

**OPTIMIZACION DEL CONTROL MICROBIAL DE Plutella xylostella L.
EN EL CULTIVO DE REPOLLO (Brassica oleracea var. Capitata)
EN HONDURAS**

P O R

Carlos Armando Ramos Durán

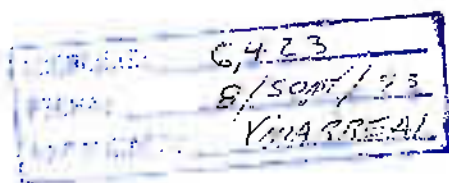
T E S I S

PRESENTADA A LA

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA

PARA OPTAR AL TITULO DE

INGENIERO AGRONOMO



RECEIVED BY THE
LIBRARY OF THE
ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
EL ZAMORANO, HONDURAS
1992

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA
EL ZAMORANO, HONDURAS

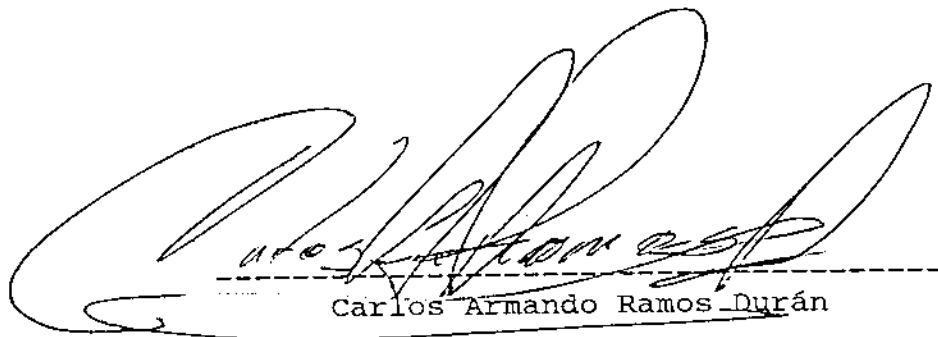
1 9 9 2

OPTIMIZACION DEL CONTROL MICROBIAL DE Plutella xylostella L.
EN EL CULTIVO DE REPOLLO (Brassica oleracea var. Capitata)
EN HONDURAS

Por

Carlos Armando Ramos Durán

El autor concede a la Escuela Agrícola Panamericana permiso para reproducir y distribuir copias de este trabajo para los usos que considere necesarios. Para otras personas y otros fines, se reservan los derechos de autor.



Carlos Armando Ramos Durán

Agosto - 1992

DEDICATORIA

A Dios por darme sabiduría, y fuerzas y por su compañía a través de las innumerables jornadas.

A mí padre Carlos Ramos Martínez (Q.D.D.G), por su ejemplo de lucha, humildad y amor a Dios.

A mí madre Esther Durán de Ramos, por su sacrificio y amor infinitos.

A mis hermanos Oscar Ramón, Esther Antonia, Patricia y Ana.

A mis abuelos Oscar (Q.D.D.G), Pola, Ramón y Cristina (Q.D.D.G).

AGRADECIMIENTOS

A la Escuela Agrícola Panamericana, al Departamento de Protección Vegetal y al Programa de MIP-Crucíferas.

A mí comite de asesores, por la asesoría prestada, y el tiempo invertido en la realización de esta tesis.

A Reynaldo Sánchez y Marvín Mora, por el tiempo y esfuerzos invertidos en la realización de esta tesis.

A Isabel, por su apoyo invaluable durante estos últimos dos años del programa de Ing. Agr.

A mí compañero de cuarto, Angel Rodríguez, por su amistad, su apoyo y su valiosa colaboración en la realización de esta tesis.

A Rodolfo y Angel Perez, por su compañerismo; a Napoleón Avila, Elvin Pérez y Ruben Lagos, por su valioso apoyo en todos los trabajos realizados.

A Lourdes Gaitan, y a todo el personal del DPV, por el compañerismo y colaboración prestados en todas las tareas realizadas.

INDICE GENERAL

	<u>PAGINA</u>
PORTADA.....	i
DERECHOS DE AUTOR.....	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTOS.....	iv
INDICE GENERAL.....	v
INDICE DE CUADROS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	x
I. INTRODUCCION.....	1
II. REVISION DE LITERATURA.....	3
A. El Cultivo de Repollo.....	3
B. La Palomilla Dorso de Diamante (<u>Plutella xylostella</u>).....	5
1) Origen y Distribución.....	5
2) Descripción de la Plaga y su Daño.....	6
C. Control Microbial de larvas de PDD.....	9
1) <u>Bacillus thuringiensis</u> Berliner var. <u>Kurstaki</u> (Bt).....	10
a) Antecedentes.....	10
b) Clasificación y Descripción.....	11
c) Modo de Acción y Síntomas.....	12
d) Susceptibilidad de la PDD a Bt.....	13
e) Formulaciones Comerciales.....	14
f) Utilización de Bt para el Control de PDD.....	16
g) Resistencia a Bt.....	19
2) Virus de la Polihedrosis Nuclear de <u>Autographa californica</u> (VPNAc).....	21
a) Antecedentes.....	21
b) Clasificación y Descripción.....	22
c) Modo de Acción y Síntomas.....	23
d) Utilización de VPN en el Control de PDD y principales Formulaciones Comerciales.....	25
3) Utilización de Epocas o Criterios de Aplicación.....	26

III. FASE DE LABORATORIO.....	30
A. Sistemas de Producción Masiva de Larvas de PDD.....	30
1) Introducción.....	30
2) Objetivo.....	30
3) Materiales y Métodos.....	31
a) Sistema Caja-Plántula Individual....	31
b) Sistema Jaula de Tela Metálica-Plántula individual.....	32
c) Sistema Botella de Oviposición-Plántulas Chorro Corrido.....	34
d) Sistema Caja-Botella de Oviposición-Plántulas Chorro Corrido.....	36
e) Sistema Caja-Botella de Oviposición-Plántula Individual.....	38
1.- Materiales y métodos.....	38
2.- Resultados y discusión.....	39
3.- Conclusiones y recomendaciones	43
B. Concentraciones Letales de Ocho Insecticidas Microbiales a Base de <u>Bacillus thuringiensis</u> Berliner var. Kurstaki (Bt) Sobre Dos Poblaciones de PDD.....	44
1) Introducción.....	44
2) Objetivos.....	44
3) Materiales y Métodos.....	45
a) Descripción de las Zonas en Estudio.	45
b) Pruebas de Concentración Letal (CL).	46
4) Resultados y Discusión.....	51
5) Conclusiones.....	69
6) Recomendaciones.....	71
IV. FASE DE CAMPO.....	73
A. Evaluación de la Eficacia de Siete Insecticidas Microbiales a Base de Bt para el Control de PDD y otros Lepidópteros en Repollo.....	73
1) Introducción.....	73
2) Objetivos.....	73
3) Materiales y Métodos.....	73
a) Fecha y Localización del Ensayo....	73
b) Cultivar y Prácticas Agronómicas....	74
c) Diseño Experimental y Tratamientos..	75
d) Toma de Datos y Análisis.....	76
4) Resultados y Discusión.....	80
a) Control de PDD.....	80
b) Calidad y Rendimiento.....	90
c) Control de Otros Lepidópteros.....	94
5) Conclusiones.....	99
6) Recomendaciones.....	101

B. Evaluación de la Eficacia de 12 Tratamientos para el Control de <u>Plutella xylostella</u> y su Efecto sobre la Depredación y el Parasitismo de esta Plaga en el Campo.....	102
1) Introducción.....	102
2) Objetivos.....	102
3) Materiales y Métodos.....	102
a) Fecha y Localización del Ensayo.....	103
b) Diseño Experimental y Tratamientos..	103
c) Toma de Datos y Análisis.....	103
d) Resultados y Discusión.....	105
a) Control de PDD.....	105
b) Calidad y Rendimiento.....	118
c) Control de Otros Lepidópteros..	122
4) Conclusiones.....	126
5) Recomendaciones.....	128
 V. CONCLUSIONES GENERALES.....	130
VI. RECOMENDACIONES GENERALES.....	134
VII. RESUMEN.....	135
VIII. BIBLIOGRAFIA.....	138

INSTITUTO VENEZOLANO DE INVESTIGACIONES
 CIENTÍFICAS Y TECNOLÓGICAS
 CENTRO DE INVESTIGACIONES EN AGRICULTURA
 CARACAS, VENEZUELA
 1980

INDICE DE CUADROS

PAGINA

- Cuadro 1.** Producción promedio de huevos de PDD obtenida de 10 botellas de oviposición/población de PDD, con el sistema de producción masiva de larvas denominado caja-botella de oviposición plántula individual... **40**
- Cuadro 2.** Descripción de los tratamientos a base de Bt evaluados en las pruebas de concentración letal a nivel de laboratorio..... **49**
- Cuadro 3.** Concentraciones letales y pendientes de respuesta de ocho insecticidas microbiales a base de Bt a las 72 horas después de la exposición de las larvas de PDD, para la población del Valle del Zamorano.... **53**
- Cuadro 4.** Concentraciones letales y pendientes de respuesta de ocho insecticidas microbiales a base de Bt a las 72 horas después de la exposición de las larvas de PDD, para la población de San Juan del Rancho..... **54**
- Cuadro 5.** Comparación entre la concentración recomendada por el fabricante y la CL-90 requerida a las 72 horas después de la exposición de las larvas de PDD, para ocho formulaciones de Bt evaluadas sobre la población de PDD del Valle del Zamorano..... **62**
- Cuadro 6.** Comparación entre la concentración recomendada por el fabricante y la CL-90 a las 72 horas después de la exposición de las larvas de PDD, para ocho formulaciones de Bt evaluadas sobre la población de PDD de San Juan del Rancho..... **63**
- Cuadro 7.** Comparación de la susceptibilidad de dos poblaciones de PDD (Valle del Zamorano y San Juan del Rancho) a siete formulaciones comerciales a base de Bt..... **67**
- Cuadro 8.** Descripción de los tratamientos evaluados para el control de PDD en el primer ensayo de campo en la Escuela Agrícola Panamericana..... **77**
- Cuadro 9.** Número promedio de larvas de PDD/planta en ocho tratamientos, antes del inicio de las aplicaciones (día cero), y promedio total a los 2, 4 y 7 días después de las cinco aplicaciones realizadas en el ensayo de campo en la EAP..... **81**

- Cuadro 10.** Número promedio de larvas de PDD/planta/día en cinco aplicaciones realizadas durante el ciclo de cultivo, y promedio de las cinco aplicaciones, presentadas por ocho tratamientos evaluados para el control de PDD en la EAP..... 87
- Cuadro 11.** Incidencia promedio total de larvas de cuatro especies de lepidópteros adicionales a la PDD, en ocho tratamientos evaluados en la EAP (1)..... 96
- Cuadro 12.** Descripción de los tratamientos evaluados para el control de PDD en el ensayo de campo realizado en la comunidad de San Juan del Rancho.....104
- Cuadro 13.** Incidencia promedio de larvas de PDD/planta, en 12 tratamientos, antes del inicio de las aplicaciones (día cero) y promedio total a los 2, 4 y 7 días después de las tres aplicaciones realizadas en el ensayo de campo de SJR.....107
- Cuadro 14.** Número de larvas de PDD/planta/día en tres aplicaciones realizadas durante el ciclo de cultivo, y promedio de las tres aplicaciones, presentados por 12 tratamientos evaluados para el control de PDD en la localidad de SJR.....112
- Cuadro 15.** Incidencia promedio total de larvas de tres especies de lepidópteros adicionales a la PDD, en 12 tratamientos evaluados en la localidad de SJR..123

INDICE DE FIGURAS

PAGINA

Figura 1. Curvas promedio de producción de huevos/jaula normal y acumulada, obtenidas de 10 jaulas en cada una de las dos poblaciones de PDD evaluadas (VZ y SJR).....	41
Figura 2. Concentraciones letales y líneas de respuesta de ocho formulaciones a base de Bt obtenidas sobre la población de PDD del VZ a las 72 hdel.....	56
Figura 3. Concentraciones letales y líneas de respuesta de ocho formulaciones a base de Bt, obtenidas sobre la población de PDD de SJR a las 72 hdel.....	57
Figura 4. Potencia relativa, con respecto a Dipel, de siete formulaciones a base de Bt, sobre dos poblaciones de PDD: VZ y SJR. (72 hdel).....	60
Figura 5. Concentraciones letales y líneas de respuesta observadas y estimadas para la formulación Dipel sobre dos poblaciones de PDD: VZ y SJR.....	68
Figura 6. Dinámica poblacional de PDD en ocho tratamientos para su control evaluados en la EAP.....	84
Figura 7. Porcentaje total de eficacia en el control de PDD de siete formulaciones de Bt evaluadas en la EAP..	89
Figura 8. Correlación entre la incidencia total de PDD y la calidad de repollo obtenida en ocho tratamientos evaluados en la EAP.....	91
Figura 9. Correlación entre la incidencia total de PDD y el rendimiento comercial de repollo obtenido en ocho tratamientos evaluados en la EAP.....	93
Figura 10. Porcentaje total de eficacia en el control de <u>T. ni</u> de siete formulaciones de Bt evaluadas en la EAP.....	98
Figura 11. Dinámica poblacional de PDD en 12 tratamientos evaluados para su control en la localidad de SJR.	113
Figura 12. Porcentaje total de eficacia en el control de PDD de 12 tratamientos evaluados en la localidad de SJR.....	114

Figura 13. Correlación entre la incidencia total de PDD y la calidad de repollo obtenida en 12 tratamientos evaluados en la localidad de SJR.....**119**

Figura 14. Correlación entre la incidencia total de PDD y el rendimiento de repollo comercial obtenido en 12 tratamientos evaluados en la localidad de SJR....**121**

I. INTRODUCCION

El repollo (Brassica oleracea var. Capitata) constituye una de las principales hortalizas de consumo fresco en Centroamérica y la segunda hortaliza en volumen de producción y área cultivada en Honduras, donde sólo es superada por el tomate (Herrera 1988).

La palomilla dorso de diamante (PDD) (Plutella xylostella L.) (Lepidoptera: Plutellidae) es el principal problema entomológico limitante de la producción de repollo en Honduras (Secaira y Andrews, 1987) y el mundo (Harcourt, 1957 y Salinas, 1977). En Honduras, su importancia es mayor durante la época seca debido a que las condiciones ambientales son más favorables para su desarrollo y reproducción (Secaira y Andrews 1987; Ruiz 1988; Cordero 1989, Mora 1990).

Las larvas de esta plaga se alimentan principalmente del mesófilo de las hojas tiernas del repollo, causando perforaciones irregulares que reducen el rendimiento y valor comercial del producto y facilitan además la penetración de organismos patógenos (Mora 1990).

El control de la PDD, en Honduras, se ha basado en el uso intensivo de productos químicos (Herrera, 1988), que ha conducido al desarrollo de resistencia de la PDD a por lo menos tres grupos de insecticidas químicos: organofosforados, carbamatos y piretroides (Ovalle 1989). Este enfoque unilateral de control ha tenido, además, múltiples consecuencias colaterales negativas tales como el

daño a la salud humana, el deterioro del medio ambiente, el surgimiento de nuevas plagas y la eliminación de enemigos naturales de las mismas (Cordero 1989).

Los insecticidas microbiales son una alternativa potencial para el control de la PDD debido a su compatibilidad con otras tácticas de control, particularmente control biológico, lo que podría generar un manejo sostenible y ecológicamente compatible de esta plaga en el campo. Los insecticidas microbiales provocan consecuencias colaterales negativas mínimas debido a su baja o nula toxicidad para humanos, animales de sangre caliente y enemigos naturales.

Actualmente, existen muchas formulaciones comerciales, en Honduras, cuya eficacia en el control de PDD no ha sido evaluada bajo nuestras condiciones. Existen, además, otros factores importantes relacionados con el uso de estos insecticidas, tales como la susceptibilidad de poblaciones, que tampoco han sido estudiados.

El objetivo de la presente tesis fue evaluar, a nivel de laboratorio y de campo, la eficacia de las principales formulaciones comerciales de insecticidas microbiales, particularmente de insecticidas a base de la bacteria Bacillus thuringiensis Berliner var Kurstaki (Bt), en el control de la PDD.

Adicionalmente, se desarrolló un sistema práctico y sencillo de producción masiva de larvas, ideal para producir altas cantidades de larvas de una edad uniforme.

II. REVISION DE LITERATURA

A. El Cultivo de Repollo

El repollo (Brassica oleracea var. Capitata L.) es el miembro más importante del género Brassica cultivado en el trópico. Este género, a su vez, es el de mayor importancia económica de la familia Cruciferae, debido a que agrupa varias especies de hortalizas ampliamente cultivadas a nivel mundial tales como brócoli (B. oleracea var. Italica L.), coliflor (B. oleracea var. Botrytis L.), col de bruselas (B. oleracea var. Gemmifera L.) y colinabo (B. oleracea var. Gongyloides L.) (Fersini, 1976).

Estutervant (1919) citado por Mora (1990), ubica el centro de origen del repollo en el Asia menor, sin embargo, la mayor parte de los autores lo ubican en la zona oeste de Europa (Montes, 1990 y Fersini, 1976).

El repollo es una planta dicotiledonea, herbácea, que puede ser cultivada como anual, cuando el destino de la producción es para consumo fresco, o como bianual, cuando se le cultiva para la producción de semilla (Montes, 1990). Posee un sistema radicular pivotante y la parte aérea está constituida por un meristemo apical, alrededor del cual las hojas se agrupan para formar una pelota o cabeza, que es la parte comercial de la planta para consumo fresco (Fersini, 1976).

El valor nutricional del cultivo es bajo, ya que

aproximadamente el 85 a 90% de sus hojas están constituidas por agua, sin embargo, su contenido de vitamina C es bastante alto, lo mismo que su contenido de fibra. Otros componentes importantes de la planta son: proteínas (1.7 gr/100 gr de peso vivo) y carbohidratos (6.1 gr/100 gr de peso vivo) (Montes, 1987).

El repollo es un cultivo de invierno, y su rango óptimo de temperatura está entre 15-20 °C (Montes, 1990), aunque en el trópico ha sido cultivado con éxito en un rango de temperatura de 14-28 °C (Mora, 1990).

En Honduras, el repollo se produce principalmente en zonas altas ubicadas sobre los 1,000 msnm (Tatumbula (1400 msnm), Siguatepeque (1600 msnm), La Esperanza (1800 msnm) y Ocotepeque (1800 msnm)), debido a que en ellas se dan las condiciones óptimas para el desarrollo del cultivo y una menor incidencia de plagas insectiles (Montes, 1982). Sin embargo, este cultivo ha sido desarrollado con éxito en zonas ubicadas desde los 300 msnm (Secaira y Andrews, 1987).

El área cultivada de repollo, en Honduras, asciende a 4,600 ha anuales aproximadamente, obteniéndose una producción de 57,000 TM que generan un ingreso aproximado de 8 millones de dólares (Mora, 1990). La mayor parte de esta producción se destina para consumo fresco en comidas como enchiladas, tacos, ensaladas y otros, existiendo, sin embargo, una pequeña parte de la producción destinada a la industria (Sauerkraut) y otra para consumo cocido (sopas, hojas de repollo rellenas, etc).

**B. La Palomilla Dorso de Diamante (PDD) (Plutella
xylostella L.)**

1) Origen y Distribución de la Plaga

Hardy (1938), citado por Ooi (1986), determinó que la PDD es una plaga originaria del Mediterraneo, debido al complejo de enemigos naturales existentes en la región y el efectivo control natural de la plaga reportado en estas tierras.

Otras razones que confirman lo anterior son: a) el centro de origen del género Brassica se ubica en la zona del mediterraneo, y b) la existencia de una sola especie del género Plutella fuera del mediterraneo (Ho, 1965, citado por Mora, 1990).

La PDD es una de las especies de insecto con mayor diseminación mundial y con una gran adaptabilidad a diferentes condiciones climáticas, lo que la han hecho reconocida como una de las mayores plagas en regiones templadas y tropicales. Los primeros registros de la plaga en América fueron establecidos en Illinois, E.U, desde el año de 1855. En Sur América, la presencia de la PDD fue registrada en Brasil, entre los años 1892-1896 por el Commonwealth Institute of Entomology de London (Salinas, 1977).

Ooi (1986) afirma que la PDD ha sido registrada desde regiones ubicadas a 60° de latitud Norte (Islandia), hasta regiones trópicas, pasando por zonas templadas. Hardy (1938), citado por Ooi (1986), determinó que la PDD prefiere

climas cálidos para su desarrollo óptimo, lo cual fue respaldado por Ooi (1986), quien determinó que las poblaciones de inmaduros de PDD alcanzaban su pico más alto en la estación seca del año en las tierras altas de Camerún. Ooi (1986) también concluyó que la duración del ciclo de vida de la PDD era en promedio 14 días más corta en las tierras bajas de Camerún (13 días), que en en las tierras altas (27 días).

Conclusiones similares sostiene Mora (1990), quien después de evaluar los resultados de 14 tablas de vida en Honduras concluyó que las poblaciones de PDD eran más altas en la época seca, debido al efecto combinado de una mayor temperatura y una menor precipitación, dos factores muy ligados a la incidencia de PDD en el campo.

Secaira y Andrews (1987) reportan que la PDD se encuentra causando daño en todos los lugares donde se siembra repollo en Honduras, en un rango que va desde 300 hasta 2,050 msnm, y entre los 12 y 35 °C.

2) Descripción de la Plaga y su Daño

Los adultos de la PDD son palomillas pequeñas y finas de color gris o pardo, que miden de 10-15 mm de longitud (Hernández, 1988). Brethes (sf) indica que cuando los adultos de la PDD están en descanso, tienen las alas pegadas al cuerpo y sobre ellas se puede observar una línea longitudinal que va desde la cabeza hasta casi la parte final de las alas presentando ciertas expansiones en forma de diamante. Las

alas traseras del adulto son de color café pálido y presentan un fleco de pelos largos (King y Saunders, 1984).

La hembra generalmente es de color más claro que el macho (Hernández, 1988) y puede ovipositar un número variable de huevos. Ooi (1986) reporta que las hembras pueden ovipositar un promedio de 288 huevos durante su vida. Harcourt (1986) reportó que la oviposición es afectada por el fotoperíodo, encontrando una reducción de un 49% en la fecundidad total, cuando la duración de horas luz se redujó de 16 horas, en junio, a 12 horas en septiembre. Harcourt (1963), citado por Hernández (1988) describe los huevos de la PDD como ovales, estriados y algo aplanados, de color verde claro o amarillo. Su largo promedio es de 0.44 mm y su ancho de 0.26 mm. Bartell (1966), citado por Salinas (1977), describe los huevos en forma similar. Este autor sin embargo, reporta un largo promedio de los huevos de 0.51 mm (rango de 0.49-0.52 mm) y un ancho promedio de 0.27 mm (rango de 0.26-0.28 mm).

Poco antes de la eclosión, los huevos se oscurecen y las larvas jóvenes pueden ser vistas a través del corion, el cual se rompe al emerger las larvas (Hernández, 1988).

Las larvas son subcilíndricas y relativamente sin vellos, con cinco pares de pseudopatas. Presentan cuatro instares y conforme crecen, su cuerpo se ensancha hacia el centro del abdomen y se adelgaza hacia los extremos. (Harcourt, 1956, citado por Salinas, 1977).

Abraham y Padmanaban (1968), citados por Salinas (1977),

reportan que el tamaño de la larva recién eclosionada es de aproximadamente 10 mm cuando está totalmente extendida. La larva recién eclosionada carece de pigmentación, pero conforme crecen, su cuerpo se vuelve color verde debido a la acumulación de partículas de alimentos en el intestino (Hernández, 1988).

Las larvas de la PDD son las causantes del daño en el cultivo, por alimentarse del mesófilo de las hojas, particularmente de las hojas tiernas, causando perforaciones irregulares que reducen el rendimiento y la calidad del cultivo. Cuando las infestaciones son muy severas, el resultado es un producto de baja calidad muy difícil de comercializar.

La PDD se considera una plaga primaria debido a que ataca el cultivo desde la etapa de semillero hasta la cosecha (Vásquez, 1988; Mora 1990; y Secaira y Andrews, 1987).

Vásquez (1988), determinó que la PDD no era un factor de mortalidad en el cultivo de repollo, pero que las larvas de esta plaga causaban defoliaciones importantes y daños al cogollo de las plantas, causando junto con Mycosphaerella brassisiccola un 75% de pérdidas del rendimiento total. Este autor encontró larvas de todos los instares de la plaga durante todo el tiempo del cultivo en el campo.

Resultados similares reporta Ruiz (1988), quien determinó un 98% de pérdidas económicas debido a la PDD en un lote de repollo sin aplicaciones durante la época seca. Durante la

época lluviosa, la PDD no causó problemas serios en el cultivo, en el lote sin aplicaciones, y no constituyó un factor limitante para la producción del mismo debido al efecto de la lluvia y los enemigos naturales sobre la plaga.

Ruiz (1988) también encontró una mayor densidad de larvas de PDD durante la época lluviosa en un lote de repollo aplicado con insecticidas, comparado con un lote no aplicado, debido a la alteración frecuente del ecosistema y la mortalidad de los enemigos naturales.

Sastrodihardjo (1986) determinó la presencia de inmaduros de PDD durante todo el tiempo del cultivo después del trasplante. Este autor reporta también la existencia de dos generaciones por ciclo de cultivo y un considerable traslape de generaciones.

C. Control Microbial de larvas de PDD

Control microbial es el uso inteligente de microorganismos entomopatógenos, que pueden ser bacterias, virus, hongos, nemátodos, protozoarios o rickettsias, para reducir o regular las poblaciones insectiles (Bustillo, 1989).

Los principales microorganismos utilizados para el control de la PDD son, en orden de importancia, las bacterias y los virus. Según Bustillo (1989), las bacterias constituyen el grupo de microorganismos más numeroso y el más estudiado dentro de los microorganismos asociados con insectos.

1) Bacillus thuringiensis var. Kurstaki Berliner (Bt)

a) Antecedentes

La bacteria B. thuringiensis fue descubierta por primera vez en 1902 por el japonés Ishiwata, quien realizó pruebas preliminares demostrando su alta capacidad insecticida. Esta bacteria fue nombrada, sin embargo, hasta el año de 1915 por el alemán Berliner, quien aisló este microorganismo de larvas de la polilla de los graneros, Anagasta kuhniella (Flores, 1990).

Desde entonces, este patógeno ha sido aislado de numerosos insectos en diversos lugares del mundo. Actualmente se conocen 19 variedades, correspondientes a 14 serotipos diferentes siendo las más importantes la Kurstaki, Israelensis, Tenebrionis y Aizawai. Cada variedad o subespecie ataca diferentes tipos de insectos. La var. Kurstaki ataca solamente lepidópteros, la var. Aizawai ataca a Galleria sp. (polilla de la cera), la var. Tenebrionis ataca solamente coleópteros y la var. Israelensis ataca dípteros (Flores, 1990).

En 1969, se aisló la raza HD-1 de cultivos en el laboratorio de Bt var. Kurstaki perteneciente al serotipo III, la cual demostró ser de 10-100 veces más potente que las utilizadas comercialmente en aquella época. Desde entonces, han aparecido numerosas formulaciones comerciales, todas basadas en los serotipos I, III, IV o V, siendo el más importante el serotipo III por su alta virulencia a

lepidópteros (Bustillo, 1989).

La aparición de las formulaciones comerciales promovió un incremento significativo en la adopción de los insecticidas microbiales a base de Bt a nivel mundial, tal como reporta Lim (1987), quien afirma que hubo un incremento significativo en el uso de Bt en Malasia, a partir de 1979, debido a la introducción de la formulación Dipel que produjo buenos resultados en el control de larvas de PDD en el campo.

En Honduras, se registró un marcado incremento en la utilización de Bt, a partir de 1987, siendo utilizado por los agricultores solo o mezclado con otros insecticidas (Sánchez, 1990).

b) Clasificación y Descripción

En forma general, los entomófagos bacteriales se clasifican en cuatro grupos: a) cristalíferas formadoras de esporas, b) patógenos obligados, c) patógenos facultativos y d) patógenos potenciales (Bustillo, 1989).

Bacillus thuringiensis se clasifica en el grupo de las bacterias aeróbicas, cristalíferas que forman esporas. Este grupo de bacterias comprende dos especies importantes pertenecientes a la familia Bacillaceae: Bacillus popilliae y B. thuringiensis (Wilding, 1986).

Bacillus thuringiensis es una bacteria caracterizada por la producción de cristales proteícos, en su fase de esporulación, dentro de los cuales la delta-endotoxina es la

toxina más tóxica para larvas de lepidópteros y larvas acuáticas de ciertos dípteros, incluyendo mosquitos y moscas negras, pero totalmente inócua para todos los demás organismos, incluyendo el hombre (Wilding, 1986).

c) Modo de Acción y Síntomas

El rango de acción de Bt está limitado específicamente a las larvas del orden lepidóptera, actuando sobre más de 200 especies. Esta bacteria actúa como insecticida estomacal, ya que su acción se produce únicamente al ser ingerida por las larvas (Flores, 1990).

Aunque se han aislado cinco toxinas producidas por Bt, el cristal tóxico (delta endotoxina) es el principal causante de toxicidad en las larvas de lepidópteros (Cremlyn, 1985; citado por Herrera 1988). Heimpel (1974), citado por Barrios (1976), afirma que este cristal tóxico está compuesto por una serie de aminoácidos, variando el porcentaje de los mismos de acuerdo a la variedad de Bt. Los aminoácidos más importantes son el ácido aspártico y el ácido glutámico, que constituyen el 25% de los aminoácidos presentes.

La delta endotoxina actúa como veneno específico del tracto intestinal de las larvas atacando las paredes del intestino medio y causando alteraciones en el balance osmótico, abrasión en la pared estomacal y parálisis de la misma (Abbott, 1986).

Lo anterior es respaldado y ampliado por Flores (1990),

quien afirma que después que la larva ingiere el cristal y la espora, el cristal comienza a ser solubilizado por los jugos digestivos y el alto pH del estómago (pH mayor que 9), sufriendo una digestión proteolítica por las enzimas del estómago para formar toxinas activas. La toxina activa (delta-endotoxina) tiene gran especificidad para acoplarse a un componente glicoprotéico de la membrana de las células epiteliales, comunmente llamado receptor, y el cual lo tienen las células susceptibles. Esta unión desequilibra la estructura de la membrana ocasionando un desbalance iónico en ella, lo mismo que una desintegración de las células epiteliales que la rodean. La desintegración de la membrana permite el paso de las esporas de Bt ya germinadas hacia el hemocelo donde se mezclan con la hemolinfa de la larva, causando una septicemia en la misma y finalmente la muerte.

La delta-endotoxina interfiere, además, con el sistema de transporte del epitelio del intestino medio y la transmisión sináptica de impulsos nerviosos (Casida, 1974; citado por Chávez 1989).

d) Susceptibilidad de la PDD a Bt

Chen y Yen (1980) observaron en laboratorio que larvas jóvenes (primer y segundo estadio) eran más susceptibles que larvas viejas (cuarto estadio y prepupa), y que las hembras eran más susceptibles que los machos. Resultados similares reportan Brunner y Stevens (1985) quienes observaron que las

larvas son más susceptibles cuando están recién eclosionadas o entre el primer y el tercer estadio larval.

Legotai (1980) reporta que la mortalidad producida por Bt se reduce con las temperaturas bajas, reportando, además, que los individuos que sobreviven al tratamiento son menos capaces de desarrollarse y que los que logran desarrollarse son menos fértiles.

Metalnikow (1973), citado por Barrios (1976), notó un progresivo decrecimiento en la viabilidad y virulencia de Bt después de prolongadas exposiciones de la bacteria sobre hojas de algodón expuestas a la luz directa del sol en Egipto, a temperaturas de 14 a 56 °C.

Chang (1972) evaluó la efectividad de Thuricide 90 PS (Bt) a diferentes diluciones en agua (1:500; 1:1000; 1:1500 partes de Thuricide 90 PS y agua, respectivamente), para el control de PDD bajo condiciones de laboratorio. La dilución que dió un mejor control de PDD fue de 1:500.

e) Formulaciones Comerciales

Los insecticidas a base de Bt se diferencian principalmente por la cepa de la bacteria utilizada, por la potencia (concentración de cristales tóxicos y esporas) y por la formulación o presentación comercial del producto (Flores, 1990).

En la actualidad existen numerosos insecticidas comerciales a base de Bt a nivel mundial y continúan surgiendo

nuevos en el mercado. La mayor parte de estos insecticidas son a base de la raza HD-1 perteneciente al serotipo III de Bt, aunque existen otras cepas, como la SA-11, que también son importantes (Fernández, (1991)).

Los factores más importantes que deben tomarse en cuenta para determinar la efectividad de un insecticida comercial a base de Bt son: número de cuerpos cristales proteícos por espora, variedad de Bt, pH del agua de aplicación, dosis y frecuencia de aplicación, tipo de insecto y estadíos larvales (se ha demostrado que los estadíos próximos a empupar son menos susceptibles) (Barrios, 1976).

Otros factores que deben considerarse son: tiempo de almacenamiento y condiciones donde estuvo el insecticida, tipo de material inerte utilizado, cantidad de horas luz a las que estará expuesto el producto después de su aplicación, temperatura, distribución y cantidad de lluvia durante el año, rentabilidad de aplicación y otros (Barrios, 1976).

Las emulsiones estabilizadas líquidas de espora-cristal de esta bacteria son preparaciones muy efectivas, aunque no tan estables como las preparaciones en polvo seco, las cuales pueden ser almacenadas por 10 años sin reducir su virulencia (Heimpel, 1974 citado por Barrios, 1976).

En la actualidad, existe una formulación microencapsulada de Bt (MVP), con mejores características para tolerar la degradación por factores ambientales. En esta formulación (MVP), los cristales tóxicos de Bt son encapsulados por

células de la bacteria Pseudomonas fluorescens, las cuales protegen a los cristales de la degradación ambiental, asegurando un efecto más prolongado del insecticida en el campo (Mycogen Corporation, 1992).

En Honduras existen actualmente aproximadamente seis formulaciones comerciales a base de Bt: Dipel ES, Dipel X, Thuricide HP, Javelin WG, Bactospeine HP, Novo Biobit HP y están cercanas a ingresar al mercado un mínimo de dos formulaciones más: Bactec Bernam Bt III y MVP.

Estas formulaciones no han sido evaluadas sistemáticamente a nivel de campo para determinar su eficacia en el control de la PDD, existiendo, sin embargo, numerosos estudios en los que se han evaluado individualmente formulaciones comerciales de Bt comparadas con insecticidas químicos y/o diferentes rotaciones de insecticidas microbiales y químicos (Herrera, 1989; Chavez, 1989 y Mora, 1990).

f) Utilización de Bt en el Control de la PDD

La utilización de Bt para el control de PDD ha sido ampliamente evaluada y documentada a nivel mundial (Hernández, 1988; Varela y Guharay, 1987; Kennedy y Oatman, 1976; Herrera, 1989 y Mora, 1990).

Rajamohan y Jayaraj (1978), citados por Hernández (1988), evaluaron la eficacia, de Bt y otros insecticidas para el control de PDD en el campo. Estos autores reportan que el tratamiento de Bt fue el más efectivo para reducir la

población larval durante el período inicial después del tratamiento, pero que su persistencia fue baja después de los 10 días, debido a la acción de luz solar, lluvia y viento.

Varela y Guharay (1987) reportan que el insecticida Bt (Dipel) fue el mejor tratamiento para el control de la PDD en Nicaragua comparado con tres insecticidas químicos: deltametrina, metamidofós y metomil. Estos autores atribuyeron la baja eficacia de los insecticidas químicos evaluados al desarrollo de resistencia a los mismos por parte de la plaga.

Tanada (1956), citado por Hernández (1988), reportó un adecuado control de la PDD a una concentración de 0.5 gr de esporas/galón. Este autor encontró que a una concentración de 0.25 esporas/galón el control no había sido adecuado.

Cerna y Donaire (1986), citados por Hernández (1988), evaluaron el efecto de varios insecticidas para el control de PDD en Honduras. Los insecticidas evaluados fueron cipermetrina, deltametrina, permetrina, ciflutrina, mevinfós, metamidofós, diazinón, metomil y Bt (Dipel). El tratamiento con Dipel (Bt), a una dosis de 375 gr/ha, y, en aplicaciones semanales fue el que mejor resultado dió para el control de la PDD. Estos autores encontraron además una alta resistencia de la PDD a piretroides.

Kennedy y Oatman (1976), evaluaron la combinación de Dipel (Bt) + pirimicarb comparados con la aplicación de metomil, en el control del complejo de lepidópteros en brócoli

(Trichoplusia ni (Hubner), Pieris rapae (L.) y PDD) y su efecto sobre el parasitismo. Durante la etapa de preformación de cabeza el tratamiento de 1.0 lb de Dipel + 0.25 lb de pirimicarb/acre controló significativamente el complejo lepidóptero, igual sucedió con el metomil (0.45 lb/acre). El efecto de los tratamientos sobre el parasitismo de T. ni y PDD era mínimo a los 14 días después de la aplicación, sin embargo, a los 6 y 7 días postratamiento, Dipel + pirimicarb interfirieron menos que el metomil en el parasitismo de estas plagas.

Hernández (1988), no encontró diferencias significativas en el parasitismo de PDD por D. insulare entre lotes tratados con Bt (Dipel PM 3.2%) (0.016 kg i.a/ha) y lotes tratados con acefato (0.75 kg i.a/ha), deltametrina (0.0125 kg i.a/ha) y permetrina (0.125 kg i.a/ha).

Varios autores han observado un buen control de la PDD al mezclar insecticidas a base de Bt con insecticidas convencionales (Calderón, 1987; Krishnai y Mohan, 1983; Yen y Hsiao, 1977; citados por Herrera, 1989). Estos autores observaron efectos positivos al realizar mezclas, principalmente con insecticidas a los cuales la PDD ha desarrollado resistencia, tales como los piretroides.

Calderón (1987) evaluó nueve tratamientos para el control de PDD que incluían las mezclas de permetrina+Dipel (Bt), permetrina+Thuricide (Bt), deltametrina+Dipel y deltametrina+Thuricide y la aplicación de estos insecticidas

solos. El tratamiento que mostró el mejor control de la PDD fue permetrina+Dipel, aunque también fueron efectivos los tratamientos de permetrina+Thuricide y permetrina solo.

El uso de mezclas, sin embargo, es ampliamente cuestionado, debido a que las mismas pueden acelerar y complicar el desarrollo de resistencia (Ning, 1987).

Conclusiones similares sostiene Tabashnik (1986) quien afirma que las mezclas irrumpen la acción del control biológico, promueven la resistencia de plagas secundarias e intensifican la selección para resistencia cruzada.

g) Resistencia a Bt

Hasta hace poco se consideraba que el desarrollo de resistencia a Bt, bajo condiciones agrícolas normales, era sumamente improbable (SANDOZ, 1985), sin embargo en 1986 se reportó el primer caso de resistencia leve en Hawaii (Gibbons, sf), reportándose, después de 1990, niveles altos de resistencia (Georghiu, 1989 citado por Tabashnik et al., 1991).

Tabashnik et al. (1991), determinaron que el desarrollo de resistencia a Bt por parte de la PDD era más acelerado en el laboratorio, que en el campo, debido a una mayor intensidad de selección en laboratorio. Ellos también determinaron, que la resistencia de la PDD en el campo decrece muy lentamente en la ausencia de presión de selección y que por lo tanto las rotaciones de Bt con insecticidas sintéticos no es una medida

efectiva para reducir el desarrollo de resistencia en el campo.

Lo anterior es respaldado por Gibbons (sf), quien afirma que la principal causa del desarrollo de resistencia, reportado en Hawaii, fue el uso intensivo de Bt en dosis muy altas por parte de los agricultores, quienes realizaban hasta 15 aplicaciones por ciclo de cultivo durante 1989, lo que resultó en una en una presión de selección muy alta sobre la PDD.

Van Rie et al. (1990), afirman que la resistencia a Bt, por parte de larvas de lepidópteros, se encuentra altamente relacionada con una reducción en la afinidad del receptor de la membrana intestinal hacia los cristales de proteína de la bacteria. Ellos encontraron una reducción de hasta 50 veces en la afinidad de estos receptores en larvas de la polilla de India de la harina (Plodia interpunctella).

Varios autores sugieren que el desarrollo de resistencia a Bt se podría prevenir o reducir mediante una utilización más juiciosa que permita un mayor espaciamiento de las aplicaciones (Mora, 1990; Lim, (1987) y Tabashnik, 1983). Una alternativa viable es la de integrar el control microbioal en un programa de MIP que incluya la utilización de variedades resistentes, prácticas culturales como cultivos intercalados, policultivos y rotación de cultivos, y preservación del control biológico existente (Gibbons, sf).

2) Virus de la Polihedrosis Nuclear (VPN)

Los virus son parásitos intracelulares obligados que se caracterizan por: a) la presencia de partículas virales (viriones) que contienen un solo tipo de ácido nucleico (ADN o ARN), b) la síntesis de proteínas específicas utilizando los ribosomas del hospedero y c) su multiplicación se realiza principalmente por la síntesis de sus partes componentes, que son ensambladas para producir la progenie del virus, más que por crecimiento y división celular (Kalmakoff, 1980).

Las unidades infecciosas de los virus son los viriones, los cuales en algunos casos pueden ser la partícula viral completa, o algún componente de la partícula viral que es infecciosa bajo condiciones naturales (Kalmakoff, 1980).

a) Antecedentes

Las primeras referencias del reconocimiento del origen viral de enfermedades causadas por baculovirus datan del año 1909, cuando Wahl (1909) identificó como virus al agente causal de una enfermedad en Limantria monacha L. (Evans, 1985).

Vail et al. (1972), aislaron el virus de la polihedrosis nuclear (VPN) de larvas de Autographa californica (Ac) (Speyer) (Lepidóptera: Noctuidae) con el fin de evaluar la efectividad de este virus en el control de T. ni (Hubner) (Lepidóptera: Noctuidae) en el campo. Ellos recobraron subsecuentemente, de una de las parcelas, una larva de PDD infectada por VPN.

Pruebas posteriores de laboratorio confirmaron que el VPN de Ac era virulento para larvas de PDD cuando éstas eran alimentadas con una dosis de 10^4 cuerpos de inclusión polihédricos (CIP)/mm² (Vain et al., 1972).

b) Clasificación y Descripción del VPN

La clasificación genérica más aceptada es la propuesta por Wildy (1971), citado por Bustillo (1989), la cual divide los virus en dos grandes grupos de acuerdo a la composición de su ácido nucleico (ADN o ARN). Para fines prácticos, Bustillo (1989), divide los virus en 5 grupos: 1) baculovirus, 2) virus citoplasmáticos, 3) entomopoxivirus, 4) virus denso nucleados y 5) virus iridiscentes.

El virus de la polihedrosis nuclear (VPN) pertenece al grupo de los baculovirus (grupo 1), siendo en la actualidad uno de los entomovirus más usados en programas de MIP (Bustillo, 1989). El VPN pertenece a la familia Baculoviridae, cuyas características principales son: a) la presencia de un cuerpo de inclusión (CI) de forma polihédrica, el cual es una matriz de proteína de aproximadamente 50 x 250 nm, y b) la presencia de viriones encapsulados conteniendo un doble ramal de ADN viral, en un arreglo helicoidal, cuyo rango va desde 50-100 millones de Daltons. Estos viriones se encuentran, a su vez, encerrados dentro del CI (Bilimoria, 1985).

Dentro de la familia Baculoviridae el género Baculovirus

es el más descrito. Este género se divide en dos subgrupos aceptados de virus: a) virus de la polihedrosis nuclear (VPN) y b) virus granulados o virus de la granulosis (VG). Existen, además, otros dos subgrupos propuestos de virus no nucleados. Los VG se caracterizan por presentar solamente un virión encapsulado (nucleósido) por cada CI, a diferencia de los VPN, que se caracterizan por presentar varios nucleósidos encerrados dentro del CI (Federici, 1985).

Los VPN se dividen a su vez en dos grupos morfológicos: a) los nucleósidos simples VPN (NSVPN) (especies tipo Bombix mori NSVPN), en los que solamente es encontrado un nucleósido por envoltura y b) los multinucleósidos VPN (MVPN) (especies tipo Autographa californica MVPN), en los que existen varios nucleósidos (1-17) empacados por envoltura (Granados, 1980).

c) Modo de Acción y Síntomas del VPN

El modo de acción del VPN es por ingestión. Su principal lugar de entrada es a través del epitelio del intestino medio. Los cuerpos de inclusión (CI) de los VPN son disueltos en el lumen del intestino medio, liberándose los viriones, los cuales pasan a través de la membrana peritrófica y entran en contacto con los microvellos de las células columnares. Una vez en contacto con los microvellos, los viriones se replican para posteriormente entrar al hemocelo e infectar otros tejidos (Granados, 1980).

Harrap (1970), citado por Granados (1980), sugiere que los nucleósidos envueltos (viriones) son absorbidos por la membrana plasmática de los microvellos. La subsecuente fusión de la envoltura del virus y la membrana plasmática permite la liberación de los nucleósidos en el interior de los microvellos y eventualmente en el interior de las células del citoplasma. La absorción, fusión y entrada del virus usualmente demora aproximadamente 1-4 horas después de la ingestión (Wilding, 1986).

Los viriones pueden ser liberados en el cuerpo del hospedero o pueden permanecer dentro de los cuerpos de inclusión (CI). Los viriones liberados se replican en el núcleo de las células infectadas del hemocelo, principiando aquí, la lisis y desintegración de las células en los tejidos de las larvas (Agrícola el Sol, (1990)). La muerte de las larvas de PDD ocurre generalmente entre los 3-4 días después de la ingestión.

Antes de morir, las larvas se hinchan y su actividad disminuye. Al morir, las larvas se tornan flácidas y el integumento se rompe, provocando que la larva adopte una coloración oscura. Las larvas afectadas por el virus suben y se acumulan en las partes altas de las plantas. Esto permite la liberación de los cuerpos virales de inclusión protéica (viriones), que se han replicado dentro de las larvas muertas, y que pueden continuar infectando más larvas en el campo (Agrícola "El Sol", (1990)).

Los VPN también pueden ser transmitidos a través de generaciones, existiendo dos posibles formas de transmisión: 1) transmisión a través de la superficie de huevos contaminados, la cual es llamada transovum y 2) transmisión en el interior del huevo, la cual es llamada transovarial (Padmavathamma y Veeresh, 1989).

d) Utilización de VPN en el Control de PDD y Principales Formulaciones Comerciales

Wilding (1986), afirma que los VPN son los principales entomovirus en el control de la PDD. Burgerjon (1977), citado por Wilding (1986), evaluó la infectividad de dos aislamientos de VPN para el control de larvas de lepidópteros incluyendo PDD. Uno de los aislamientos era de Autographa californica (Speyer) y el otro era de Galleria mellonella (L.). El aislamiento de G. mellonella fue ligeramente más virulento que el de A. californica, matando el 86% de las larvas probadas. La concentración requerida para PDD fue muy alta, sin embargo, este virus mostró ser muy virulento para ciertas de las otras especies evaluadas.

Otro VPN aislado de PDD también presentó una CL-50 bastante alta (1.5×10^4 viriones/mm²) para larvas de tercer estadio de PDD, comparada con la CL-50 para larvas de T. ni y Spodoptera ornithogalli (Guenée) (Lepidóptera: Noctuidae), tratadas con el mismo virus (menos de 1 virión/mm²) (Wilding, 1986).

Un VPN aislado de PDD para determinar su control sobre la PDD, produjo un 42% de mortalidad después de siete días (Wilding, 1986).

Vail et al. (1972), determinaron que el VPN aislado de PDD era el mismo virus aislado de T. ni y que este virus podía, potencialmente, infectar ambas familias, Noctuidae y Plutellidae.

Pruebas de laboratorio indican que los virus pueden tener potencial para el control de la PDD. Sin embargo, actualmente, existen muy pocas formulaciones comerciales a base de virus (Wilding, 1986). En Centroamérica existen dos formulaciones comerciales a base de VPN: 1) VPN-80 a base del VPN de Autographa californica (VPN de Ac) y 2) el VPN-82 a base del VPN de Spodoptera sunia.

En Honduras, la eficacia de estas formulaciones a nivel de laboratorio y campo no ha sido evaluada. En el presente estudio se evaluó la eficacia del VPN-80 en el control de PDD.

D. Utilización de Epocas o Criterios de Aplicación

Una de las principales medidas para vencer el desarrollo de resistencia a los insecticidas microbiales es la utilización de criterios de aplicación, como medida complementaria en un programa de MIP basado en la preservación del control natural (Lim, (1987)).

Una de las estrategias para reducir el número de aplicaciones es el uso de umbrales de acción, que consiste en

la utilización de la información de la infestación de la plaga para decidir el momento óptimo de la aplicación del producto (Carballo et al., 1989). Lo anterior fue respaldado por Morisak et al. (1984) quienes determinaron que el número de aplicaciones realizadas durante las etapas de preformación y formación de cabeza, se podía reducir utilizando niveles de acción o porcentaje de plantas infectadas.

La evaluación de diferentes criterios de aplicación para el control de la PDD ha sido estudiada por numerosos autores (Carballo et al., 1989; Carballo y Hurska, 1989; Shelton et al., 1983; Sears et al., 1983; Morisak et al., 1984 y Hoy et al., 1985).

Chalfant et al. (1979), utilizaron el criterio de 1-2 hoyos nuevos por planta, examinando la cabeza más cuatro hojas envoltentes, para realizar las aplicaciones. Ellos lograron una reducción de 4-12 aplicaciones sin pérdida significativa de repollo comercializable y afirman que este criterio de decisión requiere menor tiempo que los conteos larvales. También demostraron que las aplicaciones pueden iniciarse cuando se inicia la formación de cabeza.

Kirby y Slosser (1984) evaluaron niveles críticos entre 0.1 y 0.5 larvas de PDD, P. rapae y T. ni por planta, después de iniciada la formación de cabeza y sin aplicar insecticidas en las etapas previas. Los rendimientos fueron superiores al 80% cuando se utilizaron los niveles desde 0.1 a 0.5 larvas durante todo el ciclo, por lo que se concluyó que un nivel de

0.3 larvas por planta era adecuado para obtener buenos rendimientos.

Similares resultados reporta Sears et al. (1985), quienes obtuvieron rendimientos superiores al 95% utilizando diferentes criterios de decisión, entre ellos, el de 0.5 larvas por planta. Ellos realizaron solamente una aplicación en las etapas previas a la formación de cabeza y muestrearon en la cabeza más 10 hojas envolventes.

Carballo et al. (1989) determinaron que un 10% de daño nuevo, en las cabezas del repollo, era al mejor criterio de aplicación, al precio promedio del repollo durante 1988 en Costa Rica. Esta recomendación conduce a que se reduzcan siete aplicaciones de insecticidas con respecto al criterio de aplicación calendarizada.

Además de los niveles críticos, es importante considerar la etapa o período crítico del cultivo y la época o estación del año (verano versus invierno), al momento de decidir las aplicaciones. Carballo et al. (1989), afirman que la infestación de la PDD es baja durante el invierno debido a que la lluvia reduce la oviposición y actúa como un factor de mortalidad directa sobre las larvas pequeñas de la PDD. En el verano la infestación de la plaga alcanza niveles intolerables, principalmente durante la etapa de formación de cabeza, debido a la ausencia de lluvias.

Carballo y Hruska (1989) determinaron que la infestación de PDD durante la etapa de preformación de cabeza era muy

baja, por lo que concluyen que los niveles de infestación en la primera etapa no son críticos para obtener buenos rendimientos en repollo y que, por lo tanto, se pueden omitir las aplicaciones de insecticidas durante esa etapa. Estos autores encontraron que la etapa más crítica de aplicación de insecticidas era el inicio de formación de cabeza (etapa III) (7-12 semanas después del trasplante), existiendo una alta relación ($r= 0.76$) entre el número de larvas de PDD, en esta etapa, y el rendimiento comercial de repollo.

III. FASE DE LABORATORIO

A. Sistemas de Producción Masiva de Larvas de PDD

1) Introducción

Para lograr una mayor precisión en las pruebas de CL, se requiere de la utilización de un gran número de larvas de PDD de edad uniforme, que permitan reducir al máximo el error experimental.

La utilización de un método eficiente y factible de producción masiva de larvas es, por lo tanto, indispensable para lograr llevar a cabo pruebas de CL precisas y confiables en un período de tiempo razonable.

Un método de producción de larvas, para ser eficiente y factible, debe reunir varios requisitos fundamentales: a) permitir producir una gran cantidad de larvas de edad uniforme, b) ser fácil de implementar y manejar, y c) ser económico y emplear materiales disponibles en el medio o fáciles de hacer o conseguir.

2) Objetivo

a) Desarrollar un sistema eficiente y factible de producción masiva de larvas de PDD de edad uniforme que permitiera realizar pruebas de CL confiables y en un corto período de tiempo.

3) Materiales y Métodos

Se evaluaron secuencialmente, a través del tiempo, un total de cinco sistemas de producción masiva de larvas de PDD, los cuales se detallan a continuación:

a) Sistema Caja-Plántula Individual:

Fue el primer sistema evaluado y es muy similar al utilizado por el Centro de Control Biológico para Centro América (CCBCA) de la Escuela Agrícola Panamericana.

En este sistema, las pupas de PDD recolectadas en el campo fueron colocadas en cajas de madera de 70 X 35 x 35 cm, con cubierta de vidrio, en cuyo interior se colocaron plántulas de repollo en maceteros individuales que sirvieron de hospederas para la oviposición de las hembras.

Las plántulas de repollo fueron retiradas después de la eclosión de los huevos de PDD, cuando la mayoría de las larvas habían alcanzado el segundo estadio, aproximadamente a los 8 a 12 días después de colocadas en las cajas.

Las hojas de estas plántulas fueron cortadas en pedazos, los cuales fueron colocados sobre otras plántulas de repollo, para que las larvas pasaran a la nueva plántula hospedera y alcanzaran el tamaño deseado (tercer estadio).

Este sistema no dio resultado por tres razones: a) las plántulas de repollo no duraban lo suficiente en el interior de las cajas, debido principalmente a la dificultad para regarlas, b) la pérdida de pupas en el interior de las cajas

por pupas parasitadas o enfermas provenientes del campo, y c) el difícil control sobre la edad de los adultos en las cajas, que dificultaba el cálculo de adultos activos sexualmente en el interior de las mismas.

Al acortar el tiempo de permanencia de las plántulas en el interior de las cajas, se presentaron problemas por excesiva pérdida de larvas debido a la caída de las larvas pequeñas de PDD al mover las plántulas de repollo.

b) Sistema Jaula de Tela Metálica-Plántula Individual:

Fue el segundo sistema de producción de larvas de PDD evaluado y surgió como una posible alternativa para reducir los problemas de mantenimiento y pérdida excesiva de larvas por manipulación del sistema anterior.

En este sistema, las pupas de PDD fueron colocadas en grupos de 50 en vasos plásticos pequeños (2.5 cm de alto y 1.75 cm de diámetro). Cada vaso conteniendo 50 pupas fue colocado, a su vez, en el interior de jaulas cilíndricas (45 cm de alto y 30 cm de diámetro) hechas de dos capas de tela metálica: a) una capa exterior de tela metálica gruesa que servía para darle consistencia a la estructura de la jaula y b) una capa interior de tela metálica fina que servía para evitar la fuga de los adultos por los agujeros de la tela metálica gruesa.

La parte superior de las jaulas era cubierta con una capa de malla fina (40 x 40 cm), sujeta con un elástico rodeando la

circunsferencia externa de la misma, la cual servía para evitar la fuga de los adultos de PDD.

En el interior de cada jaula cilíndrica fueron colocadas, además de los vasos conteniendo las pupas: a) cuatro plántulas de repollo del híbrido Izalco (Northrup King), en maceteros individuales, para que sirvieran de hospederas para la oviposición de las hembras, y b) dos vasos conteniendo mechas de algodón humedecidas con una solución de agua y azúcar al 20%.

Este sistema ofrecía dos ventajas con respecto al anterior: a) permitía un mejor mantenimiento de las plántulas debido a que era posible regar las mismas en su interior y b) facilitaba el sacado de las mismas cuando habían sido ovipositadas.

A pesar de las ventajas ofrecidas, este sistema no fue exitoso para la producción masiva de larvas de PDD debido principalmente a cuatro razones: a) excesiva falta de luz en el interior de las jaulas que ocasionaba un rápido deterioro de las plántulas de repollo, b) excesiva pérdida de adultos por escape al momento de regar o sacar las plántulas de repollo de las jaulas, c) mortalidad excesiva de adultos que al tratar de escapar quedaban con las patas atrapadas en las capas de tela metálica o en la capa de malla fina de la parte superior, y d) falta de control sobre las pupas colocadas en el interior de las jaulas, las cuales muchas veces estaban parasitadas o no emergían por estar muertas debido

posiblemente a aplicaciones de insecticidas realizadas por los agricultores en el campo, o a patógenos existentes en el mismo.

c) Sistema Botella Plástica-Plántulas Chorro Corrido:

Fue el tercer sistema evaluado y surgió como una alternativa a la poca durabilidad de las plántulas y a la excesiva pérdida de adultos de PDD del sistema anterior. Este sistema es muy similar al utilizado en la universidad de Cornell (New York, E.U) y fue sugerido por el Ing. Marvín Mora (comunicación personal).

En este sistema, las pupas de PDD fueron colocadas en el interior de vasos plásticos pequeños (2.5 cm de alto x 1.75 cm de diámetro) los cuales a su vez fueron colocados en el interior de botellas plásticas transparentes (21 cm de alto x 11 cm de diámetro). La parte superior de las botellas plásticas estaba cubierta con dos capas de malla fina de 15 cm x 15 cm sujetas por un elástico que rodeaba la circunferencia externa de la parte superior de la jaula.

La capa inferior de malla fina servía para sostener una mecha de papel aluminio arrugado (6 x 20 cm), la cual era impregnada con jugo de hojas de repollo trituradas en agua potable, y la capa superior servía para sellar la jaula y evitar la fuga de los adultos.

En el fondo de las botellas se abrió un pequeño agujero (1 cm de diámetro), para permitir la introducción de una mecha

de algodón humedecida con agua y azúcar al 20%.

El número de pupas colocadas inicialmente en cada jaula fue 15, pero debido a la escasa oviposición, este número se incrementó gradualmente hasta llegar a 50 adultos/jaula, cuando se logró una alta oviposición.

Los huevos ovipositados sobre las mechas de papel aluminio fueron colocados en plántulas de repollo del híbrido Izalco sembradas a chorro corrido en palanganas plásticas (45 cm ancho X 45 largo x 20 cm de altura).

Este sistema permitió solucionar los problemas de mantenimiento de plántulas y pérdida excesiva de larvas y/o adultos de PDD de los dos sistemas anteriores, sin embargo no resultó exitoso principalmente por cuatro razones: a) alta mortalidad de pupas en el interior de las botellas plásticas durante la emergencia debido al amontonamiento de pupas y/o sus capullos, además de la presencia de pupas parasitadas o enfermas provenientes del campo, las cuales eran muy difíciles de detectar, reduciéndose significativamente la cantidad de adultos potenciales por jaula, b) poca durabilidad de la plántulas en los maceteros lo que hacia muy difícil coordinar la producción de huevos con la disponibilidad de hospederos para los mismos, y c) alta pérdida de huevos debido a que muchos eran ovipositados sobre las paredes de las botellas plásticas de oviposición en lugar de ser ovipositados sobre las mechas de papel aluminio colocadas para ese propósito.

**d) Sistema Caja-Botella de Oviposición-Plántulas Chorro
Corrido:**

Este sistema es una variante del sistema anterior que surgió por la necesidad de solucionar las deficiencias en la producción de larvas de PDD observados en el mismo.

La principal modificación en este sistema fue la combinación de las cajas de madera (70 X 35 x 35 cm), de las utilizadas en la primer sistema, con el uso de botellas plásticas de oviposición (21 cm de altura x 11 cm de diámetro) para los adultos recién emergidos. Esta modificación permitió tener un control seguro sobre el número de adultos colocados por jaula y por lo tanto eliminó el problema de pérdida de adultos en las jaulas por pupas parasitadas o enfermas provenientes del campo y por pupas que no pudieron emerger de los vasitos plásticos por barreras físicas.

Para solucionar el problema de la alta oviposición sobre las paredes de las botellas plásticas de oviposición se probó, con éxito, frotar fuertemente hojas de repollo sobre las mechas de papel aluminio arrugadas, en lugar de sumergir éstas sobre el jugo de hojas de repollo con agua como se hacia anteriormente. El éxito de esta práctica se debió a que las mechas de papel aluminio quedaron impregnadas con un olor a repollo más fuerte y duradero que incrementó la atracción de las hembras para ovipositar sobre las mismas.

Este sistema, sin embargo, tampoco fue exitoso debido principalmente a tres razones:

1.- Poca durabilidad de las plántulas de repollo sembradas a

chorro corrido en los maceteros, que hacia imposible coordinar la producción de huevos con la disponibilidad de plántulas huéspedes. La corta duración de las plántulas era debida principalmente a problemas de drenaje del agua de riego y a una excesiva mortalidad por la incidencia de mal del talluelo causada por Pythium spp.

Para solucionar el problema de drenaje se evaluaron diferentes medios de crecimiento en los cuales se incrementó paulatinamente la proporción de arena/tierra, hasta llegar a una proporción de 4/1.

Para solucionar el problema de mal del talluelo se desinfestó el medio de crecimiento utilizando ethazol (Truban) (4.5 g de i.a/m³). A pesar de las medidas tomadas, la durabilidad de las plántulas de repollo sembradas a chorro corrido continuó siendo bastante baja debido posiblemente a un excesivo calor en las raíces generado por la palangana plástica y a la alta densidad de plántulas de repollo en las mismas.

2.- Pérdida excesiva de larvas pequeñas de PDD. Las larvas de PDD generalmente tenían que ser retiradas temprano (primero y segundo estadio) de las plántulas de repollo sembradas a chorro corrido debido a la poca duración de las mismas. Esto causaba la pérdida de muchas larvas pequeñas que se arrojaban al suelo al agitar o mover las plántulas, y

3.- Alta mortalidad de larvas pequeñas de PDD, debido principalmente a la fragilidad de las mismas y a su poca

habilidad para pasar de las hojas de repollo de las plántulas a chorro corrido a las hojas de las plántulas en maceteros individuales que les eran proveídas.

e) Sistema Caja-Botella de Oviposición- Plántula

Individual:

Fue el último de los sistemas desarrollados y el único que permitió obtener una gran cantidad de larvas de tercer estadio de edad uniforme.

Es una variante del sistema anterior cuya principal diferencia es la utilización de plántulas de repollo en maceteros individuales, en lugar de las plántulas a chorro corrido en palanganas. Con esta modificación se eliminaron los problemas de baja durabilidad de las plántulas a chorro corrido y de alta mortalidad de larvas pequeñas de PDD.

1.- Materiales y métodos

La mayor parte de los huevos fueron ovipositados sobre las mechas de papel aluminio. Estas mechas, conteniendo huevos, fueron retiradas de las jaulas cada dos días, realizándose un conteo visual del número de huevos ovipositados en las mismas.

Se registró la producción de huevos de 10 jaulas para cada una de las dos poblaciones de PDD en estudio: Valle del Zamorano (VZ) y San Juan del Rancho (SJR), haciendo un total de 20 jaulas cuya producción fue registrada.

Después del conteo visual de huevos, las mechas fueron cortadas en pedazos de 12 cm² (2 x 6 cm), y adheridas sobre el haz de hojas de plántulas de repollo del híbrido Izalco (Northrup King) de 25-35 días de edad, sembradas en maceteros individuales.

Las larvas de tercer instar de la primera generación (F1) obtenidas de los huevos, fueron las utilizadas en los estudios para determinar las diferentes concentraciones letales (CL).

2.- Resultados y discusión

La producción promedio de huevos/jaula obtenida de 10 jaulas para cada una de las dos poblaciones de PDD en estudio (VZ y SJR), a los 2, 4, 6, 8 y 10 días después de la emergencia de los adultos (dde), se encuentran resumidas en el Cuadro 1.

No se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P < 0.10$) en la producción de huevos de PDD/jaula entre poblaciones de PDD, en ninguna de las cinco fechas en que se registró la producción de huevos, ni en el número total de huevos/jaula.

El pico de producción huevos/jaula para ambas poblaciones (VZ y SJR) fue alcanzado a los 2 dde (Gráfico a, Figura 1), registrándose un promedio de 898 huevos/jaula (Cuadro 1). Después de los 2 dde de PDD, la producción de huevos fue declinando hasta llegar a cero a los 12 dde en todas las

CUADRO 1. Producción promedio de huevos de PDD obtenida de 10 botellas de oviposiciones/población de PDD, con el sistema de producción masiva de larvas denominado caja-botella de oviposición-plántula (1).

Días (2)	PRODUCCION PROMEDIO DE HUEVOS/JAULA (3)
2	898.0
4	643.0
6	491.2
8	171.5
10	72.3
TOTAL	2277.2

- (1) Producción promedio de huevos obtenida de 10 jaulas para cada una de las dos poblaciones de PDD, para un total de 20 jaulas cuya producción fue registrada.
(2) Días después de la emergencia de los adultos
(3) Cada jaula evaluada contenía un total de 50 adultos de PDD.

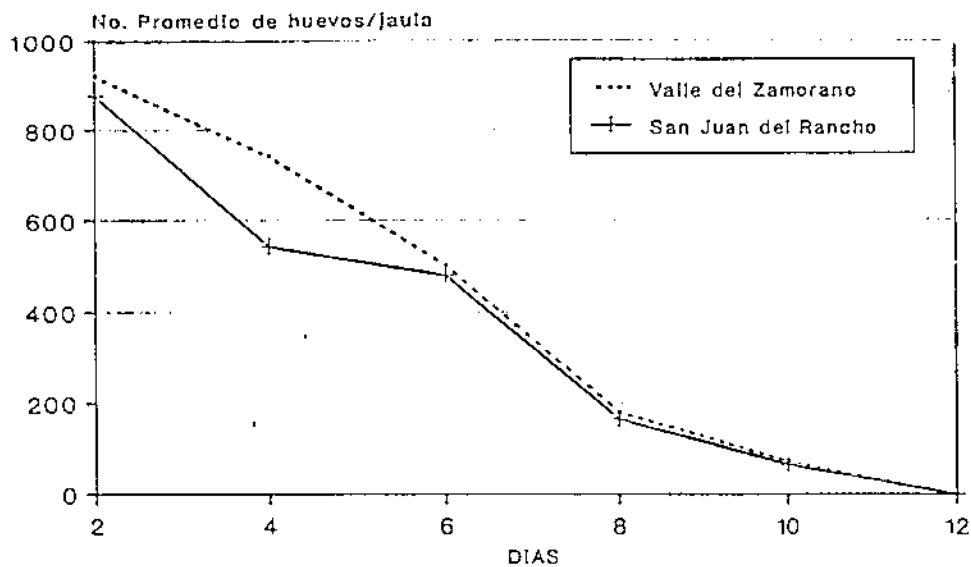


Gráfico a. Curva normal de producción de huevos/jaula obtenida de dos poblaciones de PDD: VZ y SJR.

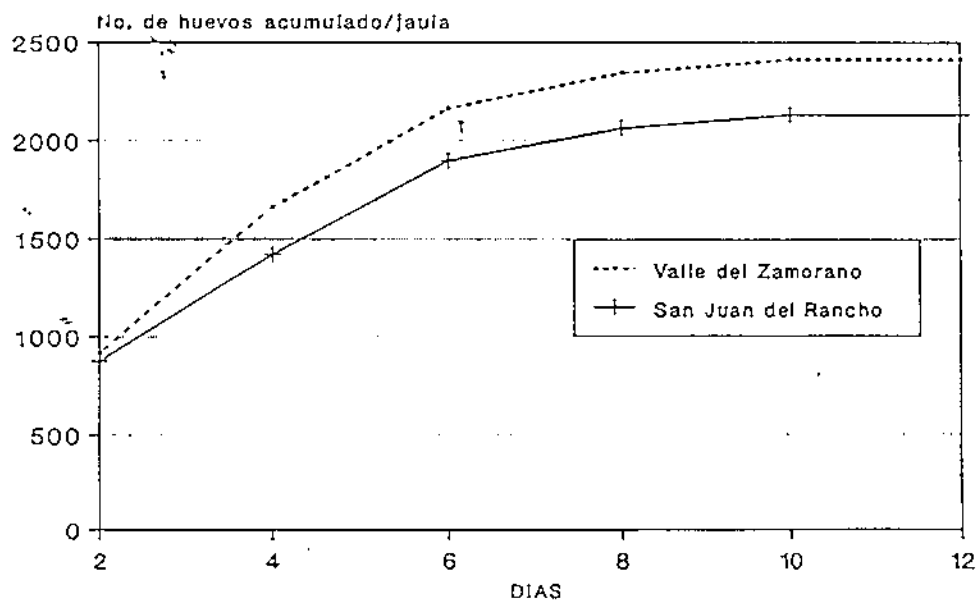


Gráfico b. Producción acumulada de huevos/jaula obtenida de dos poblaciones de PDD: VZ y SJR.

FIGURA 1. Curvas promedio de producción de huevos/jaula normal y acumulada obtenidas de 10 jaulas en cada una de las dos poblaciones de PDD: VZ y SJR

jaulas evaluadas (Gráfico a, Figura 1).

La producción total de huevos de PDD/jaula fue en promedio de 2,227 huevos, el 39% de los cuales (898 huevos) fue ovipositado a los 2 dde, y el 68% (1,541 huevos) en los primeros 4 dde. Esta concentración en la oviposición es muy ventajosa cuando se quiere obtener un gran número de larvas de PDD de edad uniforme (Gráfico b, Figura 1).

No se registró la producción de larvas de PDD/jaula obtenida en este sistema debido a la dificultad para contar las larvas recién eclosionadas; sin embargo, se estimó la pérdida del 90 a 95% de los huevos ovipositados/jaula, entre el número de huevos producidos y el número de larvas de PDD utilizables para las pruebas de CL.

La alta pérdida de huevos de PDD/jaula fue debida principalmente a cuatro factores: a) infertilidad de los huevos, b) daño mecánico de los huevos por manipulación, c) pérdida de larvas pequeñas por excesiva carga de huevos/plántula de repollo, que ocasionaba una rápida defoliación de las plantulas cuando los huevos eclosionaban, y d) pérdida de larvas por la edad desuniforme de algunas.

Observaciones realizadas en el laboratorio muestran que tres jaulas (50 adultos/jaula) montadas al mismo tiempo, proporcionaron de 280 a 350 larvas de PDD de tercer estadio, las cuales eran suficientes para montar una prueba de concentración letal, en un período de tiempo de 15 a 17 días después de montadas las jaulas, tomando en cuenta el tiempo

que tardaron los huevos en eclosionar y las larvas en desarrollarse hasta llegar al tercer estadio.

3.- Conclusiones y Recomendaciones

a) El sistema más eficiente y factible para la producción masiva de larvas de PDD fue el denominado caja-botella de oviposición-plántula individual.

b) La producción total de huevos de PDD/jaula con este sistema fue en promedio de 2,277 huevos, un 68% de los cuales fue ovipositado durante los primeros cuatro días después de la emergencia de los adultos.

c) Se observó una alta pérdida de larvas pequeñas de PDD debido principalmente a la colocación de un número excesivo de huevos por plántula de repollo.

d) Se recomienda realizar pruebas para determinar un rango apropiado del número de huevos de PDD a colocar por plántula de repollo, con el objetivo de reducir la pérdida de larvas debida a una carga excesiva de larvas/plántula.

A. Concentraciones Letales de Ocho Insecticidas Microbiales
a Base de Bacillus thuringiensis Berliner var. Kurstaki (Bt)
sobre Dos Poblaciones de PDD.

1) Introducción

La determinación de las diferentes concentraciones letales para insecticidas microbiales es de gran utilidad para determinar la infectividad de los mismos sobre los estadios susceptibles de la plaga. Las concentraciones letales pueden utilizarse también para determinar la virulencia, y por ende, el potencial de control de diferentes microorganismos o diferentes cepas de microorganismos.

La CL-50, particularmente, puede ser utilizada para determinar la presencia de resistencia o para mantener un monitoreo continuo de la susceptibilidad de poblaciones de PDD sometidas a condiciones particulares de manejo.

2) Objetivos

- a) Determinar, bajo condiciones de laboratorio, la CL-10, CL-50 y CL-90 de ocho insecticidas microbiales a base de Bt, para dos poblaciones de PDD sometidas a diferente manejo, a las 48, 72 y 96 horas después de la exposición de las larvas (hdel).
- b) Determinar los niveles de susceptibilidad de dos poblaciones de PDD, sometidas a diferente manejo y factores ambientales, a diferentes formulaciones microbiales.
- c) Comparar la potencia relativa de formulaciones microbiales con respecto a la formulación Dipel utilizada como formulación

base.

d) Comparar la concentración de cada formulación a la dosis media recomendada por el fabricante con la CL-90 a las 72 hdel.

3) Materiales y Métodos

a) Descripción de las Zonas en Estudio

Se estudiaron dos poblaciones de PDD provenientes de dos zonas productoras de repollo con diferentes condiciones climáticas y de manejo de esta plaga en el campo:

1.- Valle del Zamorano (VZ): 800 msnm. Zonas alrededor de la EAP recientemente cultivadas con crucíferas (brócoli y repollo) (1991), donde se utilizan insecticidas convencionales, principalmente piretroides (fenvalerato y deltametrina), organofosforados (malathion y metamidofós) y carbamatos (metomil). Las recolecciones se realizaron únicamente en lotes ubicados fuera de la EAP, recolectándose las pupas de PDD de lotes de repollo y brócoli ubicados en el mismo valle (valle del Zamorano o valle de Yeguaré).

2.- San Juan del Rancho (SJR): 1,200 msnm. Zona donde se ha cultivado intensivamente repollo durante más de 7 años y donde se comenzaron a utilizar insecticidas microbiales a base de Bt desde 1987. Estos insecticidas microbiales (Bt) han sido

utilizados en forma poco intensiva, principalmente mezclados o en rotación con otros insecticidas de los grupos piretroides, organofosforados y/o carbamatos. La pupas de PDD fueron recolectadas de lotes de repollo únicamente.

b) Pruebas de Concentración Letal (CL)

1.- Localización y fecha de las pruebas

Las pruebas se realizaron en el laboratorio de entomología de la Escuela Agrícola Panamericana "El Zamorano" (EAP) (800 msnm) de octubre de 1991 a abril de 1992, bajo condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa.

2.- Diseño experimental y tratamientos

Para la determinación de las concentraciones letales se utilizó la metodología descrita por Tabashnik et al. (1987), la cual se basa en la utilización de seis concentraciones para cada insecticida por separado, distribuidas en un diseño experimental completamente aleatorio (DCA), con cuatro repeticiones para cada una de las seis concentraciones.

Las seis concentraciones evaluadas fueron:

- a. 10X=** dosis 10 veces mayor que la dosis media de campo recomendada por el fabricante
- b. X=** dosis media de campo recomendada por el fabricante
- c. 0.1X=** dosis 10 veces menor que la dosis media de campo

- d. 0.01X= dosis 100 veces menor que la dosis media de campo
- e. 0.001X= dosis 1000 veces menor que la dosis media de campo, y
- f. 0X= testigo sin insecticida (agua + adherente DI-1- p Menteno (Nu Film 17 96%)) al 0.06% del volumen de agua destilada.

La solución 10X (solución madre) era la base para la preparación de las demás concentraciones, las cuales se obtenían mediante diluciones sucesivas con agua destilada (pH 5.80 a 5.85).

Después de obtenidas las seis concentraciones, se sumergían cuatro pedazos, circulares (6 a 7 cm de diámetro), de hojas tiernas de repollo (centro de la cabeza) por cada concentración. El tiempo de inmersión fue de cinco segundos, después de los cuales, las hojas eran dejadas secando al aire durante una hora antes de ser usadas.

Para el secado, la hojas fueron adheridas con un alfiler sobre cintas adhesivas colgando al aire, evitándose al máximo el contacto entre las hojas y las cintas.

Después del secado, las hojas fueron transferidas a platos petri (9 y 10 cm de diámetro del plato y la tapadera, respectivamente) previamente lavados con agua destilada y esterilizados en un autoclave (115 °C, 15 PSI) durante 20 minutos.

Se colocó una hoja de repollo por cada plato petri sobre una hoja de papel filtro (9 cm de diámetro) humedecida con

agua destilada y colocada en el fondo del plato petri. El objetivo de la hoja de papel filtro humedecida era mantener una alta humedad relativa en el interior del plato petri, para evitar la deshidratación prematura de las hojas de repollo y prolongar así la duración de las mismas.

El lavado de los platos petri con agua destilada y su posterior esterilización fueron dos factores muy importantes para reducir la mortalidad en el testigo y por ende el error experimental en las pruebas. Inicialmente, se lavaban los platos petri con hipoclorito de sodio (2%) para después ser enjuagados con agua destilada y posteriormente esterilizados.

Un estudio para evaluar la mortalidad causada por seis tipos de testigo demostró que el lavado con hipoclorito de sodio, previa esterilización, causaba una alta mortalidad de larvas de PDD debido, posiblemente, a una alta susceptibilidad de las mismas al cloro. El lavado de los platos petri con agua destilada también mostró ser mejor que el lavado con agua potable (corriente).

Después de colocadas las hojas de repollo en los platos petri se procedió a colocar 10 larvas de PDD de tercer estadio en cada plato petri. Estas larvas eran de la primera generación (F1) obtenida de las pupas recolectadas en el campo y producidas mediante la metodología previamente descrita en las páginas de la 44 a 49.

Las formulaciones comerciales de Bt y las dosis y las dosis y concentraciones evaluadas se describen en el Cuadro 2.

CUADRO 2. Descripción de los tratamientos a base de Bt evaluados en las pruebas de concentración letal a nivel de laboratorio.

Formulación	Dosis(1)	mg/ml (2)	SJR--VZ(3)	
Dipel ES	800 ml	1.887 mg	+	+
Bt. Nicaragüense	800 ml	2.363 mg	+	+
MVP	800 ml	2.223 mg	+	+
Bactospeine PS	800 g	2.286 mg	+	+
Thuricide HP	800 g	2.286 mg	+	+
Javelin WG	300 g	0.86 mg	+	+
Bactec	750 g	2.145 mg	+	+
Novo Biobit HP	800 g	2.285 mg	+	nsr
BST	800 ml	2.223 mg	nsr	+

(1) Dosis de producto comercial/ha. Se utilizó la dosis media de campo recomendada por el fabricante o estimada.

(2) Concentración en mg de producto comercial/ml de agua destilada. Fue calculada en base a un volumen de 350 l de agua/hectarea.

(3) SJR= San Juan del Rancho. VZ= Valle del Zamorano.
+= se evaluó. nsr= no se realizó.

Se evaluaron un total de ocho insecticidas sobre dos poblaciones de PDD de dos localidades, totalizando 16 pruebas de CL.

Se contó el número de larvas de PDD muertas en cada plato petri, a las 24, 48, 72 y 96 hdel. Se determinó las CL (CL-10, CL-50 y CL-90) y la pendiente de respuesta logarítmica para las diferentes formulaciones a las 48, 72 y 96 hdel, utilizando el procedimiento de análisis estadístico PROBIT (Finney, 1971), con el programa POLO-PC de análisis estadísticos (LeOra Software, 1987).

Solamente se utilizaron líneas de regresión con índices de significancia para la estimación de potencia (g) menores que 0.10 y una probabilidad (P) menor que 0.05.

Se determinó la potencia relativa de todas las formulaciones evaluadas con respecto a Dipel, para ambas poblaciones de PDD (VZ y SJR) a las 72 hdel. Se utilizó Dipel como formulación base para las comparaciones debido a que es la formulación más conocida y más utilizada actualmente en Honduras.

Se comparó la concentración recomendada por el fabricante (C.F) (mg de producto comercial/ml de agua destilada) con la CL-90 obtenida a las 72 hdel de PDD para cada formulación en cada población (VZ y SJR) por separado, determinándose la tasa ($Tasa = C.F/CL-90$) de la relación entre la C.F y la CL-90 obtenida a las 72 hdel.

Se comparó la respuesta obtenida para una misma

formulación sobre las dos poblaciones de PDD a las 72 hdel, con el objetivo de determinar diferencias en la susceptibilidad de ambas poblaciones de PDD para cada formulación por separado. Los parámetros utilizados para realizar las comparaciones y determinar si la respuesta en ambas poblaciones era similar o diferente fueron: a) los valores de las CL y b) las pendientes de las líneas de respuesta logarítmica, determinandose también la potencia relativa de cada formulación en una población de PDD con respecto a la otra.

4) Resultados y discusión

Concentraciones letales y pendientes de respuesta logarítmica

El resumen de los resultados de las CL y las pendientes de la líneas de respuesta de las ocho formulaciones de Bt sobre las dos poblaciones de PDD a las 72 hdel se encuentran resumidos en los Cuadros 3 y 4. Los resultados para estos mismos parámetros obtenidos a las 48 y 96 hdel se encuentran resumidos en los apendices del 1 al 4.

Otros parámetros presentados en los cuadros 3 y 4 son los valores del factor de heterogenidad (H) y el índice de significancia para la estimación de potencia (g). El H es el principal parámetro para medir el ajuste de la mortalidad, observada en las pruebas, al modelo de regresión líneal utilizado para determinar las CL. Valores de H mayores que

uno indican un ajuste pobre de los datos al modelo de regresión utilizado (Finney, 1977 citado por Polo-PC, 1987), y por lo tanto los resultados obtenidos deben utilizarse con precaución (Pereira y Rueda, (1989)).

El g es el valor estadístico utilizado para calcular los límites de confianza a tres niveles: 0.90, 0.95 y 0.99. Valores de g mayores que uno indican que los valores de las CL calculados podrían estar fuera de los límites establecidos por el análisis, y por lo tanto los resultados deben interpretarse con precaución (Finney, 1971).

Las pendientes de la línea de respuesta y los valores de las CL son dos parámetros muy importantes para estimar la virulencia de formulaciones microbiales. A más bajos sean los valores de las CL, menor concentración de insecticida se requerirá para matar una determinada cantidad de individuos de la plaga y, por ende, más infectivo será el insecticida. Por otro lado, a mayor sea la pendiente de la línea de respuesta, menor será el incremento en la cantidad o concentración de insecticida necesario para matar un mayor número de individuos de la plaga.

Se encontraron diferencias significativas ($P \leq 0.05$) a las 72 hdel en los valores de las CL y en las pendientes de las líneas de respuesta, entre las formulaciones de Bt en ambas poblaciones de PDD, lo que demuestra que existen diferencias en la virulencia de las formulaciones hacia PDD.

Las formulaciones que mostraron la mayor virulencia a las

CUADRO 3. Concentraciones letales y pendientes de respuesta de ocho insecticidas microbiales a base de Bt a las 72 horas después de la exposición de las larvas de PDD, para la población del Valle del Zamorano.

L. (1)	Insecticida	CL-10	CL-50	CL-90	Pend. $\pm$ ES (2)	H. (3)	g (4)
VZ	Dipel	0.0004 (0.00006-0.0012)	0.00639 (0.00267-0.01209)	0.10006 (0.05076-0.27304)	1.073 ($\pm$ 0.198)	0.53	0.131**
VZ	B.t. Nica	0.01513 (0.00136-0.05350)	0.33492 (0.11788-0.67060)	7.41279 (3.54124-24.28121)	0.953 ($\pm$ 0.197)	0.32	0.162**
VZ	MVP	0.00189 (0.00055-0.00392)	0.01459 (0.0082-0.231)	0.11264 (0.06652-0.24923)	1.444 ($\pm$ 0.257)	0.35	0.122**
VZ	Bactospeine	0.00045 (0.0000-0.00336)	0.01326 (0.00112-0.04768)	0.39285 (0.10986-4.42169)	0.871 ($\pm$ 0.169)	1.23*	0.470*
VZ	Javelin	0.00084 (0.0002-0.00181)	0.00523 (0.00267-0.00851)	0.0326 (0.01939-0.07302)	1.613 ($\pm$ 0.673)	0.03	0.163**
VZ	Bactec	0.00009 (0.00001-0.00035)	0.00248 (0.00075-0.00525)	0.07209 (0.03474-0.22595)	0.876 ($\pm$ 0.179)	0.62	0.161**
VZ	Thuricide	0.00210 (0.0005-0.00459)	0.01394 (0.00712-0.02269)	0.09229 (0.05467-0.20732)	1.561 ($\pm$ 0.657)	0.00	0.157**
VZ	BST	0.31933 (0.06768-0.75317)	7.53627 (4.16573-15.33561)	177.86 (62.294-1285.2)	0.933 ($\pm$ 0.105)	0.74	0.161**

- (1) L.= Localidad: VZ= Valle del Zamorano. (2) Pend. $\pm$ ES= Pendiente $\pm$ error standard. (3) H.= Factor de Heterogenidad= Chi cuadrado/3 (grados de libertad). Valores de H. mayores que 1.00 van acompañados de un asterisco que indica un pobre ajuste de los datos al modelo de regresión utilizado (Finney, 1987).
 (4) g= Índice de significancia para la estimación de potencia. Valores de g acompañados de 2 asteriscos (**) indican que los límites de confianza fueron calculados hasta una probabilidad de 0.99. Valores de g acompañados de 1 asterisco (*) indican que los límites de confianza sólo pudieron ser calculados hasta una probabilidad de 0.95.

CUADRO 4. Concentraciones letales y pendientes de respuesta de ocho insecticidas microbiales a base de Bt a las 72 horas después de la exposición de las larvas de PDD, para la población de San Juan del Rancho.

L. (1)	Insecticida	CL-10	CL-50	CL-90	Pend. $\pm$ ES (2)	H. (3)	g (4)
SJR	Dipel	0.0134	0.0193	0.0278	8.117	0.80	689.484 $\times 10^5$
SJR	B.t. Nica.	0.0095 (0.0014-0.03056)	0.35212 (0.15023-0.69679)	13.03374 (5.73381-44.41375)	0.817 (± 0.135)	0.84	0.181**
SJR	MVP	0.00229 (0.00034-0.00503)	0.01020 (0.0044-0.01621)	0.04537 (0.02851-0.10489)	1.976 (± 0.537)	0.08	0.489**
SJR	Bactospeine	0.00053 (0.00002-0.00225)	0.01551 (0.00447-0.04006)	0.45399 (0.14717-3.99440)	0.873 (± 0.118)	1.64*	0.301*
SJR	Javelin	0.00051 (0.00007-0.00137)	0.00455 (0.00183-0.00828)	0.04077 (0.02221-0.10458)	1.345 (± 0.293)	0.20	0.315**
SJR	Bactec	0.00018 (0.00002-0.00051)	0.00187 (0.00071-0.0033)	0.01985 (0.01113-0.05392)	1.248 (± 0.292)	0.10	0.364**
SJR	Thuricide	0.00119	0.01155	0.11227	1.297	7.57*	1.013
SJR	Novo Biobit	0.00038 (0.00007-0.00090)	0.00295 (0.00142-0.00482)	0.2298 (0.01333-0.05778)	1.437 (± 0.315)	0.06	0.319**

- (1) L.= Localidad: SJR= San Juan del Rancho. (2) Pend. $\pm$ ES= Pendiente $\pm$ error standard. (3) H.= Factor de Heterogenidad= Chi cuadrado/3 (grados de libertad). Valores de H. mayores que 1.00 van acompañados de un asterisco que indica un pobre ajuste de los datos al modelo de regresión utilizado (Finney, 1987).
 (4) g= Índice de significancia para la estimación de potencia. Valores de g mayores que 1 indican que los valores calculados podrían estar fuera de límite. Valores de g acompañados de 2 asteriscos (**) indican que los límites de confianza fueron calculados hasta una probabilidad de 0.99. Valores de g acompañados de 1 asterisco (*) indican que los límites de confianza sólo pudieron ser calculados hasta una probabilidad de 0.95. Valores de g sin ningún asterisco indican que los límites de confianza no pudieron ser estimados bajo ninguna probabilidad por un ajuste pobre de los resultados al modelo de regresión utilizado (Finney, 1987).

72 hdel de PDD para la población del VZ fueron en orden descendiente: Bactec Bernam, Javelin, Dipel, Thuricide y MVP. Estas cinco formulaciones presentaron una virulencia significativamente mayor ($P \leq 0.05$) que la presentada por las formulaciones Bt Nicaragüense y BST (Cuadro 3).

Las cinco formulaciones más virulentas para la población de PDD del VZ se caracterizaron por no presentar diferencias en los valores de CL, los cuales fueron valores bien bajos (Cuadro 3). La similitud de las CL de estas formulaciones más virulentas, se demuestra en el hecho de que la diferencia nunca sobrepaso las seis veces, entre el valor de la CL-50 de la formulación más potente (Bactec Bernam) sobre el valor de la CL-50 de la menos potente (MVP) (Cuadro 3).

Aunque las diferencias en los valores de las CL fueron estrechas, para las cinco formulaciones más virulentas sobre la población de PDD del VZ, las diferencias en las pendientes de sus líneas de respuesta fueron significativas ($P \leq 0.05$), lo cual se evidencia gráficamente por el traslape existente entre las líneas (Figura 2).

Las formulaciones que presentaron la mayores pendientes de respuesta sobre la población de PDD del VZ fueron: Javelin, Thuricide, MVP y Dipel (Cuadro 3). El efecto más significativo de una mayor pendiente en la línea de respuesta, fue el del Javelin, cuya CL-90 fue menor que la del Bactec Bernam, a pesar que esta última formulación había presentado valores más bajos de CL-10 y CL-50 (Figura 2).

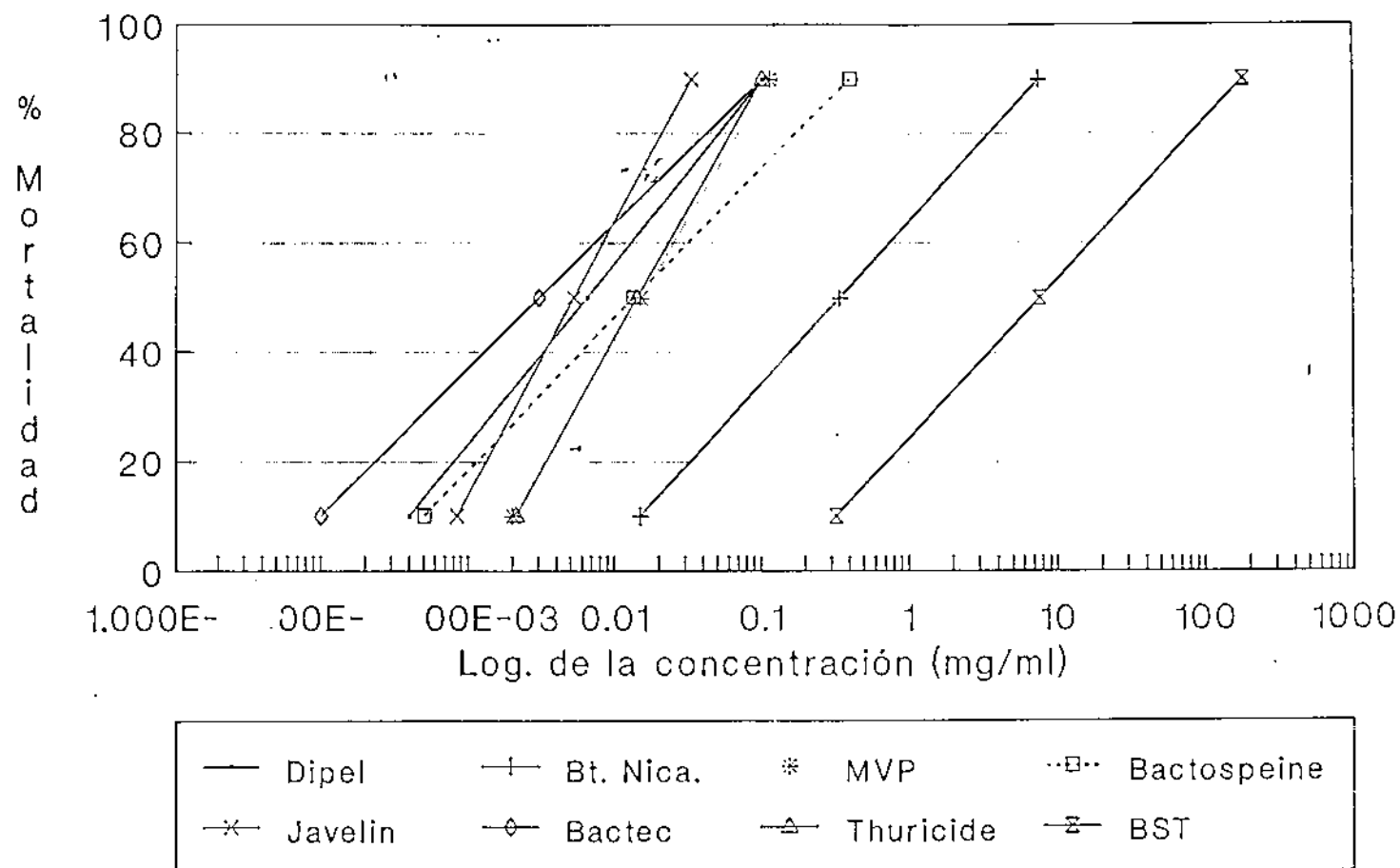


FIGURA 2. Concentraciones letales y líneas de respuesta de ocho formulaciones a base de Bt obtenidas sobre la población de PDD del VZ a las 72 hdel.

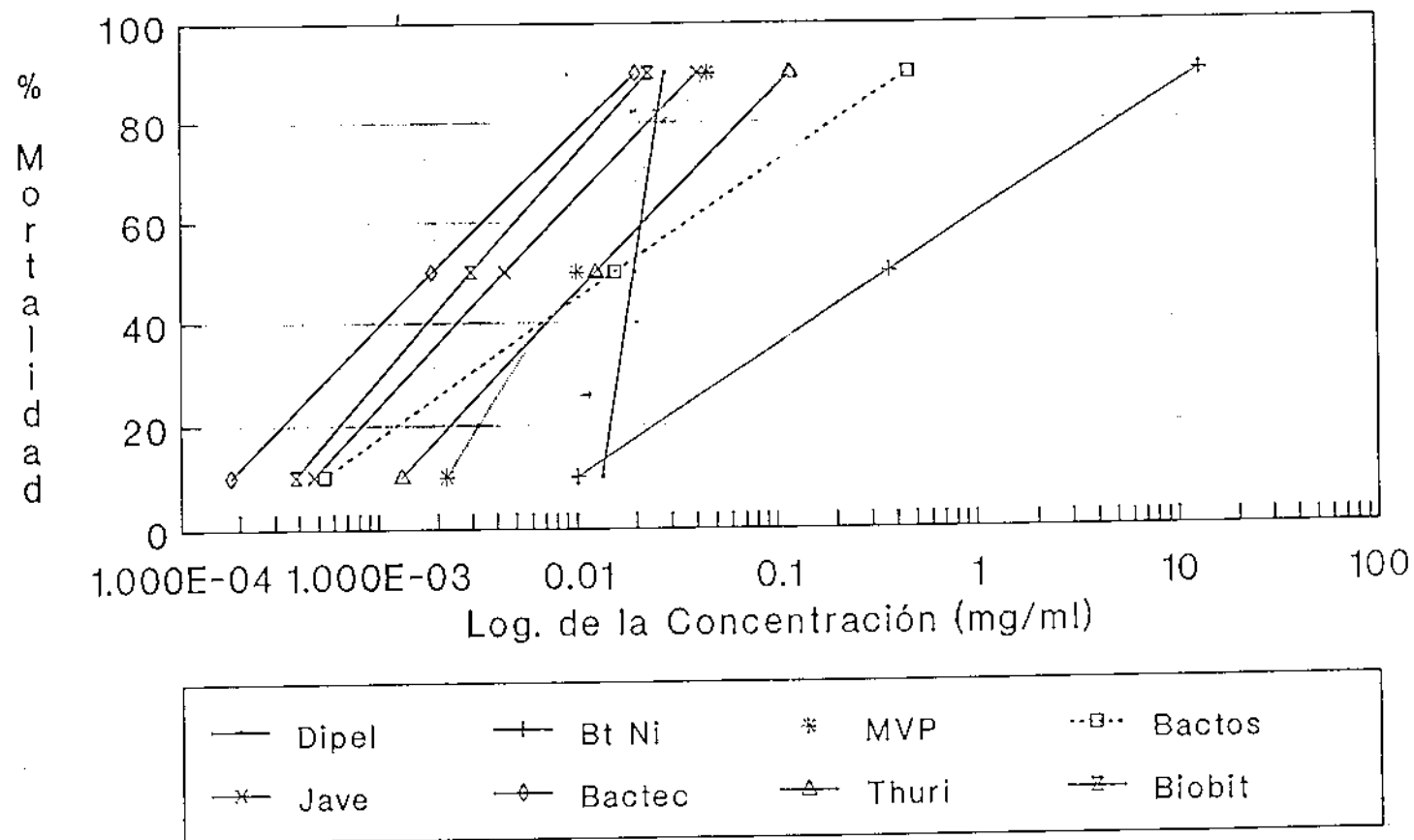


FIGURA 3. Concentraciones letales y líneas de respuesta de ocho formulaciones a base de Bt, obtenidas sobre la población de PDD de SJR a las 72 hdel.

Lo anterior nos indica que cualquier incremento en la dosis utilizada de Javelin se traducirá en un mayor incremento en el control de PDD en el VZ, en comparación con el incremento en el control de esta plaga obtenido como respuesta a un incremento en la dosis de cualquiera de las otras formulaciones.

Las cinco formulaciones más virulentas sobre la población de PDD del VZ (Bactec Bernam, Javelin, Dipel, Thuricide y MVP), y la formulación Novo Biobit fueron las formulaciones de Bt más virulentas sobre la población de PDD de SJR (Cuadro 4).

En las líneas de respuesta para la población de PDD de SJR se presentaron tres grupos bien diferenciados de formulaciones: 1) un primer grupo conformado por las tres formulaciones más virulentas (Bactec Bernam, Novo Biobit y Javelin), 2) un segundo grupo conformado por cuatro formulaciones de virulencia intermedia (Bactospeine, Thuricide, MVP y Dipel) entre las cuales existió bastante traslape en las líneas de respuesta debido a diferencias en pendiente, y 3) un tercer grupo conformado únicamente por el Bt Nicaragüense que mostró una virulencia menor (Figura 3).

Potencia relativa de las formulaciones con respecto a Dipel

Los dos gráficos de la Figura 4 (Gráfico a y b) muestran la potencia relativa de siete formulaciones de Bt con respecto a Dipel a las 72 hdel, sobre las poblaciones de PDD del VZ y

SJR, respectivamente. Valores de potencia relativa mayores que uno indican formulaciones que fueron más potentes que Dipel en esa proporción.

Solamente las formulaciones Bactec Bernam y Javelin mostraron una mayor potencia relativa con respecto a Dipel sobre la población de PDD del VZ, existiendo, por ende, cinco formulaciones que presentaron una potencia relativa menor que Dipel: Thuricide, MVP, Bactospeine, Bt Nicaragüense y BST (Gráfico a, Figura 4).

Cinco formulaciones mostraron una mayor potencia relativa con respecto a Dipel sobre la población de PDD de SJR: Bactec Bernam, Novo Biobit, Javelin, MVP y Thuricide (Gráfico b, Figura 4).

La potencia relativa de las formulaciones MVP y Thuricide probablemente es igual a la potencia relativa de Dipel, ya que aunque estas dos formulaciones fueron ligeramente mas potentes sobre la población de PDD de SJR, su potencia relativa fue ligeramente menor sobre la población del VZ (Gráfico a y b, Figura 4).

Las únicas dos formulaciones que mostraron consistentemente una mayor potencia relativa con respecto a Dipel sobre las dos poblaciones de PDD evaluadas fueron: Bactec Bernam y Javelin. En el otro extremo dos formulaciones presentaron consistentemente una menor potencia relativa que Dipel: Bactospeine y Bt Nicaragüense (Gráficos a y b, Figura 4).

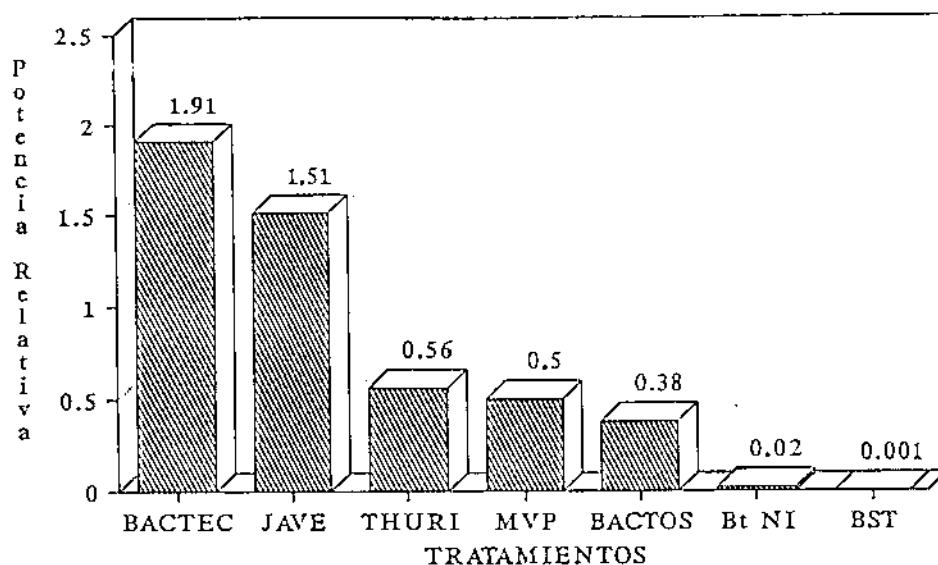


Gráfico a. Potencia relativa de siete formulaciones de Bt con respecto a Dipel, sobre la población de PDD del VZ.

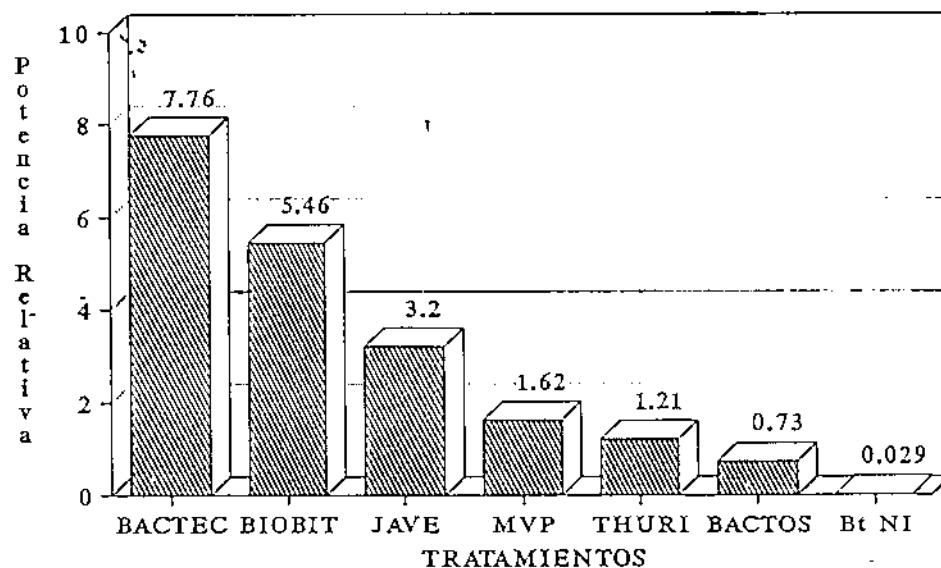


Gráfico b. Potencia relativa de siete formulaciones de Bt con respecto a Dipel, sobre la población de PDD de SJR.

FIGURA 4. Potencia relativa, con respecto a Dipel, de siete formulaciones a base de Bt, sobre dos poblaciones de PDD: VZ Y SJR. (72 hdel).

Comparaciones entre las concentraciones recomendadas por los fabricantes (C.F) y las CL-90 obtenidas para cada formulación a las 72 hdel de PDD

Los Cuadros 5 y 6 muestran los resultados de las comparaciones entre las concentraciones recomendadas por los fabricantes para cada formulación (C.F) y las CL-90 obtenidas a las 72 hdel de PDD sobre las poblaciones del VZ y SJR, respectivamente.

Para objetivizar las comparaciones se determinó la tasa de la relación entre la C.F y la CL-90 ($Tasa = C.F/CL-90$), en donde tasas mayores que uno indican formulaciones cuyas C.F fueron más altas que la CL-90 (Cuadros 5 y 6).

Cinco formulaciones de Bt (Bactec Bernam, Javelin, Dipel, Thuricide, MVP y Batospeine) presentaron tasas mayores que uno sobre la población de PDD del VZ, encontrándose solamente dos formulaciones (Bt Nicaragüense y BST) que presentaron tasas menores que uno sobre esta población (Cuadro 5).

Dentro de las cinco formulaciones que presentaron tasas mayores que uno sobre la población de PDD del VZ se distinguen tres grupos de formulaciones: a) tres formulaciones con tasas mayores que 20: Bactec Bernam, Javelin y Thuricide, b) dos formulaciones con tasas entre 10 y 20: Dipel y MVP, y c) una formulación con una tasa entre 1 y 10: Bactospeine (Cuadro 5).

Siete formulaciones de Bt presentaron tasas mayores que uno sobre la población de PDD de SJR: Bactec Bernam, Novo

CUADRO 5. Comparación entre la concentración recomendada por el fabricante y la CL-90 requerida a las 72 horas después de la exposición de las larvas de PDD, para ocho formulaciones de Bt evaluadas sobre la población de PDD del Valle del Zamorano.

FORMULACION	DOSIS/ha (1)	C.F (mg/ml) (2)	CL-90 (mg/ml)	TASA (3)	CODIGO (4)
1. Bactec Bernam	750 g	2.145	0.072	29.75	+++
2. Javelin	300 g	0.860	0.033	26.38	+++
3. Dipel	800 ml	1.887	0.100	18.83	++
4. Thuricide	800 g	2.286	0.092	24.85	+++
5. MVP	800 ml	2.223	0.113	19.67	++
6. Bactospeine	800 g	2.286	0.393	5.82	+
7. Bt. Nicaragüense	800 ml	2.363	4.413	0.54	-
8. BST	800 ml	2.223	177.860	0.01	-

- (1) Dosis: Dosis media de campo, en cantidad de producto comercial/ha, recomendada por el fabricante para cada formulación o estimada.
- (2) C.F= Concentración recomendada por el fabricante y calculada en base a un volumen de aplicación de 350 l de agua/ha.
- (3) Tasa: Relación entre la C.F/CL-90 a las 72 horas para cada formulación.
- (4) Código: - = tasa < 1, += tasa entre 1 a 10, ++= tasa de 10.1 a 20, +++= tasa de 20.1 a 30.1, ++++= tasa de 30.1 a 40, +++++= tasa de 40.1 a 50, 8+= tasa de 70.1 a 80, etc.

CUADRO 6. Comparación entre la concentración recomendada por el fabricante y la CL-90 requerida a las 72 horas después de la exposición de las larvas de PDD, para ocho formulaciones de Bt evaluadas sobre la población de PDD de San Juan del Rancho.

FORMULACION	DOSIS/ha (1)	C.F (mg/ml)	CL-90 (mg/ml)	TASA (3)	CODIGO (4)
1. Bactec Bernam	750 g	2.145	0.019	112.90	12+
2. Javelin	300 g	0.86	0.041	20.98	+++
3. Dipel	800 ml	1.887	0.028	67.39	7+
4. Thuricide	800 g	2.286	0.112	20.41	+++
5. MVP	800 ml	2.223	0.045	49.40	+++++
6. Bactospeine	800 g	2.286	0.454	5.04	+
7. Bt Nicaragüense	800 ml	2.363	13.033	0.18	-
8. Novo Biobit	800 ml	2.285	0.023	99.35	10+

- (1) Dosis: Dosis media de campo, en cantidad de producto comercial/ha, recomendada por el fabricante para cada formulación o estimada.
- (2) C.F.: Concentración recomendada por el fabricante y calculada en base a un volumen de aplicación de 350 l de agua/ha.
- (3) Tasa: Relación entre la C.F/CL-90 a las 72 horas para cada formulación.
- (4) Código: -= tasa < 1, += tasa de 1 a 10, ++= tasa de 10.1 a 20, +++= tasa de 20.1 a 30, ++++= tasa de 30.1 a 40, +++++= tasa entre 40.1 a 50, 6+= tasa entre 50.1 a 60, etc.

Biobit, Dipel, MVP, Javelin, Thuricide y Bactospeine.

La única formulación que presentó una tasa menor que uno sobre la población de PDD de SJR fue Bt Nicaragüense (Cuadro 6), siendo, además, la única formulación que presentó tasas menores que uno sobre ambas poblaciones de PDD, lo que evidencia la necesidad de incrementar significativamente la dosis de esta formulación en el campo.

Tres formulaciones de Bt (Bactec Bernam, Dipel y Javelin) presentaron tasas mayores sobre la población de PDD de SJR con respecto a la población del VZ (Cuadros 5 y 6), lo que podría indicar una mayor susceptibilidad a concentraciones altas de Bt (CL-90) por parte de la población de PDD de SJR. Lo anterior no es del todo seguro, debido a la alta variabilidad de los valores de las CL-90, por el tipo de análisis utilizado (Portillo, comunicación personal).

En general, seis formulaciones presentaron tasas mayores que uno sobre las dos poblaciones de PDD (VZ y SJR): Bactec Bernam, Dipel, Javelin, MVP, Thuricide y Bactospeine, en orden descendiente, respectivamente; existiendo una formulación que presentó tasas menores que uno sobre ambas poblaciones de PDD: Bt Nicaragüense. La formulación Novo Biobit mostró una tasa considerablemente mayor que uno (99) sobre la única población de PDD en que fue evaluado (SJR), existiendo en el otro extremo el BST, que presentó una tasa menor que uno sobre la población del VZ.

Comparación de la susceptibilidad entre poblaciones (resistencia)

El Cuadro 7 resume los resultados de las comparaciones estadísticas realizadas para determinar diferencias en la susceptibilidad de las dos poblaciones de PDD evaluadas (VZ y SJR) hacia cada una de las siete formulaciones de Bt comunes a ambas poblaciones (Dipel, Bt Nicaragüense, Bactec Bernam, MVP, Thuricide, Javelin y Bactospeine).

Solamente se encontraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) en las pendientes de las líneas de respuesta y en los valores de las CL para la formulación Dipel, entre las dos poblaciones de PDD evaluadas (VZ y SJR) (Cuadro 7).

La diferencia en la susceptibilidad hacia Dipel, por parte de las dos poblaciones de PDD evaluadas, fue leve y podría evidenciar un ligero desarrollo de resistencia por parte de la población de SJR, con respecto a la del VZ (Cuadro 7); lo cual no es totalmente seguro debido al pobre ajuste de los datos de mortalidad de Dipel sobre la población de SJR al modelo de regresión utilizado (Cuadro 4).

Los dos gráficos de la Figura 5 muestran las CL y las líneas de respuesta observadas, y las CL y las líneas de respuesta esperadas, respectivamente, de la formulación Dipel sobre las dos poblaciones de PDD en estudio (VZ y SJR).

Las CL y las líneas de respuesta observadas o reales fueron las determinadas mediante la mortalidad de larvas de PDD registrada en laboratorio, mientras que las CL esperadas

fueron las estimadas por el programa de análisis estadístico Polo-PC (1987), basándose en los valores de mortalidad esperados para cada concentración a las 72 hdel.

La línea de respuesta observada para la población de PDD del VZ se ubicó más a la izquierda, en los valores de CL-10 y CL-50, que la de la población de SJR, lo que indica una mayor susceptibilidad a concentraciones bajas de Dipel por parte de la población de PDD de SJR (Gráfico a, Figura 5).

La CL-90 de la formulación Dipel sobre la población de SJR fue más baja que la CL-90 sobre la población del VZ (Figura 5). Esto podría indicar una mayor susceptibilidad de la población de SJR a concentraciones altas de Bt (Gráfico a, Figura 5), lo cual no es muy seguro debido a la alta variabilidad de los valores de la CL-90, que hizo que el valor de la CL-90 estimado fuera mayor para la población de SJR, con respecto a la población de PDD del VZ (Gráfico b, Figura 5).

En general la potencia relativa de todas formulaciones sobre las dos poblaciones de PDD (VZ y SJR) fue similar. La potencia relativa de cada formulación sobre una población de PDD con respecto a la otra, nunca superó las 2.3 unidades, lo que indica que la susceptibilidad hacia Bt es muy similar entre ambas poblaciones (Cuadro 7).

CUADRO 7. Comparación de la susceptibilidad de dos poblaciones de PDD (Valle del Zamorano y San Juan del Rancho) a siete formulaciones comerciales a base de Bt.

FORMULACION COMERCIAL DE Bt	POBLACION DE PDD	CL-50 ESPERADA (1)	POTENCIA RELATIVA (2)	HIPOTESIS 1 (3)	PROB. (5)	HIPOTESIS 2 (4)	PROB. (5)
1. Dipel	VZ	0.00756	0.5346	RECHAZADA	0.021	RECHAZADA	0.017
	SJR	0.01414					
2. Bt Nicaragüense	VZ	0.31560	0.8698	ACEPTADA	0.759	ACEPTADA	0.491
	SJR	0.36285					
3. Bactec Bernam	VZ	0.00303	2.1963	ACEPTADA	0.157	ACEPTADA	0.259
	SJR	0.00138					
4. MVP	VZ	0.01517	1.6134	ACEPTADA	0.211	ACEPTADA	0.250
	SJR	0.00940					
5. Thuricide	VZ	0.01327	1.1066	ACEPTADA	0.715	ACEPTADA	0.438
	SJR	0.01199					
6. Javelin	VZ	0.00503	1.0392	ACEPTADA	0.796	ACEPTADA	0.504
	SJR	0.00484					
7. Bactospeine	VZ	0.01330	0.8580	ACEPTADA	0.957	ACEPTADA	0.987
	SJR	0.01550					

- (1) CL-50 Esperada: CL-50 estimada por el programa de análisis Probit utilizado (Polo-PC).
 (2) Potencia Relativa: potencia de cada formulación sobre la población de PDD SJR con respecto a la población de PDD del VZ. Valores mayores que uno indican que esa formulación fue más potente sobre la población de SJR con respecto al población del VZ y viceversa. Su estimación la realiza el programa Polo-PC utilizando los valores de CL-50 esperados.
 (3) Hipotesis 1: hipótesis de que las pendientes y las CL son iguales para ambas poblaciones. (4) Hipotesis 2: hipótesis de que pendientes de respuesta logarítmicas son iguales. (5) Prob.= probabilidad con que se acepta o se rechazan las hipótesis.

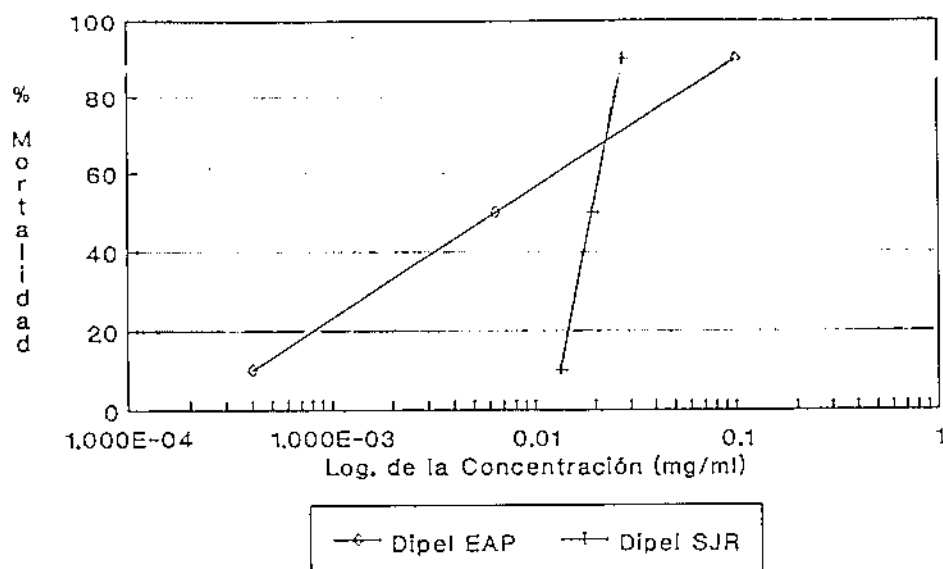


Gráfico a. Concentraciones letales y líneas de respuesta observadas para la formulación Dipel sobre dos poblaciones de PDD: VZ y SJR.

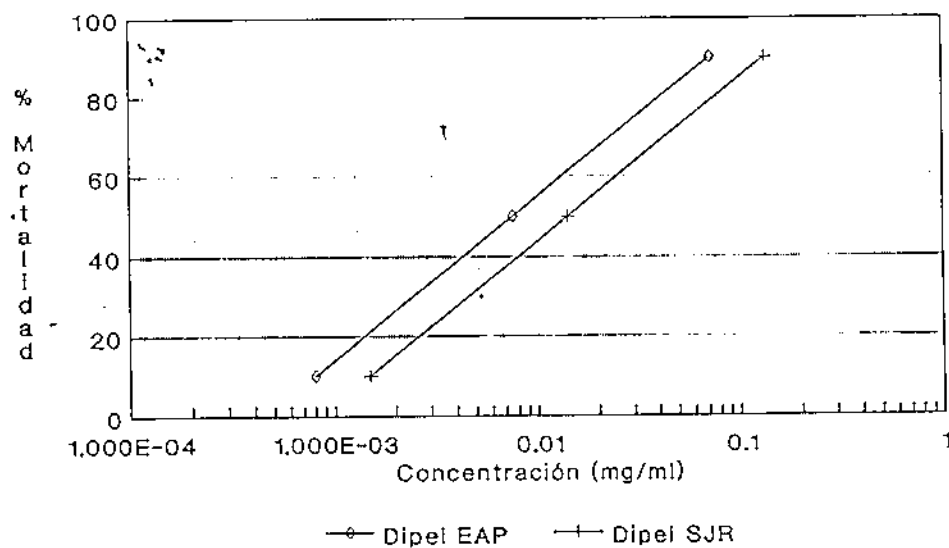


Gráfico b. Concentraciones letales y líneas de respuesta estimadas para la formulación Dipel sobre dos poblaciones de PDD: VZ y SJR.

FIGURA 5. Concentraciones letales y líneas de respuesta observadas y estimadas para la formulación Dipel sobre dos poblaciones de PDD: VZ y SJR.

5) Conclusiones

- a) Existen diferencias estadísticas en la virulencia de las formulaciones a base de Bt evaluadas. Las formulaciones más virulentas sobre las dos poblaciones de PDD en estudio (VZ y SJR) fueron: Bactec Bernam, Javelin, Thuricide, MVP y Dipel.
- b) Dos formulaciones mostraron una virulencia menor, con respecto a las anteriores, en ambas poblaciones de PDD: Bactospeine, y Bt Nicaragüense.
- c) La formulación Novo Biobit fue encontrada altamente virulenta sobre única la población de PDD sobre la que fue evaluada (SJR). En el otro extremo, la formulación BST presentó una baja virulencia sobre la población de PDD del VZ, que fue la única sobre la que fue evaluada.
- d) Las formulaciones Bactec Bernam y Javelin presentaron una mayor potencia relativa, con respecto a Dipel, en las dos poblaciones de PDD en estudio (VZ y SJR), lo que evidencia una mayor virulencia de las mismas en el control de PDD, con respecto a Dipel.
- e) Las formulaciones Thuricide y MVP presentaron una virulencia similar a la del Dipel, a nivel de laboratorio, sobre la dos poblaciones de PDD en estudio (VZ y SJR).
- f) No se encontró diferencias en susceptibilidad entre las dos poblaciones de PDD hacia la mayoría de las formulaciones de Bt evaluadas, excepto hacia Dipel, lo que indica que no existe un desarrollo significativo de resistencia a Bt entre ambas poblaciones.

- g) La diferencia en susceptibilidad encontrada hacia la formulación Dipel, entre las dos poblaciones de PDD en estudio (VZ y SJR), podría indicar un leve desarrollo de resistencia, a esta cepa de Bt, por parte de la población de PDD de SJR, aunque el análisis estadístico no fue muy representativo.
- h) Para la mayor parte de las formulaciones de Bt evaluadas la concentración media de campo recomendada por el fabricante fue superior a la CL-90 a las 72 horas después de la exposición de las larvas de PDD.
- i) Solamente dos formulaciones presentaron concentraciones recomendadas por el fabricante menores que la CL-90: BST y Bt Nicaragüense. Esto indica que la dosis de estas dos formulaciones/unidad de área debe ser incrementada para su uso en el campo en el control de PDD.
- j) Cinco formulaciones de Bt (Bactec Bernam, Javelin, Thuricide, Dipel y MVP), presentaron concentraciones recomendadas por el fabricante superiores en un poco más de 20 veces a las CL-90 a las 72 horas después de la exposición de las larvas, sobre las dos poblaciones de PDD (VZ y SJR). Esto indica que posiblemente las dosis medias de campo recomendadas para estas formulaciones son suficientes para ejercer un control adecuado de PDD, tomando en cuenta la degradación por efecto de los rayos solares y la menor cobertura en la aplicación de estas formulaciones en el campo.
- k) La formulación Bactospeine presentó valores de concentraciones recomendadas por el fabricante superiores en

cinco veces a la CL-90 sobre ambas poblaciones de PDD, por lo que la dosis media de campo recomendada por el fabricante debe ser incrementada, considerando la menor cobertura y la mayor degradación, de las formulaciones de Bt, en el campo.

1) Bactec Bernam y Novo Biobit presentaron tasas muy altas entre la concentración recomendada por el fabricante y la CL-90, lo que indica que deben realizarse estudios para definir dosis más adecuadas de estas formulaciones en el campo, para el control de PDD.

6) Recomendaciones

a) Utilizar en forma moderada la mayoría de formulaciones a base de Bt evaluadas sobre ambas poblaciones de PDD.

b) Continuar con el monitoreo de la susceptibilidad de poblaciones de PDD hacia diversos insecticidas con los objetivos de diagnosticar eficientemente un posible desarrollo de resistencia y determinar productos óptimos para poblaciones específicas de PDD.

c) Realizar estudios a nivel de campo para definir con mayor precisión las dosis óptimas/unidad de área para las diferentes formulaciones, principalmente para aquellas que mostraron fallas en la concentración por exceso o deficiencias a nivel de laboratorio.

d) Comparar la susceptibilidad, hacia Bt, de poblaciones de PDD provenientes del campo, con la susceptibilidad de poblaciones desarrolladas en laboratorio (susceptibles), para

IV. FASE DE CAMPO

A) Evaluación de la Eficacia de Siete Insecticidas Microbiales a Base de Bt en el Control de PDD y otros Lepidópteros en Repollo.

1) Introducción

La evaluación de insecticidas en el campo es esencial para determinar la eficacia de los mismos bajo condiciones reales y sobre poblaciones específicas de insectos en un área determinada.

En Honduras, existen actualmente seis formulaciones comerciales a base de Bt cuya eficacia para el control de la PDD y otras plagas del orden Lepidoptera en el campo no ha sido sistemáticamente evaluada.

2) Objetivos

- a) Evaluar la eficacia de siete formulaciones comerciales a base de Bt en el control de la PDD en el campo.
- b) Evaluar la eficacia de estos siete insecticidas sobre el complejo de lepidópteros presentes en repollo.

3) Materiales y Métodos

a) Fecha y Localización del Ensayo

El ensayo se realizó de agosto a diciembre de 1991 en terrenos de la Escuela Agrícola Panamericana, ubicada a 30 km al este de Tegucigalpa, a 14°00 latitud norte y 87°02 longitud

oeste, y a una altura de 800 msnm. Se utilizó la terraza número tres del departamento de agronomía, con un suelo de textura franco-arcillosa y un pH de 6.3.

Las precipitación promedio mensual durante los 4 meses del estudio fue de 79.3 mm, registrándose una precipitación promedio diaria de 11.5, 3.80, 0.38 y 0.53 mm durante septiembre, octubre, noviembre y diciembre, respectivamente.

La temperatura promedio diaria durante los cuatro meses después del trasplante fue de 22.6 °C, con un promedio de 16.7 y 24.4 °C como mínimo y máximo, respectivamente.

b) Cultivar y Prácticas Agronómicas

Se utilizó el híbrido Izalco (Northrup King), que es el más usado por los productores en la actualidad. Este híbrido se caracteriza principalmente por su resistencia a la bacteria Xanthomonas campestris, y por ser menos apetecible para la PDD que el híbrido Green Boy (Zacata).

Izalco produce cabezas redondas y muy compactas, de aproximadamente 17 cm de diámetro, con hojas exteriores de color verde oscuro bajo condiciones normales. Su período de trasplante a cosecha es de 65-70 días, aproximadamente.

La siembra del semillero se realizó el 20 de agosto y el trasplante el 20 de septiembre de 1991 (30 días después de haberse sembrado el semillero). En el campo el repollo se sembró a 45 cm entre plantas y 60 cm entre surcos, aproximadamente.

Se realizaron dos deshierbas y dos fertilizaciones. Las deshierbas se realizaron manualmente utilizando azadón a los 15 y 40 días después del trasplante (DDT).

La primera fertilización se realizó a los 16 DDT, aplicándose 20 g de 18-46-0/planta (684 kg de 18-46-0/ha), y la segunda a los 40 DDT, aplicándose 15 g de urea/planta (500 kg de urea/ha). En ambas fertilizaciones, el fertilizante se incorporó a un lado de las plantas cerca de la base del tallo utilizando una "barreta" o "pujaguante".

Las aplicaciones de insecticida se iniciaron el 1 de noviembre (36 días después del trasplante), durante los primeros días de la fase de formación de cabeza o período crítico de protección del cultivo. No se realizó control químico de enfermedades debido a la ausencia de las mismas durante todo el ciclo de cultivo.

c) Diseño Experimental y Tratamientos

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar (BCA), con ocho tratamientos y cuatro repeticiones por tratamiento, teniendo un total de 32 unidades experimentales.

Las unidades experimentales o réplicas eran parcelas de 13 m² (2.6 x 5 m) conteniendo un total de 40 plantas distribuidas en cuatro surcos de 5 m de largo cultivados con 10 cabezas de repollo cada uno.

Los tratamientos evaluados fueron ocho: siete

insecticidas comerciales a base de Bt, y un testigo sin insecticida (agua + adherente). Los insecticidas y las dosis utilizadas se describen en el Cuadro 8.

Todas las aplicaciones fueron hechas utilizando agua de la EAP (pH 5.0 a 6.9) a la que se le adicionó adherente DI-1-p Menteno (Nu Film 17 al 92%) en una concentración de 0.06% del volumen de mezcla. Previa la aplicación, se realizó una calibración utilizando el testigo (agua+adherente) para determinar el volumen de agua/área y de esta forma poder adecuar la dosis de insecticida/bomba de mochila.

Se realizaron un total de cinco aplicaciones durante el ciclo de cultivo, a intervalos de 7 días, utilizando bombas de pistón manual Solo (15 l), equipadas con una boquilla de cono hueco (D-3) y un dispersor 45.

d) Toma de Datos y Análisis

Se realizaron un total de cuatro muestreos por aplicación: el primero cuatro horas antes de la aplicación, y los restantes a los 2, 4 y 7 días después de la aplicación. Los muestreos eran de tipo comercial, basados en la revisión visual de toda la planta, con énfasis en el envés de las hojas. Se muestrearon las cinco plantas posteriores a la tercera planta en cada uno de los dos surcos centrales, muestreándose un total de 10 plantas por unidad experimental y 40 plantas por tratamiento. Se muestrearon las mismas

CUADRO 8. Descripción de los tratamientos evaluados para el control de PDD en el primer ensayo de campo en la Escuela Agrícola Panamericana.

TRATAMIENTO	Dosis (pc/ha) ⁽¹⁾	Formulación
Dipel	800 ml	Solución emulsificable
Bt Nicaragüense	1,100 ml	Líquida
BST	500 ml	Concentrado hidrosoluble
MVP	1,000 ml	Solución emulsificable
Thuricide	1,100 gr	Polvo mojable
Javelin	1,000 gr	Granulado Soluble
Bactospeine	1,100 gr	Polvo mojable
Testigo	sin insecticida (agua + adherente) ⁽²⁾	

(1) pc/ha= producto comercial/hectarea: se utilizó la dosis más alta recomendada por el fabricante, la dosis media (Dipel) o una dosis estimada.

(2) Testigo= agua + adherente DI-1-p Menteno (Nu Film 17) al 0.06% del volumen de agua.

plantas antes y después de las aplicaciones. Se anotó el número y la especie de larvas de Lepidoptera presentes por planta.

Se realizaron análisis de varianza (ANDEVA) para determinar diferencias estadísticas entre tratamientos en el número de larvas de Lepidoptera encontradas en cada uno de los cuatro muestreos realizados/aplicación.

También se realizó un ANDEVA combinado (tratamientos x aplicaciones) para determinar diferencias estadísticas entre tratamientos en el número total de larvas de cada especie de lepidópteros encontradas a los 2, 4 y 7 días durante las cinco aplicaciones y poder determinar así diferencias globales entre tratamientos y entre aplicaciones.

Se utilizó la metodología descrita por Vásquez et al. (1985) para determinar el número de larvas de PDD/planta/día de aplicación (LPD). Este procedimiento se basa en la utilización de la siguiente fórmula:

$$LPD = \frac{(\text{No. } \bar{X} \text{ de larvas de dos muestreos } \times \text{ días intervalo entre muestreos})}{\text{No. de días transcurridos desde el primero hasta el último muestreo/aplicación}}$$

Se realizó un ANDEVA combinado (tratamientos x aplicaciones) para determinar diferencias estadísticas entre tratamientos en el número de LPD.

Cuando se encontraron diferencias en los ANDEVA, se procedió a realizar pruebas DUNCAN de separación de medias ($P \leq 0.05$), para separar los tratamientos con diferente respuesta en el control de PDD. Todos los análisis estadísticos

realizados fueron hechos utilizando el programa MSTAT-C (1989) de análisis estadísticos.

Se determinó el porcentaje de eficacia en el control de PDD, con respecto al testigo, de todas las formulaciones de Bt evaluadas, utilizando la fórmula ABBOTT (1986) detallada a continuación:

$$\% \text{ Eficacia} = \frac{\text{No larvas en testigo} - \text{No larvas en tratamiento}}{\text{No de larvas en el testigo}} \times 100$$

Al momento de la cosecha, se midió la calidad de cabezas cosechadas y el rendimiento comercial en peso/unidad de área. Para determinar calidad se utilizó la escala elaborada por Chalfant y Brett (1965), que emplea valores de 1 a 6 para cuantificar el daño por defoliación, donde 1 representa ausencia de daño por insectos (alta calidad) y 6 daño considerable de insectos (más del 30% de daño foliar) en hojas envoltantes y cabeza (Apendice 5).

Debido a las exigencias del mercado, para determinar el rendimiento comercial se consideraron únicamente las cabezas de repollo con una calidad de tres o menos en la escala de Chalfant y Brett (1986), descartándose las cabezas con una calidad de 4 o más.

Se realizaron ANDEVA para determinar diferencias estadísticas en rendimiento y calidad, y análisis de correlación entre a) incidencia de PDD y calidad de repollo,

y b) incidencia de PDD y rendimiento al momento de la cosecha.

4) Resultados y Discusión

a) Control de PDD

El Cuadro 9 muestra los promedios del número de larvas de PDD/planta encontradas antes del inicio de las aplicaciones, y el promedio del total de larvas de PDD/planta a los 2, 4 y 7 días después de las cinco aplicaciones realizadas (DDA).

El número de larvas de PDD antes de las aplicaciones fue estadísticamente similar entre tratamientos ($P= 0.95$) y entre repeticiones ($P= 0.95$), lo que indica que la población de PDD se encontraba uniformemente distribuida en el ensayo (Cuadro 9).

Se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) en el número promedio total de larvas de PDD/planta entre tratamientos a los 2, 4 y 7 DDA (Cuadro 9).

En general, todas las formulaciones de Bt fueron superiores al testigo ($P \leq 0.05$) en el control de PDD a los 2, 4 y 7 DDA. Las diferencias entre formulaciones de Bt fueron estrechas, sin embargo, tres formulaciones mostraron un mejor control ($P \leq 0.05$) de PDD durante todo el ciclo de cultivo: Thuricide, MVP y Javelin. El Bt Nicaragüense generalmente mostró un control intermedio entre este primer grupo de formulaciones y el segundo grupo conformado por Bactospeine, BST y Dipel que presentaron un menor control de PDD en el

CUADRO 9. Número promedio de larvas de PDD/planta, en ocho tratamientos, antes del inicio de las aplicaciones (día cero), y promedio total a los 2, 4 y 7 días después de las cinco aplicaciones realizadas en el ensayo de campo en la EAP.

TRATAMIENTOS	No. TOTAL DE LARVAS DE PDD/PLANTA			
	Días después de las cinco aplicaciones			
	0(1)	2	4	7
Thuricide	1.68	0.61 a	0.42 a	0.53 a
MVP	2.05	0.61 a	0.51 ab	0.72 ab
Javelin	2.15	0.64 a	0.57 ab	0.72 ab
Bt Nicaragüense	1.65	0.98 ab	0.71 ab	0.79 ab
Bactospeine	2.40	1.01 b	0.95 b	1.12 b
BST	2.25	1.06 b	0.88 ab	1.01 ab
Dipel	2.00	1.09 b	0.84 ab	1.16 b
Testigo	2.18 ns(2)	2.44 **	2.15 c **	2.28 c **
C.V (%)	48	26	37	33

(1) 0= número promedio de larvas de PDD antes del inicio de las aplicaciones.

(2) ns= no significativo ($P \leq 0.10$)

** Cifras seguidas de letras distintas son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

campo, evidenciado principalmente a los 2 DDA (Cuadro 9).

Las diferencias entre formulaciones de Bt fueron más amplias a los 2 DDA, debido a que el mayor impacto de las formulaciones de Bt fue en los primeros 2 DDA, aunque el efecto de las mismas continuó hasta los 4 DDA, que fue la fecha en que se registró el menor número de larvas/planta con respecto a los 2 y a los 7 DDA (Cuadro 9).

A los 7 DDA se registró un incremento general en la incidencia de larvas de PDD/planta, lo que indica que el efecto de las formulaciones de Bt evaluadas declina entre los 4 y 7 DDA. Este incremento en la incidencia de PDD a los 7 DDA, se tradujo en diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) más estrechas entre formulaciones; aunque todas ellas continuaron siendo superiores al testigo en el control de PDD (Cuadro 9).

La virulencia de las formulaciones Thuricide, MVP y Dipel fue menor en el campo con respecto al laboratorio, lo que se considera normal debido principalmente a la menor cobertura sobre el follaje de las aplicaciones en el campo, en comparación con el 100% de cobertura logrado con el método de inmersión foliar utilizado en laboratorio para determinar virulencia.

Otro factor que redujo la virulencia de las tres formulaciones anteriores, en el campo, fue la degradación de las mismas por factores ambientales, principalmente los rayos solares.

La formulación Dipel presentó una eficacia menor, en el

control de PDD en el campo, que la presentada por Thuricide y MVP, aunque su virulencia en la fase de laboratorio habia sido similar a la de estas formulaciones. Lo anterior fue debido principalmente a que las dosis utilizadas en el campo para Thuricide y MVP fueron significativamente mayores a las dosis utilizadas en laboratorio, comparadas con la dosis de Dipel (800 ml/ha) que se mantuvo uniforme a nivel de campo y laboratorio (Cuadros 2 y 8).

Lo anterior también explica porque las formulaciones Bt Nicaragüense y Bactospeine fueron estadísticamente similares a Dipel, en el control de PDD en el campo, a pesar que habían sido formulaciones con una virulencia menor en laboratorio (Cuadros 2 y 8).

La figura 6 muestra la dinámica poblacional de las larvas de PDD después del inicio de las aplicaciones. En general, se observa una reducción significativa ($P \leq 0.05$) en la incidencia de PDD, en todas las formulaciones de Bt con respecto al testigo, durante los primeros cuatro días después realizadas las aplicaciones y un incremento en los niveles de la plaga entre los 4 y 7 días después de realizadas las mismas, lo cual ya ha sido mencionado anteriormente (p. 88).

Es notoria también la reducción significativa ($P \leq 0.05$) en los niveles poblacionales de la plaga en todos los tratamientos, en las dos últimas aplicaciones (aplicaciones 4 y 5), con respecto a las tres primeras (Figura 6).

La reducción en la incidencia de larvas de PDD en las

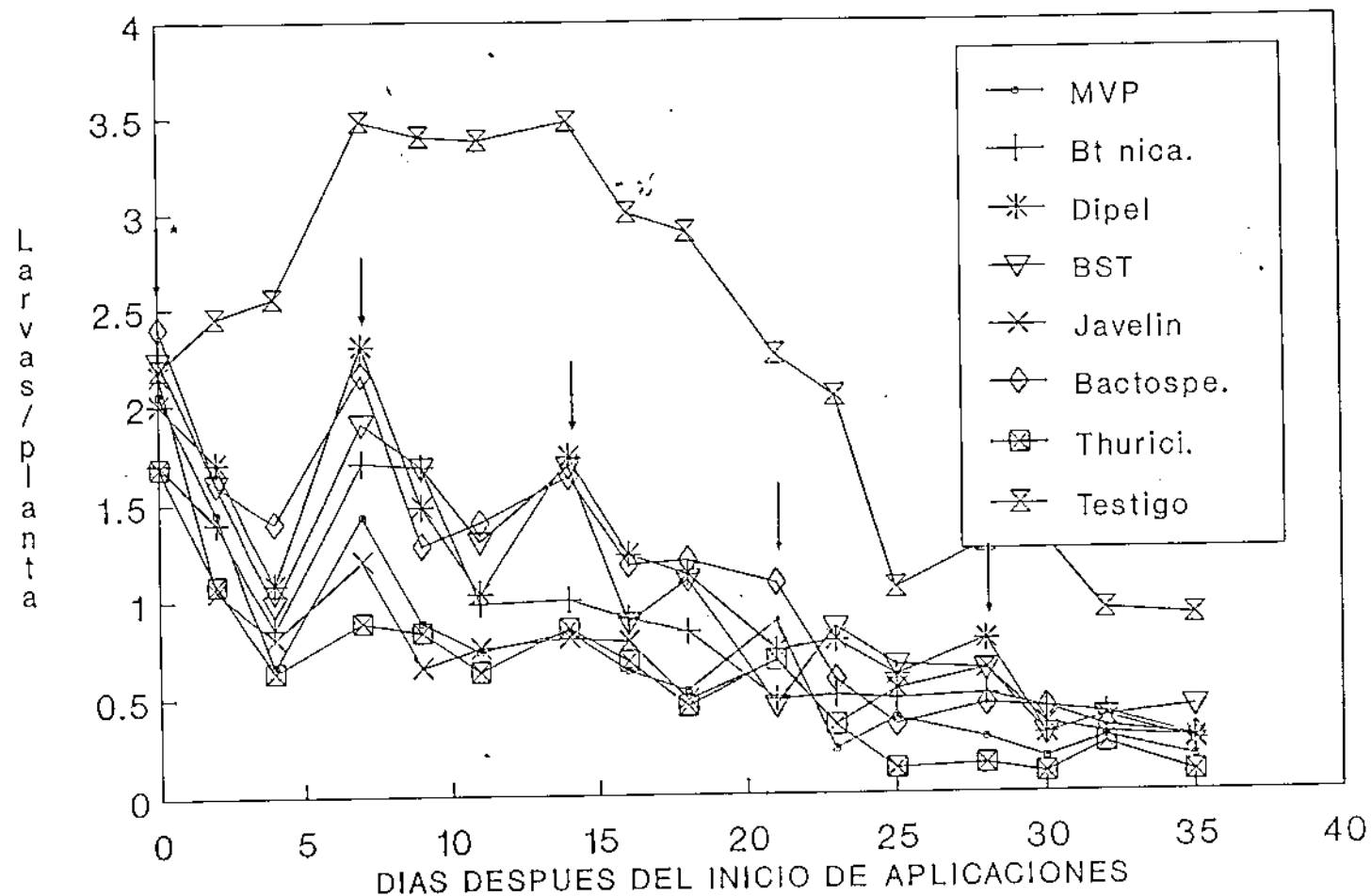


FIGURA 6. Dinámica poblacional de PDD en ocho tratamientos para su control evaluados en la EAP.

• Las Flechas indican aplicaciones realizadas

dos últimas aplicaciones fue debida, principalmente al efecto combinado de: a) mayor establecimiento de enemigos naturales de la plaga en el campo, b) menor palatabilidad del cultivo debido a su senescencia y a un estress severo de agua, y c) cerrado de la cabeza del cultivo que reduce los refugios para las larvas, incrementando la exposición de las mismas a enemigos naturales, a condiciones ambientales adversas, y a las aplicaciones de insecticidas.

Lo anterior coincide con lo reportado por varios autores (Mora, 1990; Harcourt, 1986; Koshihara, 1986 y Sastrodiharjo, 1986), quienes reportan una reducción significativa en las poblaciones de PDD en las etapas avanzadas del cultivo.

Mora (1990) después de analizar la incidencia de PDD durante 14 ciclos de cultivo, concluyó, que en Honduras las poblaciones de PDD iniciaban su infestación en promedio a los 42 días y alcanzaban su pico aproximadamente a los 68 días después del trasplante del repollo (rango de 48 a 76), reduciéndose significativamente entre los 55 y 83 días después del trasplante, dependiendo principalmente de la época y condiciones de crecimiento del cultivo.

En el presente estudio, la población de larvas de PDD en el testigo alcanzó su pico a los 44 DDT y se mantuvo alta hasta los 60 DDT, cuando decayó significativamente (Figura 6). Esta reducción de los niveles poblacionales de PDD fue temprana debido probablemente al efecto combinado de a) estres de agua sufrido por el cultivo que redujo su palatabilidad y

su atractivo para la plaga, y b) presencia de control biológico en el campo.

Observaciones en el campo, al momento de los muestreos, permitieron determinar altos niveles de depredación y parasitismo. Los principales depredadores observados fueron, en orden de importancia: hormiga brava (Solenopsis geminata), tijerilla (Doru taeniata) y avispa huevo de toro (Polybia occidentalis). También se observó niveles relativamente altos de parasitismo por Diadegma insulare.

El Cuadro 10 muestra el número promedio de larvas de PDD/planta/día (LPD) en las cinco aplicaciones realizadas en los ocho tratamientos para el control de PDD evaluados. El número de LPD es un parámetro utilizado para optimizar las evaluaciones de insecticidas debido a que muestra la presión de la plaga/unidad de tiempo.

Se encontró diferencias altamente significativas ($P \leq 0.00$) en el número de LPD entre tratamientos y entre aplicaciones. La tendencia en el orden de los tratamientos en cuanto al número de LPD (Cuadro 10) fue la misma observada con el parámetro de número de larvas de PDD/planta a los 2 DDA (Cuadro 9).

Todas las formulaciones de Bt fueron superiores al testigo en el control de PDD. Tres formulaciones mostraron un mejor control de PDD: Thuricide, MVP y Javelin. Estas tres formulaciones fueron estadísticamente iguales ($P \leq 0.05$) al Bt

CUADRO 10. Número promedio de larvas de PDD/planta/día en cinco aplicaciones realizadas durante el ciclo de cultivo, y promedio de las cinco aplicaciones, presentadas por ocho tratamientos evaluados para el control de PDD en la EAP.

FORMULACIONES	APLICACIONES					PROMEDIO (1)
	PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA	CUARTA	QUINTA	
1. Thuricide	0.957	0.766	0.620	0.273	0.161	0.56 a (2)
2. MVP	1.245	0.804	0.671	0.382	0.225	0.67 a
3. Javelin	1.150	0.796	0.650	0.518	0.355	0.70 a
4. Bt Nicaragüense	1.304	1.284	0.796	0.488	0.395	0.86 ab
5. BST	1.523	1.556	0.979	0.673	0.400	1.03 b
6. Dipel	1.648	1.486	1.154	0.705	0.387	1.08 b
7. Bactospeine	1.779	1.520	1.227	0.539	0.361	1.09 b
8. Testigo	2.667	3.205	2.854	1.548	1.077	2.28 c

(1) Número promedio de larvas de PDD/planta/día (LPD) en las cinco aplicaciones realizadas.

(2) Cifras seguidas de letras distintas son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

Nicaragüense, que mostró un control intermedio de PDD entre este primer grupo de formulaciones y el segundo grupo integrado por BST, Dipel y Bactospeine (Cuadro 10).

La Figura 7 muestra el porcentaje total de eficacia en el control de PDD de las siete formulaciones de Bt evaluadas, con respecto al testigo. El porcentaje de eficacia es un parámetro relativo que indica la mortalidad de PDD en las formulaciones de Bt con respecto al testigo.

Todas las formulaciones de Bt mostraron un porcentaje de eficacia superior al 55% con respecto al testigo, y en general, el rango de eficacia fue desde 56 hasta 78% (Figura 7).

Thuricide (78%) fue el tratamiento que mostró el mayor porcentaje de eficacia en el control de PDD con respecto al testigo (Figura 7), lo cual coincide con el menor número de larvas/planta y el menor número de larvas/planta/día presentado por esta formulación (Cuadros 9 y 10).

Los siguientes dos tratamientos con el mayor porcentaje de eficacia después del Thuricide fueron el MVP (73%) y el Javelin (68%) seguidos de cerca por el Bt Nicaragüense (65%) (Figura 7); lo cual también coincide con la menor incidencia general de larvas de PDD presentada por estos tratamientos (Cuadros 9 y 10).

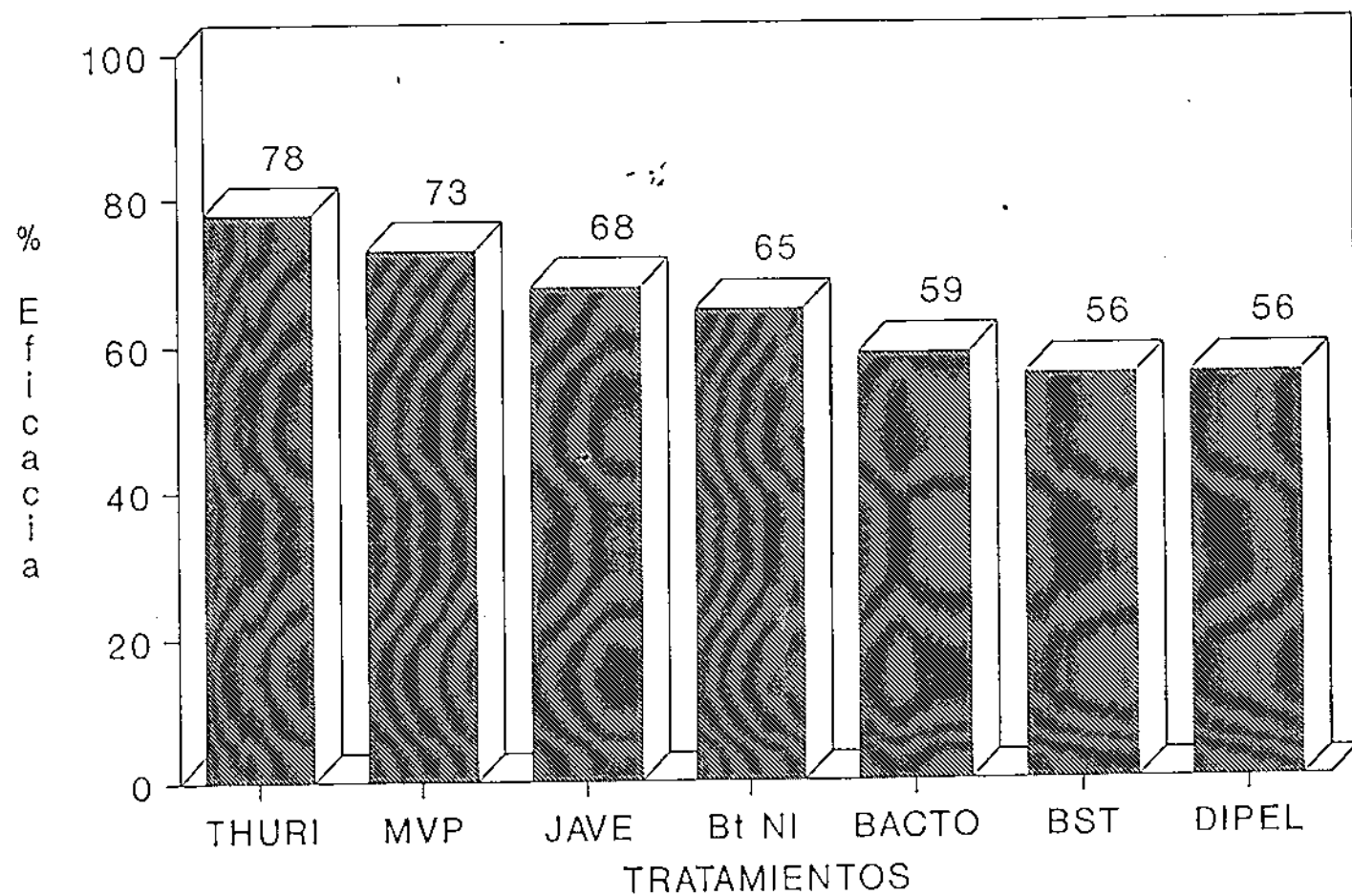


FIGURA 7. Porcentaje total de eficacia en el control de PDD de siete formulaciones de Bt evaluadas en la EAP.

b) Calidad y Rendimiento

La figura 8 muestra la correlación entre incidencia total de PDD y la calidad de repollo a cosecha, lo mismo que las diferencias estadísticas entre tratamientos.

Se encontró una correlación relativamente alta ($r = 0.610$) entre la incidencia total de larvas de PDD y reducción de la calidad del repollo cosechado, lo mismo que diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) en la calidad de repollo entre tratamientos (Figura 8).

Cuatro tratamientos presentaron la mejor calidad ($P \leq 0.05$) según la escala de Chalfant y Brett (1986): Bt Nicaragüense, Thuricide, MVP y Javelin (Figura 8), lo que coincide con la menor incidencia general de larvas de PDD observada en los mismos (Figura 8).

El testigo fue el tratamiento que presentó la peor calidad de repollo cosechado, siendo estadísticamente similar ($P \leq 0.05$) a los tratamientos BST, Dipel y Bactospeine (Figura 8). La menor calidad de repollo en estos cuatro tratamientos coincide con la mayor incidencia general de larvas de PDD observada en los mismos (Cuadros 9 y 10), sin embargo, la menor calidad de repollo en las tres formulaciones de Bt (BST, Dipel y Bactospeine), no se tradujo en una reducción en el rendimiento comercial de repollo, a diferencia del testigo que fue el único tratamiento que presentó pérdidas en el rendimiento comercial.

Las diferencias en la calidad del repollo cosechado

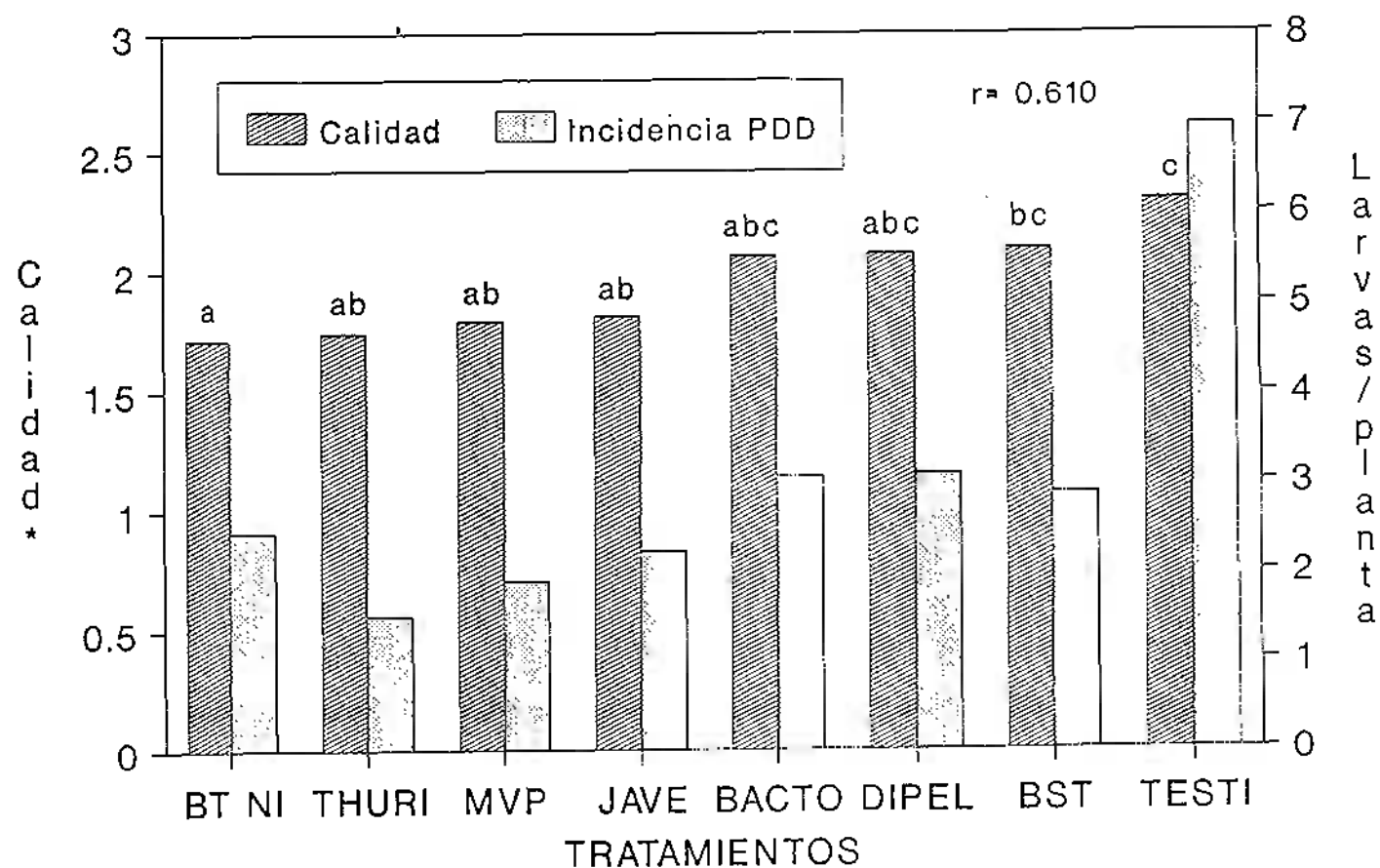


FIGURA 8. Correlación entre la incidencia total de PDD y la calidad de repollo obtenida en ocho tratamientos evaluados en la EAP.

* Calidad: 1= alta calidad
6= mala calidad

fueron relativamente estrechas debido a que la incidencia de larvas de PDD fue moderada en el campo, a pesar de tratarse de una época propicia para el establecimiento de la plaga (época seca).

La Figura 9 muestra la correlación entre la incidencia total de PDD y el rendimiento comercial de repollo (kg/ha), obtenido al momento de cosecha.

Se encontró una correlación negativa moderadamente baja ($r = -0.40$) entre la incidencia total de PDD y el rendimiento comercial de repollo obtenido en los diferentes tratamientos (Figura 9), lo que indica que aunque la PDD afectó el rendimiento comercial, su efecto no fue muy fuerte, debido a que la incidencia de larvas de esta plaga fue moderada durante el estudio (Figura 9).

Solamente se encontró diferencias estadísticas entre tratamientos ($P \leq 0.05$) en rendimiento comercial, ya que el rendimiento bruto o total fue estadísticamente similar para todos los tratamientos.

El testigo (6,905 kg/ha) fue el tratamiento que mostró el menor rendimiento comercial de repollo en el campo, debido principalmente a la pérdida de 690 kg de repollo/ha, equivalentes al 8% de su rendimiento total, por cabezas de repollo no comerciales (calidad 4 o más en la escala de Chalfant y Brett) (Figura 9).

La reducción en el rendimiento comercial del testigo coincide con la mayor incidencia general de larvas de PDD

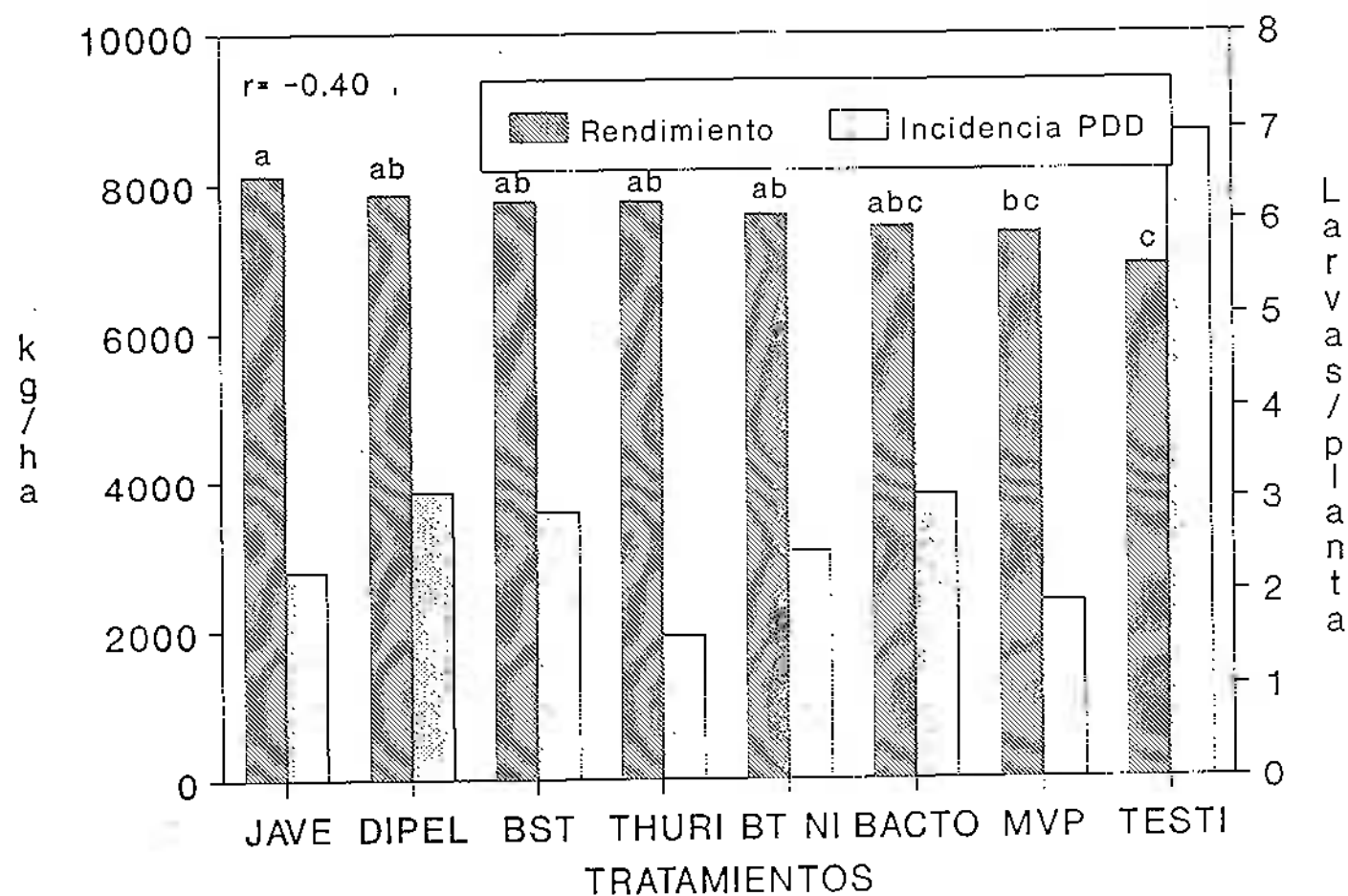


Figura 9. Correlación entre la incidencia total de PDD y el rendimiento comercial de repollo obtenido en ocho tratamientos evaluados en la EAP.

observada en el mismo (Cuadros 9 y 10) y con la menor calidad de repollo comercial obtenida (Figura 8), e indica el efecto nocivo de las larvas de PDD, aún cuando su incidencia fue moderada en el campo.

El rendimiento comercial de repollo del testigo fue estadísticamente similar al de los tratamientos MVP y Bactospeine, aunque estos dos últimos tratamientos no registraron pérdidas por repollos no comerciales, lo que indica que su menor rendimiento fue debido a factores ajenos a la incidencia de la PDD (Figura 9).

Cinco tratamientos mostraron mayores rendimientos comerciales que el testigo: Javelin (8,130 kg/ha), Dipel (7,867 kg/ha), BST (7,780 kg/ha), Thuricide (7,780) y Bt Nicaragüense (7,600 kg/ha) (Figura 9).

No se presentan análisis económicos, de los tratamientos, debido principalmente a dos razones: a) dificultad en calcular los costos de los tres Bt actualmente no comerciales en Honduras: MVP, BST y Bt Nicaragüense y b) alta variación de los precios del repollo en el mercado y la falta de una escala precisa de precios para las diferentes calidades de repollo en el mismo.

c) Control de Otros Lepidópteros

Se encontraron cuatro especies adicionales de lepidópteros: Tricloplusia ni (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), Heliothis spp. (L.) (Lepidoptera: Noctuidae),

Agrotis sp. (Lepidoptera: Noctuidae) y Estigmene acrea Drury (Lepidoptera: Arctiidae).

El cuadro 11 muestra el número promedio total de larvas/planta de estas cuatro especies adicionales de lepidópteros encontradas después de las cinco aplicaciones en los ocho tratamientos evaluados.

En general, la incidencia de estas cuatro especies adicionales fue bastante baja durante todo el ciclo de cultivo, siendo las dos especies de mayor incidencia: falso medidor del repollo (FM) (T.ni), y Heliothis zea (Cuadro 11).

La única de estas cuatro especies adicionales de lepidópteros en la que se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos ($P \leq 0.05$) fue la especie FM. Para esta especie, a su vez, solamente se encontraron diferencias en la incidencia total de larvas después de las cinco aplicaciones realizadas durante el ciclo de cultivo (Cuadro 11).

El testigo fue el tratamiento con la mayor incidencia total de FM en el campo, siendo estadísticamente similar ($P \leq 0.05$) a las formulaciones BST y MVP (Cuadro 11).

Es importante notar que MVP y BST fueron las formulaciones de Bt que presentaron la mayor incidencia de larvas de las dos especies adicionales de lepidópteros de mayor incidencia en el estudio (FM y H. zea), aunque en el caso de la segunda especie no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos (Cuadro 11).

CUADRO 11. Incidencia promedio total de larvas de cuatro especies de lepidópteros, adicionales a la PDD, en ocho tratamientos evaluados en la EAP (1).

TRATAMIENTOS	No. TOTAL DE LARVAS/PLANTA			
	<u>Trichoplusia ni</u>	<u>Heliothis spp.</u>	<u>Estigmene acrea</u>	<u>Agrotis spp.</u>
1. Thuricide	0.185 a	0.075	0.000	0.015
2. Dipel	0.185 a	0.075	0.005	0.005
3. Javelin	0.205 a	0.080	0.010	0.005
4. Bactospeine	0.270 ab	0.065	0.005	0.005
5. Bt Nicaragüense	0.285 ab	0.055	0.005	0.005
6. MVP	0.305 abc	0.130	0.040	0.000
7. BST	0.395 bc	0.185	0.005	0.010
8. Testigo	0.456 c	0.241	0.035	0.000
	** (2)	ns (3)	ns (3)	ns (3)
C.V (%)	36	93	279	132

(1) Cifras presentadas en el cuadro son la suma del número promedio de larvas encontradas a los 2, 4 y 7 días después de las cinco aplicaciones realizadas/tratamiento.

(2) Cifras seguidas por letras distintas son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

(3) ns= no significativo.

En el caso del MVP, la alta incidencia de larvas de estas dos especies adicionales de lepidópteros, fue debida probablemente a una alta especificidad de la formulación hacia PDD, ya que fue una de las formulaciones que presentó el mejor control de PDD a nivel de campo y una de las formulaciones con mayor virulencia sobre PDD a nivel de laboratorio (Cuadro 9 y Figuras 2 y 3).

En el caso del BST, la alta incidencia de estas dos especies adicionales de lepidópteros, indica una baja virulencia general de la formulación sobre larvas de este orden, ya que fue la formulación que presentó la más baja virulencia contra PDD a nivel de laboratorio (Figura 2) y una de las formulaciones que presentó el menor control sobre PDD a nivel de campo (Cuadro 9).

Cinco formulaciones de Bt mostraron un mejor control de FM que el testigo: Thuricide, Dipel, Javelin, Bactospeine y Bt Nicaragüense. De estas cinco formulaciones solamente las tres primeras mostraron un mejor control que el BST que constituyó la formulación que presentó el menor control de la plaga (Cuadro 11).

La Figura 10 muestra el porcentaje total de eficacia, en el control de larvas de FM, con respecto al testigo, observado en las siete formulaciones a base de Bt evaluadas.

El rango de eficacia total en el control de FM fue desde 14 hasta 59%, distinguiéndose tres grupos de formulaciones:

- a) tres formulaciones con porcentajes de eficacia total

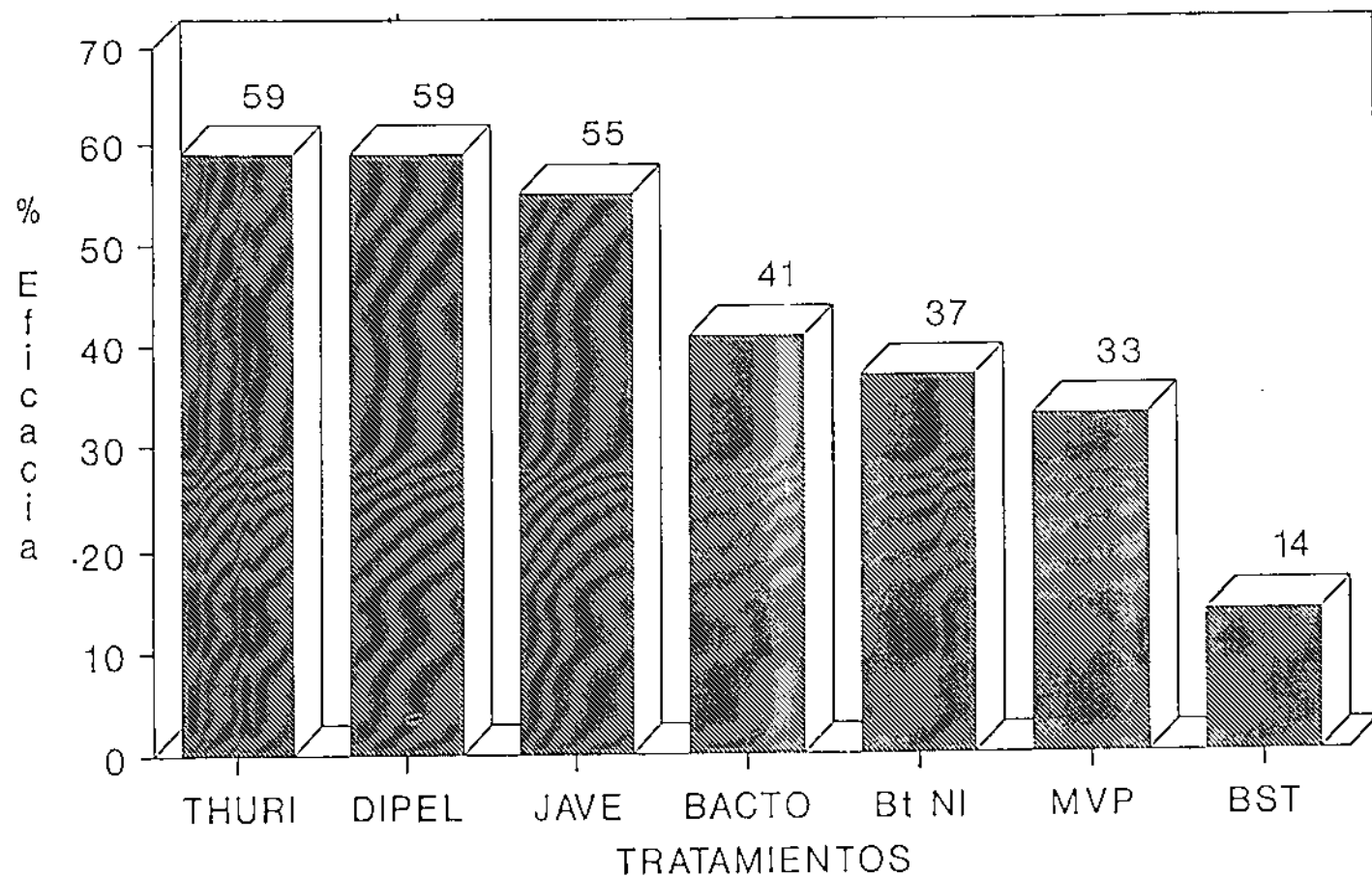


FIGURA 10. Porcentaje total de eficacia en el control de *I. ni* de siete formulaciones de Bt, evaluadas en la EAP.

superiores a 50%: Thuricide, Dipel, y Javelin, b) tres formulaciones con porcentajes de eficacia total entre 41 a 33%: Bactospeine, Bt Nicaragüense y MVP, y c) el BST (14%), que fue la formulación que presentó el menor porcentaje de eficacia total en el control de FM con respecto al testigo (Figura 10).

No se encontraron diferencias estadísticas en la incidencia de larvas de las otras tres especies de lepidópteros antes de las aplicaciones, ni en el número total de larvas encontradas después de las mismas, debido principalmente a los bajos niveles poblacionales registrados (Cuadro 11).

5) Conclusiones

- a) Todos los insecticidas a base de B. thuringiensis (Bt) evaluados fueron superiores al testigo en el control de la PDD, presentando todos ellos un porcentaje de eficacia total, con respecto al testigo, superior al 55%.
- b) Las formulaciones que mostraron el mejor control de larvas de PDD fueron: Thuricide, MVP y Javelin, en orden descendente, respectivamente, observándose un control intermedio por parte del Bt Nicaragüense, entre estas y las formulaciones Dipel, Bactospeine y BST, que presentaron un menor control.
- c) La principal mortalidad de larvas de PDD ocurrió durante los primeros dos días después de las aplicaciones, y continuó hasta los cuatro días después de realizadas las mismas, cuando

se observó la menor incidencia de larvas de PDD en todas las parcelas tratadas con Bt.

d) Se observó un incremento en la incidencia de larvas de PDD entre los 4 y los 7 días después de realizadas las aplicaciones, lo que indica que el efecto de las formulaciones de Bt evaluadas no prevalece por más de siete días en el campo.

e) Se encontró una correlación moderadamente alta ($r = 0.61$) entre la incidencia de PDD y la reducción de la calidad de repollo cosechado, lo que indica el efecto nocivo de esta plaga sobre el cultivo, aún cuando la incidencia sea moderada.

f) Las formulaciones Bt Nicaragüense, Thuricide, MVP y Javelin, presentaron la mejor calidad de repollo cosechado en orden descendente, respectivamente. Estas formulaciones fueron, a su vez, las que presentaron la menor incidencia de larvas de PDD.

g) Se encontró una correlación negativa relativamente baja ($r = -0.40$) entre la incidencia de larvas de PDD y el rendimiento comercial de repollo obtenido, siendo el testigo el único tratamiento que presentó reducción en el rendimiento comercial debido al ataque de la plaga.

h) Se encontraron larvas de cuatro especies adicionales de lepidópteros atacando el cultivo: Trichoplusia ni, Agrotis sp., Estigmene acrea y Heliothis sp. La incidencia de estas plagas fue baja durante el ciclo de cultivo, siendo T. ni la especie de mayor incidencia, seguida por Heliothis sp.

i) Solamente se encontró diferencias estadísticas entre tratamientos en la incidencia de una de las cuatro especies de lepidópteros adicionales (T. ni), debido principalmente a que la incidencia de las otras tres especies fue muy baja durante todo el estudio.

j) Los tres mejores tratamientos en el control de T. ni fueron: Thuricide, Dipel y Javelin, seguidos por Bactospeine y Bt Nicaragüense en orden descendente, respectivamente.

k) La formulación MVP mostró una alta especificidad sobre PDD, evidenciada por un bajo control sobre las larvas de las dos especies adicionales de lepidópteros de mayor incidencia (T. ni y Heliothis sp.).

6) Recomendaciones

a) Continuar las evaluaciones de estos insecticidas en el campo, para validar los resultados obtenidos bajo diferentes condiciones climáticas y diferentes poblaciones de PDD.

b) Evaluar el efecto de los insecticidas microbiales sobre el control biológico existente en el campo, como uno de los parámetros para determinar un mayor espaciamiento de las aplicaciones de los mismos.

c) Establecer dosis y criterios de aplicación óptimas para las diferentes formulaciones microbiales evaluadas.

d) Realizar análisis económicos para determinar los insecticidas que ofrecen el mayor beneficio neto y la mayor rentabilidad.

B) Evaluación de la Eficacia de 12 Tratamientos para el Control de PDD y otros Lepidópteros en Repollo y su Impacto Sobre el Control Biológico Existente en el Campo.

1) Introducción

Las evaluaciones en el campo de insecticidas, y de insecticidas microbiales particularmente, deben ser respaldadas por varias pruebas bajo diferentes condiciones que permitan predecir con mayor acierto el comportamiento de estos insecticidas en el control de las plagas en el campo.

La evaluación de insecticidas en parcelas de agricultores ofrece varios beneficios adicionales, entre ellos una mejor validación de los resultados por las condiciones más reales en que se realizan (condiciones propias del agricultor) y una adopción y/o extensión inmediata de los resultados obtenidos en las evaluaciones.

2) Objetivos

- a) Evaluar la eficacia de doce tratamientos en el control de la PDD en el cultivo de repollo, y
- b) Evaluar la eficacia de estos tratamientos sobre el control de otros lepidópteros en repollo.

3) Materiales y Métodos

Debido a que la metodología utilizada y los análisis realizados, en este ensayo de campo, fueron iguales a los implementados en el primer ensayo realizado en la Escuela Agrícola Panamericana (EAP) (pp. 79 a 86), solamente se

discuten aquí las variantes en la metodología de este ensayo (SJR), con respecto al anterior (EAP).

a) Fecha y Localización del Ensayo

El ensayo se realizó durante la época lluviosa de primera (mayo a julio) de 1992 en la comunidad de San Juan del Rancho (1,200 msnm).

Se utilizó el terreno de un agricultor de la comunidad, de textura franco arcilloso con un pH de 6.5 y un contenido de materia orgánica de 2.65%.

b) Diseño Experimental y Tratamientos

Se utilizó un diseño de bloques completos al azar con doce tratamientos y tres repeticiones por tratamiento.

Los tratamientos evaluados y sus dosis se describen en el Cuadro 12. Se evaluaron 10 formulaciones microbiales a base de dos microorganismos: 1) una formulación a base del virus de la polihedrosis nuclear de Autographa californica (VPNAc), y 2) nueve formulaciones a base de Bt. Las 10 formulaciones mencionadas anteriormente fueron comparadas con un insecticida químico (deltametrina) y un testigo absoluto, totalizando 12 tratamientos evaluados.

c) Toma de Datos y Análisis

Las aplicaciones estaban planificadas para realizarse semanalmente, pero debido a la baja incidencia de PDD en el

CUADRO 12. Descripción de los tratamientos evaluados para el control de PDD en el ensayo de campo realizado en la comunidad de San Juan del Rancho.

NOMBRES		DOSIS/ha (1)	FORMULACION
Comercial	Técnico		
Dipel	Bt*	800 ml	Solución emulsificable
Bt. Nica.	Bt	800 ml	Líquida
BST	Bt	800 ml	Concentrado hidrosoluble
MVP	Bt	800 ml	Líquida microencapsulada
Thuricide	Bt	800 g	Polvo mojable
Javelin	Bt	800 g	Gránulo soluble
Bactospeine	Bt	1,000 g	Polvo mojable
Novo Biobit	Bt	800 g	Polvo mojable
Bactec Bernam	Bt	750 g	Polvo mojable
VPN-80	VPNAc**	400 g	Polvo mojable
Decis 2-5	deltametrina	500 ml(2)	Concentrado emulsificable
Testigo	sin insectida (agua + adherente)		

(1) Dosis alta recomendada por el fabricante en cantidad de producto comercial/ha (p.c/ha).

(2) 500 ml de deltametrina (ml de pc/ha)= 14 ml de ingrediente activo/ha (i.a/ha).
CH= concentrado hidrosoluble, LH= líquida microencapsulada, WG= gránulo soluble,

* Bt= *Bacillus thuringiensis* Berliner var. *Kurstaki*

** VPNAc= Virus de la polihedrosis nuclear de *Autographa californica*.

campo debido a que era época lluviosa, fue necesario descontinuar las aplicaciones y establecer un nivel crítico tentativo de 0.2 larvas por planta, el cual fue obtenido mediante revisión bibliográfica (Guharay, 1990).

Se realizaron un total de tres aplicaciones durante todo el ciclo de cultivo, y al igual que en el ensayo anterior, se realizaron un total de cuatro muestreos/aplicación. El primer muestreo se realizaba cuatro horas antes de la aplicación y los demás a los 2, 4 y 7 días después de realizada la misma.

La secuencia semanal de los muestreos se mantuvo hasta el final del cultivo aún cuando no se realizaban aplicaciones debido a que la incidencia de la plaga estaba debajo del nivel crítico.

4) Resultados y Discusión

a) Control de PDD

El cuadro 13 resume la incidencia de larvas de PDD durante las tres aplicaciones realizadas, en los 12 tratamientos evaluados en la localidad de SJR.

La incidencia de larvas de PDD en el presente ensayo fue menor que la incidencia registrada en el de la EAP (Cuadros 9 y 13), debido principalmente a que el presente ensayo se realizó durante la época lluviosa que es la de menor incidencia de la plaga en el campo.

No se encontraron diferencias estadísticas ($P= 0.85$)

entre tratamientos antes del inicio de las aplicaciones (día cero), lo que indica que la población de larvas de PDD se encontraba uniformemente distribuida entre tratamientos (Cuadro 13).

En general, no se encontraron diferencias estadísticas ($P \leq 0.05$) entre formulaciones microbiales en ninguna de las tres fechas de muestreo posteriores a las aplicaciones (2, 4 y 7 DDA), encontrándose únicamente diferencias entre las formulaciones microbiales con respecto a los tratamientos testigo y deltametrina (Cuadro 13).

A los 2 DDA todas las formulaciones microbiales fueron estadísticamente superiores al testigo ($P \leq 0.05$) en el control de larvas de PDD, siendo todas ellas, a su vez, estadísticamente similares a deltametrina (Cuadro 13).

Deltametrina, por su parte, fue estadísticamente similar al testigo, aunque presentó una incidencia de larvas de PDD ligeramente menor (Cuadro 13).

Las diferencias estadísticas más amplias entre tratamientos ($P \leq 0.05$) fueron establecidas a los 4 DDA (Cuadro 13), al igual que en el primer estudio realizado en el EAP (Cuadro 9).

Esta mayor amplitud de las diferencias entre tratamientos a los 4 DDA, fue debida a que el mayor control de larvas de PDD, se realizó entre los primeros cuatro DDA.

Seis formulaciones microbiales (Dipel, VPN, Novo Biobit,

CUADRO 13. Incidencia promedio de larvas de PDD/planta, en 12 tratamientos, antes del inicio de las aplicaciones (día cero) y promedio total a los 2, 4 y 7 días después de las tres aplicaciones realizadas en el ensayo de campo de SJR.

TRATAMIENTOS	No. TOTAL DE LARVAS DE PPD/PLANTA			
	Días después de las aplicaciones			
	0 (1)	2	4	7
Bactec Bernam	0.40	0.20 a	0.13 a	0.14 a
Dipel	0.40	0.24 a	0.12 a	0.11 a
MVP	0.57	0.22 a	0.16 a	0.16 a
Javelin	0.37	0.24 a	0.13 a	0.17 a
Thuricide	0.50	0.22 a	0.15 a	0.18 a
VPN	0.30	0.22 a	0.19 a	0.16 a
Novo Biobit	0.47	0.26 a	0.23 ab	0.17 a
BST	0.47	0.28 a	0.21 ab	0.19 a
Bactospeine	0.40	0.21 a	0.28 ab	0.23 a
Bt Nicaragüense	0.50	0.33 a	0.21 ab	0.20 a
Deltametrina	0.27	0.41 ab	0.47 bc	0.68 b
Testigo	0.37 ns (2)	0.62 b **	0.47 bc **	0.56 b **
C.V (%)	49	45	62	59

(1) 0= número promedio de larvas de PDD antes del inicio de las aplicaciones.

(2) ns= no significativo ($P \leq 0.10$).

** Tratamientos seguidos por letras distintas son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

BST, Bactospeine y Bt Nicaragüense), presentaron una ligera reducción en la incidencia de larvas a los siete DDA, debido probablemente al fuerte impacto del control biológico observado en el campo (Cuadro 13).

A los 4 DDA los tratamientos se agruparon en tres grupos traslapados entre si: a) seis formulaciones microbiales (Bactec Bernam, Dipel, MVP, Javelin, Thuricide y VPN) que fueron estadísticamente superiores a los tratamientos deltametrina y testigo en el control de larvas de PDD, b) un grupo intermedio de cuatro formulaciones microbiales (Novo Biobit, BST, Bactospeine y Bt Nicaragüense) que fueron estadísticamente similares al primer grupo de tratamientos y al tercer grupo, y c) los tratamientos deltametrina y testigo que fueron los tratamientos con la mayor incidencia de larvas de PDD (Cuadro 13).

Las cinco formulaciones a base de Bt que formaron parte del primer grupo de tratamientos a los 4 DDA, fueron también formulaciones que presentaron una alta virulencia a nivel de laboratorio (Cuadros 3, 4 y Figuras 2, 3 y 4).

Las formulaciones MVP, Thuricide y Javelin presentaron una reducción relativa de su eficacia en el control de larvas de PDD, con respecto a Dipel, en el presente ensayo, comparada con su eficacia relativa, con respecto a Dipel, obtenida en el ensayo anterior (EAP).

La reducción relativa en la eficacia de estas tres formulaciones (MVP, Thuricide y Javelin) fue debida

principalmente a la reducción de sus dosis utilizadas/unidad de área, en el presente ensayo (SJR) (Cuadro 12), con respecto al ensayo anterior (EAP) (Cuadro 8); comparadas con las dosis de Dipel que se mantuvieron iguales en ambos estudios.

Lo anterior indica que existe una alta sensibilidad por parte de las formulaciones más virulentas en la fase de laboratorio, a cambios en las dosis utilizadas/unidad de área, y evidencia el efecto significativo de una alta pendiente de las de respuesta (pendiente mayor que 1) presentadas por estas formulaciones a nivel de laboratorio (Cuadros 3 y 4, y Figuras 2 y 3).

La formulación Novo Biobit presentó un control de larvas de PDD menor que lo esperado, tomando en cuenta su alta virulencia en la fase de laboratorio sobre la población de PDD de SJR. Aunque no existe una explicación segura sobre esta reducción de la virulencia en el campo, probablemente la misma fue debida a la combinación de: a) menor cobertura de la aplicación sobre las plantas de repollo, b) baja solubilidad de la formulación en agua (polvo mojable), y c) alta susceptibilidad de la formulación a degradación por factores ambientales, principalmente rayos solares.

A los 7 DDA todas la formulaciones microbiales fueron superiores a los tratamientos deltametrina y testigo, en el control de larvas de PDD, aunque no se encontraron diferencias estadísticas entre formulaciones microbiales, debido principalmente al impacto casi nulo de las mismas después de

los 4 DDA (Cuadro 13).

Deltametrina solamente presentó una incidencia ligeramente inferior de larvas de PDD, con respecto al testigo, a los 2 DDA, presentando una incidencia mayor que el testigo a los 7 DDA (Cuadro 13); lo que indica que deltametrina casi no ejerció control sobre las larvas de PDD, y que su leve efecto ocurre únicamente durante los primeros 2 DDA, a diferencia de las formulaciones microbiales evaluadas, en las que se observó efecto de control aún a los 4 DDA (Cuadro 13).

El efecto casi nulo de deltametrina en el control de larvas de PDD, fue debido probablemente a un alto nivel de resistencia hacia piretroides y hacia este compuesto en particular, por parte de la población de SJR, lo que ya fue determinado y reportado anteriormente por Ovalle (1989), al comparar la susceptibilidad de esta población de PDD con respecto a la susceptibilidad de una población de PDD criada en laboratorio.

Conversaciones con productores, en el campo, permitieron determinar que fenvalerato (Belmark) es uno de los insecticidas más utilizados actualmente para el control de PDD, ya sea solo o mezclado con insecticidas organofosforados (MTD) o con Bt (Dipel); existiendo, también, un uso en menor escala por parte de algunos productores, de deltametrina, solo o mezclado con insecticidas organofosforados o con Bt (Dipel).

Lo anterior apoya la hipótesis de que probablemente

existe desarrollo de resistencia cruzada entre piretroides (deltametrina y fenvalerato) y entre piretroides y organofosforados, por parte de la población de PDD de SJR. La resistencia cruzada entre piretroides y entre piretroides y otros compuestos, por parte de PDD, ya ha sido reportada por numerosos autores (Cheng, 1987; Miyata et al., 1987; Takeda et al., 1987 y Sun et al., 1987).

El cuadro 14 resume la incidencia de larvas de PDD/planta/día de aplicación (LPD), el cual, como ya se explicó anteriormente (p. 86), es un parámetro muy eficiente para medir la eficacia de insecticidas en el campo, debido a que indica la presión de la plaga sobre el cultivo por unidad de tiempo.

En general, la incidencia en el número de LPD fue muy similar entre las formulaciones microbiales, aunque se observó una incidencia ligeramente menor en la formulación Bactec Bernam (Bt) (Cuadro 14), que fue también una de las formulaciones más virulentas en la fase de laboratorio (Cuadros 3 y 4, Figuras 2, 3, y 4).

Todas las formulaciones microbiales fueron superiores a los tratamientos deltametrina y testigo, presentando un menor número de LPD. Estos dos últimos tratamientos a su vez fueron estadísticamente similares entre sí. La tendencia en el orden de los tratamientos fue la misma observada con el parámetro de número de larvas de PDD/planta/día de aplicación (Cuadro 14).

Es importante hacer notar, que aunque los tratamientos

CUADRO 14. Número promedio de larvas de PDD/planta/día en tres aplicaciones realizadas durante el ciclo de cultivo, y promedio de las tres aplicaciones, presentadas por 12 tratamientos evaluados para el control de PDD en la localidad de SJR.

TRATAMIENTOS	APLICACIONES			PROMEDIO (1)
	PRIMERA	SEGUNDA	TERCERA	
1. Bactec Bernam	0.236	0.152	0.138	0.175 a (2)
2. Dipel	0.271	0.142	0.126	0.180 a
3. MVP	0.297	0.195	0.116	0.203 a
4. Javelín	0.288	0.212	0.116	0.205 a
5. Thuricide	0.271	0.219	0.135	0.208 a
6. VPN	0.292	0.221	0.141	0.218 a
7. Novo Biobit	0.309	0.257	0.162	0.243 a
8. BST	0.426	0.193	0.143	0.254 a
9. Bactospeine	0.302	0.371	0.117	0.263 a
10. Bt Nicaragüense	0.357	0.278	0.181	0.272 a
11. Decis (deltametrina)	0.381	0.423	0.631	0.478 b
12. Testigo	0.655	0.550	0.457	0.554 b

(1) Número promedio de larvas de PDD/planta/día (LPD) de las cinco aplicaciones realizadas.

(2) Cifras seguidas de letras distintas son estadísticamente diferentes ($P \leq 0.05$).

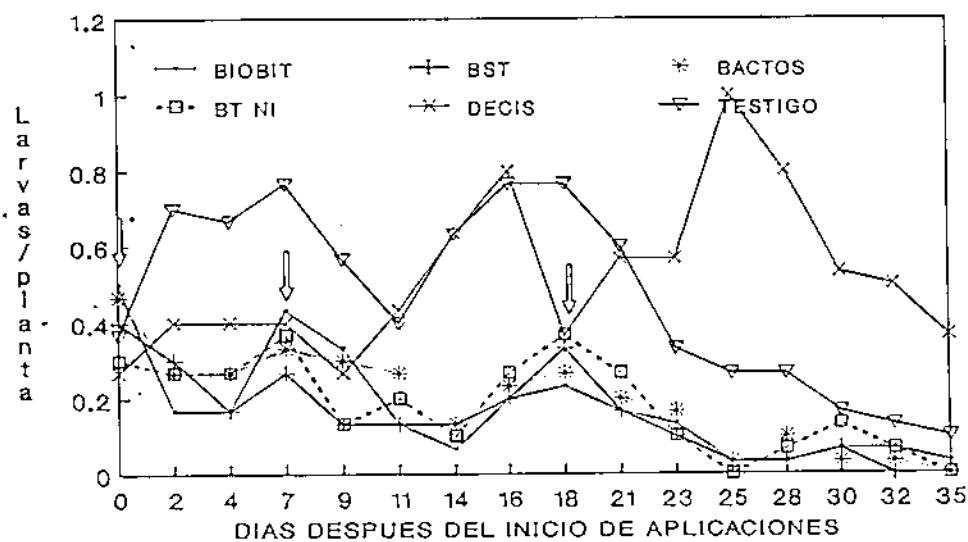
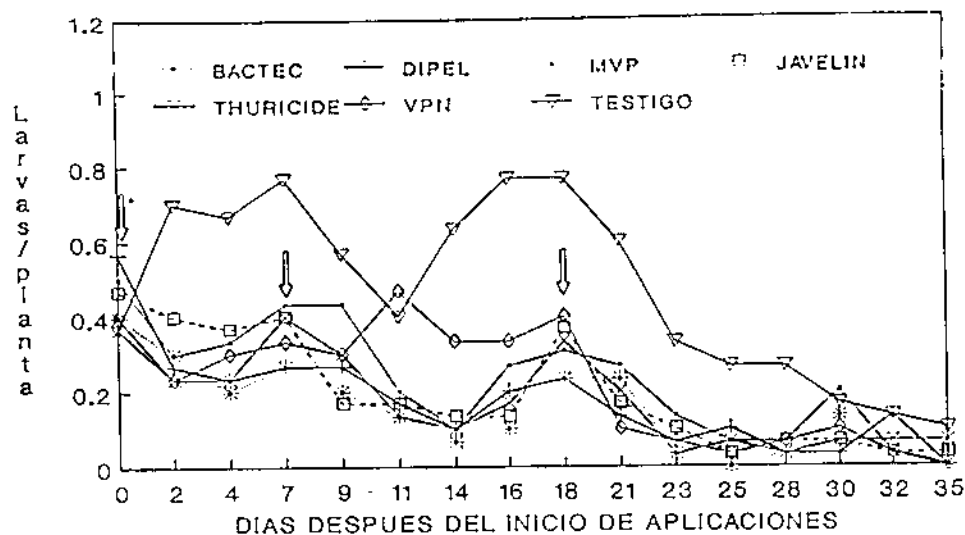


FIGURA 11. Dinámica poblacional de PDD en 12 tratamientos evaluados para su control en la localidad de SJR.

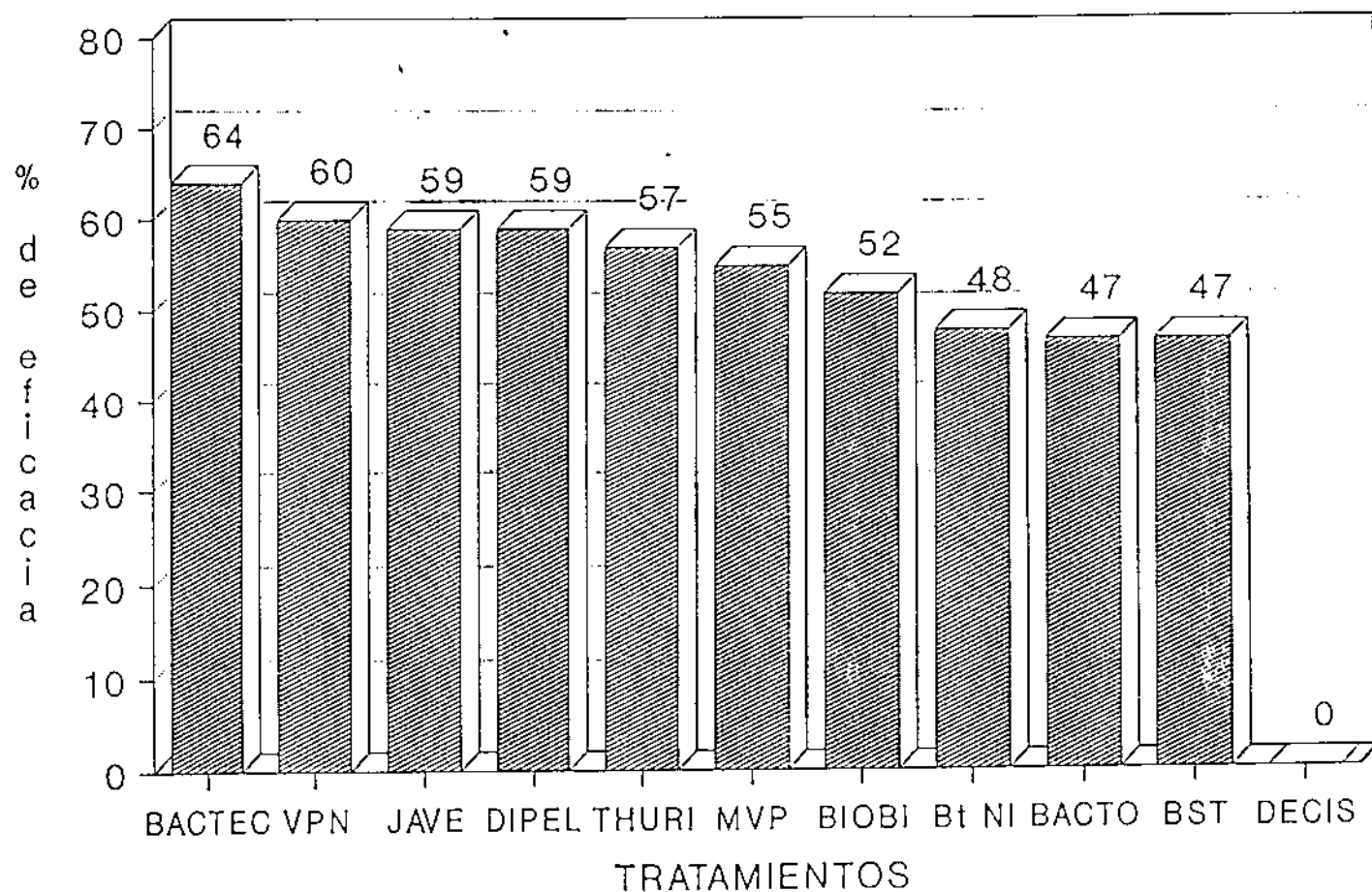


FIGURA 12. Porcentaje total de eficacia en el control de PDD de 11 insecticidas evaluados en la localidad de SJR.

deltametrina y testigo presentaron un número promedio de LPD estadísticamente similar, la evolución de la incidencia de LPD a través de las aplicaciones fue diferente entre ambos tratamientos, ya que en el testigo la incidencia fue mayor durante las dos primeras aplicaciones, mientras que para deltametrina la mayor incidencia se presentó durante la última aplicación, cuando la incidencia de LPD ya se había reducido notablemente en todos los demás tratamientos (Cuadro 14).

No existe una explicación segura de porque se presentó una mayor incidencia de LPD en el tratamiento deltametrina durante la última aplicación, aunque una hipótesis muy probable es la de que existe un estímulo reproductivo por parte de este compuesto sobre PDD, como consecuencia de la posible resistencia desarrollada hacia el mismo por parte de la plaga, y la cual ya mencionada anteriormente (pp. 116 y 117).

Los dos gráficos de la figura 11 muestran la dinámica poblacional de larvas de PDD en los 12 tratamientos evaluados para su control en la localidad de SJR.

En general, todas las formulaciones microbiales presentaron una reducción significativa en la incidencia de larvas de PDD a los 2 y 4 DDA, aunque no se registró el incremento en la incidencia de larvas entre los 4 y 7 DDA, observado en el ensayo en la EAP, excepto durante la primera aplicación (Figura 11).

Lo anterior fue debido probablemente a un mayor impacto

por parte del control biológico y la precipitación, en SJR, que impidieron el rebrote de larvas en el cultivo, aún cuando el efecto de las formulaciones microbiales era nulo en el campo.

En el tratamiento deltametrina solamente registró una ligera reducción en la incidencia de larvas de PDD a los 2 días después realizada la segunda aplicación, lo que indica el efecto casi nulo de esta formulación sobre las larvas de PDD, ya mencionado anteriormente (pp. 166, 117 y 119).

La reducción en la incidencia de larvas de PDD, fue más temprana y más marcada en este estudio (SJR) (Figura 11), con respecto al estudio anterior (EAP) (Figura 7), debido probablemente al efecto combinado de una mayor precipitación y un mayor control biológico de la plaga en el campo.

Los dos factores mencionados anteriormente ejercieron una fuerte regulación sobre la población de larvas de PDD en el cultivo, caracterizada por bajos niveles de incidencia de larvas durante las etapas finales del cultivo en la mayoría de los tratamientos, excepto en deltametrina, aún cuando en esas etapas no se realizaron aplicaciones (Gráficos a y b, Figura 11).

Los principales agentes de control biológico observados en este ensayo fueron básicamente los mismos observados en el ensayo de la EAP: arañas de las familias Lycosidae y Araneidae, tijeretas (Doru taeniata), avipas parasitoides Diadegma insulare, y avispas depredadoras del género Polybia

spp.

De los depredadores mencionados anteriormente, las arañas de la familia Lycosidae fueron las encontradas en mayor abundancia durante el estudio, y las que probablemente ejercieron un mayor impacto en el control de larvas de PDD, debido a que son depredadoras activas, que se caracterizan por no formar tela de seda y por buscar activamente sus presas a través del cultivo.

La Figura 12 muestra el porcentaje de eficacia con respecto al testigo de los 11 insecticidas evaluados. El porcentaje de eficacia es un parámetro relativo que indica el porcentaje de mortalidad de larvas de PDD en todos insecticidas con respecto al testigo.

En general, el rango de los porcentajes de eficacia de las formulaciones microbiales fue bien estrecho (54 a 70 %) (Figura 12) y ligeramente inferior al rango de eficacia registrado en el ensayo de la EAP (56 a 78%) (Figura 7), debido probablemente a la menor incidencia de larvas de PDD en el campo.

Todas las formulaciones microbiales evaluadas presentaron porcentajes de eficacia superiores al 54%, comparadas con deltametrina que presentó solamente un 5% de eficacia de control de PDD con respecto al testigo (Figura 12).

Las formulaciones Dipel y Bactec Bernam presentaron los mayores porcentajes de eficacia (70%), seguidas por cinco

formulaciones que presentaron porcentajes de eficacia superiores a 60%: MVP, Thuricide, Javelin, VPN y Novo Biobit (Figura 12).

Las tres formulaciones microbiales que presentaron los menores porcentajes de mortalidad con respecto al testigo fueron: Bt Nicaragüense, Bactospeine y BST. Estas tres formulaciones de Bt fueron a su vez, las formulaciones encontradas menos virulentas en la fase de laboratorio (Cuadros 3, 4, 5 y 6 y Figuras 2, 3 y 4).

b) Calidad y Rendimiento

Se encontró una correlación moderadamente alta ($r = 0.544$) entre la incidencia total de larvas de PDD y la reducción de la calidad del repollo cosechado (Figura 13). Esta correlación fue ligeramente menor que la registrada en el ensayo de la EAP ($r = 0.610$) (Figura 8), debido probablemente a la menor incidencia de PDD en el campo.

Ocho formulaciones microbiales (Javelin, Bactec Bernam, MVP, Thuricide, Dipel, VPN y Bt Nicaragüense) presentaron una mejor calidad de repollo cosechado ($P \leq 0.05$) que los tratamientos deltametrina y testigo, que fueron los tratamientos que presentaron la peor calidad (Figura 13).

La mayoría de las formulaciones microbiales fueron

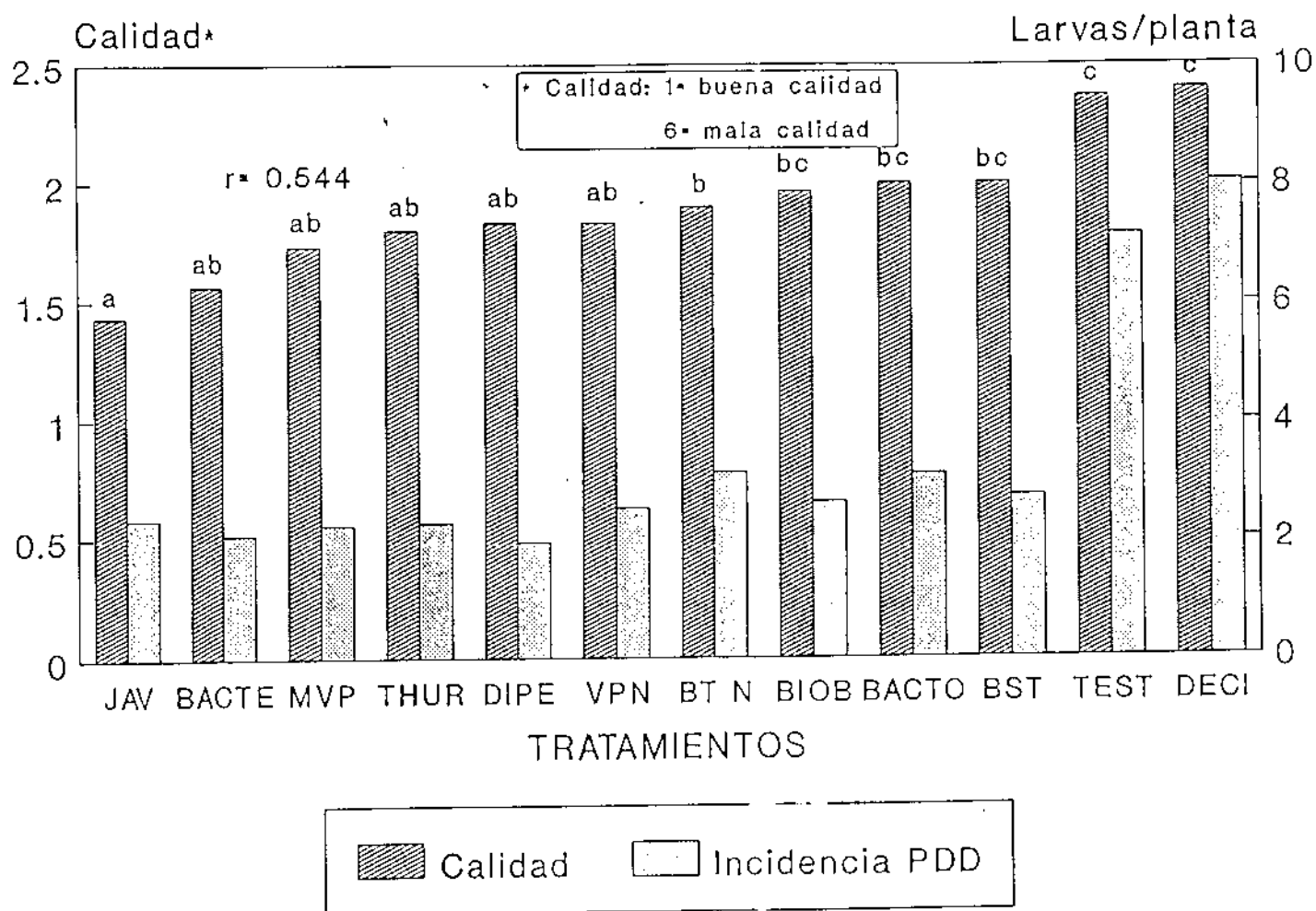


FIGURA 13. Correlación entre la incidencia total de PDD y la calidad de repollo obtenida en 12 tratamientos evaluados en la localidad de SJR.

estadísticamente similares entre si ($P \leq 0.05$), en cuanto a calidad de repollo cosechado, exepcto Javelin que fue estadísticamente superior a cuatro de las formulaciones microbiales evaluadas: Bt Nicaragüense, Novo Biobit, Bactospeine, y BST (Figura 13).

La correlación entre la incidencia total de larvas de PDD y el rendimiento comercial de repollo/unidad de área, fue más baja en el presente estudio ($r = -0.24$), que en el estudio realizado en la EAP ($R = -0.40$), debido principalmente a la menor incidencia de larvas de PDD en el presente estudio.

Cuatro de los cinco tratamientos que presentaron la mayor incidencia de larvas de PDD fueron los únicos que presentaron pérdidas en el rendimiento de repollo comercial debido al ataque de PDD: BST, deltametrina, Bactospeine y testigo (Figura 14). Esto indica que las larvas de PDD pueden causar reducción en el rendimiento comercial de repollo, y por ende perdidas económicas, aún a bajos niveles de incidencia.

Cuatro formulaciones microbiales presentaron un rendimiento de repollo comercial estadísticamente superior ($P \leq 0.05$) al del testigo: MVP, Dipel, Bt Nicaragüense, y Novo Biobit (Figura 14). Estas cuatro formulaciones no presentaron reducción en el rendimiento comercial debido al ataque de PDD, aunque el Bt Nicaragüense fue uno de los cinco tratamientos que presentó la mayor incidencia de larvas de PDD (Cuadro 13).

Esto indica que los parámetros de calidad y principalmente el de rendimiento fueron influenciados

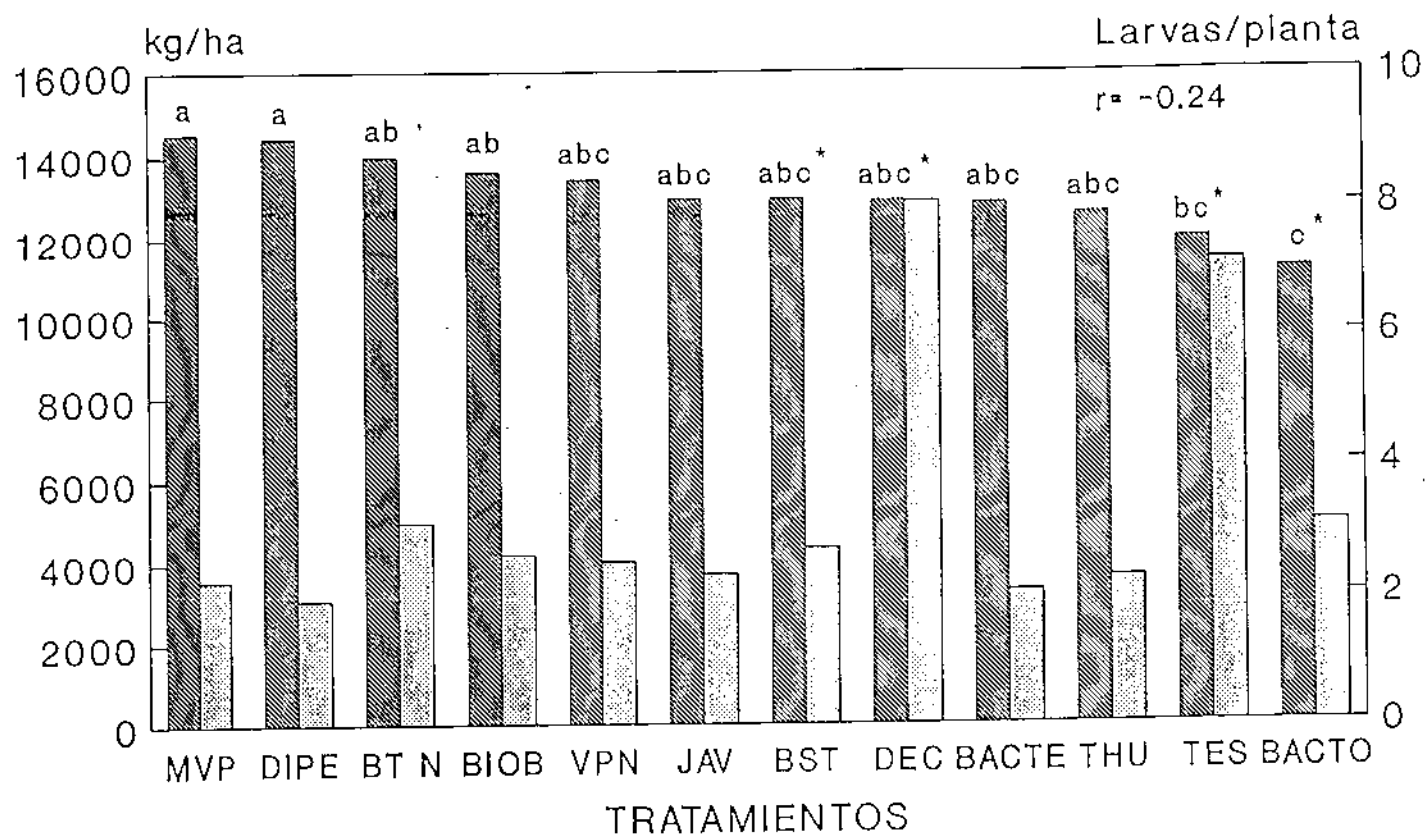


FIGURA 14. Correlación entre la incidencia total de PDD y el rendimiento de repollo comercial obtenido en 12 tratamientos evaluados en la localidad de SJR.

• Tratamientos con pérdidas en el rendimiento comercial

significativamente por otros factores ajenos a la incidencia de PDD.

De las seis formulaciones microbiales que presentaron un rendimiento comercial estadísticamente similar ($P \leq 0.05$) al del testigo, solamente BST y Bactospeine presentaron pérdidas en el rendimiento comercial debidas al ataque de PDD, lo que apoya también el hecho de que las diferencias entre tratamientos fueron altamente influenciadas por factores ajenos a la incidencia de PDD (Figura 14).

c) Control de Otros Lepidópteros

El Cuadro 15 muestra el numero promedio total de larvas/planta de las otras especies adicionales de lepidópteros encontradas durante el ciclo de cultivo en la localidad de SJR.

Se encontraron tres especies adicionales de larvas de lepidópteros: 1) Heliothis sp. (Lepidoptera: Noctuidae), 2) Trichoplusia ni (falso medidor (FM)) (Lepidoptera: Noctuidae), y 3) Leptophobia aripa (Lepidoptera: Pieridae) (Cuadro 15).

Las diferencias más notables en la incidencia de las especies adicionales de lepidópteros, entre los dos ensayos (EAP y SJR), fue la presencia de la especie L. aripa solamente en el ensayo de SJR, y la ausencia de las especies Estigmene acrea y Heliothis sp., en el mismo.

La incidencia de larvas de L. aripa en el presente ensayo (SJR), fue bien baja, encontrándose únicamente larvas de esta

CUADRO 15. Incidencia promedio de total de larvas de tres especies de lepidópteros, adicionales a la PDD, en 12 tratamientos evaluados en la localidad de SJR (1).

TRATAMIENTOS	No. TOTAL DE LARVAS/PLANTA		
	<u>Heliothis</u> sp.	<u>Trichoplusia</u> ni	<u>Leptophobia</u> aripa
1. Deltametrina	0.00	0.10	0.00
2. Bt Nicaragüense	0.10	0.13	0.00
3. VPN	0.13	0.37	0.00
4. BST	0.17	0.30	0.03
5. Bactospeine	0.20	0.13	0.00
6. Bactec Bernam	0.23	0.23	0.00
7. Novo Biobit	0.23	0.23	0.00
8. Thuricide	0.27	0.20	0.00
9. Javelin	0.27	0.13	0.13
10. Dipel	0.33	0.07	0.00
11. MVP	0.33	0.47	0.00
12. Testigo	0.50	0.33	0.03
	ns (2)	ns (2)	ns (2)
C.V (%)	37	44	34

(1) Cifras presentadas en el cuadro son la suma del número promedio de larvas encontradas a los 2, 4 y 7 días después de las tres aplicaciones realizadas/tratamiento.

(2) ns= no significativo.

especie en 3 de los 12 tratamientos evaluados ((BST, Javelin y testigo) (Cuadro 13).

Esta presencia de larvas de L. aripa en el cultivo fue debida probablemente a la cercanía del mismo con lotes sembrados anteriormente con brócoli el cual es un cultivo que atrae mucho a los pieridos.

Las dos especies adicionales de lepidópteros comunes a ambas localidades (Heliothis sp. y T. ni), fueron las especies de mayor incidencia en el presente ensayo, sin embargo, su incidencia fue menor que la encontrada en el ensayo anterior (EAP) (Cuadros 15 y 11), debido probablemente a la mayor precipitación en el presente ensayo.

La especie adicional, a PDD, de mayor incidencia en el presente ensayo fue Heliothis sp., lo que representa una diferencia con respecto al ensayo de la EAP, donde la especie adicional de mayor incidencia fue el FM (T. ni) (Cuadros 11 y 15).

Aunque Heliothis sp. fue la especie adicional de mayor incidencia, no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos, debido principalmente a que su incidencia fue muy baja durante todo el ciclo de cultivo (Cuadro 15).

En general, tampoco se encontraron diferencias estadísticas significativas ($P \leq 0.05$) entre tratamientos en cuanto a la incidencia de las otras dos especies de lepidópteros adicionales (Cuadro 15).

Aunque no se encontraron diferencias estadísticas entre

tratamientos en cuanto a la incidencia de las tres especies adicionales de lepidópteros, se observó una menor incidencia de las mismas en el tratamiento deltametrina (Cuadro 13), lo que podría indicar un control más efectivo por parte de este insecticida sobre esas tres especies, en comparación al control ejercido sobre las mismas por las formulaciones microbiales evaluadas.

No se encontró ninguna correlación entre la incidencia promedio total de larvas de las especies adicionales de lepidópteros y la reducción en la calidad de repollo cosechado, debido probablemente a que la incidencia de estas especies fue muy baja en el campo.

Al realizar un análisis de correlación entre la incidencia total de larvas de lepidópteros en el cultivo (sumatoria del número promedio total de larvas de PDD más el número promedio total de larvas de las especies adicionales de lepidópteros), y la reducción en la calidad del repollo cosechado, se encontró un nivel de correlación más bajo ($r=0.522$), que el nivel de correlación encontrado al comparar únicamente la incidencia total de PDD y la reducción en la calidad del repollo cosechado ($r=0.544$) (Figura 13).

Tampoco se encontró correlación entre la incidencia de las especies adicionales de lepidópteros y el rendimiento comercial de repollo obtenido, lo que indica que la incidencia de estas especies adicionales no tuvo efecto significativo sobre la producción de repollo, siendo la PDD la única especie

de importancia económica, y la cual afectó principalmente la calidad del repollo cosechado.

4) Conclusiones

- a) Todas las formulaciones microbiales mostraron una alta eficacia en el control de PDD, comparadas con el tratamiento deltametrina (Decis), que casi no presentó ningún control de esta plaga en el campo.
- b) El porcentaje de eficacia en el control de PDD (porcentaje de mortalidad de las larvas con respecto al testigo) superó el 50% en todas las formulaciones microbiales evaluadas, aún cuando la incidencia de la plaga fue baja durante todo el estudio debido principalmente a una mayor precipitación por tratarse de la época lluviosa.
- c) No se encontraron diferencias estadísticas entre formulaciones microbiales en el control de larvas de PDD, sin embargo, se observó un mejor control de esta plaga por parte de las formulaciones Bactec Bernam, Dipel, MVP, Javelin y Thuricide, las cuales fueron, también, formulaciones que mostraron una alta virulencia a nivel de laboratorio.
- d) El incremento relativo de la eficacia de Dipel en el control de larvas de PDD, con respecto a las formulaciones MVP, Thuricide y Javelin, fue debido principalmente a la reducción de las dosis de estas tres últimas formulaciones en el presente estudio con respecto a las dosis utilizadas en el estudio anterior (EAP); a diferencia de Dipel cuya dosis se

mantuvieron iguales en ambos estudios.

e) Lo anterior demuestra que existe una alta sensibilidad a cambios en las dosis, por parte de las formulaciones microbiales encontradas más virulentas en la fase de laboratorio.

f) Las formulaciones microbiales además de presentar un mejor control de larvas de PDD, con respecto a deltametrina, presentarán, también, un mayor tiempo de permanencia en el campo; registrándose control por parte de las mismas hasta los 4 días después de realizadas las aplicaciones.

g) Se encontraron tres especies adicionales de lepidópteros atacando el cultivo, las cuales fueron en orden de mayor a menor incidencia: 1) Heliothis sp., 2) Trichoplusia ni, y 3) Leptophobia aripa.

h) La incidencia de estas tres especies adicionales de lepidópteros fue bien baja durante todo el estudio, por lo que no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos, sin embargo, se observó una menor incidencia de las mismas en el tratamiento deltametrina, lo que podría indicar una mayor efectividad por parte de este insecticida hacia larvas de esas especies.

i) PDD fue la única especie de las cuatro especies de lepidópteros encontradas, que afectó significativamente la calidad y el rendimiento de repollo cosechado, aún cuando su incidencia fue baja durante el estudio.

j) Las larvas de PDD afectaron principalmente la calidad de

repollo cosechado, encontrándose una correlación moderadamente alta ($r = 0.544$), entre la incidencia total de larvas de PDD y la reducción en la calidad del repollo. Este nivel de correlación fue más bajo que el encontrado en el estudio anterior (EAP) ($r = 0.610$), debido principalmente a la menor incidencia de PDD durante el presente estudio.

k) Se encontró una correlación baja y negativa entre la incidencia de larvas de PDD y el rendimiento comercial de repollo cosechado ($r = -0.24$). Este nivel de correlación fue más bajo que el encontrado en el estudio anterior (EAP) ($r = -0.40$), debido, también, a la menor incidencia de PDD durante el presente estudio.

l) Cuatro de los cinco tratamientos con la mayor incidencia de larvas de PDD (testigo, deltametrina, BST y Bactospeine) fueron los únicos que presentaron reducción en el rendimiento comercial de repollo debido al ataque de PDD. Esta reducción en el rendimiento fue baja y no superó el 9% en ninguno de los casos. Para el resto de los tratamientos evaluados, las diferencias en el rendimiento fueron debidas a otros factores ajenos a la incidencia de PDD en el campo.

5) Recomendaciones

a) Capacitar a los productores de repollo sobre los principales aspectos relacionados con el control microbial, para fomentar el uso racional y eficiente de los mismos en el campo.

b) Realizar estudios para determinar niveles críticos y/o criterios de aplicación óptimos, que permitan reducir al máximo las aplicaciones de estos insecticidas en el campo, y por ende, evitar o reducir el desarrollo de resistencia hacia los mismos.

c) Realizar estudios para determinar dosis de aplicación óptimas en el campo, principalmente para las formulaciones encontradas más virulentas en la fase de laboratorio, las cuales demostraron ser más sensibles a cambios en las dosis.

d) Realizar análisis económicos para determinar los tratamientos que ofrecen los mayores beneficios netos y que presentan las mejores tasas de retorno marginal (TRM).

V. CONCLUSIONES GENERALES

- a) Se desarrolló un sistema eficiente y factible para la producción masiva de larvas de PDD de edad uniforme, denominado caja-botella de oviposición-plántula individual, el cual permitió obtener una producción promedio de 2,227 huevos/botella de oviposición conteniendo 50 adultos de PDD sin sexar.
- b) Las formulaciones de Bt más virulentas, a nivel de laboratorio, sobre las dos poblaciones de PDD evaluadas (VZ y SJR) fueron: Bactec Bernam, MVP, Javelin, Thuricide, y Dipel.
- c) La susceptibilidad entre ambas poblaciones de PDD (VZ y SJR) hacia la mayoría de las formulaciones de Bt evaluadas, fue similar, excepto la susceptibilidad hacia Dipel; lo que indica que, en general, no existe desarrollo de resistencia hacia Bt, al comparar ambas poblaciones de PDD entre si.
- d) La diferencia en la susceptibilidad hacia Dipel, por parte de las dos poblaciones de PDD estudiadas (VZ y SJR), indica que probablemente existe un leve desarrollo de resistencia, hacia esta cepa de Bt, por parte de la población de PDD de SJR.
- e) A nivel de laboratorio: las formulaciones Bactec Bernam y Javelin presentaron una mayor virulencia que Dipel (VZ y SJR); las formulaciones MVP y Thuricide presentaron una virulencia similar a Dipel (VZ y SJR); y las formulaciones Bt Nicaragüense y Bactospeine presentaron una virulencia menor

que Dipel (VZ y SJR), al igual que la formulación BST (VZ).

f) Para la mayoría de las formulaciones microbiales evaluadas la dosis media de campo recomendada por el fabricante fue mayor que la CL-90 a las 72 horas después de la exposición de las larvas de PDD.

g) Las formulaciones BST y Bt Nicaragüense fueron las únicas cuyas dosis utilizadas medias de campo fueron menores que la CL-90 a las 72 horas después de la exposición de las larvas de PDD, lo que indica la necesidad de realizar estudios para determinar dosis más adecuadas de estas dos formulaciones.

h) Todas las formulaciones microbiales fueron eficaces en el control de PDD en el campo, presentando todas ellas porcentajes de eficacia (porcentaje de mortalidad con respecto al testigo) superiores al 50% en las dos evaluaciones realizadas (EAP y SJR).

i) Las cinco formulaciones microbiales encontradas más virulentas en la fase de laboratorio (Bactec Bernam, MVP, Javelin, Thuricide y Dipel), fueron también las que presentaron el mejor control de larvas de PDD en el campo, más la adición de la formulación VPN en polvo, que presentó un buen control de larvas de PDD en el ensayo de campo de SJR, que fue el único estudio en que fue evaluada.

j) El mayor impacto de las formulaciones microbiales sobre las larvas de PDD en el campo, ocurre durante los primeros dos días después de la aplicación de los mismos, prolongándose por lo menos hasta los 4 días después de las aplicaciones.

k) Los resultados obtenidos en el campo evidencian que las formulaciones más virulentas en la fase de laboratorio, son altamente sensibles a cambios en las dosis en el campo.

l) En los dos ensayos de campo (EAP y SJR) se encontraron un total de cinco especies adicionales de larvas de lepidópteros atacando el cultivo de repollo: 1) Trichoplusia ni, 2) Heliothis sp., 3) Agrotis sp., 4) Estigmene acrea, y 5) Leptophobia aripa. La incidencia de estas especies fue mucho más baja que la incidencia de PDD en ambos estudios. Las dos primeras especies fueron las de mayor incidencia y las únicas encontradas en los dos ensayos de campo; mientras que las especies Agrotis sp. y Estigmene acrea fueron encontradas únicamente en el ensayo de la EAP, y la especie L. aripa fue encontrada únicamente en SJR.

m) Solamente se encontró diferencias estadísticas, entre tratamientos, en cuanto al control de larvas de Trichoplusia ni en el ensayo de la EAP, en el cual esta especie fue la de mayor incidencia. En el ensayo de SJR, la especie adicional de mayor incidencia fue Heliothis sp., para la cual no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos.

n) Las formulaciones Thuricide, Dipel y Javelin, fueron las que presentaron el mejor control de T. ni en el ensayo de la EAP. Estas formulaciones presentaron también una menor incidencia larvas de Heliothis sp., lo que indica que las mismas poseen un mayor rango de control de lepidópteros que el resto de las formulaciones microbiales evaluadas.

o) La formulación MVP presentó una alta especificidad de control sobre PDD, evidenciada por una mayor incidencia de T. ni y Heliothis sp. en los dos ensayos de campo (EAP y SJR).

p) Aunque no se encontraron diferencias estadísticas entre tratamientos en cuanto a la incidencia de especies de lepidópteros adicionales en el ensayo de SJR, se observó un mejor control de las mismas por parte del tratamiento deltametrina (Decis), comparado con el control ejercido sobre las mismas por las formulaciones microbiales evaluadas.

q) Las larvas de PDD fueron las principales responsables por las pérdidas económicas debidas a la reducción en la calidad y en el rendimiento comercial de repollo cosechado en los dos ensayos de campo realizados.

r) Las larvas de PDD afectaron principalmente la calidad del repollo cosechado en los dos ensayos de campo (EAP y SJR), encontrándose correlaciones moderadamente altas ($r = 0.61$ y $r = 0.54$, respectivamente), entre la incidencia de larvas de PDD y la reducción de la calidad de repollo cosechado en ambos estudios.

s) Las correlaciones encontradas entre la incidencia de larvas de PDD y el rendimiento comercial de repollo cosechado en los dos ensayos de campo (EAP y SJR), fueron bajas y negativas ($r = -0.40$ y $r = -0.24$, respectivamente), lo que indica que aunque la incidencia de PDD redujo el rendimiento comercial de repollo, no fue el principal ni el único factor afectando el rendimiento de este cultivo en el campo.

VI. RECOMENDACIONES GENERALES

a) Capacitar a los productores de repollo sobre los principales aspectos relacionados con el control microbial, con el objetivo de fomentar el uso racional de estos insecticidas biológicos en el campo.

b) Utilizar la metodología desarrollada en laboratorio para la determinación de las concentraciones letales, para continuar con el monitoreo de la susceptibilidad de poblaciones de PDD hacia diferentes insecticidas, y de esta forma poder determinar y/o evitar a tiempo el desarrollo de resistencia hacia insecticidas, y para poder recomendar, además, productos óptimos para poblaciones de PDD específicas.

c) Determinar épocas y/o criterios de aplicación óptimos, que permitan reducir al máximo el uso de los insecticidas microbiales en el campo, y por ende, reducir y/o evitar el desarrollo de resistencia hacia los mismos.

d) Realizar estudios para determinar las dosis óptimas de campo para las formulaciones microbiales evaluadas, y principalmente para aquellas formulaciones que fueron más virulentas y que presentaron las mayores pendientes en sus líneas de respuesta a nivel de laboratorio; debido a que estas formulaciones son más sensibles a cambios en las dosis utilizadas/unidad de área.

VII. RESUMEN

Con el objetivo de determinar la eficacia de las principales formulaciones comerciales a base de Bt y virus de la polihedrosis nuclear de Autographa californica (VPNAc), en el control de larvas de PDD en repollo, entre 1991 y 1992 se realizaron estudios a nivel de laboratorio y de campo.

En la fase de laboratorio se evaluaron secuencialmente, a través del tiempo, cinco sistemas de producción masiva de larvas de PDD, con el objetivo de encontrar uno eficiente y factible para la producción de una alta cantidad de larvas de PDD de edad uniforme. El último de los sistemas evaluados, denominado caja-botella de oviposición-plántula individual, fue el más eficiente y factible para la producción masiva de larvas de PDD de edad uniforme, obteniéndose con el mismo, una producción promedio total de 2,227 huevos/botella de oviposición conteniendo 50 adultos de PDD sin sexar.

En estudios de laboratorio se determinaron las concentraciones letales y las pendientes de las líneas respuesta de nueve formulaciones a base de Bt (Bactospeine, Thuricide, Dipel, MVP, Bt Nicaragüense, Bactec Bernam, Javelin, BST y Novo Biobit). Las formulaciones más virulentas sobre ambas poblaciones de PDD fueron: Bactec Bernam, Javelin, MVP, Thuricide y Dipel, encontrándose, también una alta virulencia por parte de la formulación Novo Biobit que solo fue evaluada sobre la población de PDD de SJR.

A nivel de laboratorio, se determinó también, la potencia

relativa de las formulaciones microbiales a base de Bt con respecto a la formulación Dipel. Las formulaciones Bactec Bernam y Javelin presentaron una mayor potencia relativa con respecto a Dipel sobre las dos poblaciones de PDD evaluadas (VZ y SJR), mientras que las formulaciones MVP y Thuricide presentaron una potencia relativa similar a Dipel en ambas poblaciones.

Solamente se encontró diferencias en la virulencia de Dipel sobre las dos poblaciones de PDD evaluadas. Esta formulación fue ligeramente más virulenta sobre la población de PDD del VZ, lo que podría indicar un leve desarrollo de resistencia, hacia esta cepa de Bt, por parte de la población de SJR, debido a un mayor uso de la misma en el campo.

Las concentraciones de producto comercial a las dosis medias recomendadas por los fabricantes, fueron superiores a la CL-90 a las 72 horas después de la exposición de las larvas de PDD, para la mayoría de las formulaciones de Bt evaluadas. Las formulaciones BST y Bt Nicaragüense, fueron las únicas que presentaron una concentración recomendada por el fabricante menor que la CL-90.

A nivel de campo se evaluó la eficacia de 12 y 8 tratamientos, en la Escuela Agrícola Panamericana (EAP) y SJR, durante las épocas seca y lluviosa, respectivamente. Todas las formulaciones microbiales evaluadas fueron altamente eficaces en el control de PDD en el campo, presentando todas ellas porcentajes de eficacia, con respecto al testigo,

superiores al 50% en los dos ensayos de campo.

Las formulaciones MVP, Thuricide, Javelin, Dipel, Bactec Bernam y VPN en polvo, fueron las que presentaron el mejor control de larvas de PDD en el campo. Las formulaciones microbiales más virulentas y que presentaron pendientes altas (mayores que uno) en sus líneas de respuesta, en la fase de laboratorio, fueron altamente sensibles a cambios en las dosis utilizadas/unidad área.

Se encontraron cinco especies adicionales de larvas de lepidópteros (Trichoplusia ni, Heliothis sp., Agrotis sp., Estigmene acrea y Leptophobia aripa). Las dos primeras especies fueron las de mayor incidencia y las únicas comunes en los dos ensayos de campo. Las formulaciones microbiales Thuricide, Dipel y Javelin fueron las que presentaron el mejor control de larvas de estas especies adicionales, mientras que MVP presentó un bajo control de las mismas.

La PDD fue la única especie de Lepidoptera causando pérdidas económicas en el cultivo de repollo en ambos estudios. Las larvas de esta plaga afectaron principalmente la calidad del repollo cosechado, y el su efecto sobre el rendimiento comercial de repollo fue mínimo debido a que su incidencia en los dos ensayos de campo no fue alta.

APENDICE 1. Concentraciones letales y pendientes de respuesta de ocho insecticidas microbiales a base de Bt a las 48 horas después de la exposición de las larvas de PDD, para la población del Valle del Zamorano.

L. (1)	Insecticida	CL-10	CL-50	CL-90	Pend. $\pm$ ES(2)	H. (3)	g(4)
VZ	Dipel	0.00038 (0.0007-0.00101)	0.00522 (0.0239 - 0.0093)	0.07152 (0.0379 - 0.18534)	1.127 ($\pm$ 0.2054)	0.21	0.128**
VZ	B.t. Nica	0.0185 (0.0024-0.0604)	0.712 (0.310-1.389)	27.326 (11.433-110.448)	0.809 ($\pm$ 0.144)	0.06	0.280**
VZ	MVP	0.001 (0.000-0.0018)	0.052 (0.0272-0.0947)	4.243 (1.839-5013.620)	0.672 ($\pm$ 0.846)	1.00	0.061**
VZ	Bactospeine	0.0005 (0.000-0.0144)	0.1470 (0.0015-1.442)	43.495 (3.596-0.369)	0.519 ($\pm$ 0.9727)	2.25*	0.802*
VZ	Javelin	0.001 (0.0003-0.0022)	0.01023 (0.0059-0.0167)	0.097 (0.056-0.215)	1.309 ($\pm$ 0.210)	0.13	0.099**
VZ	Bactec	0.0016 (0.0005-0.0034)	0.017 (0.009-0.027)	0.176 (0.100-0.400)	1.254 ($\pm$ 0.201)	0.27	0.098**
VZ	Thuricide	0.00257 (0.000-0.0087)	0.2686 (0.0076-0.6178)	0.281 (0.1162-1.4856)	1.258 ($\pm$ 0.2105)	1.32*	0.376*
VZ	BST	0.5231 (0.060-1.420)	22.698 (10.330-91.006)	984.79 (187.06-55.657)	0.783 ($\pm$ 0.823)	0.31	0.270**

- (1) L.= Localidad: VZ= Valle del Zamorano (2) Pend. $\pm$ ES= Pendiente $\pm$ error standard (3) H.= Factor de Heterogenidad= Chi cuadrado/ 3 (grados de libertad). Valores de H mayores que 1.00 van acompañados de un asterisco e indican un pobre ajuste de los datos al modelo de regresión utilizado.
- (4) g= índice de significancia para la estimación de potencia. Valores de g acompañados de 2 asteriscos (**) indican que los límites de confianza fueron calculados con una probabilidad 0.99. Valores de g acompañados de 1 asterisco (*) indican que los límites de confianza solo pudieron ser calculados hasta una probabilidad de 0.95.

VIII. BIBLIOGRAFIA

- ABBOTT LABORATORIES CHEMICAL AND AGRICULTURAL PRODUCTS DIVISION. 1986. Dipel el insecticida biológico para un fragil planeta. Boletín informativo, North Chicago, Illinois, USA. 17 p.
- BARRIOS, E.A. 1976. Ensayo biológico con Bacillus thuringiensis Berliner y Galecron en el control de gusanos de repollo (Brassica oleracea var. Capitata). Tesis de Ingeniero Agrónomo. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala. 66 p.
- BILIMORIA, S.L. 1985. Taxonomy and identification of baculoviruses. Chapter 2. In The Biology of Baculoviruses. Volume II. Granados y Federici Eds. CRC. pp. 37-59.
- BRUNNER, E. and P.T. STEVENS. 1985. Control of diamondback moth with Thuricide. In International workshop on diamondback moth management, AVRDC. Taiwán. p. 19.
- BURGERJON, A. and BIACHE, G. 1967. Tetratological effects in nymphs and adult insects, the Larvae of which ingested sublethal doses of pheromotable toxin of Bacillus thuringiensis Berliner. C.R. Hebd. Sci. 2ser. D. Sci. Natur. 264:2423-2425. (in French).
- BUSTILLO, A. E. 1989. Utilización de agentes microbiológicos. En Manejo Integrado de Plagas Insectiles en la Agricultura. Estado Actual y Futuro. Andrews y Quezada Eds. pp.211-228.
- CARBALLO, M.; G., CALVO y J.R., QUEZADA. 1989. Evaluación de criterios de aplicación de insecticidas para el manejo de Plutella xylostella en repollo. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No. 13:23-38.
- CARBALLO, M. y A. HRUSKA. 1989. Períodos críticos de protección y efecto de la infestación de Plutella xylostella L. (Lepidoptera: Plutellidae) sobre el rendimiento del repollo. Manejo Integrado de Plagas (Costa Rica) No. 14: 46-60.
- CHALFANT, R.B. and C.H., BRETT. 1965. Cabbage growth stages. New York's Food and Life Sciences. Bulletin No. 101. 4 p.
- CHALFANT, R.B.; W.H., DENTON; D.J., SCHUSTER and R.B., WORMAN.

1979. Management of cabbage caterpillars in Florida and Georgia by using visual damage thresholds. J. of Econ. Entomol. 72:411-413.
- CHANG, L.C. 1972. Vegetable insect control by Thuricide and other insecticides. Taiwán Agric. Quart. 8:164-169.
- CHAVEZ, C.E. 1989. Optimización del control químico de Plutella xylostella (L.) en repollo (Brassica oleracea var. Capitata) a través del uso de horas de aplicación y diferentes dosis por unidad de area vrs. concentración. Tesis Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana. Tegucigalpa, Honduras. 58 p.
- CHEN, W.J. and D.F., YEN. 1980. Pathogenesis of Bacillus thuringiensis Berliner to the diamondback moth Plutella xylostella (Lepidoptera: Plutellidae). NTU Phytopathol. Entomol. No. 7:31-36.
- EVANS, H.F. 1985. Ecology and epizootiology of baculoviruses. Chapter 4. In The Biology of Baculoviruses. Volume II. Granados y Federici Eds. CRC. pp. 89-132.
- FEDERICI, B.A. 1985. Ultraestructure of baculovirus. Chapter 3. In The Biology of Baculoviruses. Volume II. Granados y Federici Eds. CRC. pp. 62-108.
- FERNANDEZ, F. (1991). Sandoz agronoticias. Los insecticidas biológicos, hoy. (1) 1: 4 pp.
- FERSINI, A. 1976. Coles. En Horticultura práctica. Segunda edición. Diana. Mexico D.C., Mexico. pp. 269-299.
- FINNEY, D.J. 1971. Probit analysis. 3ra. Edic. Cambridge University Press, London.
- FLORES, M. (1990). Bacillus thuringiensis como alternativa biológica para el control de plagas. SANDOZ. México D.F., México. 14 pp.
- FLORES, M. sf. Eficientización del uso de Bacillus thuringiensis por medio de la segmentación. SANDOZ. México, D.F., México. 16 pp.
- GIBBONS, A. sf. Moths take the field against biopesticide. Science 254:646.
- GRANADOS, R.R. 1980. Infectivity and mode of action of

- baculoviruses. Biotechnology and Bioengineering
Vol. XXII: 1377-1405.
- GRANADOS, R.R. and B. A. FEDERICI. 1985. The biology of
baculoviruses. Volume II. Practical application
for insect control. CRC. 132 pp.
- HARCOURT, D. G. 1957. Biology of the Diamondback moth
Plutella maculipennis (Curt.) (Lepidoptera:
Plutellidae) in Eastern Ontario. II. Life-history,
behavior, and host relationships. The Canadian
Ento. Dec. No. 3659. pp. 554-564.
- HARCOURT, D.G. 1986. Population dynamics of the diamondback
moth in southern Ontario. In Diamondback Moth
Management. Proceedings of the First Workshop.
AVRDC. Sanhua, Taiwán. pp. 3-15.
- HERNANDEZ, M. 1988. Efecto de los insecticidas y las
malezas sobre *Diadegma* sp. (Cress), parásito de
Plutella xylostella (L) en repollo. Tesis
Ingeniero Agrónomo. Turrialba, Costa Rica. 83 pp.
- HERRERA, C.H. 1988. Evaluación de insecticidas para el
control de *Plutella xylostella* en repollo. Tesis
de Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola
Panamericana, Honduras. 65 p.
- HOY, M.; A.M., SHELTON and J.T., ANDALORO. Action thresholds
for processing cabbage, a short-term solution to a
long-term problem. Agriculture, Ecosystems and
Environment 16(1986):45-54.
- KENNEDY, G.G. and E.R. OATMAN. 1976. *Bacillus*
thuringiensis and pirimicarb: selective
insecticides for use in pest management on brocoli.
J. of Econ. Entomol. (69)6:767-772.
- KING, A.B.S. y J.L. SAUNDERS. 1984. Las plagas
invertebradas de cultivos anuales alimenticios en
América Central, Londres. tropical Development and
Research Institute, TDRI. London, Inglaterra. 181
p.
- KIRBY, R.D. and J.E., SLOSSER. 1984. Composite economic
threshold for three lepidopterous pest of cabbage.
J. Econ. Entomol. 77:725-733.
- LIM, G.S. (1987). Problemas y medios al manejo de la
palomilla dorso de diamante en Malasia. MARDI,
Serdan, Selangor, Malasia. 28 pp.

- MYCOGEN CORPORATION. (1992). In a class by itself. MVP. Florida Grower and Rancher. p. 9.
- MONTES, A. 1982. El cultivo de repollo en los valles de Comayagua y Siguatepeque. CATIE, Honduras. 24 p.
- MONTES, A. 1987. Guía práctica del cultivo de hortalizas. 2da. Ed. Escuela Agrícola Panamericana "El Zamorano", Honduras. 74 p.
- MONTES, A. 1990. Cultivo del repollo o col. En Manual de olericultura II. Escuela Agrícola Panamericana "El Zamorano", Honduras. s.p.
- MORA, M.D. 1990. Evaluación de alternativas de manejo de Plutella xylostella L. en el cultivo de repollo (Brassica oleracea var. Capitata) en Honduras. Tesis Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana. Tegucigalpa, Honduras. 116 p.
- MORISAK, D.J.; D.E., SIMONET and P.K., LINDQUIST. 1984. Use of action thresholds for management of lepidopterous larval pests of fresh-market cabbage. J. Econ. Entomol. 77:476-482.
- MSTAT-C. (1989). Statistic Analysis Program. Russell P. Fred Director. Michigan State University.
- OOI, P. A. 1986. Diamondback moth in Malaysia. In Diamondback Moth. Proceedings of the First International Workshop. AVRDC, Shanhua, Taiwan. pp. 25-33.
- OVALLE, O.R. 1989. Determinación de resistencia de Plutella xylostella L. a insecticidas comunes en Honduras. Tesis Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana. Tegucigalpa, Honduras. 37 p.
- PADMAVATHAMMA, K. and G.K, VEERESH. Effect of contamination of eggs of the diamondback moth, Plutella xylostella (Linnaeus) with nuclear polyhedrosis virus. J. of Biol. Control 3(1):73-74.
- POLO-PC. 1987. A user's guide to probit or logit analysis. LeOra Software. California, E.U. 22 pp.
- RUIZ, J. 1988. Tablas de vida y evaluación de pérdidas en el cultivo de repollo (Brassica oleracea var. Capitata) en la zona de San Juan del Rancho, Francisco Morazán, Honduras. Tesis de Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana. Honduras. 39 p.

- PEREIRA, R. and A., RUEDA. (1989). Isolation of Bacillus thuringiensis and Beauveria bassiana from different substrates and soils using selective techniques. 8 pp.
- SALINAS, P.J. 1977. Studies on the ecology of the larvae of Plutella xylostella (L.) (Lepidoptera:Plutellidae). 1. Distribution and description of the different stages. Acta Biol. Venez. 9(3): 271-282.
- SALINAS, P.J. 1984. Studies of the larvae of Plutella xylostella (Linnaeus) (Lepidoptera: Plutellidae), a world pest of cruciferous crops. Normal and 'spacing' behavior. Turrialba 34(1): 77-84.
- SANCHEZ, R. 1990. Manejo integrado de plagas en el cultivo de repollo (Brassica oleracea var. Capitata) en Honduras. En Memoria del III Congreso Internacional de Manejo Integrado de PLagas. Managua, Nicaragua.
- SANDOZ. (1985). Javelin. Preguntas y Respuestas. 5 pp.
- SASTRODIHARJO, S. Diamondback moth in Indonesia. In Diamondback Moth. Proceedings of the First International Workshop. AVRDC, Shanhua, Taiwan. pp. 35-41.
- SEARS, M.K; R.P., JAKES and J.E., LAING. 1985. Utilization of action thresholds for microbial and chemical control of lepidopterous pests (Lepidoptera: Noctuidae, Pieridae) on cabbage. J. Econ. Entomol. 76:368-374.
- SECAIRA, E.; ANDREWS, K.L. 1987. El cultivo de repollo en Honduras, la necesidad del manejo integrado de plagas. Publicación MIPH-EAP No. 109. Tegucigalpa, Honduras. sp.
- SHELTON, A.M.; M.K., SEARS; J.A., WYMAN and T.C., QUICK. 1983. Comparison of action thresholds for lepidopterous larvae on fresh market cabbage. J. Econ. Entomol. 76:196-199.
- TABASHNIK, B. 1986. Model for managing resistance to fenvalerate in the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). 79: 1447-1451.
- TABASHNIK, B.K; N.E., CUSHING and M.W. JOHNSON. 1987. Diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) resistance to insecticides in Hawaii: intra-island variation and cross resistance. J. Econ. Entomol.

80(6):1091-1099.

- TABASHNIK, B.K.; N., FINSON and M.W., JOHNSON. 1991. Managing resistance to Bacillus thuringiensis: lessons from the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae).
- VAIL, P.V.; D.K., HUNTER and D.L., JAY. 1972. Nuclear polyhedrosis of the diamondback moth, Plutella xylostella. J. of Invertebrate Pathology 20:216-217.
- VAN RIE, J.; W.H., MCGAUGHEY, D.E., JOHNSON, B.D., BARNETT and H., VAN MELLAERT. 1990. Mechanism of resistance to the microbial insecticide Bacillus thuringiensis. Science, 247:72-74.
- VARELA, G. and F., GUHARAY. (1987). Efectividad de cuatro insecticidas en control de larvas de Plutella maculepennis (Curtis) y Leptophobia aripa (Boisd) en el cultivo del repollo (Brassica oleracea var. Supertte).
- VASQUEZ, L.A. 1988. Tablas de vida y evaluación de muestreos en el cultivo de repollo (Brassica oleracea var, Capitata). Tesis Ingeniero Agrónomo. Escuela Agrícola Panamericana. Tegucigalpa, Honduras. 44 p.
- VASQUEZ, E.; A., RUEDA; K., ANDREWS y G., MARQUEZ. 1985. Eficacia de cinco insecticidas para el control de Empoasca spp en el cultivo de frijol en Danlí, Honduras. Documento MIPH-EAP No. 40. Trabajo presentado en la XXXI reunión anual del PCCMCA, San Pedro Sula, Honduras. pp. 128-139.
- WILDING, N. 1986. The pathogens of diamondback moth and their potential for its control - a review. In Diamondback Moth. Proceedings of the First International Workshop. AVRDC, Shanhua, Taiwan. pp. 220-232.

APENDICE 2. Concentraciones letales y pendientes de respuesta de ocho insecticidas microbiales, a base de Bt a las 48 horas después de la exposición de las larvas de PDD, para la población de San Juan del Rancho.

L. (1)	Insecticida	CL-10	CL-50	CL-90	Pend. $\pm$ ES (2)	H. (3)	g (4)
SJR	Dipel	0.0034 (0.000-0.01)	0.039 (0.014 - 0.084)	0.458 (0.195-1.950)	1.200 ($\pm$ 0.177)	1.17*	0.261*
SJR	Bt Nica	0.242 (0.004-0.719)	0.757 (0.351-1.426)	23.719 (10.482-85.024)	0.857 ($\pm$ 0.147)	0.42	0.113**
SJR	MVP	0.00131 (0.000-0.012)	0.051 (0.003-0.335)	1.978 (0.307-13.501)	0.807 ($\pm$ 0.101)	4.51*	0.715*
SJR	Bactospeine	0.003 (0.000-0.213)	0.201 (0.0323-1.203)	13.481 (1.944-2,741.22)	0.702 ($\pm$ 0.846)	3.58*	0.528*
SJR	Javelin	0.001 (0.000-0.002)	0.017 (0.009-0.030)	0.315 (0.166-0.765)	1.01 ($\pm$ 0.1466)	0.93	0.081**
SJR	Bactec	0.002 (0.0006-0.003)	0.013 (0.0081-0.019)	0.105 (0.063-0.22)	1.407 ($\pm$ 0.213)	0.06	0.088**
SJR	Thuricide	0.003 (0.000-0.009)	0.275 (0.009-0.064)	0.252 (0.103-1.455)	1.332 ($\pm$ 0.209)	1.55*	0.387*
SJR	Novo Biobit	0.000	0.006	0.207	0.823 ($\pm$ 0.131)	6.42*	1.639

- (1) L.= Localidad: SJR= San Juan del Rancho. (2) Pend. $\pm$ error standart. (3) H. Factor de Heterogenidad= Chi cuadrado/3 (grados de libertad). Valores de H. mayores que 1.00 van acompañados de un asterisco un pobre ajuste de los datos al modelo de regresión utilizado (Finney, 1987).
- (4) g= Índice de significancia para la estimación de potencia. Valores de g acompañados de 2 asteriscos (**) indican que los límites de confianza fueron calculados hasta una probabilidad de 0.99. Valores de g acompañados de 1 asterisco (*), indican que los límites de confianza solo pudieron ser calculados hasta una probabilidad de 0.95. Valores de g sin ningún asterisco indican que los límites de confianza no pudieron ser estimados bajo ninguna probabilidad, debido a un ajuste pobre de los resultados al modelo de regresión utilizado (Finney, 1987).

APENDICE 3. Concentraciones letales y pendientes de respuesta de ocho insecticidas microbiales a base de Bt a las 96 horas después de la exposición de las larvas de PDD, para la población del Valle del Zamorano.

L. (1)	Insecticida	CL-10	CL-50	CL-90	Pend. $\pm$ ES (2)	H. (3)	g (4)
VZ	Dipel	0.00005 (0.0000-0.00026)	0.00105 (0.00017-0.00259)	0.02227 (0.0102-0.07922)	0.965 ($\pm$ 0.254)	0.48	0.266**
VZ	B.t. Nica	0.00601 (0.00061-0.02059)	0.1134 (0.0393-0.23113)	2.13835 (1.04539-6.2459)	1.005 ($\pm$ 0.199)	0.33	0.152**
VZ	MVP	0.000127 (0.00043-0.00242)	0.00829 (0.00501-0.01264)	0.05432 (0.03284-0.11775)	1.569 ($\pm$ 0.279)	0.30	0.122**
VZ	Bactospeine	0.00039 (0.00002-0.00164)	0.00771 (0.00191-0.01865)	0.15288 (0.06459-0.55824)	0.988 ($\pm$ 0.222)	0.61	0.194**
VZ	Javelin	0.00055 (0.0001-0.0013)	0.00348 (0.00153-0.00624)	0.02214 (0.01209-0.05624)	1.594 ($\pm$ 0.352)	0.91	0.188**
VZ	Bactec	0.00003 (0.0000-0.00018)	0.00085 (0.0001-0.00228)	0.02661 (0.01221-0.09523)	0.857 ($\pm$ 0.228)	0.74	0.273**
VZ	Thuricide	0.00097 (0.00017-0.00237)	0.0072 (0.00319-0.01252)	0.0537 (0.03011-0.13537)	1.469 ($\pm$ 0.324)	0.32	0.186**
VZ	BST	0.335 (0.08757-0.7232)	4.14384 (2.40419-6.96318)	51.25766 (24.81282-177.78255)	1.173 ($\pm$ 0.223)	0.33	0.138**

(1) L.= Localidad; VZ= Valle del Zamorano. (2) Pend. $\pm$ ES= Pendiente $\pm$ error standard. (3) H.= Factor de Heterogenidad= Chi cuadrado/3 (grados de libertad). Valores de H. mayores que 1.00 van acompañados de un asterisco que indica un pobre ajuste de los datos al modelo de regresión lineal utilizado (Finney, 1987).
 (4) g= Índice de significancia para la estimación de potencia. Valores de g mayores que 1 indican que los valores calculados podrían estar fuera de límite. Valores de g acompañados de 2 asteriscos (**) indican que los límites de fueron calculados hasta una probabilidad de 0.99. Valores de g acompañados de 1 asterisco (*) indican que los límites de confianza solo pudieron ser calculados hasta una probabilidad de 0.95.

APENDICE 4.

Concentraciones letales y pendientes de respuesta de ocho insecticidas microbiales a base de Bt a las 96 horas después de la exposición de las larvas DE PDD, para la población de San Juan del Rancho.

L. (1)	Insecticida	CL-10	CL-50	CL-90	Pend. $\pm$ ES(2)	H. (3)	g(4)
SJR	Dipel	0.00048 (0.00006-0.00137)	0.00453 (0.014 - 0.084)	0.04272 (0.02243-0.12151)	1.315 ($\pm$ 0.303)	0.39	0.204**
SJR	B.t. Nica	0.00952 (0.00176-0.02518)	0.11331 (0.351-1.426)	1.34797 (0.70905-3.44511)	1.191 ($\pm$ 0.220)	0.32	0.131**
SJR	MVP	0.00127 (0.00032-0.00258)	0.00609 (0.003-0.335)	0.02935 (0.06459-0.55824)	1.878 ($\pm$ 0.415)	0.02	0.188**
SJR	Bactospeine	0.00017 (0.00002-0.0005)	0.00277 (0.0323-1.203)	0.04394 (0.02404-0.11695)	1.067 ($\pm$ 0.209)	0.72	0.148**
SJR	Javelin	0.00017 (0.00002-0.0005)	0.00171 (0.009-0.030)	0.01684 (0.0088-0.04876)	1.291 ($\pm$ 0.299)	0.32	0.206**
SJR	Bactec	0.00005 (0.0000-0.00031)	0.00059 (0.0081-0.019)	0.0071 (0.0032-0.03337)	1.184 ($\pm$ 0.469)	0.02	0.603**
SJR	Thuricide	0.00152 (0.00027-0.00343)	0.00789 (0.009-0.064)	0.04104 (0.02441-0.09607)	1.789 ($\pm$ 0.435)	0.07	0.227**
SJR	Novo biobit	0.00027 (0.00003-0.00071)	0.00196 (0.00079-0.00328)	0.01391 (0.00813-0.03733)	1.504 ($\pm$ 0.384)	0.01	0.250**

(1) L.= Localidad; SJR= San Juan del Rancho. (2) Pend. $\pm$ ES= Pendiente $\pm$ error standard. (3) H.= Factor de Heterogenidad= Chi cuadrado/3 (grados de libertad). Valores de H. mayores que 1.00 van acompañados de una asterisco que indica un pobre ajuste de los datos al modelo de regresión utilizado (Finney, 1987).

(4) g= Indice de significancia para la estimación de potencia. Valores de g mayores que 1 indican que los valores calculados podrían estar fuera de límite. Valores de g acompañados de asteriscos (**) indican que los límites de confianza solo pudieron ser alcálados hasta una probabilidad de 0.95.