp:251-297.
- Metcalf, R.L. Y W. LUCKMANN. 1982. Introduction to Insect Pest Management. Wiley. 577 p.
- MI. 1991. Normas COVENIN 1160-91. (Provisional). Plaguicidas. Envasado. Rotulado.
- Ministerio de fomento. 1991. Normas COVENIN 13-06002 (Provisional). Plaguicidas. Manejo de desechos sólidos. 2 p.
- Ministerio de fomento. 1991. Normas COVENIN 13-06003 (Provisional). Plaguicidas. Clasificación 4 p.
- Ministerio de fomento. 1991. Normas COVENIN 13-06004 (Provisional). Plaguicidas. Evaluación Toxicológicas. 3 p.
- Ministerio de fomento. 1991. Normas COVENIN 13-06005 (Provisional). Plaguicidas. Registros para la Autorización 13 p.
- Ministerio de fomento. 1991. Normas COVENIN 2268 (Provisional). Aplicación, Manejo, Transporte. Normas de Seguridad Pública e Higiene Ocupacional. 10 p.
- Ministerio de sanidad y asistencia social. 1987. Productos de Uso agrícola Autorizados en el País. Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental. Dpto. Control de Plaguicidas. Maracay.
- Ministerio de sanidad y asistencia social. 1987. Productos de uso agrícola autorizados en el País. Dirección de Malariología y Saneamiento Ambiental. Dpto. de Control de Plaguicidas. Maracay.
- Neuman, R. y W. Guyer. 1987. Biochemical and toxicological differences in the mode of action of the benzoyl urea. Pesticide Science 20(2):247-256.
- O'Brien, R.D. 1960. Toxic Phosphorous Esters. Academic Press, N.Y. 434 p.
- O'Brien, R.D. 1967. Insecticides. Action and Metabolism. Academic Press, N.Y. 332 p.
- Oppenoorth, F.J. y W. Welling. 1976. Biochemistry and Physiology of Resistance. En: Insecticide Biochemistry and Physiology. C.F.Wilkinson (ed.). pp: 507-551. Plenum Press.
- Pedigo, L.P. 1989. Entomology and Pest Management. Mc Millan, N.Y. 648 p.
- Reglamento general de plaguicidas. 1992. Gaceta Oficial Nº 34877.
- Reynolds, S.E. 1987. The cuticle, growth and moulting in insects. The essential background to the action of acylurea insecticides. Pesticide Science. 20(2):131-146.

- Saume, F. 1992. Introducción a la Química y Toxicología de Insecticidas. Industrias Gráficas Integral. Maracay. 212 p.
- Vet, M. y M. Dicke. 192. Ecology of infochemicals use by natural enemies in a tritrophic level. *Ann. Rev. Entomol.* 37:141-172.
- Vettorazzi, G. 1979. International Regulatory Aspects for Pesticide Chemicals. Vol. 1. Toxicity Profiles. CRC Press, Boca Raton. 216 p.
- Vettorazzi, G. y B. Radaelli-Benvenuti. 1982. International Regulatory Aspects for Pesticide Chemicals. Vol. 2. Tables and Bibliography. CRC Press, Boca Raton. 243 p.
- Whitehead, D.L.1985. Use of natural products and their analogues for combating pest of agricultural and public health importance in Africa. En: *Bioregulators for Pest Control*. P.A. Hedin (ed.). pp:409-452. ACS Symposium Series. 276 p.
- Wilkinson, C.F. (ed.) 1976. *Insecticide Biochemistry and Physiology*. Plenum, N.Y. 768 p.