

K

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONOMICAS

EVALUACION DE ONCE TRATAMIENTOS PARA EL CONTROL
DE Plutella xylostella (L.) EN BROCOLI (Bras-
sica oleracea var. Italica). AGUA DULCE,
ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.

TESIS
PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA
DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA DE LA
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

POR
DAVID OTONIEL MENDOZA RAMIREZ

En el acto de investidura como
INGENIERO AGRONOMO
EN
SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA
EN EL GRADO ACADEMICO DE
LICENCIADO

Guatemala. septiembre de 1992.



Guatemala, septiembre de 1992.

Honorable Junta Directiva
Honorable Tribunal de Honor
Facultad de Agronomía
Presente.

Estimados Señores:

En cumplimiento de las normas establecidas por la Ley Orgánica de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de someter a su consideración el trabajo de tesis titulado:

EVALUACION DE ONCE TRATAMIENTOS PARA EL CONTROL
DE Plutella xylostella (L.) EN BROCOLI (Bras-
sica oleracea var. Italica). AGUA DULCE,
ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.

Como requisito previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas, esperando su aprobación.

Aprovecho la oportunidad para suscribirme de ustedes.

Atentamente,



Br. David Otoniel Mendoza Ramírez.
Carnet: 84-10035

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

Dr. LUIS ALFONSO FUENTES SORIA

JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA

DECANO	Ing. Agr. Efraín Medina Guerra.
VOCAL PRIMERO	Ing. Agr. Maynor Estrada Rosales.
VOCAL SEGUNDO	Ing. Agr. Waldermar Nufio Reyes.
VOCAL TERCERO	Ing. Agr. Carlos R. Motta de Paz.
VOCAL CUARTO	Br. Elías Raymundo Raymundo.
VOCAL QUINTO	P. Agr. Francisco R. Ibarra.
SECRETARIO	Ing. Agr. Marco R. Estrada Muy.

ACTO QUE DEDICO

- A JEHOVA:** Por ser fuente de conocimientos y sabiduría.
- A MIS PADRES:** Tomas Mendoza Beteta
Susana Ramírez de Mendoza.
- A MIS HERMANOS:** Fernando, Estuardo y Cesar (Q.E.P.D.)
- A MI CUÑADA:** Fabiola.
- A MIS SOBRINOS:** Ivin y Fernando.
- A MI FAMILIA:** En general.

TESIS QUE DEDICO

- A:** Guatemala.
- A:** La Universidad de San Carlos de Guatemala.
- A:** La Facultad de Agronomía.
- A:** El Instituto Enrique Gomez Carrillo.
- A:** Mis compañeros del Instituto Enrique Gomez Carrillo y de la Facultad de Agronomía.
- A:** Mis compañeros de trabajo en DISAGRO.
- A:** Mis amigos en general.

AGRADECIMIENTOS

- A:** Los Ingenieros Agrónomos Samuel Cordova y Manuel Tum, por su valioso apoyo en el asesoramiento del presente trabajo.
- A:** Ing. Mario Aguilar, Gerente de operaciones de DISAGRO por su apoyo en la realización del presente trabajo y brindarme la oportunidad de culminar mi carrera.
- A:** Los compañeros de trabajo, Ing. Agr. Alejandro Vega y Loida Morales por su colaboración en el presente trabajo.
- A:** Sr. Castulo Rodriguez, por su colaboración en el ejecución del trabajo de campo.

CONTENIDO

PAG.

CONTENIDO GENERAL	vii
INDICE DE FIGURAS	ix
INDICE DE CUADROS	x
RESUMEN	xii
1. INTRODUCCION	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
3. MARCO TEORICO	5
3.1 MARCO CONCEPTUAL	5
3.1.1 Características agronómicas del brócoli	5
3.1.2 Importancia económica	7
3.1.3 Valor nutritivo	8
3.1.4 Características del brócoli para exportación	9
3.1.5 Descripción general de <u>P. xylostella</u> (L.)	10
3.1.6 Características generales del control biológico	13
3.1.7 Características generales del <u>B. thuringiensis</u>	14
3.2 MARCO REFERENCIAL	21
3.2.1 Descripción general del área experimental	21
3.2.2 Características del material experimental	22
4. OBJETIVOS	24
5. HIPOTESIS	25
6. METODOLOGIA	26
6.1 Descripción de los tratamientos	26
6.2 Diseño experimental	28
6.3 Modelo estadístico	28
6.4 Manejo del experimento	29
6.5 Variables respuesta	31

	PAG.
6.6 Análisis de datos	32
7. RESULTADOS Y DISCUSION	34
7.1 Porcentaje de infestación	34
7.2 Rendimiento de floretes exportables	40
7.3 Rendimiento de floretes no exportables	43
7.4 Análisis de rentabilidad	44
8. CONCLUSIONES	48
9. RECOMENDACIONES	49
10. BIBLIOGRAFIA	50
APENDICE	52

INDICE DE FIGURAS

	PAG.
FIGURA 1. Porcentaje de infestación de larvas de <u>P. xy-</u> <u>lostella</u> (L.), de los tratamientos 2,3,6,10 comparados con el testigo absoluto, a los lar- del ciclo del cultivo	38
FIGURA 2. Porcentaje de infestación de larvas de <u>P. xy-</u> <u>lostella</u> (L.), de los tratamientos 1,4,5,7,8, 9 comparados con el testigo absoluto, a lo largo del ciclo del cultivo	39
FIGURA 3 "A". Ubicación de la aldea Agua Dulce en el depar- tamento de Chimaltenango	53

INDICE DE CUADROS

	PAG.
CUADRO 1. Exportaciones de brócoli, período 1975-1989	8
CUADRO 2. Contenido nutritivo de 100 gr. de brócoli	9
CUADRO 3. Tratamientos evaluados en el experimento	27
CUADRO 4. Prueba de SNK, aplicada a las medias del porcentaje de infestación de larvas de <u>P. xylostella</u> (L.). Agua Dulce, Zaragoza Chimaltenango. Septiembre de 1991	35
CUADRO 5. Prueba de SNK, aplicada a las medias de rendimiento de floretes exportables. Agua Dulce, Zaragoza, Chimaltenango. Septiembre de 1991	42
CUADRO 6. Prueba de SNK, aplicada a las medias de rendimiento de floretes no exportables. Agua Dulce, Zaragoza, Chimaltenango. Septiembre de 1991	44
CUADRO 7. Análisis de rentabilidad del tratamiento 10 (tecnología del agricultor). Agua Dulce, Zaragoza, Chimaltenango. Septiembre de 1991	45
CUADRO 8. Análisis de rentabilidad del tratamiento 2 (insecticida biológico, inicio de aplicación 10 días después del trasplante y 1.40 lt/ha). Agua Dulce, Zaragoza, Chimaltenango, Septiembre de 1991	46
CUADRO 9. Análisis de rentabilidad del tratamiento 11 (testigo absoluto). Agua Dulce, Zaragoza, Chimaltenango. Septiembre de 1991	46
CUADRO 10 "A". Croquis del diseño experimental	54
CUADRO 11 "A". Porcentaje de infestación de larvas de <u>P. xylostella</u> (L.) en brócoli, al momento de la cosecha. Agua Dulce, Zaragoza, Chimaltenango. Septiembre de 1991	55
CUADRO 12 "A". Análisis de varianza para la variable porcentaje de infestación de larvas de <u>P. xylostella</u> (L.). Agua Dulce, Zaragoza, Chimaltenango. Septiembre de 1991	55
CUADRO 13 "A". Rendimiento de floretes de brócoli exportables en kg/ha y cantidad de plantas cosechadas por hectárea. Agua Dulce, Zaragoza, Chimaltenango. Septiembre de 1991	56

PAG.

CUADRO 14 "A". Análisis de covarianza para la variable rendimiento de floretes exportables. Agua Dulce, Zaragoza, Chimaltenango. Septiembre de 1991		57
CUADRO 15 "A". Rendimiento de floretes no exportables en kg/ha y cantidad de plantas cosechadas por hectárea. Agua Dulce, Zaragoza, Chimaltenango. Septiembre de 1991		58
CUADRO 16 "A". Análisis de covarianza para la variable rendimiento de floretes no exportables. Agua Dulce, Zaragoza, Chimaltenango. Septiembre de 1991		59

EVALUACION DE ONCE TRATAMIENTOS PARA EL CONTROL
DE Plutella xylostella (L.) EN BROCOLI (Bras-
sica oleracea var. Italica). AGUA DULCE,
ZARAGOZA, CHIMALTENANGO.

EVALUATION OF ELEVEN TREATMENTS TO CONTROL Plutella
xylostella (L.) IN BROCOLI (Brassica oleracea
var. Italica). AGUA DULCE, ZARAGOZA,
CHIMALTENANGO.

RESUMEN

En la zona occidental de Guatemala, el cultivo de brócoli, hortaliza muy apetecida en el mercado exterior, ha sido muy afectada debido a problemas con plagas, especialmente con Plutella xylostella (L.); por tal razón, se realizó la presente investigación para evaluar el efecto de 11 tratamientos para controlar dicha plaga en la aldea Agua Dulce, Zaragoza, Chimaltenango. El objetivo principal de la investigación fué determinar entre los distintos tratamientos a base de insecticida biológico y la tecnología empleada por el agricultor cuál era el más eficiente para el control de larvas de P. xylostella (L.) y cuál proporcionaba la mayor rentabilidad.

El experimento contó con 9 tratamientos a base de insecticida biológico (Bacillus thuringiensis Kurstaki) como resultado de la combinación de 3 épocas de inicio de aplicación con 3 dosis, un tratamiento con insecticidas químicos con su respectivo registro de EPA y un testigo absoluto sin aplicación de insecticidas, los cuales fueron dispuestos en un diseño en bloques al azar, con 4 repeticiones, lo que hizo un total de 44 unidades experimentales

de 13.5 m cuadrados cada una. Las variables respuesta fueron, porcentaje de infestación de larvas de P. xylostella, rendimiento de floretes exportables y no exportables. Para el porcentaje de infestación se realizaron muestreos tomando como parámetros la presencia o ausencia de larvas por planta (sí-no); con respecto al rendimiento, se cosecharon los floretes y se clasificaron en exportables y no exportables de acuerdo al diámetro del florete, daño físico, ausencia de insectos y daño de los mismos, botón completamente cerrado y floretes compactos.

Los resultados obtenidos son respecto al porcentaje de infestación de larvas indicaron que el tratamiento con insecticidas químicos y los tratamientos con insecticida biológico en los que se iniciaron las aplicaciones 10 y 15 días después del trasplante fueron los más eficientes para el control de larvas de P. xylostella (L.); con respecto al rendimiento de floretes exportables, los resultados indican que el tratamiento con insecticidas químicos y los tratamientos con insecticida biológico son estadísticamente iguales, siendo el tratamiento con insecticidas químicos el que representó la más alta rentabilidad.

1. INTRODUCCION

Definitivamente los plaguicidas tradicionales han sido el medio más usado contra las plagas de la agricultura y la salud humana. En la década de los cincuentas, cuando comenzaron a usarse se consideraban como la solución ideal; pero, poco a poco se ha descubierto que estos pueden ser un arma de dos filos; ya que, los insectos desarrollan resistencia y los plaguicidas dejan residuos tóxicos en el ambiente (4).

Para resolver los problemas que ocasionan las plagas se debe hacer uso de un sistema que utilice técnicas, no solo para disminuir los daños ocasionados por las plagas, sino también para aumentar el rendimiento sin perjuicio de la salud del hombre y del ambiente; es por esto que el control biológico es importante como una alternativa en el control de plagas.

Los microorganismos que se pueden utilizar en el control biológico por causar enfermedades a los insectos son: bacterias, hongos, virus y protozoarios. Entre las bacterias el mejor ejemplo es el Bacillus thuringiensis; este bacilo es una bacteria que infecta un gran número de especies de insectos, especialmente lepidópteros (1).

Actualmente Plutella xylostella (L.) es considerada como una plaga de importancia económica en la producción de hortalizas, especialmente para el cultivo del brócoli (Brassica oleracea var.

Italica); en el cual, las perforaciones hechas a la flor hacen que el producto no llene los requisitos para el mercado internacional (3).

La presente investigación se realizó en la aldea Agua Dulce, Zaragoza, Chimaltenango, con la finalidad de encontrar la mejor alternativa para el control de larvas de P. xylostella (L.) en el cultivo de brócoli, por medio de la evaluación de nueve tratamientos con B. thuringiensis Kurstaki en los que se evaluaron épocas de inicio de aplicación y dosis del insecticida biológico, un tratamiento con la tecnología del agricultor a base de insecticidas químicos y un tratamiento sin aplicación de insecticidas que sirvió como testigo absoluto.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El brócoli es una hortaliza muy apetecida en el mercado exterior y por la estabilidad de su precio, su producción en gran parte se destina a la exportación; lo cual, representa una fuente de divisas para el país (3).

Para que el cultivo de brócoli sea rentable es necesario obtener el mayor porcentaje de floretes de primera calidad; aspecto que ha sido afectado debido a problemas con plagas, especialmente, con P. xylostella (L.) que se ha convertido en una plaga difícil de controlar por la resistencia que ha adquirido a ciertos grupos de insecticidas; por esto, los productos a utilizar deben ser bien seleccionados y además deben de tener su prespectivo registro de EPA (Agencia de protección ambiental de los Estados Unidos). Estos productos se encuentran en el mercado a precios altos; pero, se caracterizan por no dejar residuos tóxicos en los productos vegetales si se utilizan adecuadamente.

Entre los requisitos que se exigen a los productos de exportación se pueden mencionar: ausencia de insectos y daños provocados por estos, ausencia de residuos de plaguicidas; por lo que para el control de plagas, sólo se recomiendan productos aprobados por la EPA, porque con cierta frecuencia el gobierno de los Estados Unidos rechaza, regresando hacia el país exportador, lotes completos de productos vegetales con residuos de plaguicidas. Tal situación se traduce en pérdidas de todo tipo, tanto para el país

de donde procede la exportación como para el sector productivo (9).

Por los inconvenientes mencionados anteriormente es necesario enfocar el manejo de plagas desde el punto de vista biológico, con el que además de controlar larvas de lepidópteros, específicamente de P. xylostella (L.), se evitan los problemas con residuos tóxicos en los productos vegetales y no se daña el ambiente.

Estas consideraciones motivaron la realización del presente estudio, en el que se evaluaron nueve tratamientos con insecticida biológico a base de B. thuringiensis kurstaki, un tratamiento a base insecticidas químicos (tecnología del agricultor) y un testigo absoluto sin aplicación de insecticidas, con el fin de encontrar alternativas para el control de larvas de P. xylostella (L.). Esta investigación se realizó en la aldea Agua Dulce, Zaragoza, Chimaltenango, de mayo a octubre de 1991.

3. MARCO TEORICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1 Características agronómicas del brócoli:

El brócoli (Brassica oleracea var. Italica), pertenece a la familia de las crucíferas del grupo de las coles. Produce brotes o inflorescencias en forma de cabezas aéreas de color verde azulado, su ciclo vegetativo fluctúa entre los 90 y 110 días, es de crecimiento erecto alcanzando alturas que oscilan entre 50 y 70 cm. La inflorescencia es finamente granulada y su diámetro oscila entre 12 a 15 cm (5).

El brócoli se desarrolla en mejor forma en climas templados y fríos a altitudes de 1050 a 2700 m sobre el nivel del mar, con temperaturas medias que oscilen entre 15 a 21 grados centígrados. No resiste heladas severas y no produce yemas florales a temperaturas superiores de 30 grados centígrados (10).

Los híbridos de brócoli se clasifican de acuerdo a su período vegetativo en precoces, intermedios y tardíos, siendo algunos de ellos (3,9):

- a. precoces: Green Duke, Green Comet, Pirata
- b. intermedios: Green valiant, Shogun
- c. tardías: Medium Late, Pacífica.

El brócoli se puede sembrar en cualquier época de año,

siempre que existe buena humedad en el suelo para resistir el trasplante o germinación de la semilla. Para Guatemala es recomendable efectuar dos siembras en el invierno, una en el mes de mayo y la otra en el mes de agosto (9).

Para la siembra del brócoli, los suelos deben estar bien preparados y libres de malezas. El brócoli requiere suelos bien drenados con alto contenido de materia orgánica, buena retención de humedad y un ph de 6 a 7 (3).

En el brócoli, las principales plagas del suelo son la gallina ciega (Phyllophaga sp.), el gusano nocheró (Prodenia sp.) y el gusano alambre (Agrotis sp.).

Las principales plagas del follaje son el gusano de la col (Pieris sp.) y la palomilla de dorso de diamante (Plutella xylostella (L.)).

Las principales enfermedades son, en el semillero, el mal del talluelo (Pythium sp., Rhizoctonia sp., Phytophthora sp., Fusarium sp.) y en el campo definitivo, la mancha negra (Alternaria sp.) y mildiu vellosó (Peronospora sp. (2)).

El brócoli debe cosecharse cuando la inflorescencia ha alcanzado su óptimo desarrollo; lo cual sucede a los 75 a 90 días después del trasplante. Las cabezas cuando alcanzan su pleno desarrollo miden entre 12 y 15 cm de diámetro, son compactas, de gra-

nulación fina y un color verde intenso. Para la cosecha se corta el tallo a 15 cm o como exija el centro de acopio. Después del corte hay que mantener el producto a la sombra y transportarlo en cajas o canastas a los centros de acopio en el menor tiempo posible para mantener la calidad del producto cosechado. Los rendimientos fluctúan entre 5830 a 9720 kg/ha, según la variedad y el distanciamiento de siembra (3).

3.1.2 Importancia económica:

La importancia económica del brócoli se debe actualmente a su demanda en el mercado internacional, principalmente en los Estados Unidos de Norteamérica (15).

El brócoli es un vegetal importante entre los alimentos congelados, supera a la coliflor y otros de su familia. Durante la última década, los cultivos tradicionales han sido desplazados por las hortalizas, principalmente aquellas con demanda en el extranjero, tanto en fresco como congelado (15).

El cuadro 1, muestra como se ha incrementado la exportación de brócoli de 1978-1989.

Cuadrpo 1. Exportaciones de brócoli, período 1978-1989.

Año	Peso (tm)	Ingreso Q.
1978	326.35	265,724.13
1979	679.18	567,356.50
1980	1,674.68	1,755,418.28
1981	430.44	402,908.00
1982	1,174.73	1,082,862.00
1983	1,421.11	1,166,347.40
1984	1,552.03	1,297,252.00
1985	2,555.74	1,242,091.08
1986	5,974.13	2,598,076.30
1987	13,657.08	7,988,142.40
1988	14,119.22	8,269,187.15
1989	10,845.72	8,505,556.79

Fuente: Departamento de Cuarentena vegetal, Dirección de Sanidad Vegetal, DIGESA, Guatemala.

3.1.3 Valor nutritivo:

De acuerdo al contenido nutritivo del brócoli, se puede determinar la importancia que tiene para la dieta alimenticia humana

(17).

El cuadro 2, resume los principales elementos nutritivos del brócoli.

Cuadro 2. Contenido nutritivo de 100 gr. de brócoli.

Elemento	Contenido
Humedad	80%
Calorías	29
Proteína	3 gr.
Carbohidratos	6 gr.
Ca y Mg.	130
Fósforo	76%
Hierro	1 ppm
Vitamina A	35000 U.I.
Vitamina B	0.1 mg.
Vitamina C	118 mg.

FUENTE: Tabla de composición de alimentos.
Universidad Agrícola. Molina, Perú, 1978.

3.1.4 Características del brócoli para exportación:

El mercado externo es muy exigente respecto a la calidad de floretes para exportación; pues, no tolera ningún daño físico, ni mucho menos daños provocados por insectos o insectos presentes en la inflorescencia o floretes. Tampoco se tolera la presencia de residuos de plaguicidas; por lo que, para el control de plagas solo se recomiendan productos que tengan su respectivo registro de EPA (Agencias de protección ambiental de los Estados Unidos). Por otro lado el botón floral debe estar completamente cerrado, la inflorescencia debe estar compacta y de un diámetro mayor a 13 cm. El tallo debe ser compacto aunque el tallo hueco es tolerable por las compañías exportadoras (9).

3.1.5 Descripción general de Plutella xylostella (L.):

Clasificación taxonómica:

Orden: Lepidóptera

Familia: Plutellidae

Genero: Plutella

Especie: Xylostella

Nombre científico: Plutella xylostella (L.)

Nombre común: Palomilla de dorso de diamante.

El adulto de este insecto es un microlepidóptero, cuya longitud puede variar de 8 a 12 mm. Los machos tienen la característica de presentar sobre el dorso del cuerpo y al centro de las alas tres marcos amarillos en forma de rombo o diamante, con dos puntos bien diferenciados en cada uno (1).

Los adultos son relativamente quietos durante las horas del día, aunque vuelan rápidamente en zig zag si son molestados. Un típico lugar de reposo para los adultos es debajo del follaje de las coles, siendo la actividad de vuelo intensa en el crepúsculo. La mayoría de los huevos son ovipositados en los primeros días de la emergencia de la hembra, declinando posteriormente (1).

Los huevos son de color blanco amarillento, casi esféricos de 0.5 mm de diámetro. La hembra pone sus huevos en grupos aislados de 2 a 4 y puede poner hasta 200, pero el

número total varía de acuerdo a fluctuaciones de temperatura, humedad y calidad de la alimentación. Estos son colocados por la hembra en el interior de las hojas, de preferencia en las recién formadas y casi nunca quedan expuestos directamente al ambiente (1).

Ochoa (14) realizó estudios del ciclo biológico de este insecto en 1988, reportando que los huevos eclosionan a los 4 días a 24.4 grados centígrados y a los 2 días como mínimo a 27.8 grados centígrados.

Las larvas recién eclosionadas son de color crema, con un punto negro que corresponde a la cabeza. Conforme avanzan los estadios, su coloración se va tornando verde, del verde claro a un verde pálido, hasta un acua, ya próxima a empupar aumenta la tonalidad. Los extremos de la larva son ligeramente ahusados, sus segmentos están bien diferenciados y cubiertos de pequeñas vellosidades de color negro, la larva se reduce en sus extremos y tiene el mayor grosor en el centro, el tamaño de la larva completamente desarrollada puede variar de 8 a 10 mm (1).

Las larvas tienen la característica de ir dejando un hilo sedoso, de modo que al hacer molestadas se dejan caer y quedan suspendidas de éste; además estas larvas al ser removidas de las hojas saltan, teniendo un movimiento brusco, se retuercen y finalmente quedan inmóviles en una posición de

herraje (1).

Ochoa (14) reporta que las larvas viven 23 días a 23.3 grados centígrados y 5 días a 27.8 grados centígrados.

En su estado de pupa, el cocón dentro del cual el gusano completamente desarrollado cambia a palomilla, es un saco de seda de 1.2 cm de largo; es tan delgado y tejido en forma suelta, que casi no esconde a la pupa. La palomilla emerge del cocón al término de una semana e inmediatamente inicia otra generación; de las cuales puede haber de 2 a 5 o más al año en las regiones templadas (18).

Los adultos hembras inician la oviposición en el brócoli de 15 a 20 días después del trasplante. Las larvas son las que causan daño al producir innumerables perforaciones en el follaje y cabezas en formación estas perforaciones dan origen a pudriciones secundarias causadas por hongos y bacterias, en consecuencia alteran el valor comercial y comestible del brócoli (2).

Este insecto es cosmopolita que varios investigadores lo reportan causando serios daños en Europa, Australia, Estados Unidos, América, del sur y en los últimos en Centro América (1).

En climas muy fríos, especialmente en Europa, este in-

secto tiene 3 a 4 generaciones al año, en climas como el nuestro se han registrado hasta 11 generaciones (1).

3.1.6 Características generales del control biológico:

El control microbiano de insectos se puede definir como la utilización de microorganismos, con objeto de controlar especies plaga. En entomología, el control microbiano es una de las técnicas que se emplean en el control biológico de insectos (8).

La metodología de las intervenciones biológicas, consiste en inocular el insecto plaga con enfermedades bacteriales o virales que únicamente atacan un estado específico de su ciclo de vida. Este método es por lo tanto selectivo y respeta el balance natural, así como la salud de la humanidad. Estos factores impulsan la utilización de microorganismos patógenos como agentes controladores. Una de estas enfermedades mortales para los insectos es la producida por la bacteria Bacillus thuringiensis sobre larvas de lepidópteros (8).

La resistencia a la infección, a los subproductos tóxicos de los organismos productores de enfermedad, varía con la etapa de desarrollo en la que se encuentra el insecto cuando sufre un ataque. Las larvas en etapa temprana suelen ser más susceptibles a las infecciones por bacterias que en etapa tardía. Este fenómeno se ha estudiado en las larvas

del gusano de seda (Bombix sp.) que han ingerido cristales tóxicos de Bacillus thuringiensis (8).

Al insecto adulto rara vez lo afectan las bacterias y virus que son letales para la larva. Sin embargo, los protozoarios, los nemátodos, las ricketzias y los hongos pueden atacar sin discriminación a adultos y larvas (8).

La resistencia de muchas larvas a la infección por bacterias se puede explicar por las condiciones y el alto ph (9.0 a 10.5) que prevalece en el intestino de algunos lepidópteros, que en realidad menguan el desarrollo de las bacterias. Otras larvas de lepidópteros poseen una reacción alcalina más baja en el intestino ph (7.0 a 9.0), por lo que, excluyendo otros factores, tales insectos son más susceptibles a la infección con bacterias. Los himenópteros fitófagos también tienen un ph más o menos alto en el intestino (6.5 a 9.0); por lo cual, a menudo también ellos son susceptibles a la infección bacteriana (8).

3.1.7 Características generales del Bacillus thuringiensis:

Estas bacterias se incluyen en el orden Eubacteriales, familia Bacillaceae, género Bacillus. La familia Bacillaceae incluye bacillos esporógenos gram positivos que son células en general grandes y a veces dispuestas en cadenas largas (18).

El Bacillus thuringiensis se caracteriza por ser una bacteria esporulante que presenta la particularidad de producir un esporangio al mismo tiempo de la formación de la espora y una inclusión parasporal bipiramidal refractante llamada cristal o S-endotoxina. Otra particularidad de esta bacteria es su acción patógena en larvas de lepidópteros y su alto contenido de fosfato en su espora. La célula vegetativa tiene un tamaño de 1 por 5 micrones y la espora y la partícula de proteína cristalizada tiene cada una un diámetro de 0.5 a 1 micrón (18).

La investigación ha demostrado que estas bacterias producen cuatro sustancias tóxicas para los insectos, estas son (18):

- Un cuerpo parasporal cristalino y proteináceo capaz de paralizar el intestino de casi todas las larvas de lepidópteros.
- Una molécula dializable pequeña, que es estable al calor y se produce afuera en el medio que la circunda; esta afecta a la larva y a la pupa de los dípteros y también mata algunas lepidópteros.
- Fosfolipasa C, enzima que produce la célula en desarrollo y que destruye los fosfolípidos esenciales en la membrana del intestino.

- Otra fosfolipasa no identifica que afecta los fosfolípidos tal vez, liberando los ácidos grasos de la molécula.

Existen por lo menos dos formas de acción por la cual la bacteria puede matar al insecto (18):

Tipo I: A los 5 o 20 minutos después de la ingestión del bacilo esporulado hay una parálisis del intestino medio inducida por el cristal de la bacteria y después de una siete horas sucede una parálisis general de todo el insecto; la cual, va acompañada por un incremento en el ph de la sangre de 1 a 1.5; lo que, indica que hay una filtración de material alcalino del intestino a la sangre. Este método de acción ha sido observado en Bombix sp. y Protoparce sp.

Tipo II: En este caso, la sangre de los insectos no sufre un incremento en el ph, pero hay parálisis del intestino y el insecto muere a los 2 o 4 días por una parálisis general.

La mayoría de especies susceptibles son lepidópteros, pero ciertos dípteros, himenópteros y coleópteros pueden ser susceptibles cuando reciben grandes dosis de esporas (7).

La bacteria penetra al insecto principalmente por ingestión y ocasionalmente por heridas en la cutícula. Las larvas susceptibles poseen en el sistema digestivo una com-

consistencia viscosa, olorosa, pero generalmente no se derriten o licúan como los insectos muertos por ciertas infecciones virosas. El cadaver del insecto se seca y se encoge, el integumento permanece intacto (7).

El B. thuringiensis se cultiva y multiplica en fermentadores industriales bajo condiciones muy precisas de temperatura y medios de cultivo. La bacteria se lleva hasta la esporulación (formación de las esporas y el cristal). Los cristales y las esporas obtenidos en los fermentadores se separan del caldo del cultivo y se someten a un proceso de secamiento, llegándose a obtener una sustancia polvorosa que se denomina polvo primario. El polvo primario formado exclusivamente de esporas y cristales es el ingrediente activo del producto comercial, su densidad es de 0.5 gr/cc y se puede almacenar más de 5 años en buenas condiciones de empaque y almacenamiento.

Cada lote de polvo primario producido es sometido a estrictos procesos de control de calidad que garantizan su potencia insecticida y su pureza (18).

Para la formulación del producto comercial, al polvo primario se adicionan diversos materiales hasta obtener un producto final que puede ser (18):

- a. Polvo mojable
- b. Concentrado emulsionable
- c. Gránulos

binación de ph y enzimas necesarias para descomponer y activar los cristales altamente insolubles. El cristal es descompuesto (digerido) en sub-unidades de menor peso molecular que atacan las paredes del intestino medio de la larva, causando dirupción en el balance osmótico y abrasión en la pared intestinal; lo que, permite el escape del contenido alcalino del intestino hacia el hemocele del insecto (18).

Las lesiones causadas a la pared intestinal pueden ser lo suficientemente graves como para causar la muerte de la larva o pueden dar origen a cambios internos que permiten el crecimiento del bacilo y otros organismos que causan una septicemia de la sangre del insecto. Los daños en el sistema digestivo de la larva impiden que esta siga alimentándose y la combinación del escape intestinal, la falta de alimentación y la septicemia generalmente causan la muerte de la larva dentro de 1 a 4 días dependiendo de la especie y de las condiciones ambientales (18).

El primer signo de la enfermedad en el insecto es generalmente una actividad y una pérdida del apetito, seguida por la descarga de fluidos por la boca y el ano, la infección puede comenzar con diarreas y por último provocar una septicemia que causa la muerte del hospedero. Después de la muerte, la larva se oscurece con un color café o negro, generalmente los insectos muertos son blandos y al perder su forma, los tejidos internos pueden desintegrarse o tomar una

El polvo mojable es la formulación más conocida del producto comercial. El concentrado emulsionable posee un gran poder de adherencia; lo cual lo constituye en una buena fórmula para condiciones de mucha lluvia. El granulado, fué ideado para el uso de aspersión aérea sobre cultivos de maíz da buenos resultados en la lucha contra cogolleros de arroz, sorgo y cereales en general (18).

En la estandarización de las preparaciones de la bacteria, el polvo primario y el producto final deben someterse a pruebas estrictas de calidad que garanticen su pureza y su potencia insecticida (8).

Por tratarse de un insecticida biológico, el número de esporas no es importante, sino la capacidad insecticida del producto; por tal razón, cada lote de producción se ensaya sobre Trichoplusia ni Hubner. Del resultado de la mortalidad detectada en este insecto se deduce una potencia que se expresa en unidades internacionales Trichoplusia ni. A este proceso se denomina titulación biológica, tal prueba se realiza siempre sobre la misma especie de insectos para mantener un punto de referencia constante (8).

La titulación propiamente dicha consiste en determinar la relación entre la concentración letal media (CL 50) de cada nuevo lote de polvo primario y la CL 50 producida por un preparado de B. thuringiensis standard internacional o

patrón internacional llamada E-61 sobre la especie referencia. La potencia del patrón de comparación E-61 se ha fijado convencionalmente en 1000 U.I./mg.; esta titulación biológica garantiza un producto de actividad constante sobre el insecto usando como patrón. Las dosis que se determinen en el campo para cada plaga particular, serán también constantes en cada caso, puesto que la potencia es invariable (8).

La garantía de inocuidad sobre seres vivos superiores se realiza por medio de pruebas sobre especies de laboratorio. Así el insecticida se prueba constantemente sobre ratones (Mus sp.), demostrándose su completa atoxicidad a la dosis de 2 gr/kg de peso vivo (18).

Barrios (1) realizó una investigación con B. thuringiensis para controlar gusanos del repollo. El autor evaluó varios productos comerciales formulados todos a base de B. thuringiensis. Los mejores resultados en orden descendente los obtuvo con, Thuricide, Dipel y finalmente Turibac. El menor número de larvas lo obtuvo al aplicar Thuricide a 4 días de intervalo.

Velasco (18) realizó un ensayo en el cual asociaba B. thuringiensis con piretroides para el control de gusanos de la coliflor. Los mejores resultados los obtuvo combinando B. thuringiensis con los piretroides y los piretroides

solos, mientras que los peores resultados los obtuvo al utilizar solo B. thuringiensis. Según Velasco, la efectividad de B. thuringiensis está entre 4 y 6 días, considerando que las poblaciones de Pieris monuste durante ese período se mantuvieron bajas y aumentaron a los 11 días; los piretroides mostraron un buen control de la plaga a 12 días de intervalo.

Por otra parte, Mazariegos (12) realizó una investigación con B. thuringiensis comparándolo con insecticidas químicos para controlar el gusano enrollador del tomate. Según el autor los mejores resultados los obtuvo con el insecticida Metamidophos, mientras que los tratamientos con B. thuringiensis mostraron ser los menos eficientes en el control del gusano enrollador.

3.2 MARCO REFERENCIAL

3.2.1 Descripción general del área experimental:

La investigación fué realizada de mayo a octubre de 1991 en la aldea Agua Dulce del municipio de Zaragoza, Chimaltenango. La aldea Agua Dulce se ubica geográficamente a 14°40' latitud norte y 90°55' longitud oeste, ver apéndice.

La altura a la que se encuentra el área experimental es de 2050 msnm. La precipitación promedio anual es de 1000 mm y los días de lluvia anuales son 150. La temperatura prome-

dio anual es de 16 grados centígrados, la temperatura máxima absoluta es de 29 grados centígrados y la mínima absoluta es de -2.2 grados centígrados. La humedad relativa media anual es de 7.6% y la evapotranspiración potencial es en promedio 0.75 (11). La zona de vida corresponde al bosque húmedo montano bajo subtropical (6).

El suelo de la región corresponde al grupo de suelos de la altiplanicie central de Guatemala; los cuales, son profundos, desarrollados sobre ceniza volcánica de color claro, específicamente corresponden a la serie de suelos "Cauque". Esta serie de suelos se caracteriza por poseer material madre constituido por ceniza volcánica pomácea de color claro y con relieve fuertemente ondulado. Las inclinaciones varían de 10 a 15% de pendiente. El suelo superficial es de color café muy oscuro, textura franca, consistencia friable y espesor a muy oscuro, textura franca, consistencia friable y espesor aproximado de 20 a 40 cm; el subsuelo es de color café amarillento oscuro, consistencia friable, textura franco arcillosa y espesor aproximado de 60 a 75 cm (16).

3.2.2 Características del material experimental:

El material experimental que se utilizó como semilla fué el híbrido Shogun; que se caracteriza por poseer una cabeza muy fina y uniforme de forma esférica, con diámetros hasta de 20 cm. La planta alcanza alturas de 50 cm, se

adapta a suelos con alto contenido de materia orgánica con climas templados hasta fríos. Presenta buena tolerancia a las enfermedades, su ciclo de producción es de 80 a 90 días después del trasplante (3).

X La fuente de *Bacillus thuringiensis kurstaki*, que se utilizó fué el insecticida biológico Novo Biobit 15% EC, con potencia de 12,600 U.I. por mg de producto (equivalente a 12 millones de U.I. por litro), su composición es:

<u>B. thuringiensis</u> kurstaki	15%
Material inerte	85%
Total	100%



X El Novo Biobit es un insecticida biológico que actúa en forma estomacal. Controla larvas de lepidópteros inhibiendo su alimentación, actúa principalmente sobre el primer y segundo instares larvales (13).

X Los insecticidas químicos utilizados, además de tener su respectivo registro de EPA, son autorizados para brócoli, siendo estos el Talcot 100 (permetrina), Belmark 100 (fenvalerate) y Monitor 600 (methamidophos).

4. OBJETIVOS

Los objetivos planteados fueron los siguientes:

- 4.1 Determinar entre los distintos tratamientos a base de Bacillus thuringiensis kurstaki y la tecnología empleada el agricultor, cual será el más eficiente para controlar larvas de Plutella xylostella (L.).
- 4.2 Determinar entre los distintos tratamientos a base de Bacillus thuringiensis kurstaki y la tecnología empleada por el agricultor, cual será el que proporciona una mayor rentabilidad.

5. HIPOTESIS

Las hipótesis planteadas fueron las siguientes:

- 5.1 Los tratamientos a base de Bacillus thuringiensis kurstaki serán más eficientes que la tecnología usada por el agricultor para reducir las infestaciones de Plutella xylostella (L.) en el cultivo de brócoli.
- 5.2 Los tratamientos a base de Bacillus thuringiensis kurstaki proporcionarán una mayor rentabilidad que la tecnología usada por el agricultor.

6. METODOLOGIA

6.1 Descripción de los tratamientos:

En el experimento se evaluaron 11 tratamientos, de los cuales 9 fueron a base del insecticida biológico (Novo Biobit) otro lo constituyó la tecnología del agricultor y el último fué el testigo absoluto.

Para obtener los tratamientos con insecticida biológico se conjugaron 3 épocas de inicio de aplicación con 3 dosis cuadro 3 (pag.27). Los inicios de aplicación que se evaluaron fueron 10, 15 y 20 días después del trasplante con las siguientes dosis: 1 lt/ha, 1.40 lt/ha y 1.80 lt/ha, continuándose las aplicaciones cada 5 días hasta los 60 días después del trasplante.

La selección de los días de inicio de aplicación del insecticida se hizo tomando en cuenta la época en la cual los insectos comienzan a presentarse en el campo (5 a 15 días después del trasplante); con respecto a las dosis, la selección se hizo tomando en cuenta las recomendaciones dadas por la casa formuladora.

El tratamiento en el que se usó la tecnología del agricultor sirvió como comparador con los tratamientos a base de insecticida biológico. Este tratamiento consistió en la aplicación de insecticidas químicos con registro de EPA,

Talcor 100 (permetrina), Belmark 100 (fenvalerate) y Monitor 600 (methamidophos). Las aplicaciones se iniciaron con Monitor 600, 10 días después del trasplante, aplicandose cada 7 días hasta los 30 días después del trasplante, continuando posteriormente en forma alterna con Belmark 100 y Talcor 100, cada 7 días hasta los 59 días después del trasplante.

Al tratamiento del testigo absoluto, no se le aplicó ningún insecticida y sirvió para cuantificar la presencia o ausencia de la plaga y su efecto en el brócoli.

Cuadro 3. Tratamientos evaluados para el control de *P. xylostella* (L.) en brócoli (*Brassica oleracea* var. Italica) Agua Dulce, Zaragoza, Chimaltenango, 1991.

TRATAMIENTOS	DESCRIPCION
T-1	I.B., inicio de aplicación 10 días D.T., 1.00 lt/ha ✓
T-2	I.B., inicio de aplicación 10 días D.T., 1.40 lt/ha ✓
T-3	I.B., inicio de aplicación 10 días D.T., 1.80 lt/ha ✓
T-4	I.B., inicio de aplicación 15 días D.T., 1.00 lt/ha ✓
T-5	I.B., inicio de aplicación 15 días D.T., 1.40 lt/ha ✓
T-6	I.B., inicio de aplicación 15 días D.T., 1.80 lt/ha ✓
T-7	I.B., inicio de aplicación 20 días D.T., 1.00 lt/ha ✓
T-8	I.B., inicio de aplicación 20 días D.T., 1.40 lt/ha ✓
T-9	I.B., inicio de aplicación 20 días D.T., 1.80 lt/ha ✓
T-10	Tecnología del agricultor
T-11	Testigo absoluto

I.B. Insecticida biológico
D.T. Después del trasplante

Para determinar la presencia de larvas de *P. xylostella* (L.) se realizaron muestreos al azar. Se muestrearon 10 plantas por parcela neta de cada unidad experimental, el

criterio que se tomó fué la presencia o ausencia de larvas en las plantas (sí-no), sin tomar en cuenta la cantidad de éstas por planta. Este criterio se tomó debido a que por ser el brócoli un cultivo de exportación, no se permite la presencia de larvas, pues se corre el riesgo de que el producto sea rechazado. Para estimar los porcentajes de infestación los muestreos se realizaron cada 5 días.

6.2 Diseño experimental:

Se utilizó un diseño en bloques al azar con 11 tratamientos y 4 repeticiones. El croquis del diseño experimental se observa en el apéndice.

Las dimensiones de la unidad experimental fueron 4.5 m de largo por 3.0 m de ancho, con un área de 13.5 m cuadrados. El número total de unidades experimentales fué de 44.

Para evitar el efecto de borde se eliminaron dos surcos de los lados y 0.5m en cada uno de los extremos de los surcos. De esta manera las parcelas netas quedaron de 3.5 m de largo por 2.0 m de ancho, con un área de 7.00 m cuadrados.

6.3 Modelo estadístico:

Se utilizó el modelo estadístico correspondiente a un experimento en bloques al azar para analizar la variable porcentaje de infestación de larvas; este es:

$$Y_{ij} = U + T_i + B_j + E_{ij}$$

de donde:

Y_{ij} = Variable respuesta de ij -ésima unidad experimental

U = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

B_j = Efecto del j -ésimo bloque

E_{ij} = Error experimental en la ij -ésima unidad experimental.

El modelo estadístico utilizado para analizar la variable rendimiento fué el correspondiente al análisis de covarianza.

$Y_{ij} = U + T_i + R_j + B(X_{ij} - X_{..}) + E_{ij}$

de donde:

Y_{ij} = Variable respuesta de ij -ésima unidad experimental

U = Efecto de la media general

T_i = Efecto del i -ésimo tratamiento

R_j = Efecto del j -ésimo bloque

$B(X_{ij} - X_{..})$ = Coeficiente de regresión

E_{ij} = Error experimental en la ij -ésima unidad experimental

6.4 Manejo del experimento:

a. Semillero

Se prepararon 2 tableros de 5 m de largo por un metro de ancho y 20 cm de alto; estos se desinfectaron con PCNB (pentacloruro de benceno). La siembra se realizó el 1 de junio de 1991.

b. Trasplante

Se delimitó el área experimental con rafia, dejando un metro de distancia entre bloques. Los tratamientos entre

un mismo bloque quedaron en forma continua y al azar. El trasplante se realizó el 7 de Julio, 37 días después de la siembra, dejando 0.5 m entre plantas y 0.5 m entre surcos, por lo que se tuvo una densidad teórica de 40,000 plantas por hectárea.

c. Fertilización

Para el efecto se realizaron las siguientes aplicaciones, 5 días después del trasplante se aplicaron 790 kg/ha de la fórmula 14-16-19-2MgO-2B2O3-2EM, se hizo una segunda aplicación a los 20 días después del trasplante de 200 kg/ha de la fórmula 36-O-12-1B2O3 y a los 35 días después del trasplante se hizo una tercera aplicación de 200 kg/ha de 36-O-12-1B2O3. Además se hicieron 3 aplicaciones de fertilizante foliar Sandoflor 10-10-7.5-EM, iniciando la primera aplicación a los 17 días después del trasplante y las siguientes aplicaciones a intervalos de 15 días. Se aplicó un litro por hectárea.

d. Limpias

Para el control de las malezas se realizaron 2 limpiezas manuales, a los 25 y 50 días después del trasplante.

e. Control fitosanitario

Para el control de enfermedades, pudrición de raíz (Fusarium sp., Rhizoctonia sp. y Phythium sp.), tizones (Alternaria sp. y Phytophthora sp.), mildiu polvoriento

(Erysiphe sp.), se utilizó, PCNB (pentacloruro de benceno), Mancozeb (mancozeb), Benomil (benomil), Ridomil (metalaxil), Cobox (oxicloruro de cobre). Para el control de plagas del follaje, en los tratamientos con insecticida biológico se utilizó el inseticida Novo Biobit y en el tratamiento de la tecnología del agricultor se utilizó Monitor 600, Belmark 100 y Talcot 100.

f. Cosecha

Los cortes se iniciaron el 8 de septiembre, cortando las inflorescencias compactas en el punto óptimo de antesis floral. Se realizaron 8 cortes con intervalos de 3 días; en cada uno de los cortes se clasificó el producto en floretes exportables y no exportables. Se midió el peso fresco y el diámetro de la parte superior de cada florete.

6.5 Variables respuesta:

a. Porcentaje de infestación

Para cuantificar esta variable, se tomaron al azar 10 plantas por parcela neta, en estas se terminó la presencia o ausencia de larvas. Estos muestreos se iniciaron 8 días después del trasplante y se continuarón cada 5 días hasta la cosecha. En los muestreos realizados de los 8 a 40 días después del trasplante se muestrearon hojas, mientras que de los 40 días hasta los 63 se muestrearon floretes.

b. Rendimiento de floretes exportables

Se cosecharon las 28 plantas de la parcela neta, se seleccionaron los floretes exportables tomando como parámetros para esta clasificación, el diámetro de floretes mayor de 13 cm, sin daño físico, ausencia de insectos y daños de los mismos, botón completamente cerrado y floretes compactos. Este rendimiento se expreso en kg/ha.

c. Rendimiento de floretes no exportables

De las 28 plantas de la parcela neta se seleccionaron los floretes no exportables, se tomaron como parámetros para esta clasificación el diámetro de floretes menor de 13 cm, daños físicos y de insectos, floretes no compactos y boton floral abierto. Este rendimiento se expreso en kg/ha.

6.6 Análisis de datos:

Con respecto al porcentaje de infestación, se efectuó el análisis de varianza; tomando como referencia el muestreo realizando al momento de la cosecha para comparar los 11 tratamientos con el objeto de detectar si habían diferencias entre estos con respecto a la cantidad de larvas de P. xylostella presentes. Se realizó una prueba multiple de medias (SNK) para determinar cuales fueron los tratamientos más eficientes en el control de P. xylostella. Además, se realizaron las gráficas correspondientes al porcentaje de infestación de cada tratamiento para comparar el comportamiento de las larvas de P. xylostella a lo largo

del ciclo de cultivo. En el caso del rendimiento, debido a que el número de plantas cosechadas por parcela neta no fué el mismo por la escasa precipitación pluvial que provoco perdida de plantas, se efectuaron análisis de covarianza (ancova) para floretes exportables y no exportables para determinar si habían diferencias entre los tratamientos con insecticida biología del agricultor y el testigo absoluto; posteriormente, debido a la significancia encontrada entre tratamientos se procedió a realizar una prueba múltiple de medias (SNK), para determinar los mejores tratamientos evaluados.

En el caso del análisis de rentabilidad, se determinó el costo de producción por hectárea de cada tratamiento, se determinaron los ingresos brutos obtenidos de cada tratamiento, se calculó el rendimiento en Kg/ha de floretes exportables y no exportables, multiplicando esos valores por su respectivo precio, se sumaron los ingresos brutos por calidad para obtener el ingreso bruto por tratamiento. Con estos datos se determinó el ingreso neto de cada tratamiento, restando al ingreso bruto el costo total de producción.

El índice de rentabilidad se determinó de la siguiente manera.

$$IR = (IN/CT) \times 100$$

IR= Índice de rentabilidad

IN= Ingreso neto

CT= Costo total

7. RESULTADOS Y DISCUSION

7.1 Porcentaje de infestación:

Los insectos que se encontraron en forma dominante en los muestreos fueron larvas de *Plutella xylostella* (L.), en menor cantidad larvas de *Pieris* sp. y pulgones *Aphis* sp. Los resultados que se dan a continuación se refieren específicamente a larvas de *P. xylostella* (L.), por ser la plaga en estudio.

Los muestreos se realizaron cada 5 días a lo largo del ciclo de cultivo. Se utilizó el último muestreo (8 de septiembre de 1991) para realizar el análisis del porcentaje de infestación de larvas de *P. xylostella* (L.) al momento de la cosecha. Debido a que estos datos no se distribuyen en forma normal fué necesario transformarlos para realizar andeva.

La transformación fué:

$$\sqrt{x + 1}$$

donde:

X= valor de porcentaje de infestación

Los resultados del porcentaje de infestación al momento de la cosecha, según muestreo del 8 de septiembre, se presentan en el apéndice. Estos resultados se obtuvieron al muestrear 10 inflorescencias por parcela neta en cada unidad experimental. Estos datos ya están transformados.

El análisis de varianza (andeva) realizado para detectar si habían diferencias entre los tratamientos en cuanto al control de larvas de *Plutella xylostella* (L.), se presenta en el

apéndice. Debido a que en este cuadro se observan diferencias altamente significativas, fué necesario elaborar una prueba múltiple de medias.

En el cuadro 4, se presenta la prueba de SNK para los porcentajes de infestación de larvas de P. xylostella (L.) determinados en cada uno de los tratamientos evaluados. En este cuadro se observa que ningún tratamiento con B. thuringiensis Kurstaki fué más eficiente que el tratamiento con insecticidas químicos en cuanto al control de larvas de P. xylostella (L.).

Cuadro 4. Prueba de SNK para los porcentajes de infestación por larvas de P. xylostella (L.). Agua Dulce, Zaragoza, Chimaltenango. Septiembre de 1991.

TRATAMIENTO	MEDIA % INFESTACION	SNK 0.05
T-2	2.16	a
T-3	2.16	a
T-10	2.16	a
T-6	2.74	a
T-1	3.32	a
T-5	3.32	a
T-4	3.64	a
T-8	4.52	b
T-9	4.58	b
T-7	4.83	b
T=11	6.96	c

Esta prueba demostró que los tratamientos 1,2,3,4,5,6 y 10 son estadísticamente iguales entre sí, siendo los más eficientes en el control de larvas de P. xylostella (L.). De estos, los tratamientos del 1 al 6 son con insecticida biológico

y el tratamiento 10 es con insecticidas químicos.

Los tratamientos 7, 8 y 9 todos con insecticidas biológico, mostraron ser estadísticamente iguales entre sí y ser menos eficientes que los anteriores para controlar las larvas de P. xylostella (L.). Esta diferencia se debió a que en los tratamientos del 1 al 6, las aplicaciones del insecticida biológico se iniciaron en el momento oportuno, 10 días después del trasplante para los tratamientos 1, 2 y 3 y 15 días después del trasplante para los tratamientos 4, 5 y 6, mientras que para los tratamientos 7, 8 y 9 las aplicaciones se iniciaron 20 días después del trasplante.

El tratamiento 11, testigo absoluto, presentó el más alto porcentaje de infestación, debido a que en este tratamiento no se aplicó ningún insecticida químico o biológico; sino más bien, este tratamiento sirvió para evaluar la presencia o ausencia de larvas de P. xylostella (L.).

En base a lo anterior se puede decir que los insecticidas químicos son eficientes en el control de larvas de P. xylostella (L.); pero tienen los inconvenientes de que pueden causar la selección de poblaciones resistentes a ellos si no se usan adecuadamente, son fuente de contaminación del ambiente y si no se hace uso racional de ellos, se corre el riesgo de cosechar con residuos tóxicos los productos.

En lo referente a los tratamientos con insecticidas biológico, se pudo observar que es determinante la época en que se inicia la aplicación de los mismos; debido a que, los tratamientos del 1 al 3, en los que se comenzó la aplicación a

los 10 días después del trasplante y los tratamientos del 4 al 6, en los que se inició la aplicación a los 15 días después del trasplante, mostraron ser los más eficientes en cuanto al control de larvas de P. xylostella (L.), esto se debe a que la plaga hizo su aparición en la plantación entre los 10 a 15 días después del trasplante, figura 1 (pág.35) y porque el insecticida afecta los primeros estadios larvales; por lo que, las aplicaciones tempranas del insecticida biológico controlan más eficientemente a la plaga y mantienen sus poblaciones en niveles bajos, independientemente de que se use la dosis de 1.00 lt/ha, 1.40 lt/ha o 1.80 lt/ha.

Los tratamientos del 7 al 9, con insecticida biológico mostraron ser los menos eficientes en el control de P. xylostella (L.); debido a que, sus aplicaciones se iniciaron 20 días después del trasplante; época en la cual, la plaga ya estaba establecida y habían pasado sus primeros estadios larvales. Por lo que, su control fué más difícil; y además de que, el insecticida hace su efecto en 4 a 5 días después de su aplicación. Tal situación permitió a la mayoría de las larvas desarrollarse y empupar, sin ser afectadas por el insecticida.

Al hacer las gráficas de los muestreos realizados cada 5 días, se pudo determinar el comportamiento de la plaga a lo largo del ciclo de cultivo en cada tratamiento, figura 1 (pág. 38) y figura 2 (pág 39). En ambas gráficas se puede observar que el tratamiento 11 (testigo absoluto) el porcentaje de infestación aumentó conforme el ciclo del cultivo avanzó. En el tratamiento 10 (insecticidas químicos), figura 1 (pág.38) se

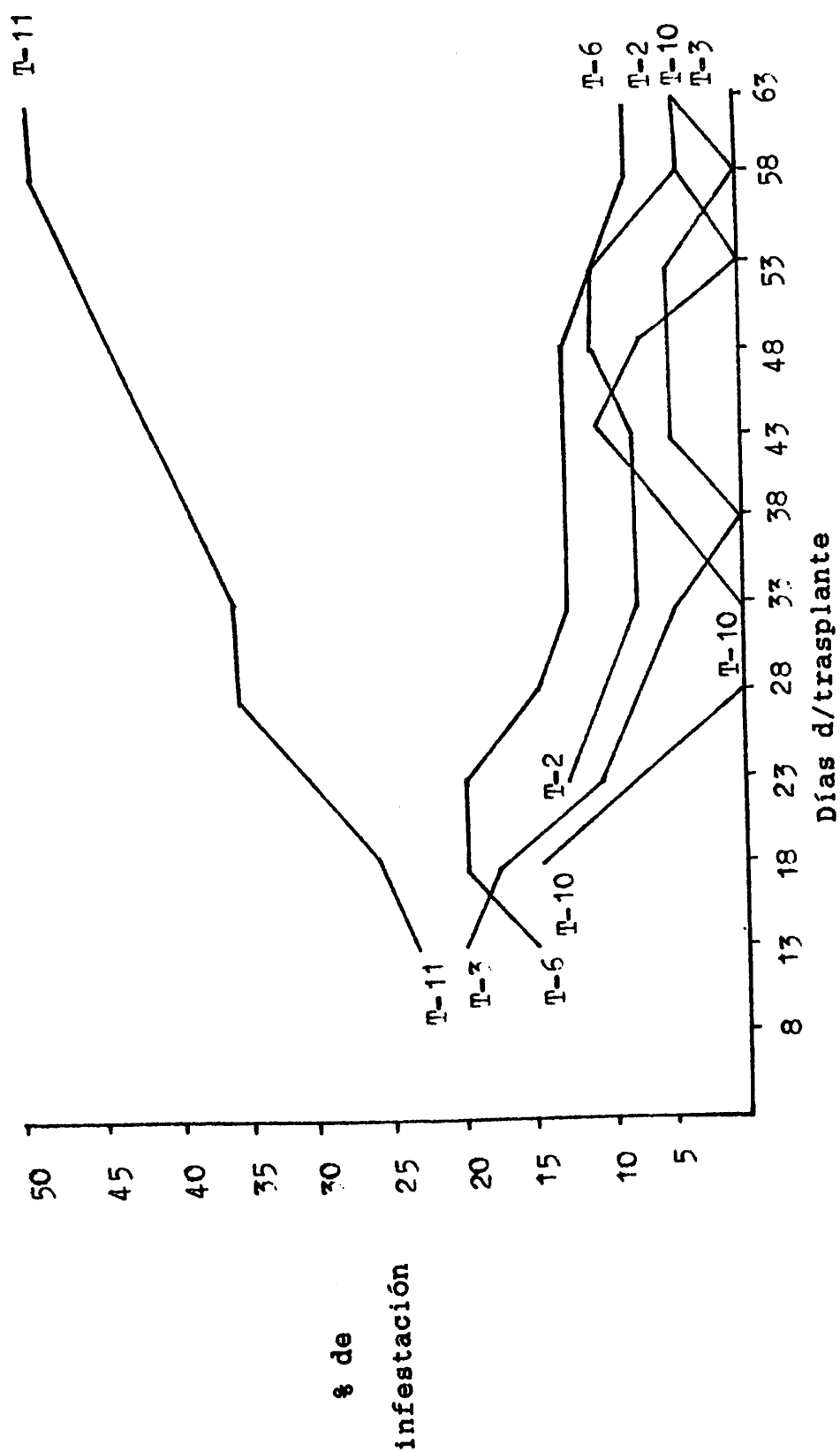


Figura 1. Porcentaje de infestación de larvas de *P. xylostella*, de los tratamientos 2,3,6,10 comparados con el testigo absoluto, a lo largo del ciclo del cultivo.

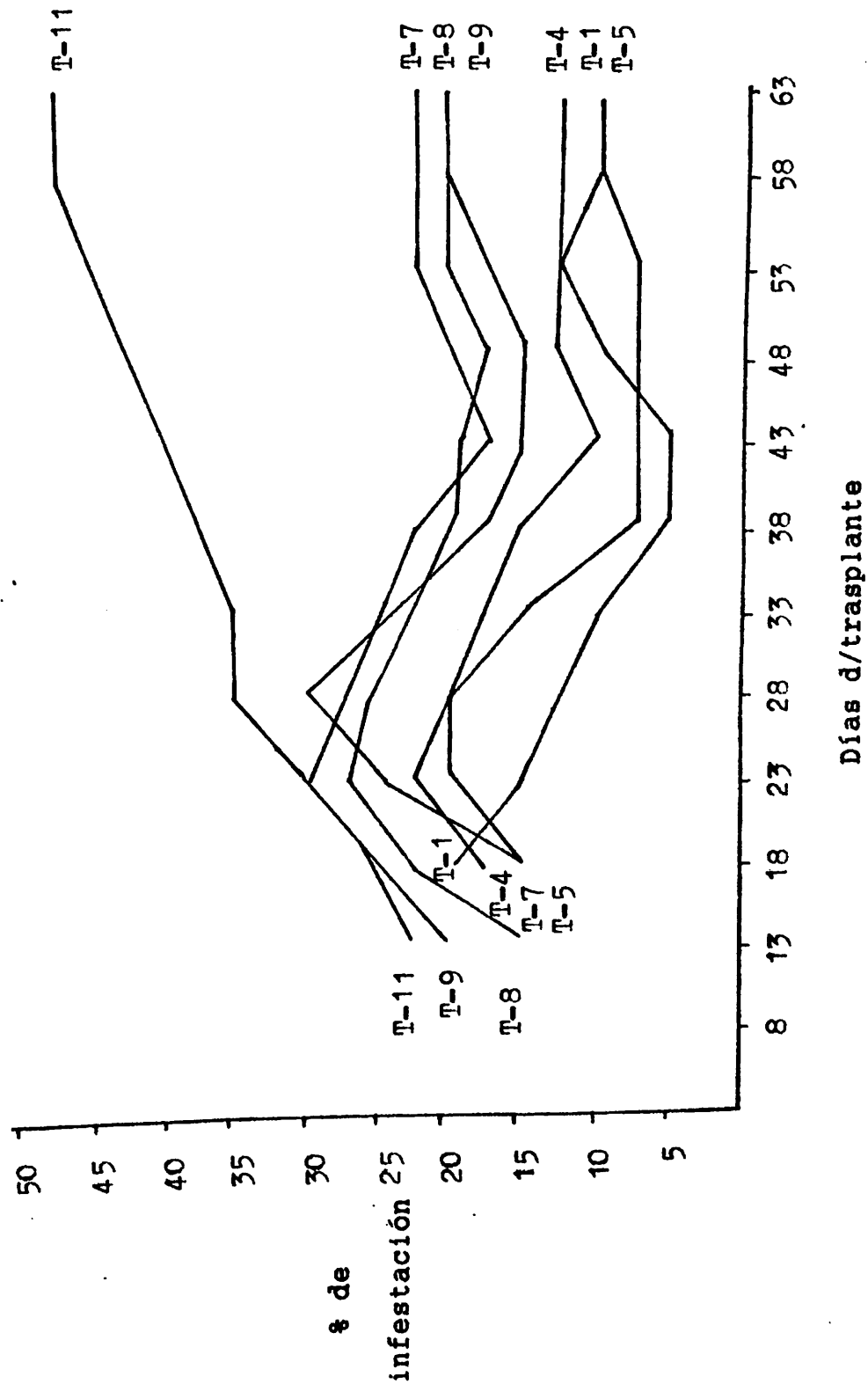


Figura 2. Porcentaje de infestación de larvas de P. xylostella, de los tratamientos 1,4,5,7,8,9 comparados con el testigo absoluto, a lo largo del ciclo del cultivo.

observa que, realmente, después de las aplicaciones las poblaciones fueron disminuidas a niveles bajos; por lo que estos productos químicos podrían usarse como insecticidas de choque. Por otro lado, los tratamientos con insecticida biológico en ambas gráficas mostraron disminuir las poblaciones en forma más lenta y mantener bajos los porcentajes de infestación de larvas de Plutella xylostella (L.), si se aplican en el momento adecuado.

7.2 Rendimiento de floretes exportables:

El cultivo de brócoli en este ensayo tuvo un ciclo de 84 días hasta el último corte. Se realizaron en total 8 cortes a intervalos de 3 días entre sí; los cortes se iniciaron el 8 de septiembre y se terminaron el 29 de septiembre de 1991. En cada corte se clasificaron los floretes, seleccionando los exportables en base a diámetro del florete (mayor de 13 cm), ausencia de daño físico, daño ocasionado por insectos y ausencia de los mismos, botón floral completamente cerrado e inflorescencia compacta.

Con respecto al número de plantas cosechadas en cada parcela neta, en la mayoría de los casos no fué el mismo, esta situación se debió, fundamentalmente, a la pérdida de plantas ocasionada por la escasa precipitación pluvial. Esta escasez de precipitación, también provocó, que muchos floretes no fueran compactos y que algunas plantas no llegaran a cosecharse por haberse quedado rezagadas. Esta situación fué considerada, por lo que se realizó el análisis de covarianza para el

análisis de los rendimientos, utilizando como covariable la población cosechada.

Los resultados del rendimiento de floretes exportables en Kg/ha y cantidad de plantas cosechadas por hectáreas, se presentan en el apéndice.

El resumen del análisis de covarianza realizado para evaluar si habían diferencias entre los tratamientos en cuanto al rendimiento de floretes exportables, se observa en el apéndice. En este cuadro se observan diferencias significativas entre los tratamientos, por lo que se procedió a realizar el respectivo ajuste de las medias de tratamientos y una prueba múltiple de medias.

En el cuadro 5, se presenta la prueba de SNK para el rendimiento de floretes de brócoli exportables obtenidos en cada tratamiento. En este cuadro se observa que ningún tratamiento con insecticida biológico produjo mejor rendimiento que el tratamiento con insecticidas químicos.

Cuadro 5. Prueba de SNK para los rendimientos de floretes de brócoli exportables. Agua Dulce, Zaragoza, Chimalte-nango. Septiembre de 1991.

TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO Kg/ha	SNK 0.05
T-10	9,619.63	a
T-6	9,563.74	a
T-5	9,504.04	a
T-2	9,269.22	a
T-1	9,127.28	a
T-3	9,016.53	a
T-8	8,891.39	a
T-4	8,754.82	a
T-9	8,580.02	a
T-7	8,557.67	a
T-11	7,222.90	b

Esta prueba demostró que los tratamientos del 1 al 10 fueron estadísticamente iguales entre sí y superiores al tratamiento 11 (testigo absoluto) que presentó el menor rendimiento de floretes exportables. Los tratamientos del 1 al 9 son a base de insecticida biológico y el tratamiento 10 a base de insecticidas químicos.

En base a lo anterior, se puede decir que el tratamiento 10 y los tratamientos del 1 al 9, presentaron los mayores rendimientos de floretes exportables. Como ya se estableció anteriormente, estos 10 tratamientos mostraron ser los más eficientes en cuanto al control de larvas de Plutella xylostella (L.); por lo que se puede decir que hay relación en cuanto a la ausencia de insectos en los floretes y los daños ocasionados por éstos en los mismos con relación al rendimiento de floretes exportables.

El tratamiento 11 (testigo absoluto) proporcionó el menor rendimiento de floretes exportables y también presentó el mayor porcentaje de infestación de larvas de P. xylostella (L.); lo que implica que al no controlar las plagas, el rendimiento de floretes exportables disminuye.

7.3 Rendimiento de floretes no exportables:

Los resultados del rendimiento de floretes de brócoli no exportables (rechazado) en Kg/ha y la cantidad de plantas cosechadas por hectárea, se observan en el apéndice.

El resumen del análisis de covarianza realizado para evaluar si habían diferencias entre los tratamientos en cuanto al rendimiento de floretes no exportables, se observa en el apéndice. En este cuadro, se observa diferencias altamente significativas entre los tratamientos, por lo que se procedió a realizar el respectivo ajuste de las medias de los tratamientos y la prueba múltiple de medias.

En el cuadro 6, se presenta la prueba de SNK para el rendimiento de floretes de brócoli no exportables obtenidos en cada tratamiento. En este cuadro, se observa que el tratamiento 11 (testigo absoluto) es el que produjo los más altos rendimientos de floretes no exportables.

Cuadro 6. Prueba de SNK para los rendimientos de floretes de brócoli no exportables. Agua Dulce, Zaragoza, Chimaltenango. Septiembre de 1991.

TRATAMIENTOS	RENDIMIENTO Kg/ha	SNK 0.05	
T-2	1,422.50	a	
T-3	1,424.33	a	
T-10	1,571.84	a	
T-1	1,653.50	a	
T-5	1,674.94	a	
T-6	1,689.68	a	
T-4	2,031.66	a	
T-8	2,582.91		b
T-9	2,650.24		b
T-7	2,862.36		b
T-11	3,902.44		c

Esta prueba demostró que los tratamientos 1,2,3,4,5,6 y 10 son estadísticamente iguales y son los que produjeron los más bajos rendimientos de floretes no exportables. Los tratamientos 7,8 y 9 mostraron ser estadísticamente iguales y produjeron más floretes no exportables que el grupo anterior y de los tratamientos con insecticida biológico fueron los que rindieron más floretes no exportables. El tratamiento 11 (testigo absoluto), mostro ser estadísticamente diferente a los demás y es el que produjo los más altos rendimientos de floretes no exportables.

7.4 Análisis de rentabilidad:

Para determinar la rentabilidad de los tratamientos se calculó el rendimiento en Kg/ha de floretes exportables y no exportables, se multiplicaron estos valores por su respectivo

precio para obtener el ingreso bruto, se determinó el costo de producción por hectárea y con estos datos se determinó el ingreso neto de cada tratamiento. A continuación se presentan los análisis de rentabilidad del tratamiento 10 (tecnología del agricultor) que fué el tratamiento que presentó la mayor rentabilidad; del tratamiento 2, que fué el tratamiento con insecticida biológico que presentó la mayor rentabilidad y del tratamiento 11 (testigo absoluto) que fué el tratamiento en presentar la más baja rentabilidad. Los resultados se presentan en los cuadros 7,8 y 9 (Pág. 45,46).

Cuadro 7. Análisis de rentabilidad del tratamiento 10. Agua Dulce, Zaragoza, Chimaltenango. Septiembre de 1991.

Floretes exportables	10,767.01 Kg X Q. 1.05	11,305.36
Floret. no exportables	980.10 Kg X Q. 0.45	441.04
Ingreso bruto por ha.		11,746.40
Costo total por ha.		8,008.62
Ingreso neto por ha.		3,737.78
Rentabilidad		46 %

Cuadro 8. Análisis de rentabilidad para el el tratamiento 2 (insecticida biológico, inicio de aplicación 10 días después del trasplante y 1.40 lt/ha). Agua Dulce, Zaragoza Chimaltenango. Septiembre 1991.

Floretes exportables	10,416.60 Kg X Q. 1.05	10,937.43
Floret. no exportables	1,022.22 Kg X Q. 0.45	460.00
Ingreso bruto por ha.		11,397.43
Costo total por ha.		8,523.87
Ingreso neto por ha.		2,873.56
Rentabilidad		33 %

Cuadro 9. Análisis de rentabilidad para el tratamiento 11 (testigo absoluto). Agua Dulce, Zaragoza, Chimaltenango. Septiembre de 1991.

Floretes exportables	4,827.60 Kg X Q. 1.05	5,068.98
Floret. no exportables	4,842.18 Kg X Q. 0.45	2,178.98
Ingreso bruto por ha.		7,247.96
Costo total por ha.		7,235.29
Ingreso neto por ha.		12.67
Rentabilidad		0.2 %

En los cuadros 7,8 y 9 se presentan los resultados de los análisis de rentabilidad de los tratamientos 10 (tecnología del a-

gricultor), tratamiento 2 (inicio de aplicación 10 días después del trasplante y 1.40 lt/ha) que presentó la mayor rentabilidad de los tratamientos a base insecticida biológico y del tratamiento 11 (testigo absoluto), respectivamente. Como se puede observar las diferencias en las rentabilidades obtenidas en los distintos tratamientos fué notoria (46%. 33% y 0.2%).

8. CONCLUSIONES

1. Ningún tratamiento a base de Bacillus thuringiensis Kurstaki, mostro ser más eficiente que la tecnología usada por el agricultor para reducir las infestaciones de Plutella xylostella (L.),
2. Es necesario llevar a cabo el control de plagas de Plutella xylostella (L.) en el cultivo de brócoli para evitar altos porcentajes de infestación y sus efectos, tal como lo muestra el testigo absoluto, que fué el que presentó el más alto porcentaje de infestación de larvas de Plutella xylostella (L.), produjo los menores rendimientos de floretes exportables y menor rentabilidad.

9. RECOMENDACIONES

1. Tomando en cuenta los resultados del análisis de rentabilidad, es preferible utilizar el tratamiento con la tecnología del agricultor (insecticidas químicos), haciendo uso adecuado de los mismos para evitar residuos tóxicos en el ambiente.
2. En base a los resultados, si se utilizara como alternativa el insecticida biológico, es recomendable iniciar sus aplicaciones a los 10 días después del trasplante y en una dosis de 1.40 lt/ha. Con esta alternativa, se estarían disminuyendo los riesgos de residuos tóxicos en el brócoli y el ambiente.
3. Evaluar en otros ensayos los mejores tratamientos con insecticida biológico y compararlos con insecticidas químicos, con el fin de validar su efectividad en la localidad y en otras donde se tengan problemas con Plutella xylostella (L.).

10. BIBLIOGRAFIA

1. BARRIOS GARCIA, E.A. 1976. Ensayos biológicos con Bacillus thuringiensis Berliner y Galecron en el control de gusanos del repollo (Brassica oleracea var. Italica). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 97 p.
 2. BAYER (Gua.). 1986. Plagas y enfermedades de las hortalizas. Guatemala. 34 p.
 3. BURGOS O., S. 1983. Cultivo del brócoli. In Curso Nacional Sobre Producción de Hortalizas para el Altiplano (1983, Quetzaltenango, Gua.). Guatemala, Instituto de Ciencias y Tecnología Agrícolas. p. 11-16.
 4. CAMPOS, M. DE. 1978. Plaguicidas y residuos como problema actual. Guatemala, Instituto de Nutrición de Centro América y Panamá. 6 p.
 5. CASSERES, E. 1986. Producción de hortalizas. San Jose, Costa Rica, Instituto de Investigaciones de Centro América. p. 115-124.
 6. CRUZ, J.R. DE LA. 1986. Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
 7. DE BACH, P. 1968. Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas. México, Continental. p. 582-721.
 8. ESTADOS UNIDOS. ACADEMIA NACIONAL DE CIENCIAS. 1978. Manejo y control de plaga de insectos. México, Limusa. p. 189-213.
 9. INDUSTRIA EXPORTADORA DE ALIMENTOS (Gua.). 1986. Instructivo para el cultivo y producción de brócoli. Guatemala. 17p.
 10. GUATEMALA. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS. 1987. Recomendaciones agronómicas para el cultivo del brócoli en el altiplano central de Guatemala. Guatemala. 52 p.
 11. ———. INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGIA, VULCANOLOGIA, METEOROLOGIA E HIDROLOGIA. Tarjetas de control meteorológico de la estación Santa Cruz Balanya.
- Sin publicar
12. MAZARIEGOS ESTRADA, M.V. 1982. Efectividad de Bacillus thuringiensis Berliner, en el control del gusano enrollador, en el cultivo del tomate (Lycopersicum esculentum). Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 66 p.

13. NOVO NORDISK (Dinamarca). s.f. Boletín técnico Novo Biobit 15% E.C.; insecticida biológico. Dinamarca. 8 p.
14. OCHOA, R. 1989. Algunos aspectos de la biología y comportamiento de Plutella sp. (lepidóptera; plutellidae) y de su parasitoide Diadegma insulare (hymenoptera; ichneumonidae). Manejo Integrado de Plagas (C.R.) 11:21-30.
15. PALENCIA ORTIZ, J. 1986. Programa de nutrición vegetal; informe anual. Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícolas. 123 p.
16. SIMMONS, CH.S.; TARANO, J.M.; PINTO, J.H. 1959. Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. por Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, Jose de Pineda Ibarra. 1000 p.
17. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA (Perú). 1966. Generalidades en el cultivo de hortalizas. Lima, Perú. p. 7-8.
18. VELASCO CHANG, N. 1980. Uso del Bacillus thuringiensis Berliner asociado con piretroides y endosulfan en el control de Pieris monuste, Trichoplusia ni y Plutella maculipennis, en el cultivo de la coliflor. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 54 p.

Cuadro 16 "A". Análisis de covarianza para la variable rendimiento de floretes no exportables.
 Agua Dulce, Zaragoza, Chimaltenango. Septiembre de 1991.

F.V.	G.L.	XX	XY	YY	G.L.	S.C.	C.M.	F.C.	F.T.
TOTAL	43	144733288	90533956	63884345					
BLOQ.	3	5939443	2102521	799529					
TRAT.	10	118200326	82908554	60354329					
ERROR	30	20593518	5522881	2730487	29	10975983.32	378482.18		
EXP.									
TRAT.	40	138793845	88431435	63048816	39	19298486.20			
ERROR									
TRAT.					10	8322502.88	832250.25	2.20	1.83
AJUST.									



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS

Ref. Sem.028-92.

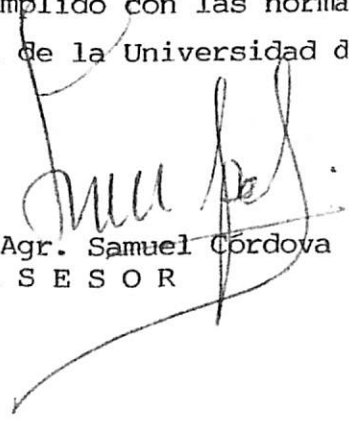
LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE ONCE TRATAMIENTOS PARA EL CONTROL DE
Plutella xylostella (L.) EN BROCOLI (Brassica oleracea
var. Italica). AGUA DULCE, ZARAGOZA, CHIMALTENANGO".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: DAVID OTONIEL MENDOZA RAMIREZ

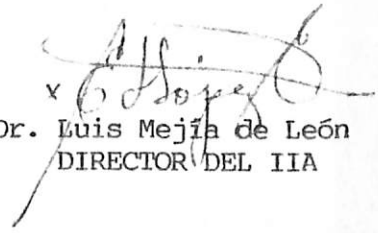
CARNET No: 84-10035

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Waldemar Nufio
Ing. Agr. Salvador Sánchez

Los Asesores y las Autoridades de la Facultad de Agronomía, hacen constar que
ha cumplido con las normas universitarias y reglamentos de la Facultad de Agro-
nomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

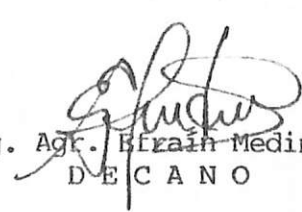

Ing. Agr. Samuel Cordova
A S E S O R


Ing. Agr. Manuel Tum
A S E S O R


Dr. Luis Mejía de León
DIRECTOR DEL IIA



I M P R I M A S E


Ing. Agr. Efraín Medina
D E C A N O



c.c.Exp. estudiante
Control Académico
Archivo.