

LA RESISTENCIA de PLAGAS AGRÍCOLAS A

E.A.P.
183(26)
C.2

INSECTICIDAS EN NICARAGUA:

Causas, Situación Actual y Manejo



Proyecto Cuantificación de Resistencia en Plagas Agrícolas en Nicaragua.



CORNELL
UNIVERSITY



*La Resistencia de Plagas Agrícolas
a Insecticidas en Nicaragua:*

CAUSAS, SITUACIÓN ACTUAL Y MANEJO

206756

Allan J. Hruska
Héctor N. Vanegas
Carlos J. Pérez

PROYECTO CUANTIFICACION DE RESISTENCIA A INSECTICIDAS
EN PLAGAS DE IMPORTANCIA AGRICOLA EN NICARAGUA

CREDITOS

- Proyecto financiado por: Programa de Manejo de Plaguicidas. MARENA, Nicaragua.
- Colaboradores: Zamorano, Universidad de Cornell, UNA, UNAN-León.
- Fotografía: Spraying Systems Co., ICI Plant Protection Division,
Luc-Olivier Brun
- Edición y diseño: Héctor Vanegas/Allan Hruska
- Diseño de portada y arte: Centro de Comunicaciones
Escuela Agrícola Panamericana
El Zamorano, Honduras C.A.
- Impresión: Ediciones Zas, S.A.

©1997 Derechos reservados. Escuela Agrícola Panamericana. Zamorano. Departamento de Protección Vegetal (Honduras). Se autoriza la reproducción total o parcial de esta obra con fines educativos y no de lucro. Solo se requiere citar la fuente.

Hruska, Allan J., Héctor N. Vanegas y Carlos J. Pérez. 1997. La resistencia de plagas agrícolas a insecticidas en Nicaragua: Causas, Situación Actual y Manejo. 21 p

Publicación DPV No. 657

CONTENIDO

INTRODUCCION	1
1. CONCEPTOS BASICOS DE RESISTENCIA	2
a) ¿Qué es resistencia?	
b) Mecanismo de resistencia	
c) Dosis letal 50	
d) Concentración letal 50	
e) Factores que intervienen en el desarrollo de resistencia	
f) Tipos de resistencia	
2. PRINCIPALES MECANISMOS DE LA RESISTENCIA	6
a) Detoxificación metabólica	
b) Insensibilidad del sitio de acción	
c) Resistencia por comportamiento	
d) Penetración reducida	
3. DETECCION Y CUANTIFICACION DE LA RESISTENCIA.....	9
a) Datos necesarios	
b) Colonia Susceptible	
c) Análisis de los datos	
d) Factor de Resistencia (FR)	
4. ANTECEDENTES DE RESISTENCIA EN PLAGAS INSECTILES EN NICARAGUA.....	10
a) Mosca blanca	
b) Picudo del algodón	
c) Gusano bellotero	
5. SITUACION ACTUAL DE LA RESISTENCIA DE PLAGAS AGRICOLAS EN NICARAGUA.....	12
a) Broca del café (<i>Hypotenemus hampei</i>)	
b) Palomilla del repollo (<i>Plutela xylostella</i>)	
c) Gusano verde de la cebolla, gusano soldado (<i>Spodoptera exigua</i>)	
d) Bellotero del algodón, gusano del fruto del tomate (<i>Helicoverpa zea</i>)	
e) Mosca blanca (<i>Bemisia tabaci</i>)	
6. EL MANEJO DE RESISTENCIA EN NICARAGUA.....	17
7. BIBLIOGRAFIA.....	21

1. CONCEPTOS BASICOS DE RESISTENCIA

Es conveniente diferenciar las definiciones de tolerancia y resistencia. La tolerancia se refiere a diferencias interespecíficas en el grado de susceptibilidad a un insecticida. Por ejemplo, las larvas de *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) son tolerantes o insensibles a las toxinas de *Bacillus sphaericus*, pero las larvas de *Anopheles albimanus* (Diptera: Culicidae) son sensibles. La resistencia, se refiere a diferencias en la susceptibilidad a un insecticida entre poblaciones de una misma especie. Por ejemplo, las poblaciones de *Plutella xylostella* de Nicaragua son resistentes a deltametrina, pero una población del estado de Nueva York (E.E.U.A.) es susceptible. Los individuos de una población poseen una constitución genética similar, pero no idéntica. En la naturaleza, existen algunos individuos que ya poseen genes que eventualmente van a conferir resistencia a los plaguicidas (Figura 1). En la presencia de selección, cuando se aplican los plaguicidas, se elimina la mayoría de organismos susceptibles, pero quedan unos pocos que escapan la aplicación, y otros que son resistentes. De tal manera que la proporción de individuos resistentes incrementará según la presión de selección o intensidad con que se apliquen los plaguicidas. El resultado será la selección de una población resistente.

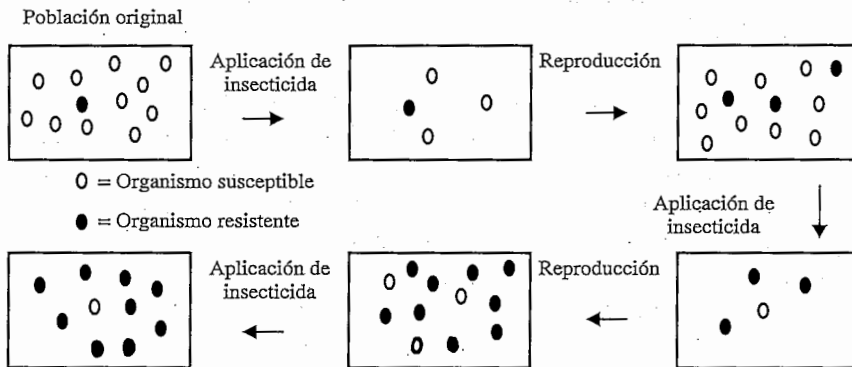


Figura 1. Secuencia de eventos en el desarrollo de resistencia a plaguicidas.

Los siguientes conceptos ayudarán a entender el contenido de este boletín.

- ¿QUÉ ES RESISTENCIA?** Es el desarrollo de una población capaz de sobrevivir a dosis de plaguicidas que serían letales para la mayoría de individuos de una población normal. La capacidad de sobrevivir se debe a factores genéticos, que se pasan de generación a generación.
- MECANISMO DE RESISTENCIA:** Es el proceso mediante el cual un organismo resistente, degrada, evita contacto, metaboliza o elimina un tóxico, evitando que éste le cause la muerte.

- c) **DOSIS LETAL 50 (DL_{50})**: Es la dosis de un insecticida con la cual se logra matar el 50% de una población. Ejemplo: 10 μg i.a./gr de larva. Por cada gramo que pesa una larva, le aplicaremos 10 microgramos de ingrediente activo. En general, el método de bioensayo utilizado permite conocer la dosis exacta a la que fueron expuestos los individuos.
- d) **CONCENTRACION LETAL 50 (CL_{50})**: Es la concentración de un insecticida con la cual se logra matar el 50 % de una población. En ésta, conocemos la concentración del insecticida en la solución que entra en contacto con el insecto, pero no sabemos lo que absorbe cada insecto. Ejemplo: 100 partes por millón (ppm) de ingrediente activo, o 0.1 mg i.a./ml de solución.

e) **FACTORES QUE INTERVIENEN EN EL DESARROLLO DE RESISTENCIA**

Existen una serie de factores que influyen en la evolución de la resistencia de las plagas.

1) **Factores genéticos**

- ◆ La **proporción inicial de genes de resistencia** en una población. Mientras mayor es la proporción, mayor las posibilidades de desarrollar resistencia.
- ◆ **Número de genes involucrados**. Mientras menor número de genes proporcionen la resistencia, ésta se desarrollara mas rápido.
- ◆ **Dominancia de los genes**. Sí domina un gene que proporciona la característica de alto nivel de oxidasas, la población será resistente a insecticidas que puedan ser desdoblados por tales mecanismos de resistencia.

2) **Factores biológicos**

- ◆ **Generaciones por año**: Entre más generaciones por año tiene una población, adquiere más rápidamente resistencia sí están expuestas a presión de selección. Ejemplo: la mosca blanca, que puede tener hasta 15 generaciones por año, puede desarrollar más rápidamente resistencia que la gallina ciega, que tiene 1 generación por año, si todas las generaciones están expuestas a selección.
- ◆ **Fertilidad y fecundidad**. Si se presenta mayor progenie por generación, aumenta la probabilidad de desarrollo de individuos resistentes.
- ◆ **Migraciones**. Una población emigrante adquiere más lentamente resistencia, debido a que no está expuesta continuamente al mismo insecticida.

Los factores anteriores, por la naturaleza de los mismos, son difíciles de poder controlar. Al contrario, los factores operacionales que presentamos a continuación si podemos intervenir para minimizar el desarrollo de la resistencia en una plaga.

3) Factores Operacionales

- ◆ **Naturaleza química del plaguicida.** Un plaguicida sistémico ejerce mayor presión de selección que uno de contacto, consecuentemente desarrollará más rápidamente resistencia.
- ◆ **Persistencia de residuos.** Un plaguicida que tiene mayor persistencia o residualidad en el campo, produce mayor presión de selección, por lo tanto desarrolla más rápidamente resistencia que uno de poca persistencia.
- ◆ **Dosis de aplicación.** Dosis bajas dejan organismos susceptibles, dosis altas matan casi todos los organismos susceptibles favoreciendo a los individuos resistentes.
- ◆ **Porcentaje de control que queremos o umbral de selección.** A mayor porcentaje de control, mayor porcentaje de organismos susceptibles eliminados y por lo tanto la probabilidad de desarrollar resistencia es mayor.
- ◆ **Estadío del insecto.** Se debe atacar al estadío más susceptible del insecto. Un gusano de cogollero de dos días de edad es más susceptible que otro de 15 días.

f) TIPOS DE RESISTENCIA

Además de resistencia sencilla, hay dos tipos de resistencia importantes, los cuales están relacionados con el o los mecanismos de resistencia que se presentan en la población.

- 1) **Resistencia Cruzada** es el fenómeno por el cual una población de organismos, sometida a presión de selección con un plaguicida, adquiere resistencia a éste y a otros plaguicidas del mismo grupo toxicológico, aunque no hayan sido aplicados. En estos plaguicidas existe al menos un mecanismo de resistencia común, lo que indica que en la misma forma que el organismo degrada o evita al tóxico de un producto, también evita al tóxico del otro. Un ejemplo de resistencia cruzada es presentado en el Cuadro 1, la población de mosca blanca de Nicaragua posee el mismo mecanismo de resistencia (oxidasa de función mixta) para cipermetrina y monocrotofos. Esto nos indica que si la resistencia a cipermetrina es desarrollada, puede simultáneamente desarrollarse a monocrotofos aunque éste no sea aplicado.

Cuadro 1. Mecanismos de resistencia para monocrotofós, cipermetrina y carbofurán identificados en *B. tabaci*.

Mecanismo de resistencia	G u a t e m a l a			N i c a r a g u a		
	monoc.	ciperm.	carbof.	monoc.	ciperm.	carbof.
Esterasas no específicas	++	+		+	+++	
Oxidasas de función mixta	+++	++		++	+++	
Acetilcolinesterasa insensible	++	-	+	+		+++

Insecticidas inhibidos: monocrotofós, cipermetrina, carbofurán. +++, fuerte; ++ medio; +, bajo; - no es expresa el mecanismo.

Tomado de Dittrich *et al.*, 1990.

- 2) **Resistencia Multiple** es cuando varios mecanismos confieren resistencia al mismo plaguicida. En el Cuadro 1, la misma población de mosca blanca de Nicaragua, posee tres mecanismos de resistencia para monocrotofós: esterasas no específicas, oxidasas de función mixta y acetilcolinesterasa insensible. Estos le permiten a la mosca blanca más opciones para eliminar el tóxico y la hace más resistente.

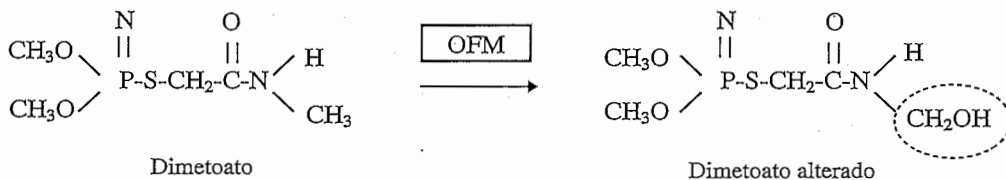
2. PRINCIPALES MECANISMOS DE RESISTENCIA

a) DETOXIFICACION METABOLICA

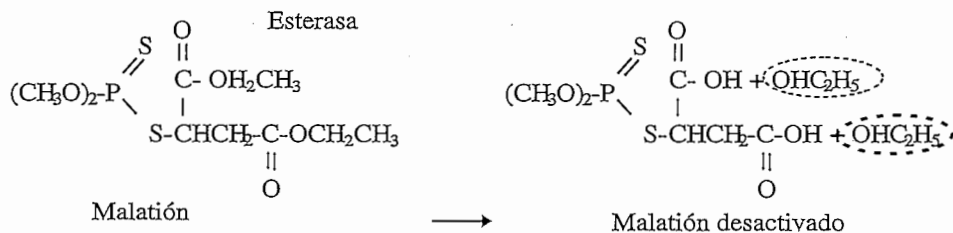
Este es el tipo de resistencia más importante y el más conocido; depende de los niveles de enzimas que tengan los individuos en la población. Los individuos con mayor capacidad metabólica sobreviven a los insecticidas aplicados.

Los casos más comunes de detoxificación metabólica son los siguientes:

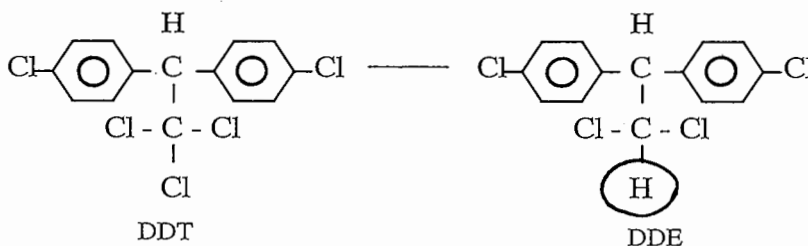
1) Oxigenasas de función mixta (OFM). Las oxigenasas son enzimas que el organismo produce y actúan incorporando oxígeno en la molécula del plaguicida volviéndola no o menos tóxica. Ejemplo: la molécula del insecticida dimetoato es inactivada por una oxigenasa al incorporarle un oxígeno en un extremo de la misma.



2) Hidrolasas o esterasas. En la molécula del insecticida malatión, la enzima esterasa puede desactivarla. La cual separa los extremos en otras dos moléculas volviéndola no tóxica para el insecto.



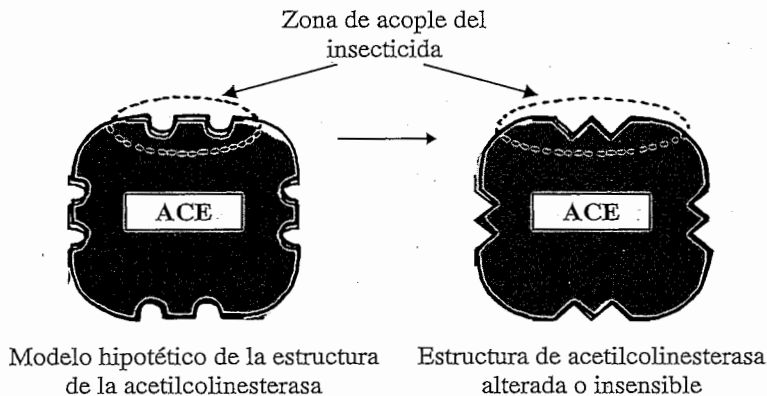
3) Glutación Transferasas. La enzima transferasa convierte al DDT en DDE, el cual tiene menor actividad insecticida que el DDT.



b) Insensibilidad del sitio de acción

Este tipo de resistencia es debido a cambios en el sitio donde actúa el insecticida. Debido a esta alteración del sitio de acción, el insecticida no se acopla y pierde el efecto sobre el estado fisiológico del insecto. Ejemplos de este tipo de resistencia tenemos:

- 1) **KDR (Knock Down Resistance) o resistencia al derribo.** Se presenta en los insecticidas piretroides y organoclorados (DDT). Estos insecticidas causan un parálisis rápida al insecto, lo que ocasiona su muerte. La resistencia al derribo se debe a una reducción en la densidad y en el número de sitios activos en la membrana neuronal, que es el lugar donde se acoplan estos insecticidas.
- 2) **Insensibilidad a ciclodienos.** Los insecticidas del grupo ciclodienos como el endosulfán, bloquean la transmisión del impulso nervioso, causando la muerte del insecto. Este tipo de resistencia es el resultado de alteraciones en el sitio activo que reconoce a estos compuestos.
- 3) **Acetil colinesterasa (ACE) insensible.** En el proceso de transmisión nerviosa, la acetilcolina (AC) es la responsable de la transmisión del impulso nervioso. La ACE cataliza este transmisor y el impulso se detiene. Los insecticidas organofosforados y carbamatos inhiben la ACE por lo tanto la AC sigue transmitiendo el impulso nervioso y el insecto muere. La resistencia se debe a que existen múltiples formas mutantes de ACE en la que el insecticida no puede acoplarse y no ejerce su acción.



- 4) **Resistencia a *Bacillus thuringiensis*.** Las δ -endotoxinas derivadas de *B. thuringiensis* penetran a las larvas por ingestión. Las toxinas son activadas en el intestino medio por acción de las enzimas y el pH alcalino. Una vez activadas, las toxinas degradan las células del epitelio ciliar del intestino medio y provocan un desbalance iónico, el insecto deja de comer y eventualmente muere de septicemia. La resistencia es causada por la ausencia de receptores de toxinas en el epitelio del intestino medio.

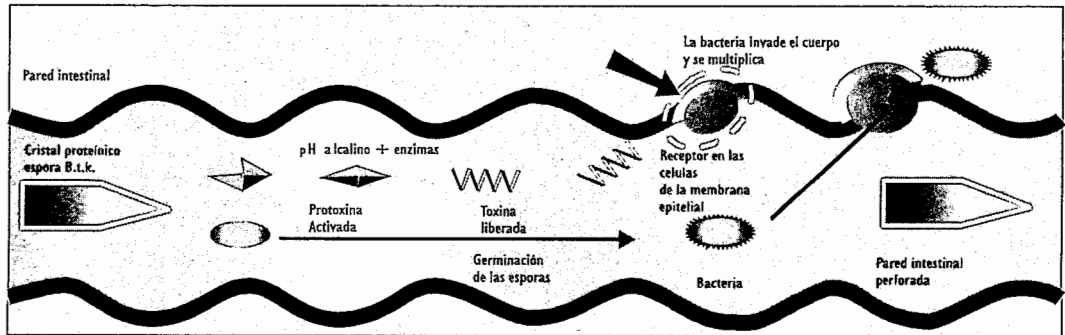


Figura 2. Parte interna de una larva de lepidoptero, señalando los receptores de las toxinas de *B. thuringiensis*.

c) RESISTENCIA POR COMPORTAMIENTO

Algunas poblaciones desarrollan cambios en su comportamiento en respuesta a la presión de selección ejercida por un insecticida, las cuales evitan la exposición del insecto a las dosis letales del insecticida.

d) PENETRACION REDUCIDA

En este caso se retarda la llegada del insecticida al sitio de acción, lo cual incrementa la posibilidad de eliminarlo. La facilidad de penetración del plaguicida dentro del insecto varía según la estructura y espesor de la cutícula, cubierta nerviosa, antenas, intestino, etc.

3. DETECCIÓN Y CUANTIFICACION DE LA RESISTENCIA

La detección y cuantificación de resistencia de plagas a insecticidas, se realiza mediante pruebas o bioensayos de susceptibilidad, los que también son utilizados para evaluar la eficacia de los insecticidas contra las poblaciones de plagas. Dichas pruebas se basan en la exposición de la plaga a varias dosis o concentraciones del insecticida y normalmente se realizan en laboratorio.

a) **Datos necesarios:** Para evaluar la resistencia, se necesitan los datos de mortalidad de la plaga a las diferentes concentraciones o dosis a las que es expuesta, éstos los obtenemos de los bioensayos o pruebas.

b) **Población susceptible:** Un requisito básico, es tener una línea base de susceptibilidad de una población de la plaga a evaluar. Esta línea no debe haber sido expuesta a insecticidas y es utilizada como punto de referencia en nuestros bioensayos.

c) **Análisis de los datos:** Los datos obtenidos en los bioensayos se analizan mediante el método probit. Este nos permite estimar los valores de la dosis letal media (DL_{50}), o la concentración letal media (CL_{50}).

d) **Factor de Resistencia:** Con los bioensayos, se pueden detectar diferencias en la susceptibilidad de las poblaciones mediante la relación Factor de Resistencia (FR).

$$FR = \frac{CL_{50} \text{ de la población del campo}}{CL_{50} \text{ de la población susceptible}}$$

El FR puede interpretarse como el número de veces que la población de campo es más resistente que la población susceptible.

4. ANTECEDENTES DE RESISTENCIA EN PLAGAS INSECTILES EN NICARAGUA

La resistencia a insecticidas no es nueva en Nicaragua. El uso de insecticidas en el cultivo de algodón ocasionó el desarrollo de resistencia en cuatro plagas importantes: la mosca blanca (*Bemisia tabaci*), el picudo (*Anthonomus grandis*), el gusano bellotero (*Helicoverpa zea*) y el zancudo *Anopheles albimanus*, principal vector de la malaria en Nicaragua y en la región Centroamericana.

- a) **MOSCA BLANCA (*Bemisia tabaci*)**. Es plaga clave en muchos cultivos de importancia económica a nivel nacional, como el tomate, algodón y cucúrbitas. El uso intensivo de plaguicidas, ha inducido a esta plaga a desarrollar resistencia en muchos países.

Existen dos casos registrados sobre el monitoreo de resistencia de la mosca blanca en Nicaragua. El primero fue realizado por la compañía CIBA-GEIGY en 1988 (Dittrich *et al.*, 1990). En éste se estudiaron los mecanismos de resistencia de la mosca blanca a tres insecticidas en cuatro localidades: Sudan, Turquía, Guatemala y Nicaragua. Los insecticidas evaluados fueron carbofurán (carbamato), monocrotofós (organofosforado) y cipermetrina (piretroide).

Los resultados mostraron que la mosca blanca tenía resistencia a los tres insecticidas evaluados, además que para los insecticidas monocrotofós y cipermetrina existía más de un mecanismo de resistencia o resistencia múltiple. Los mecanismos de resistencia fueron: esterasas no específicas, oxidasas de función mixta y acetilcolinesterasa insensible (Cuadro 1).

La población de Nicaragua presentó los más altos niveles de actividad enzimática (esterasas no específicas), inhibiendo así la acción de monocrotofós y cipermetrina. Resultado similar se obtuvo con el producto carbofurán, el cual no afectaba la acetilcolinesterasa, esto produjo que la población de Nicaragua tuviera un FR mayor de 1200, en cambio las otras localidades investigadas no alcanzaron 100.

Otro estudio de monitoreo de susceptibilidad de mosca blanca, fue realizado en 1992 (Rivas, 1993). En dicho estudio se reportaron diferencias en el nivel de susceptibilidad a bifentrín en poblaciones de mosca blanca recolectadas en el Valle de Sébaco.

- b) **PICUDO DEL ALGODÓN (*Anthonomus grandis*)**. El picudo del algodón, es la plaga más importante en el cultivo del algodón. En 1984 causó pérdidas de \$20 millones de dólares (Ministerio de Desarrollo Agropecuario y Reforma Agraria 1984, citado por Swezey y Salamanca, 1987).

De 1982 a 1984, se realizaron estudios de resistencia para el picudo del algodón en Nicaragua (Swezey y Salamanca, 1987). Se determinó que en tres poblaciones de picudo en Nicaragua recolectadas en San José de Telica, Chiquimulapa y Posoltega, las CL_{50} s variaron durante el mismo ciclo del cultivo, registrándose los niveles más altos de resistencia en Octubre de 1983 para las poblaciones de San José de Telica, con CL_{50} de $1.37 \mu\text{g}$ por picudo, 0.79 para Chimulapa y 0.76 para Posoltega.

Las poblaciones de picudo de Nicaragua eran más resistentes a metil paratión que las poblaciones de El Salvador y Estados Unidos. Las cuales eran uno a dos veces más resistentes que las poblaciones de picudo de Estados Unidos.

- c) **GUSANO BELLOTERO (*Helicoverpa zea*)**. El gusano bellotero es una plaga clave en el cultivo del algodón en Nicaragua. También causa daños económicos en cultivos hortícolas como el tomate, maíz dulce, soya, frijol, maíz, sorgo y ajonjolí.

La resistencia de bellotero ha sido documentada en varios países. En Nicaragua, se reportó resistencia a metil paratión y endrín por primera vez en 1970 (Wolfenbarger et al., 1973). De 1970 a 1972, el nivel de resistencia a metil paratión se incrementó en 10 veces (Wolfenbarger et al. 1981). En otros estudios de susceptibilidad de bellotero a piretroides realizadas en Nicaragua (González y Rivas, 1992) se determinó que los niveles de susceptibilidad variaron entre dos temporadas agrícolas consecutivas, aunque no se logró establecer si dichos niveles de susceptibilidad estaban correlacionados con pérdida de eficacia a nivel de campo.

- d) **El zancudo *Anopheles albimanus***. El *A. albimanus* es el principal vector de la malaria en Nicaragua y la región Centroamericana. En Nicaragua, el uso excesivo de plaguicidas en los cultivos de algodón y arroz ocasionó el desarrollo de poblaciones resistentes a paratión, metil paratión, malatión, fenitrotión, propoxur, carbaryl, DDT y dieldrín (Georghiou, 1991).

5. SITUACION ACTUAL DE LA RESISTENCIA DE PLAGAS AGRICOLAS EN NICARAGUA

De Julio 1996 a Julio 1997, el proyecto Cuantificación y Manejo de Resistencia a Insecticidas en Plagas Agrícolas de Nicaragua, parte del Programa de Manejo de Plaguicidas de MARENA, realizó la cuantificación de resistencia de cinco plagas agrícolas de importancia económica en el país: la broca del café (*Hypothenemus hampei*), la plutella del repollo (*Plutella xylostella*), el gusano del fruto del tomate (*Helicoverpa zea*), el gusano verde de la cebolla (*Spodoptera exigua*) y la mosca blanca (*Bemisia tabaci*).

Se realizaron recolecciones de los insectos en el campo, seleccionándose previamente zonas de importancia económica. Estos fueron trasladados a laboratorios y reproducidos. Se utilizaron técnicas de bioensayos en laboratorios en los cuales los insectos plagas se expusieron a diferentes concentraciones de los plaguicidas evaluados.

Se importaron poblaciones susceptibles de otros laboratorios para utilizarlos como base de comparación. En el caso de broca no se importó población susceptible, pero se utilizaron dosis discriminantes en las cuales se tiene un límite y sobre la cual la población se considera resistente.

a) BROCA DEL CAFE (*Hypothenemus hampei*)

Los resultados de las evaluaciones de broca al producto endosulfán, utilizando dos dosis discriminantes, revelan que no existe resistencia a dicho producto en ninguna de las 6 localidades (Cuadro 2, Figura 3).

Cuadro 2. Mortalidad de broca del café, *Hypothenemus hampei*, recolectada en varias localidades de Nicaragua, expuestas a 2 concentraciones discriminantes de Endosulfán, 1997.

Localidad	Mortalidad			
	200 ppm ^a		400 ppm	
	bio 1	bio 2	bio 1	bio 2
Yasica Norte	99.1	98.7	100	99.1
Masatepe	100	95.5	100	100
Crucero	99.5	98.7	100	100
San Marcos	99.3	100	100	100
San Ramón	99.5	99.1	99.5	99.5
Aranjuez	100	-	100	-

^apartes por millón en la concentración

Las mortalidades en las dosis de 200 ppm y 400 ppm fueron de 100 % y próximas a 100%. El hecho de que no exista resistencia, no indica que ésta no se pueda desarrollar. La resistencia de la broca al producto endosulfán ha sido documentada en Nueva Calidonia (Brun *et al.*, 1989). Por lo que el uso del plaguicida debe hacerse de una manera racional y cuando ya no existan otras tácticas para combatir la plaga.

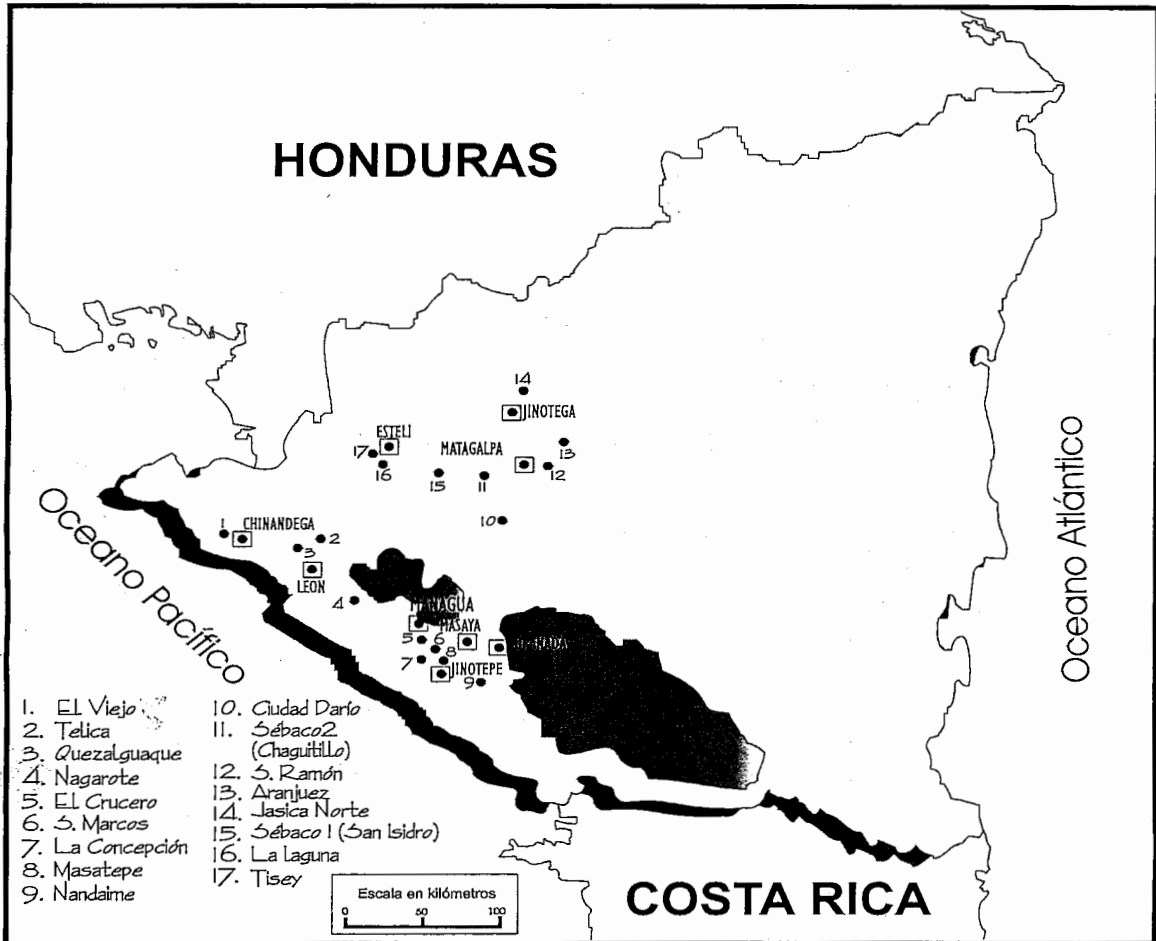


Figura 3. Mapa de zonas donde fueron recolectadas las 5 plagas para evaluación de resistencia en Nicaragua, Julio 1996-Julio 1997.

b) PALOMILLA DEL REPOLLO (*Plutella xylostella*).

En las seis zonas que se recolectó la palomilla del repollo (Figura 3), se encontraron diferentes niveles de resistencia para los cuatro insecticidas evaluados (Cuadro 3). Los niveles más bajos de resistencia fueron para el producto thiociclam, que tiene FR de 5 a 36. Este insecticida tiene solamente tres años de uso en el cultivo de repollo. Los productos clorfluazurón y cipermetrina mostraron FR entre 10 y 200. Para el producto metamidofós se encontraron niveles de resistencia entre 100 y 500. Los niveles más altos de resistencia de *plutella* fueron para el producto deltametrina, que alcanzaron FR de 49,780. Esto respalda la dificultad que tienen los productores para manejar dicha plaga cuando dependen exclusivamente de los productos químicos.

Cuadro 3. Respuesta de *Plutella xylostella* a cipermetrina (Cymbush), deltametrina (Decis), chlorfluazurón (Júpiter) y thiocyclam (Evisect), en Nicaragua, 1997.

Localidad	Cipermetrina		Deltametrina		Clorfluazurón		Thiociclam		Metamidofós	
	CL ₅₀ ^a	FR ^b	CL ₅₀ ^a	FR ^b	CL ₅₀ ^a	FR ^b	CL ₅₀ ^a	FR ^b	CL ₅₀ ^a	FR ^b
Geneva 88	0.63	1.0	0.00091	1.0	0.03	1.0	0.52	1.0	0.47	1
La Concha	6.4	10.1	37.0	40,659	0.4	13.3	2.8	5.4	60	127
La Laguna	68.0	108.0	34.4	37,802	1.0	33.3	18.0	34.6	160	340
Jinotega	146.0	231.7	10.0	10,989	1.1	36.7	11.0	21.1	110	234
Tisey	75.0	119.0	45.3	49,780	2.1	70.0	11.0	21.2	80	170
Sébaco 1	48.0	76.2	38.0	41,758	3.0	100.0	19.0	36.5	220	468
Sébaco 2	24.7	39.2	43.9	48,241	6.0	200.0			130	276

^a CL₅₀ en µg i.a/ml

^b CL₅₀ población de campo/ CL₅₀ población susceptible (Geneva 88)

c) GUSANO VERDE DE LA CEBOLLA, GUSANO SOLDADO (*Spodoptera exigua*)

Los niveles más altos de resistencia de *Spodoptera exigua* se documentan para los piretroides cipermetrina y deltametrina, alcanzando FR mayores de 2,000 (Cuadro 4). Para los insecticidas clorpirifos y metomil, los niveles de FR son relativamente bajos, menores de 10.

Cuadro 4. Respuesta de *Spodoptera exigua* a cipermetrina (Cymbush), deltametrina (Decis), clorpirifos (Lorsban) y methomyl (Lannate) en Nicaragua, 1997.

Localidad	Cipermetrina		Deltametrina		Chlorpyrifos		Methomil	
	DL ₅₀ ^a	FR ^b	DL ₅₀ ^a	FR ^b	DL ₅₀ ^a	FR ^b	DL ₅₀ ^a	FR ^b
Susceptible	5.8	1.0	2.6	1.0	36.8	1.0	2	1.0
Sébaco	7,091.0	1,222.0	> 5,464	>2,101	150.2	4.1	11.9	5.9
Darío	928.8	160.1	> 5,485	>2,109	347.9	9.4	14.8	7.4

^a DL₅₀ en µg i.a/gr de larva.

^b DL₅₀ población de campo/ DL₅₀ población susceptible

d) GUSANO BELLOTERO (*Helicoverpa zea*).

La resistencia de *H. zea* en las tres zonas recolectadas se encuentra en niveles moderados para los tres insecticidas evaluados. Para los pertenecientes al grupo de los piretroides, los factores de resistencia están entre 8 y 15, resultando un poco más alto para clorpirifos con factor de resistencia de 97.4 en la zona de Telica (Cuadro 5).

Cuadro 5. Respuesta de *Helicoverpa zea* a cipermetrina (Cymbush), deltametrina (Decis), clorpirifos (Lorsban) en Nicaragua, 1997.

Localidad	Cypermetrina		Deltametrina		Chlorpyrifos	
	DL ₅₀ ^a	FR ^b	DL ₅₀ ^a	FR ^b	DL ₅₀ ^a	FR ^b
Susceptible	0.28	1.0	0.11	1.0	0.76	1.0
Nandaime	2.34	8.3	1.63	14.8	20.4	26.5
Telica	3.34	11.9	0.91	8.3	75.0	97.4
Nagarote	4.08	14.6	1.24	11.3	48.5	63.0

^a DL₅₀ en µg i.a/gr de larva.

^b DL₅₀ población de campo/ DL₅₀ población susceptible

e) MOSCA BLANCA (*Bemisia tabaci*)

La mosca blanca resultó con niveles de resistencia diferentes de acuerdo a las zonas donde fue recolectada. Para metamidofós los FR eran entre 50 y 70 en la zona de León y El Viejo, que son zonas algodoneras y sandilleras, siendo aún mayor para las zonas tomateras de Nandaime y Sébaco, donde los FR fueron mayores de 400 (Cuadro 6). La misma tendencia de los niveles de resistencia se observa con los productos bifentrín y endosulfán, siendo menores para la zona algodonera, ésto se debe probablemente que en las zonas hortícolas están utilizando más intensivamente los plaguicidas.

Cuadro 6. Respuesta de *Bemisia tabaci* a bifentrin (Talstar), metamidofós (Tamarón) y endosulfán (Thiodan) en poblaciones recolectadas de cultivo de sandía, tomate y berenjena en Nicaragua, 1997.

Localidad	Metamidofós		Bifentrín		Endosulfán	
	CL ₅₀ ^a	FR ^b	CL ₅₀ ^a	FR ^b	CL ₅₀ ^a	FR ^b
Rothamsted	0.07	1.0	0.11	1.0	0.007	1.0
Sébaco	32.1	422.9	1.05	9.5	0.41	58.7
Nandaime	41.5	545.6	4.95	45.0	0.37	53.4
El Viejo	5.1	67.6	0.53	4.2	0.22	31.0
León	4.2	55.7	-	-	-	-

^a CL₅₀ en µg i.a/gr de larva.

^b CL₅₀ población de campo/ CL₅₀ población susceptible

EL MANEJO DE RESISTENCIA EN NICARAGUA

Los resultados presentados aquí sobre el estado actual de resistencia a insecticidas son los más actualizados y completos en Centroamérica. Pero nos sirve muy poco si no usamos estos valiosos resultados. El reto es como usar nuestros conocimientos para mejorar nuestros sistemas agrícolas. Se necesita un programa de manejo de resistencia, en el cual varios actores tienen responsabilidades y obtendrán los beneficios de su implementación.

Sabemos qué causa la resistencia: la selección de individuos de una población de plagas resistentes a la aplicación de insecticidas. Mientras más intenso el uso de plaguicidas, más intensa la selección y más rápido el desarrollo de poblaciones resistentes.

Entonces la solución debe ser fácil: reducir la intensidad de uso de los plaguicidas que tienen el mismo modo de acción. Sí es fácil la solución, pero no es fácil la implementación de la solución, debido a los intereses diversos que tienen los actores importantes quienes usan, producen, venden, benefician, y pagan los costos de uso de plaguicidas y de la resistencia.

Los Costos de la Resistencia

Los costos de la resistencia pueden clasificarse en dos categorías: costos directos y costos indirectos. Los costos directos son los aumentos en los costos de producción debido a un aumento en la dosis de insecticida y mayor número de aplicaciones, causados por la pérdida de eficacia. También, el aumento en uso de insecticidas resulta muchas veces en la creación de plagas secundarias, debido a la eliminación de los parasitoides y depredadores que naturalmente controlan otros insectos. Estos costos los absorbe directamente el productor.

Hay otros costos indirectos que no son absorbidos completamente por el productor, sino también por sus vecinos y la sociedad en general. Estos son los costos por la contaminación ambiental, intoxicaciones humanas, y residuos en los alimentos. La contaminación del agua potable, por ejemplo, la sufren todos los usuarios de la fuente. Los consumidores pagan por la contaminación de los alimentos. Finalmente, los costos de la resistencia recaen sobre la industria de agroquímicos. Una vez que su producto ya no funciona o no tiene venta, la industria sufre el colapso del mercado para su producto.

Los Pasos Claves en el Manejo de Resistencia

Para manejar la resistencia hay ciertos pasos importantes a tomar. Lo *primero* es tener un sistema de monitoreo. Sin tener datos de base y medir la evolución de la resistencia, no hay manera de determinar el avance de la resistencia. Tiene que haber un programa de monitoreo que revise periódicamente el estatus de la susceptibilidad de las plagas a cada uno de los insecticidas comunmente utilizados para su control. Los estudios deben hacerse con muestras tomadas en diferentes regiones.

El *segundo paso* a tomar es reducir la selección en el campo. Hay varias maneras de cumplir este objetivo. Primero hay que implementar un programa de manejo integrado de plagas que tenga como objetivo primordial, la prevención de problemas fitosanitarios. Prevenir el problema es mucho más eficiente que curarlo, especialmente con plaguicidas. Segundo, se debe usar una rotación de plaguicidas con diferente modo de acción. Esta rotación debe hacerse en la siguiente generación de la plaga. Finalmente, en casos de alta infestación se pueden hacer mezclas de plaguicidas con diferentes modos de acción.

El *tercer paso* es educar a los productores, técnicos y extensionistas del Instituto Nicaragüense de Tecnología Agropecuaria y Ministerio de Agricultura y Ganadería, asociaciones de productores, y fabricantes y distribuidores de plaguicidas, sobre el estado actual de la resistencia y las estrategias para reducirla.

Finalmente hay que crear los incentivos necesarios para que se pongan en práctica. Para determinar cuales son los incentivos, primero debemos determinar quienes deben pagar los costos.

¿Quién debe pagar los costos de manejo de resistencia?

Como vimos anteriormente, los costos de la resistencia a plaguicidas los pagan los productores, comunidades, consumidores, en fin, la sociedad, y la industria de agroquímicos. Por lo tanto, todos deben aportar algo para cubrir los costos del manejo de la resistencia porque todos recibirán los beneficios.

Existen tres mecanismos importantes para poner en práctica un programa de manejo de resistencia:

- * Acuerdos voluntarios
- * Regulaciones/Prohibiciones
- Impuestos

Los acuerdos voluntarios resultan en situaciones donde todos los productores vean un beneficio directo al cumplir con el programa. En situaciones donde la plaga no es muy móvil y todos los productores afectados participan, los acuerdos voluntarios han funcionado. Por ejemplo, que los productores de tomate en un valle importante se pongan de acuerdo para manejar la resistencia de la mosca blanca.

Pero en muchas situaciones los acuerdos voluntarios no funcionan, porque las plagas son muy móviles y hay muchos pequeños productores, de los cuales algunos no colaboran con el programa. En estas situaciones el gobierno tiene que jugar un papel importante para asegurar el bien de toda la sociedad. En este último caso se necesitan leyes, regulaciones, y prohibiciones para crear un programa que funcione. Hay muchos ejemplos de estos casos que discutimos posteriormente.

Finalmente, el gobierno puede usar impuestos sobre plaguicidas en una forma selectiva como herramienta para cubrir los costos del programa de manejo de resistencia.

Estudios de Casos

En muchos países, los gobiernos con apoyo de los productores, han implementando programas de manejo de resistencia. Aquí citamos algunos ejemplos, para más detalle, ver Sawicki y Deholm (1987) y Cahill *et al.* (1996).

En Australia el gobierno implementó un programa para manejar resistencia a piretroides en *Heliothis armigera*, la plaga más importante del cultivo de algodón en ese país. El programa dividió el ciclo de producción del algodón en tres partes y dictó cuales insecticidas se podrían usar en cada período. En particular se limitó al uso de piretroides en un período de 42 días.

Egipto e Israel han implementado programas similares en algodón, para *Spodoptera littoralis* en el caso de Egipto, y para *Bemisia tabaci* en el caso de Israel. En los dos casos el gobierno prohibió el uso de ciertos insecticidas durante ciertas fases del cultivo.

En Zimbabwe, también en algodón, el gobierno implementó un programa de rotación de productos en años diferentes, para combatir resistencia primero en ácaros y luego en *Heliothis armigera*.

En los Estados Unidos hay programas de manejo de resistencia para cultivos transgénicos. Estos programas en algunos casos exigen al gobierno, y en otros casos a las compañías que venden la semilla. Se incluyen maíz, algodón, y papas.

Propuesta para Nicaragua

Para usar la información que ya se tiene a mano, las autoridades en Nicaragua pueden empezar un Programa de Manejo de Resistencia con una campaña de información. La información debería incluir el estado actual de la resistencia, sus causas, su impacto, y como manejarlo. Se debe infatizar el manejo de resistencia como parte de programas de manejo integrado de plagas con un enfoque sobre la prevención de los problemas.

Segundo, se debe crear una Comisión Nacional de Resistencia que manejaría el programa. Esta comisión debe estar compuesta por todos los actores principales relacionados con el manejo de los sistemas agrícolas. Hay que crear un programa de monitoreo para asegurar la sistemática determinación de la evolución de resistencia en los puntos claves del país. Finalmente la Comisión debe proponer las regulaciones necesarias para asegurar que se está manejando la resistencia con los intereses de toda la sociedad.

Estas acciones a tomar requieren financiamiento para ser realizadas. Lo más directo para financiar las actividades sería vía un impuesto gravado sobre la venta de insecticidas en el país. Por la cantidad de insecticidas vendidos en el país y los costos para realizar el trabajo, el porcentaje del impuesto resultará bien bajo.

Cultivos Transgénicos y Manejo de Resistencia

El uso de cultivos transgénicos ya es una realidad en los Estados Unidos y pronto llegarán a Mesoamérica. Hasta la fecha todos los cultivos usan genes de la bacteria *Bacillus thuringiensis* (Bt) para protegerse del ataque de insectos. Existe una fuerte preocupación que su uso masivo resultará en la evolución de resistencia a las toxinas producidas por los genes de Bt. Para su uso se ha exigido la implementación de planes de manejo de resistencia. Cuando lleguen a Nicaragua, deberán prepararse con los planes adecuados para asegurarse que su introducción no cree la resistencia.

BIBLIOGRAFIA

- Andrews K., M. Barnes y H. Hoffman. 1989. Utilización del control químico. *En: Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura, estado actual y futuro*. Ed. K. Andrews, y J. Quezada. Departamento de Protección Vegetal, Escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras.
- Brun, L.O., C. Marcillaud, V. Gaudichon, and D.M. Suckling. 1989. Endosulfan resistance in *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) in New Caledonia. *J. Econ. Entomol.* 82: 1311-1316.
- Cahill, M., I. Deholm, F.J. Byrne, and A.L. Devonshire. 1996. Insecticide Resistance in *Bemisia tabaci* current status and implications for management. Brighton Crop Protection Conference Proceedings. pp. 75-80.
- Chang y Plapp, 1995 citado por A. Lagunes-Tejada y J. Villanueva-Jiménez. Toxicología y manejo de insecticidas. Colegio de postgraduados en ciencias agrícolas. Mexico.
- Dittrich V., Ernst G., Ruesch O., and Uk Solang. 1990. Resistance mechanisms in sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) populations from Sudan, Turkey, Guatemala, and Nicaragua. *Journal of Economic Entomology.* 83: 1665-1670.
- Georghiou, G. P. 1991. The effect of agrochemicals on vector populations. *In: Pesticide Resistance in Arthropods*, R. T. Roush & B. E. Tabashnik (eds.), pp. 183-202. Chapman and Hall, New York.
- Geourghiou G. y A. Lagunes-Tejada. 1991. The occurrence of resistance to pesticides in arthropods. Food and Agriculture organization of the United Nations. Roma, Italia.
- Gonzales, D.F. & I. Rivas. 1992. Susceptibilidad de *Heliothis zea* a dos moléculas piretroides deltametrina y cypermetrina, en Nicaragua. *En: Memoria del Simposio Internacional de Sanidad Vegetal, Managua, Nicaragua.* Enero 28-31.
- Lagunes-Tejada A. y J. Villanueva-Jiménez . 1995. Toxicología y manejo de insecticidas. Colegio de postgraduados en ciencias agrícolas. Mexico.
- Rivas I. 1993. Monitoreo de resistencia de mosca blanca con el insecticida difenthrin en el cultivo del tomate. En Memoria II Taller latinoamericano y del caribe sobre Moscas Blancas y Geminivirus. Managua Nicaragua. Realizado del 20 al 22 de octubre de 1993.
- Sawicki, R.M. y I. Deholm. 1987. Management of resistance to pesticides in cotton pests. *Trop. Pest Management* 33:262-272.
- Swezey S. y M. Salamanca. 1987. Susceptibility of the Boll Weevil (Coleoptera: Curculionidae) to methyl parathion in Nicaragua. Department of Biology, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. León, Nicaragua. *Journal of Economic Entomology.* Vol. 80, no. 2. Pag. 358-361.
- Wolfenbarger, D.A., M.J. Lukefahr and H.M. Graham. 1973. LD50 values of methyl parathion and endrin to tobacco budworms and bollworms collected in the Americas and hypothesis on the spread of resistance in these lepidopterans to there insecticides. *ESA Bull.* 66: 211-216.