

Resistencia de *Plutella xylostella* (Lep: Plutellidae) a Tres Piretroides Sintéticos en Costa Rica¹

H. Blanco*, P.J. Shannon*, J.L. Saunders*

ABSTRACT

A study was made of the difference in susceptibility of *P. xylostella* to two frequently used pyrethroids (permethrin and deltamethrin) and one that has not yet been introduced (lambda-cyhalothrin). The study was carried out on larvae collected on cabbage in three zones in Costa Rica: Pacayas and Zarcero (cabbage-growing areas) and Santa Cruz de Turrialba (where cabbage is rarely grown). Contrary to expectations, for all three insecticides under study, the Zarcero, rather than the Santa Cruz population, was the most susceptible. The possibility that resistance exists in all three zones is not ruled out since all populations showed a ratio of permethrin to deltamethrin toxicity which compares with that found in other countries in resistant populations of *Plutella*. In populations from all the zones, deltamethrin had the highest LC_{50} (least toxicity) although significant differences were only found in the Pacayas population. In this case, deltamethrin had a significantly higher LC_{50} than permethrin, but it was not significantly higher than that of lambda-cyhalothrin. Analysis of the LC_{50} values, the slopes of the probit line and percent survival of a discriminatory concentration (the LC_{99} of the Zarcero population) all demonstrated that the Pacayas population was least susceptible to deltamethrin, and it was concluded that *Plutella* from this zone have developed resistance to this insecticide. The homogeneity of response to the insecticides was similar in most cases. The only significant difference detected was between the slopes of the probit lines for lambda-cyhalothrin in the Santa Cruz (more heterogeneous) and the Zarcero populations.

INTRODUCCION

P*lutella xylostella* L. (Lep: Plutellidae) es una plaga cosmopolita de las crucíferas, la cual se constituye en un factor limitante para la producción y el mercadeo de repollo en Costa Rica. Bajo condiciones tropicales, donde el cultivo del repollo es continuo durante el año, *P. xylostella* tiene la capaci-

COMPENDIO

Se estudió la diferencia de susceptibilidad de *P. xylostella* a dos piretroides de uso frecuente (permetrina y deltametrina) y uno que no ha sido introducido al mercado (lambdacialatrina) en tres zonas de Costa Rica, Pacayas y Zarcero (zonas repolleras) y Santa Cruz de Turrialba (zona no repollera). Los resultados confirmaron que para los tres insecticidas en estudio, la población de Zarcero se comportó como la más susceptible y no la población de Santa Cruz. No se descarta la posibilidad de que exista resistencia a los piretroides sintéticos en las tres zonas estudiadas debido a que para todas las zonas se mantiene la relación permetrina-deltametrina informada donde *Plutella* ha desarrollado resistencia a los insecticidas. La deltametrina tuvo la CL_{50} más alta (menor toxicidad) en todas las zonas, y solamente para Pacayas se encontraron diferencias significativas. En esta zona la deltametrina tuvo la CL_{50} significativamente más alta que la permetrina pero no significativamente diferente de la lambdacialatrina. El análisis de la CL_{50} , la pendiente de la línea de regresión y la concentración discriminadora (CL_{99} de la población de Zarcero) concordaron en que el insecticida deltametrina en la población de Pacayas reflejó la menor susceptibilidad de *Plutella* por lo cual se verificó la resistencia a este insecticida en esta zona. La homogeneidad de respuesta a los insecticidas fue similar para todas las zonas, y se encontraron diferencias significativas únicamente entre las pendientes de la población de Santa Cruz (más heterogénea) y la población de Zarcero al emplear el insecticida lambdacialatrina.

dad de completar 12 o más generaciones, esto facilita el desarrollo de resistencia a los plaguicidas empleados en su combate. Investigaciones realizadas en otros países, indican que este insecto desarrolla en forma constante niveles altos de resistencia a insecticidas (3)

Los productores de repollo en la localidad de Zarcero, Costa Rica, han reconocido la falta de efectividad de los plaguicidas en el control de *Plutella*. La presente investigación tiene el fin de verificar si la falta de efectividad de tres insecticidas piretroides sintéticos se debe a que este insecto ha desarrollado resistencia. Se evaluó la lambdacialatrina (Karate) que aún no está en el mercado costarricense, la permetrina (Ambush) y la deltametrina (Decis), frecuentemente empleados en las principales zonas de producción de hortalizas de Costa Rica.

¹ Recibido para publicación el 27 de enero 1990.

La autora agradece a AID-ROCAP por la financiación de los estudios; a la Imperial Chemical Industries (ICI) y a La Casa del Agricultor (Cartago) por la donación de los insecticidas

* Trabajo realizado por el primer autor como requisito parcial para optar al grado de M.Sc. en el CATIE.

* Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza, CATIE, Turrialba, Costa Rica.

MATERIALES Y METODOS

Se realizaron los bioensayos entre mayo y octubre de 1988, en el Cuarto de Cría de Insectos del CATIE, Turrialba, Costa Rica, ($19 \pm 2^\circ\text{C}$, 70-85%HR).

Las poblaciones de insectos empleadas en el estudio, se recolectaron en las zonas productoras de hortalizas del país, Zarcerro y Pacayas, y la zona no repollera, Santa Cruz de Turrialba.

Zarcerro está ubicada a $10^\circ 11'$ de latitud norte, $84^\circ 24'$ de longitud oeste y a una elevación de 1 736 msnm. La precipitación media anual es de 1 907,2 mm (promedio de 37 años, 1949-1986) con una temperatura promedio cercana a los 16°C .

Pacayas está ubicada a $9^\circ 55'$ de latitud norte, $83^\circ 49'$ de longitud oeste y a una elevación de 1 735 msnm. La precipitación media anual es de 2 309 mm (promedio de 33 años, 1952-1985) con una temperatura promedio de $16,9^\circ\text{C}$.

Santa Cruz está ubicada a $9^\circ 58'$ de latitud norte, $83^\circ 43'$ de longitud oeste y a una elevación de 1 600 msnm. La precipitación anual es de 3 510 mm (promedio de 16 años, 1966-1982) con una temperatura promedio de 17°C .

Los insecticidas utilizados fueron permetrina (Ambush 50% CE; ICI, número de lote 0455), deltametrina (Decis 2.5% CE; Roussel Uclaf, número de lote 007801) y lambda-cialatrina (Karate 8.33% CE; ICI, número de lote D 3528/26/2).

Para cada población de *Plutella*, se recolectaron adultos, pupas y larvas del campo. Cada población de adultos se confinó en jaulas de madera con cedazo (30 cm de ancho x 50 cm de largo x 90 cm de altura). Los adultos se alimentaron con agua + miel. Diariamente se colocó una planta de repollo (variedad Golden Acre) para oviposición en cada jaula. Estas plantas se transfirieron a jaulas similares a las anteriores (jaulas de desarrollo de larvas). Se agregaron más plantas de repollo conforme las mismas estaban comidas.

Los bioensayos se realizaron siguiendo el método de Tabashnik y Cushing (1987). Los discos de repollo tratados con insecticida se colgaron (para secarlos) en forma vertical durante 30 minutos a 19°C . Estos se transfirieron a vasos plásticos de 8.5 cm de diámetro en la base por 5 cm en la tapa por 5 cm de altura. Se transfirieron 12 larvas a cada disco con un pincel fino. Se evaluó la mortalidad a las 48 horas de expuesto el insecticida. Se consideró una larva muerta aquella

que no reaccionó cuando se tocó con una aguja. Se corrigió la mortalidad por medio de la fórmula de Abbott (2).

Para cada población de larvas (24 en el testigo y 12 en las pruebas) se evaluó una serie de seis concentraciones de producto comercial diluido en agua destilada (permetrina 0.11-11 mg/ml; deltametrina 0.03-7.5 mg/ml; lambda-cialatrina 0.03-7.5 mg/ml) más el testigo (agua), tomando como base una determinación de la respuesta de mortalidad en la población de Santa Cruz.

La información se procesó mediante la opción C del programa PROC PROBIT (14). Los resultados se alteraron en forma mínima (al cuarto decimal), con el fin de forzar a que el procedimiento de los próbitos analizara por separado cada repetición y proporcionara límites de confianza más estrechos. Además de la comparación usual de los valores de las CL_{50} y las pendientes de las líneas de próbitos, se analizaron los resultados en forma conjunta por medio de una comparación de las poblaciones con base en el porcentaje de larvas que sobrevivirían a una concentración discriminatoria equivalente a la CL_{99} de la población más susceptible.

Se considera que este análisis es superior a la simple comparación de las CL_{50} o las pendientes de las líneas de respuesta, ya que ofrece la posibilidad de estimar pequeños cambios del porcentaje de insectos resistentes en la población bajo estudio.

Cabe mencionar que cuando la curva de respuesta de los genotipos resistentes se traslapa con la de los genotipos susceptibles, este método subestima la frecuencia de los genotipos resistentes en la población (5). En el caso de *Plutella*, se desconoce si esta es la situación, pero tomando en cuenta los altos niveles de resistencia que se han informado en muchos otros trabajos, pareciera poco probable.

RESULTADOS Y DISCUSION

Los valores de la CL_{50} para los tres insecticidas en estudio fueron los más bajos en la población de Zarcerro, seguidos por los de Santa Cruz (con una CL_{50} ligeramente más alta) y Pacayas, la cual mostró ser la población con la menor susceptibilidad (Cuadro 1). Se detectó una diferencia significativa entre las CL_{50} de la deltametrina en las poblaciones de Pacayas y Zarcerro.

Para las tres zonas en estudio, la deltametrina fue menos tóxica con la CL_{50} más alta, pero solamente se detectó una diferencia significativa entre Pacayas y Zarcerro. Para la zona de Pacayas, la CL_{50} de la delta-

Cuadro 1. Susceptibilidad de larvas de *P. xylostella* a la permetrina, deltametrina y lambdacialtrina en Santa Cruz, Pacayas y Zarcero, Costa Rica 1988.

Insecticida Zona ¹	CL ₅₀ mg/ml + LC ²	Pendiente + LC	% sobrevivientes
Permetrina SC	0.46(0.34-0.59)	1.98(1.51-2.45)	2
	0.53(0.33-0.81)	1.79(1.15-2.43)	6
	0.37(0.22-0.55)	1.90(1.75-3.19)	1 ³
Deltametrina SC	0.69(0.41-1.23)	1.54(0.99-2.09)	4
	1.50(0.89-2.69)	1.27(0.81-1.72)	17
	0.52(0.40-0.69)	1.78(1.44-2.11)	1
λ Cialtrina SC	0.43(0.30-0.63)	1.05(1.02-1.07)	14
	0.71(0.56-0.91)	1.69(1.37-2.01)	6.5
	0.42(0.24-0.76)	1.91(1.10-2.71)	1

1 SC = Santa Cruz P = Pacayas Z = Zarcero.

2 Límites confianza al 95% (límites fiduciales que no se traslapan presentan diferencias significativas al 90%).

3 Permetrina 4.2 mg/ml, deltametrina 9.6 mg/ml lambdacialtrina 6.3 mg/ml.

metrina fue significativamente más alta que la permetrina pero no difirió significativamente de la lambdacialtrina (Cuadro 1). En las otras zonas no hubo diferencia significativa entre las CL₅₀ de los piretroides.

En general, las pendientes de las líneas de próbitos mostraron una tendencia de ser menores en la población de Pacayas que en los otros lugares (Cuadro 1).

Esta es consistente con la observación que, en la población de Pacayas, todos los insecticidas tuvieron los valores de las CL₅₀ más altos y sugiere una mayor resistencia a los tres insecticidas en esta población, que en las otras poblaciones.

La excepción a esta tendencia fue el caso de lambdacialtrina en la población de Santa Cruz, donde la pendiente de la línea de próbitos fue significativamente menor que aquellas en las otras poblaciones. Este resultado indica una mayor heterogeneidad de respuesta a un insecticida que no ha sido introducido al país en una población que no ha sido expuesta directamente a los piretroides sintéticos. Es notorio que no existió un aumento correspondiente del valor de la CL₅₀ y las causas de este resultado anómalo todavía no se conocen.

La pendiente de Pacayas para la deltametrina es la más baja condición de heterogeneidad de respuesta que se esperaría cuando hay resistencia en una población.

Antes de iniciar la investigación se estimó que la población de Santa Cruz era la más susceptible, considerando que esta es una zona no hortícola, y por

ende, sin presión de selección de insecticidas. Sin embargo, los resultados muestran que para los tres insecticidas, la población de Zarcero se comportó como la más susceptible, a pesar de ser una zona repollera y de que eran los agricultores de esta zona quienes se quejaban de la falta de efectividad de los insecticidas.

Debido a que la población de Zarcero presentó la mayor homogeneidad de respuesta, se seleccionó como la población de referencia para las comparaciones de la concentración discriminatoria. La tendencia general es un aumento del porcentaje de resistencia en la población de Pacayas, y menores aumentos en la población de Santa Cruz. El aumento del porcentaje de resistencia es consistentemente mayor para la deltametrina que para la permetrina (Cuadro 1).

Los aumentos del porcentaje de resistencia son numéricamente pequeños en todos los casos, con las excepciones del 17% registrado en la población de Pacayas para la deltametrina y del 14% en Santa Cruz para la lambdacialtrina. Debido a que estas cifras representan los porcentajes mínimos de genotipos resistentes en estas poblaciones, aún estos pequeños aumentos podrían tener implicaciones prácticas importantes. Sin embargo, en estos casos, los mayores aumentos sugieren que el desarrollo de la resistencia es bastante más avanzado y que existe un mayor potencial para el rápido deterioro de la susceptibilidad, si se mantiene la presión de selección. En el caso de la lambdacialtrina para la población de Santa Cruz, se debe tomar en cuenta, que el incremento del porcentaje de resistencia puede deberse casi por completo al cambio de la pendiente de la línea de próbitos, y por lo tanto, este resultado está sujeto a las mismas dudas que las manifestadas anteriormente.

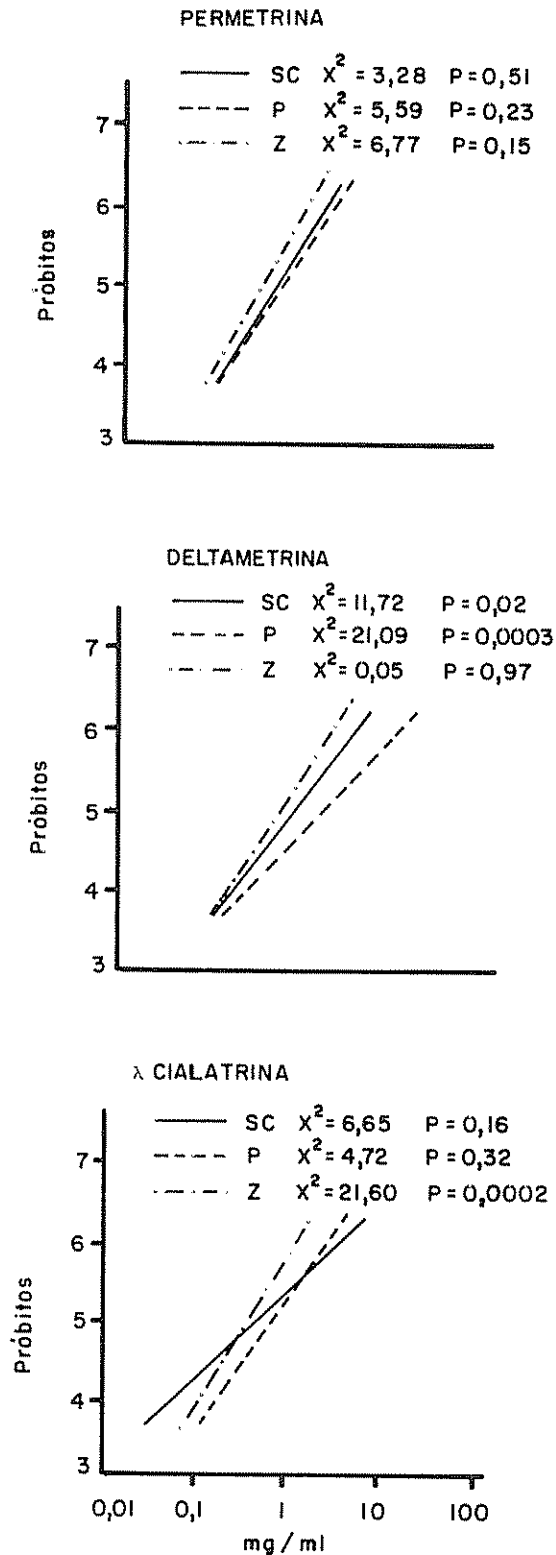


Fig 1 Líneas de respuesta log concentración-mortalidad de larvas de *P. xylostella* de Santa Cruz, Pacayas y Zarcero a tres piretroides sintéticos

En las Figs 1 y 2 se encuentra evidencia adicional para la probable presencia de algunos insectos resistentes a la deltametrina en la población de Pacayas. Cabe destacar que los promedios de mortalidad observados se desvían de una relación lineal, de tal forma, que podrían sugerir la segregación de la población en dos subpoblaciones: una con la respuesta de susceptibilidad (la parte de la población que respondió a las concentraciones bajas de insecticida) y la otra con la respuesta de resistencia (la parte que respondió a las dos concentraciones mayores). En el rango de las concentraciones intermedias, puede observarse que hubo poco incremento de la mortalidad a medida que se aumentó la concentración. La desviación se refleja en el valor altamente significativo de X^2 ($p = 0.0003$) de la línea de próbitos

También se obtuvieron valores significativos de X^2 para la lambdacialatrina en la población de Zarcero ($p = 0.0002$) y para la deltametrina en la población de Santa Cruz ($p = 0.02$). Sin embargo, en estos casos las desviaciones no son consistentes con la hipótesis de segregación de una población.

Las respuestas a la permetrina y a la lambdacialatrina en la población de Santa Cruz, a pesar de no mostrar valores de X^2 significativos para las líneas de próbitos, también muestran una desviación de la relación lineal del tipo descrito anteriormente para la deltametrina en la población de Pacayas. En el caso de la permetrina, la desviación es consistente con la presencia de solamente una proporción pequeña de insectos resistentes en la población. Sin embargo, para la lambdacialatrina sugiere una proporción mayor, la cual apoyaría el resultado encontrado a través del uso de la concentración discriminatória

La detección de resistencia de *Plutella* a los insecticidas piretroides en las tres zonas en estudio es clara solamente para la población de Pacayas, donde todos los análisis sugieren que esta población ha desarrollado por lo menos resistencia parcial a la deltametrina. Lo que no es claro es la magnitud de esta resistencia ya que no se comparó con una población de conocida susceptibilidad.

Existen indicaciones sobre la posible resistencia de *Plutella* a la permetrina y a la deltametrina en todas las poblaciones. Esto sería lo esperado en zonas como Zarcero y Pacayas donde se utilizan estos insecticidas durante todo el año, con aplicaciones hasta de dos veces por semana. De ser este el caso, significaría que se detectó solamente un nivel mayor de resistencia a la deltametrina en la población de Pacayas. Además, se infiere la existencia de niveles no precisados de resistencia en la población de Zarcero y, en las pobla-

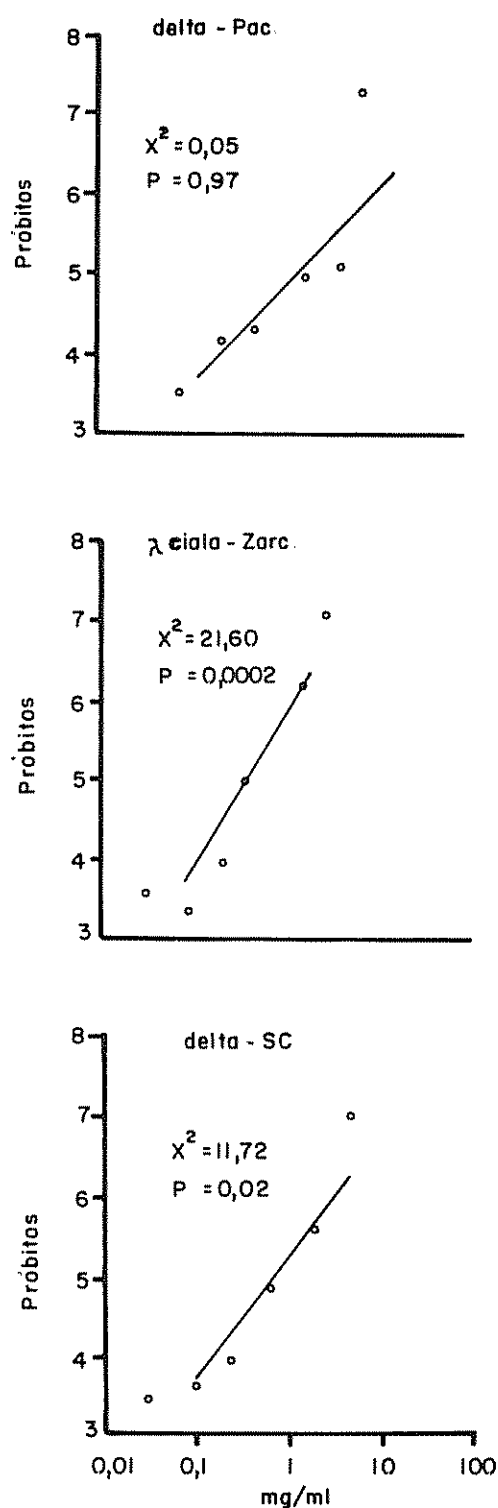


Fig. 2. Dispersión de los promedios de las respuestas observadas versus recta de próbitos para los piretroides sintéticos en Santa Cruz, Pacayas y Zarcero, Costa Rica 1988.

ciones de Pacayas y Santa Cruz a la permetrina. En la población de Santa Cruz, se detectaron menores aumentos en los niveles de resistencia a la deltametrina.

La relación encontrada en este estudio entre las CL_{50} de la permetrina y la deltametrina, sugiere que se está ante la presencia de una población resistente. En la mayoría de los estudios donde se ha comparado la resistencia en poblaciones de campo de *Plutella* a los piretroides, la resistencia a la deltametrina alcanza niveles más altos que los de la permetrina (4, 12, 13). Esta característica resulta en la mayor toxicidad de la permetrina comparado con la deltametrina en poblaciones resistentes, mientras en poblaciones susceptibles sucede lo contrario. La CL_{50} de la permetrina fue mayor en las tres poblaciones, que la de la deltametrina, por lo cual esta relación de toxicidad se aproxima más a la registrada para poblaciones resistentes a estos insecticidas. Sin embargo, debe notarse que no hay ninguna indicación de segregación de una subpoblación resistente en Zarcero, y por lo tanto una conclusión sobre el estado de la resistencia de la población de Zarcero, ya que requiere la comparación de ésta con la de una población susceptible.

Otra posible influencia que produce la menor susceptibilidad encontrada en la población de Pacayas a la deltametrina es que este insecticida se distribuye ampliamente en la zona, debido a que la casa distribuidora (La Casa del Agricultor) está localizada en Cartago, ciudad cercana a Pacayas y donde también se comercializa gran parte de la producción de repollo de Pacayas. Este producto tiene además un menor precio que la permetrina, por lo cual el volumen de venta es mayor (Monge, L.A. 1988 Comunicación personal San José, Costa Rica, Consejo Nacional de la Producción, CNP).

El fracaso de una aplicación de insecticida no siempre se debe explícitamente al desarrollo de resistencia. Se deben considerar aspectos tales como el método de aplicación, las condiciones meteorológicas, la etapa fenológica del cultivo, el estadio de larvas a la que se aplica, y la densidad de la infestación (5).

CONCLUSIONES

P. xylostella presenta diferencias de susceptibilidad a la permetrina, deltametrina y lambda cialatrina en las zonas en estudio.

— El análisis de CL_{50} , la pendiente de la línea de regresión y la concentración discriminadora concuerdan en que con el insecticida deltametrina en la po-

blación de Pacayas se obtiene la mayor susceptibilidad de *Plutella* por lo que se puede asegurar que existe resistencia a este insecticida en esta zona

— Para las zonas estudiadas la deltametrina resultó ser la de menor toxicidad.

— La población de *Plutella* de Pacayas demostró ser la de menor susceptibilidad a todos los insecticidas con base en la CL_{50}

— La población de *Plutella* de Zarcero se destacó como la más susceptible, aunque no se descarta la posibilidad de que haya resistencia a los piretroides.

— El comportamiento de los piretroides en la población de Santa Cruz es confuso pero se mantiene la relación permetrina-deltametrina típica de una población resistente.

Existe la posibilidad de resistencia cruzada entre la deltametrina y la lambdacialatrina, pero se requiere de más estudios para su confirmación.

LITERATURA CONSULTADA

1. BLANCO, H. 1988. Susceptibilidad de *Plutella xylostella* (Lep: Plutellidae) a los pitetroides sintéticos en tres zonas de Costa Rica. Tesis Mg. Sc. Turrialba, C.R. CATIE. 89 p.
2. BUSVINE, J.R. 1980. Recommended methods for measurement of pest resistance to pesticides. (FAO Plant Production and Protection Paper no. 21) FAO. 132 p.
3. CHENG, E.Y. 1981. Insecticide resistance study in *Plutella xylostella* L. I. Developing a sampling method for surveying. Journal of Agricultural Research of China 30(3):277-284.
4. CHOU, I.; CHENG, E.Y. 1983. Insecticide resistance study in *Plutella xylostella* L. III The insecticide susceptibilities and resistance response of a native susceptible strain. Journal of Agricultural Research of China 32(2):146-154.
5. DALY, J.C.; MURAY, D.A.H. 1988. Evolution of resistance to pyrethroids in *Heliothis armigera* (Hubner) (Lep: Noctuidae) in Australia. Journal of Economic Entomology 81(4):984-989.
6. DALY, J.C.; FISK, J.H.; FORRESTIER, N.W. 1988. Selective mortality in field trials between strains of *Heliothis armigera* (Lep: Noctuidae) resistant and susceptible to pyrethroids: Functional dominance of resistance and age class. Journal of Economic Entomology 81(4):1 000-1 008.
7. DALY, J.C. s f. Insecticide resistance in *Heliothis armigera* in Australia. Pesticide Science. En prensa.
8. FINNEY, D.J. 1971. Probit Analysis. 3 ed. England, Cambridge University.
9. GEORGHIOU, G.P.; TAYLOR, C.E. 1977. Operational influences in the evolution of insecticide resistance. Journal of Economic Entomology 70(5):653-658.
10. GEORGHIOU, G.P. 1983. Management of resistance in arthropods. In Pest Resistance to Pesticides. Ed by G.P. Georghiou, T. Saito. New York, Plenum Publishing Corporation p. 769-791.
11. LAGUNLS-IEJEDA, A. 1985. Perspectivas de los insecticidas piretroides en México. Folia Entomológica Mexicana no. 63:83-101.
12. LIU, M.Y.; TZENG, Y.J.; SUN, C.N. 1982. Insecticide resistance in diamondback moth. Journal of Economic Entomology 75(1):153-155.
13. MIYATA, I.; SAITO, I.; NOPPUN, V. 1986. Studies on the mechanism of diamondback moth resistance to insecticides. In Diamondback Moth Management International Workshop (1985, Tainan, Taiwan). Proceedings. Shanhua, Taiwan, The Asian Vegetable Research and Development Center. p. 347-357.
14. SAS USER'S Guide: Statistics. 1985. 5 ed. North Carolina, USA Institute, Sas. p. 639-645.
15. TABASHNIK, B.E.; CROFT, B.A. 1982. Managing pesticide resistance in crop-arthropod complexes: interactions.