

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

EVALUACION DE OCHO MICROORGANISMOS ENTOMOPATOGENOS SOBRE  
LAS POBLACIONES DE *Plutella xylostella* L. ASOCIADAS AL CULTIVO DE  
BROCOLI (*Brassica oleraceae* var. *Italica* Plenck) EN LA ALAMEDA,  
CHIMALTENANGO.



SISTEMAS DE PRODUCCION AGRICOLA

EN EL GRADO DE LICENCIADO

GUATEMALA, ABRIL DE 1999

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE AGRONOMIA**

**RECTOR**

**Ing. Agr. EFRAIN MEDINA GUERRA**

**JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMIA**

<b>DECANO</b>	<b>Ing. Agr. JOSE ROLANDO LARA ALECIO</b>
<b>VOCAL PRIMERO</b>	<b>Ing. Agr. JUAN JOSE CASTILLO MONT</b>
<b>VOCAL SEGUNDO</b>	<b>Ing. Agr. WILLIAM ROBERTO ESCOBAR LOPEZ</b>
<b>VOCAL TERCERO</b>	<b>Ing. Agr. ALEJANDRO ARNOLDO HERNANDEZ FIGUEROA</b>
<b>VOCAL CUARTO</b>	<b>Br. OSCAR JAVIER GUEVARA PINEDA</b>
<b>VOCAL QUINTO</b>	<b>Br. JOSE DOMINGO MENDOZA CIPRIANO</b>
<b>SECRETARIO</b>	<b>Ing. Agr. GUILLERMO EDILBERTO MENDEZ BETETA</b>

Guatemala, febrero de 1999

Honorable Junta Directiva  
Honorable Tribunal Examinador  
Facultad de Agronomía  
Universidad de San Carlos de Guatemala

Señores miembros,

De conformidad con las normas establecidas por la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, tengo el honor de presentar a vuestra consideración, el trabajo de tesis titulado:

**EVALUACION DE OCHO MICROORGANISMOS ENTOMOPATOGENOS SOBRE  
LAS POBLACIONES DE Plutella xylostella L. ASOCIADAS AL CULTIVO DE  
BROCOLI (Brassica Oleracea var. Italica Plenck) EN LA ALAMEDA,  
CHIMALTENANGO**

Como requisito, previo a optar el título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el Grado Académico de Licenciado.

Atentamente,

  
César Antonio Cordón Castillo

## ACTO QUE DEDICO

A:

DIOS

MIS PADRES

Sonia Elizabeth Castillo  
César Gilberto Cordón Saavedra  
Como una muestra de mi eterno  
agradecimiento por sus esfuerzos y  
sacrificios de toda su vida para mi  
superación.

MIS HERMANOS

Eunice Elizabeth  
Ileana y Ron van Meer  
Por su apoyo y amor fraternal

MI ABUELA

Catalina Sofia Castillo Calderón  
Por su cariño y fortaleza.

Rocio Fuentes  
Por su amor, apoyo y compañía

## TESIS QUE DEDICO

A:

Mi patria Guatemala

Mis padres Sonia Castillo y César Cordón Saavedra

Mis hermanos Eunice Elizabeth, Ileana y Ron van Meer

Rocio Fuentes

Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Agronomía

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a mis asesores Ingenieros Edil Rodríguez, Samuel Córdova y muy especialmente al Ingeniero Rolando Aguilera, por su interés, orientación, asesoría y dedicación brindada en la planificación, ejecución y realización del presente trabajo.

# INDICE DE CONTENIDO

	CONTENIDO	Página
	Indice de figuras	.ii
	Indice de cuadros	.iii
	Resumen	.iv
1.	Introducción	1
2.	Planteamiento del problema	3
3.	Marco teórico	4
3.1	Marco conceptual	4
3.1.1	Descripción del cultivo del Brócoli	4
	A Importancia económica del cultivo del Brócoli	4
	B Requerimientos de calidad en el cultivo del Brócoli	5
	C Muestreo y niveles críticos	6
3.1.2	Información general de la palomilla dorso de diamante <i>Plutella xylostella</i> L.	7
3.1.3	Estrategias de control de <i>Plutella xylostella</i> L.	9
	A Prácticas de control cultural	9
	B Control químico	10
	C Control natural	11
	a Control biológico	11
	b Control microbiológico	12
	- Características de un buen agente de control microbiológico	13
	- Ventajas y desventajas del control microbiológico	13
	- Los hongos como agentes de control microbiológico	15
	- Diagnóstico de enfermedades fungosas	15
	- Las bacterias como agentes de control microbiológico	16
	- Diagnóstico de enfermedades bacteriales	17
3.1.4	Efecto de los factores ambientales en el control biológico	18
	A Humedad y lluvia	18
	B Temperatura	19
	C Luz solar	19
	D Características del suelo	20
3.1.5	Perspectivas del control biológico	20
3.2	Marco referencial	21
3.2.1	Descripción del área experimental	21
	A Localización	21
	B Condiciones climáticas	21
	C Condiciones edáficas	23
3.2.2	Antecedentes relacionados con la investigación	23
3.2.3	Microorganismos entomopatógenos a evaluar	24
	A <i>Bacillus thuringiensis</i> Berl.	24
	B <i>Fusarium sp.</i>	26
	C <i>Beauveria sp.</i>	26
	D <i>Staphylotrichum sp.</i>	28
3.2.4	Características del híbrido de Brócoli utilizado	28
4.	Objetivos	29
5.	Hipótesis	29
6.	Metodología	30
6.1	Metodología experimental	30
6.1.1	Diseño experimental	30
6.1.2	Descripción de tratamientos a evaluar	30

6.1.3 Unidad experimental	31
6.1.4 Variables respuesta	31
6.2 Metodología de producción y aplicación de los microorganismos evaluados	32
6.2.1 Revigorización	32
6.2.2 Producción masiva	32
6.2.3 Aplicación de tratamientos a las unidades experimentales	32
6.2.4 Desinfección de asperjadoras	33
6.2.5 Intervalos de aplicación	33
6.2.6 Toma de datos	33
6.2.7 Diagnóstico de larvas de <i>Plutella xylostella</i> L. Muertas	33
6.3 Manejo del cultivo del Brócoli	33
7. Resultados y discusión	35
8. Conclusiones	41
9. Recomendaciones	42
10. Bibliografía	43
11. Anexos	46

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA	Descripción	Página
1	Exportaciones de Brócoli guatemalteco. Años 1991-1996	5
2	Condiciones de temperatura que predominaron durante la realización del experimento (del 05/04/1995 al 16/06/1995).	21
3	Condiciones de precipitación que predominaron durante la realización del experimento (del 05/04/1995 al 16/06/1995).	22
4	Condiciones de humedad relativa que predominaron durante la realización del experimento (del 05/04/1995 al 16/06/1995).	22
5	Porcentaje promedio de mortalidad de larvas de <i>Plutella xylostella</i> L. por muestreo realizado, en el cultivo del brócoli por la acción de los microorganismos entomopatógenos evaluados	38

## INDICE DE CUADROS

CUADROS	Descripción	Página
1	Valores máximos permisibles de residualidad de algunos plaguicidas en el cultivo del brócoli	6
2	Análisis de suelo del área experimental del ICTA. La Alameda, Chimaltenango. 1995	23
3	Microorganismos entomopatógenos de larvas de <i>Plutella xylostella</i> L. aislados y evaluados a nivel de laboratorio e invernadero por Aguilera, Córdova y Rodríguez (1,2).	23
4	Aislamientos de bacterias efectuados por Aguilera, Córdova y Rodríguez evaluados en el ensayo a nivel de campo en la estación experimental del ICTA en La Alameda, Chimaltenango 1995.	24
5	Aislamiento del hongo <i>Fusarium</i> efectuado por Aguilera, Córdova y Rodríguez evaluado en el ensayo a nivel de campo en la estación experimental del ICTA en La Alameda, Chimaltenango 1995.	26
6	Aislamiento del hongo <i>Beauveria</i> efectuado por Aguilera, Córdova y Rodríguez, evaluado en el ensayo a nivel de campo en la estación experimental del ICTA en La Alameda, Chimaltenango 1995.	27



7	Aislamiento del hongo <u><i>Staphylotrichum</i></u> efectuado por Aguilera, Córdoba y Rodríguez, evaluado en el ensayo a nivel de campo en la estación experimental del ICTA en La Alameda, Chimaltenango 1995.	28
8	Descripción de los tratamientos evaluados	31
9	Resumen de los análisis de varianza realizados a los registros semanales de la variable porcentaje de mortalidad de larvas de <u><i>Plutella xylostella</i></u> L. causada por cada uno de los 9 tratamientos aplicados al cultivo del brócoli, en la estación experimental del ICTA, La Alameda, Chimaltenango. 1995	35
10	Porcentaje promedio total de mortalidad de larvas de <u><i>Plutella xylostella</i></u> L. causada por los microorganismos entomopatógenos evaluados. 1995	36
11	Resumen del análisis de varianza para la variable porcentaje promedio de mortalidad de larvas de <u><i>Plutella xylostella</i></u> L. causada por los microorganismos entomopatógenos evaluados. 1995	36
12	Resumen de la prueba de comparación múltiple de medias (Método estadístico de Tukey) para la variable porcentaje promedio total de mortalidad de larvas de <u><i>Plutella xylostella</i></u> L. causada por los microorganismos entomopatógenos evaluados. 1995	37
13	Total de cajas de brócoli cosechado y número de cajas aceptadas según estándares comerciales	40
14-A	Registros semanales de porcentaje de mortalidad de <u><i>Plutella xylostella</i></u> L. causada por cada uno de los tratamientos aplicados al cultivo del brócoli, en la estación experimental del ICTA, La Alameda, Chimaltenango. 1995	46

**EVALUACION DE OCHO MICROORGANISMOS ENTOMOPATOGENOS  
SOBRE LAS POBLACIONES DE Plutella xylostella L. ASOCIADAS AL  
CULTIVO DE BROCOLI (Brassica oleracea var. Italica Plenck) EN LA  
ALAMEDA, CHIMALTENANGO 1995.**

**EVALUATION OF EIGHT ENTOMOPHATOGENIC MICROORGANISMS ON  
Plutella xylostella L. POPULATIONS ASSOCIATED TO BROCOLI ( Brassica  
oleracea var. Italica Plenck) CROP, IN THE ALAMEDA, CHIMALTENANGO  
1995.**

**RESUMEN**

Esta investigación forma parte del proyecto "Pruebas de patogenicidad con microorganismos entomopatógenos de plagas hortícolas y su uso potencial como agentes de control biológico" (1,2), realizado por investigadores del Instituto de Investigaciones Agronómicas -IIA- de la Facultad de Agronomía y la Dirección General de Investigación -DIGI- de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

El objetivo de la investigación fue determinar el porcentaje de mortalidad causada por 8 microorganismos entomopatógenos sobre poblaciones de Plutella xylostella L. en el cultivo del brócoli, híbrido Marathon.

Se evaluaron nueve tratamientos (ocho microorganismos entomopatógenos y un tratamiento testigo) en un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones, para observar su efecto en las poblaciones de Plutella xylostella L.. La variable analizada fue el porcentaje de mortalidad por unidad experimental. La investigación se llevó a cabo en la estación experimental del ICTA en la Alameda, Chimaltenango.

Los microorganismos evaluados fueron: a) Bacterias (cinco cepas de Bacillus thuringiensis Berl.) y b) Hongos (géneros Beauveria, Staphylotrichum y Fusarium sp.), se realizó también un tratamiento testigo, el cual sirvió de comparador.

El microorganismo que alcanzó el más alto nivel de mortalidad en larvas de Plutella xylostella L. fue la bacteria Bacillus thuringiensis Berl. Cepa CB-49L, causando mortalidades que oscilan entre el 35% en la etapa de introducción, y alcanzan hasta el 67.5% en la etapa terminal del cultivo.

Las Cepas CB-74L y CB-51L de Bt, son cepas que alcanzaron porcentajes de mortalidad de larvas entre 24.50 y 43.30% y 20.40 y 38.70% respectivamente.

Los hongos entomopatógenos *Beauveria sp.* y *Staphylotrichum sp.* muestran niveles de control de larvas de *Plutella xylostella* L. con porcentajes de mortalidad promedio de 24.40% y 15.40% respectivamente.

Los microorganismos con menor respuesta de control fueron: *Bacillus thuringiensis* Berl. Cepa CB-75L, *Fusarium sp.* y *Bacillus thuringiensis* Berl. Cepa CB-53L., aunque esto no significa que puedan en algún momento mostrar su potencial entomopatógeno en otro ambiente. Estos microorganismos obtuvieron porcentajes promedio de mortalidad de larvas de 14.8%, 12.8% y 12.00% respectivamente, en comparación con el testigo el cual obtuvo el 7.7%.

## 1. INTRODUCCION

En Guatemala, se ha venido observando en los últimos diez años la forma rápida con que los cultivos de los productos no tradicionales se han introducido al país, resaltando su importancia el brócoli *Brassica oleracea* L. variedad italiana Plenck. El brócoli es un cultivo que posee gran demanda internacional, principalmente Estados Unidos, a donde se destina un 81% de la producción nacional. La actividad en torno a este cultivo genera ingresos y divisas para el país. En 1996 ingresaron Q. 123.6 millones debido a las exportaciones de dicho cultivo<sup>1</sup>.

El mercado externo es muy exigente respecto a la calidad de floretes, pues, no tolera ningún daño físico, ni mucho menos daños provocados por insectos, los cuales disminuyen tanto el rendimiento como la calidad de la inflorescencia, pues la sola presencia de insectos provoca el rechazo del producto por parte de las plantas procesadoras. Un ejemplo de este problema es la palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* L. la cual constituye la principal plaga del cultivo (24).

Ochoa y Leal (30), estiman que del 10% al 15% de la producción de brócoli es rechazada en las plantas agroexportadoras, debido a la presencia de *Plutella xylostella* L. lo cual representa pérdidas anuales aproximadas entre 13.6 y 21.7 millones de Quetzales.

Debido a la importancia socio-económica que el cultivo tiene, surge la necesidad de controlar las poblaciones del insecto-plaga palomilla dorso de diamante, la cual además de provocar los rechazos antes mencionados, ha provocado el uso excesivo e indiscriminado de plaguicidas, teniendo como consecuencia: a) agroecosistemas disturbados, b) eliminación de enemigos naturales, c) desarrollo de resistencia del insecto a los insecticidas, d) residuos tóxicos en comestibles, e) enfermedades humanas asociadas a la aplicación de pesticidas, f) contaminación del suelo y agua, g) disminución de la biodiversidad, h) surgimiento de plagas secundarias, etc. (10, 19).

En la siguiente investigación se pretendió evaluar nuevas cepas de microorganismos que pudieran convertirse en nuevas alternativas de control, que permitan un equilibrio en los agroecosistemas, como lo es la utilización de microorganismos entomopatógenos como parte de un control biológico de plagas.

Lo anterior motivó el seguimiento a las investigaciones realizadas por Aguilera, Córdova y Rodríguez en 1993 y 1994, evaluando a nivel de campo ocho de los microorganismos entomopatógenos con mejor respuesta de control de larvas de *Plutella xylostella* L. en condiciones de laboratorio e invernadero (1,2).

---

<sup>1</sup> Fuente: Depto. De Procesamiento de Datos, Unidad de Programación, DIGESA, MAGA/GEXPRONT

Se evaluaron nueve tratamientos (ocho microorganismos entomopatógenos y un tratamiento testigo) en un diseño experimental de bloques al azar con tres repeticiones, y la variable analizada fue el porcentaje de mortalidad de larvas por unidad experimental. La investigación se llevó a cabo en la estación experimental del ICTA en la Alameda, Chimaltenango.

Los microorganismos evaluados fueron: a) cinco cepas de bacterias pertenecientes a la especie *Bacillus thuringiensis* Berl. y b) tres cepas de hongos de los géneros *Beauveria*, *Staphylotrichum* y *Fusarium*, se evaluó también un tratamiento testigo (sin control de plagas y enfermedades, únicamente control de malezas y fertilizaciones), el cual sirvió de comparador. La evaluación se realizó en el cultivo de brócoli del híbrido Marathon.

El microorganismo que alcanzó el más alto nivel de mortalidad en larvas de *Plutella xylostella* L. fue la bacteria *Bacillus thuringiensis* Berl. Cepa CB-49L, causando mortalidades que oscilan entre el 35% en la etapa de introducción, y alcanzan hasta el 67.5% en la etapa terminal del cultivo.

Las Cepas CB-74L y CB-51L de Bt, son cepas que logran alcanzar niveles de control, mostrando tener porcentajes de mortalidad de larvas entre 24.50 y 43.30% y 20.40 y 38.70% respectivamente.

Los hongos entomopatógenos *Beauveria sp.* y *Staphylotrichum sp.* muestran niveles de control de larvas de *Plutella xylostella* L. con porcentajes de mortalidad promedio de 24.40% y 15.40% respectivamente.

Los microorganismos con menor respuesta de control fueron: *Bacillus thuringiensis* Berl. Cepa CB-75L, *Fusarium sp.* y *Bacillus thuringiensis* Berl. Cepa CB-53L., aunque esto no significa que puedan en algún momento mostrar su potencial entomopatógeno en otro ambiente. Estos microorganismos obtuvieron porcentajes promedio de mortalidad de larvas de 14.8%, 12.8% y 12.00% respectivamente, comparados con el testigo el cual obtuvo el 7.7%.

El microorganismo que muestra mejor potencial entomopatógeno fue la bacteria *Bacillus thuringiensis* Berl. cepa CB-49L alcanzando niveles de control de hasta el 67.5% de mortalidad. Además fue el tratamiento que obtuvo por lo menos una caja con número de larvas con nivel aceptable, de acuerdo a los estándares de las casas agroexportadoras.

## 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El mercado externo del cultivo del brócoli *Brassica oleracea var. italica Plenck* es muy exigente respecto a la calidad de floretes, pues, no tolera ningún daño físico, ni mucho menos daños provocados por insectos, los cuales disminuyen tanto el rendimiento como la calidad de la inflorescencia, pues la sola presencia de insectos provoca el rechazo del producto por parte de las plantas de procesamiento. Un ejemplo de este problema es la Palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella L.* el cual constituye la principal plaga del cultivo (21).

Según Ochoa y Leal (31), se estima que del 10% al 15% de la producción de brócoli es rechazada por las empresas exportadoras, debido a la presencia de *Plutella xylostella L.* en el florete, esto representa pérdidas anuales aproximadas entre 13.6 y 21.7 millones de Quetzales.

Sin considerar que además se hace uso de insecticidas químicos que tienen efectos colaterales perjudiciales a los agroecosistemas tales como:

- Desarrollo de resistencia a insecticidas por parte de la población del insecto plaga.
- Eliminación de enemigos naturales y de insectos benéficos en general.
- Aparecimiento de plagas secundarias
- Residuos tóxicos en la cadena alimenticia.
- Enfermedades humanas asociadas al contacto y aplicación de pesticidas
- Contaminación de suelo y agua
- Disminución de la biodiversidad

Como una alternativa de solución a este problema, se estudia y se aplica en la actualidad el control biológico de plagas por medio de la utilización de microorganismos entomopatógenos. Por tal motivo, es necesario continuar con el desarrollo de investigación sobre cepas de microorganismos que alcancen niveles de control eficientes y específicos, en armonía con el medio ambiente, que en la medida de lo posible estén libres de consecuencias o efectos secundarios, como los que causan los productos químicos.

### 3. MARCO TEORICO

#### 3.1 MARCO CONCEPTUAL

##### 3.1.1 Descripción del cultivo de Brócoli

El brócoli, *Brassica oleracea* var. *Italica* Plenck, pertenece a la familia de las crucíferas, del grupo de las coles, su inflorescencia se comercializa en fresco, congelado o cocido, siendo su sabor agradable (22).

La planta de brócoli puede llegar a alcanzar alturas de 40 a 85 cm. El tallo de la flor (pedúnculo) y los botones o primordios florales son comercializados. El color de las hojas e inflorescencias varía de verde oscuro a azul-verde, lo que depende de la variedad o híbrido. La inflorescencia o cabeza es finamente granulada, su diámetro oscila entre 12 a 15 cm. tiene forma de domo, cúpula o media cúpula (22).

La forma de reproducción del cultivo es por semilla, pasando por tres etapas de desarrollo: Semillero, vegetativa y de inflorescencia, que es la fase de producción comercial. Su ciclo reproductivo fluctúa entre los 90 y 110 días (22)

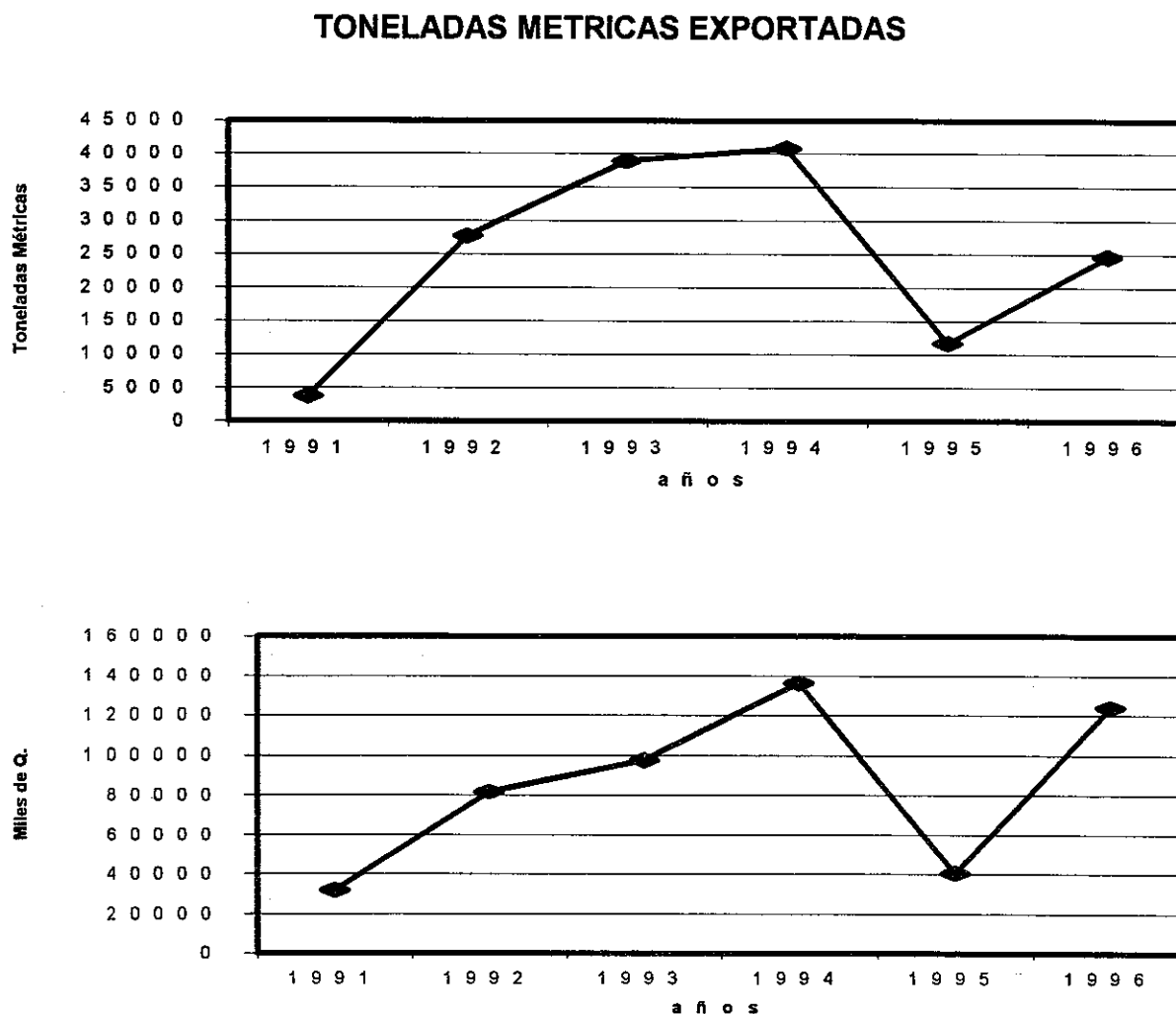
El cultivo del brócoli se desarrolla mejor en climas templados y fríos a altitudes de 1,050 a 2,700 metros sobre el nivel del mar, con temperaturas medias entre 15 a 21°C. No resiste heladas severas y no produce yemas florales a temperaturas superiores a los 30°C. (22).

#### A Importancia económica

El cultivo del brócoli ha resaltado su importancia en Guatemala durante los últimos 15 años, dentro del rubro de los denominados productos no tradicionales de exportación (ver figura 1). En 1991 se sembraron alrededor de 4,900 hectáreas. La producción para la exportación fue de 15,000 toneladas métricas con un valor de 31.8 millones de Quetzales . En 1994 se exportaron 40,000 Toneladas métricas con un valor de 136.18 millones de Quetzales . En 1995 hubo una baja, se exportaron 11,721 Toneladas métricas con un valor de 40.63 millones de Quetzales . En 1996 se exportaron 24,588 Toneladas métricas con un valor de 123.62 millones de Quetzales.

Las zonas tradicionales de producción son Chimaltenango, Sacatepéquez, Guatemala y Sololá, ampliándose a otros lugares como Totonicapán, Quetzaltenango, San Marcos, Huehuetenango, Jalapa, Chiquimula, Zacapa y Alta y Baja Verapaz (24).

El cultivo es realizado por pequeños y medianos productores, los cuales además de utilizar mano de obra familiar, emplean mano de obra contratada (31).



**FIGURA 1. Exportaciones de Brócoli Guatemalteco. Años 1991-1996**

Fuente: Dpto. de Procesamiento de Datos, Unidad de Programación, DIGESA, MAGA / Gremial de Exportadores No Tradicionales

### **B Requerimientos de calidad en el mercado de Brócoli**

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 agroexportadoras (25).

El mercado externo es muy exigente respecto a la calidad de fiorettes, no tolera ningún daño físico; ni mucho menos daños provocados por insectos, los cuales disminuyen tanto el rendimiento como la calidad de la inflorescencia, ya que la sola presencia de insectos provoca el rechazo del producto por parte de las plantas de rechazo. Un ejemplo de este problema es la Palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* L. la cual constituye la principal plaga del cultivo (21).



Ochoa y Leal (31), estiman que del 10% al 15% de la producción de brócoli es rechazado por las empresas agroexportadoras, debido a la presencia de *Plutella xylostella* L. en el florete. Ésto representa pérdidas anuales aproximadas entre 13.6 y 21.7 millones de Quetzales.

A los datos anteriores, hay que sumarles el gasto realizado en insecticidas en el control de éstas plagas, el daño ecológico y el daño a la salud de los pequeños productores y trabajadores del campo, por lo que el monto de las pérdidas es mucho más alto (12).

Tampoco se tolera la presencia de residuos de plaguicidas; por lo que para el control de plagas y enfermedades se recomiendan productos que tengan registro EPA (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos)(12). En el Cuadro 1 se presentan algunos valores de residualidad máximos permisibles de plaguicidas en el cultivo del brócoli.

**CUADRO 1. Valores Máximos Permisibles de Residualidad de Algunos Plaguicidas en el Cultivo Del Brócoli.**

<i>Pesticida</i>	<i>Valor mg/kg</i>	<i>Pesticida</i>	<i>Valor mg/kg</i>
AZINPHOS-METHYL	1.00	METALAXYL	0.50
BROMIDE ION	30.0	METHIOCARB	0.20
CHLORFENVINPHOS	0.05	MEVINPHOS	1.00
CHLOROTHALONIL	5.00	PERMETHRIN	2.00
DIAZINON	0.50	PHOSPHAMIDON	0.20
FENAMIPHOS	0.05	PIRIMICARB	1.00
FENVALERATE	2.00	QUINTOZENE	0.02
IPRODIONE	25.0	TERBUFOS	0.05
MALATHION	5.00		

FUENTE: Estadísticas de la Organización para la Alimentación y la Agricultura de Naciones Unidas -FAO- Octubre 1997

### **C Muestreo y niveles críticos**

Es recomendable muestrear 60 plantas al azar, siendo el nivel crítico de una larva por planta muestreada. Para brócoli y coliflor en la etapa vegetativa las plantas pueden soportar hasta un 30% de defoliación sin tener mermas en el rendimiento. En los muestreos de cosecha, se deben revisar 30 flores semanalmente, si se encuentran gusanos en tres de ellas se alcanza el nivel crítico. En plantaciones comerciales se debe de examinar toda la planta. Se debe prestar atención especial en la búsqueda de larvas pequeñas, las cuales se encuentran en el envés de las hojas. Los agujeros encontrados en las hojas no son buenos estimadores del número de larvas (33).

Los muestreos comerciales de las empresas agroexportadoras se realizan tomando muestras al azar de las cosechas. Se permite hasta un máximo de siete larvas por muestra de 10 kilogramos. (4, 7, 34).

### 3.1.2 Información general de la palomilla dorso de diamante Plutella xylostella L.

Se ha identificado a Plutella xylostella L. como la plaga principal del cultivo del brócoli en Guatemala. Sus poblaciones normalmente no llegan a afectar el rendimiento del cultivo, pero si afectan la calidad del producto final, debido a la presencia de larvas y pupas dentro de la inflorescencia (24).

#### A Nombre Común:

Español: Plutella, Palomilla Dorso de Diamante (DDM), Rasquiña  
Inglés: Diamondback moth (DBM)

#### B Nombre Científico:

Plutella xylostella (=maculipennis) (Curtis)  
(Lepidóptera: Plutellidae o Yponomeutidae)

#### C Distribución geográfica:

Plutella xylostella L. esta distribuida en todo el mundo. Esta plaga es más importante en tierras bajas en los trópicos y sub-trópicos. En Zonas templadas no puede sobrevivir el invierno. Esta plaga coloniza las regiones productoras de crucíferas al final de la estación de cultivos o por medio de las plántulas de trasplante que vienen de regiones subtropicales(34)

Es un insecto cosmopolita, ya que muchos investigadores lo reportan causando daños serios en Europa, Australia, Estados Unidos, América del Sur y Centroamérica (18,20).

#### D Reconocimiento y diagnóstico (3, 18, 24, 34):

##### Huevecillos

1. **Tamaño:** Miden aproximadamente un milímetro de largo por 0.5 milímetros de ancho, por lo que son difíciles de observar a simple vista.
2. **Color:** crema.
3. **Forma:** Oval-aplanados.
4. **Localización:** En el envés de las hojas.
5. **Comportamiento:** La oviposición es de forma individual o en grupos no mayores de tres huevos por postura. Las larvas eclosionan del huevo entre tres y 10 días después de la oviposición.

##### Larvas

1. **Tamaño:** Cuando eclosionan del huevo miden dos milímetros, llegando a medir de ocho a doce milímetros de largo cuando están bien desarrolladas.

2. **Color:** Las larvas recién eclosionadas son de color crema a amarillo claro, con un punto negro que corresponde a la cabeza. Conforme avanzan los instares de desarrollo, las larvas se van tornando color verde oscuro.
3. **Forma:** Alargada
4. **Localización:** Debajo de las hojas entre las venas. Cuando son pequeños los gusanos pueden hacer minas entre las hojas que parecen pequeñas galerías blancas. Posteriormente los gusanos se alimentan debajo de las hojas pero no se comen las venas. A veces los gusanos consumen únicamente la superficie inferior de la hoja dejando la parte superior de la hoja intacta aparentando una ventana. También se pueden alimentar de los puntos de crecimiento de las hojas impidiendo la correcta formación de la planta.
5. **Comportamiento:** Cuando las larvas se molestan, estas se retuercen y se dejan caer de la hoja manteniéndose en un hilo de seda. Cuando el momento de peligro pasa, los gusanos suben nuevamente a la planta trepando por el hilo de seda. Este estado tarda de 14 a 21 días.  
**Daño:** La larva constituye el principal problema para el cultivo, forma varios agujeros pequeños en las hojas, daño que normalmente no afecta el rendimiento, pero pueden llegar producir innumerables perforaciones en el follaje y en las cabezas en formación, estas perforaciones dan origen a pudriciones secundarias causadas por hongos y bacterias (*Alternaria*, por ejemplo). Al iniciarse la formación de la inflorescencia las larvas tienden a subir y empupar en ellas, lo que daña la calidad del producto final, llegando en algunos casos a rechazarse el 100% de la producción de pequeños y medianos agricultores.

### **Pupa**

1. **Tamaño:** De diez a doce milímetros.
2. **Color:** Verde oscuro al principio, luego se toma café amarillento. Se encuentra envuelta en un capullo de seda blanco, dentro del cual la larva se convierte en palomilla.
3. **Localización:** En las hojas, en basura debajo de la planta o bien en la inflorescencia.
4. **Duración:** Entre siete y catorce días
5. **Comportamiento:** El capullo de seda es adherido fuertemente a la superficie de la hoja siendo difícil su remoción.
6. **Daño:** La presencia de pupas en la inflorescencia es causa de rechazo en la planta de procesamiento, al igual que la presencia de larvas.

### **Palomilla**

1. **Tamaño:** De diez a doce milímetros.
2. **Color:** Café grisáceo. Las palomillas son reconocidas por tener tres marcas triangulares a lo largo del margen interno de las alas. Cuando las palomillas están en posición de descanso éstas marcas

se juntan formando tres diamantes a lo largo del dorso de la palomilla.

3. **Localización:** Las palomillas prefieren descansar debajo o dentro de las hojas de brócoli para protegerse.
4. **Comportamiento:** Las palomillas son más activas y visibles al atardecer. Ellas vuelan alrededor de las plantas buscando compañeros para cruzarse y poner huevos posteriormente. Los machos son atraídos a las hembras por medio de feromonas. La hembra puede colocar un promedio de 200 huevecillos durante su ciclo de vida, iniciando la oviposición en el cultivo del brócoli de 15 a 20 días después del trasplante.

### 3.1.3 Estrategias de control de *Plutella xylostella* L.

#### A Prácticas de control cultural

##### Estación de siembra:

Es preferible sembrar brócoli en la estación lluviosa, cuando las poblaciones de *Plutella xylostella* L. son controladas por las lluvias. (34)

##### Irrigación:

El riego aéreo frecuente puede reducir el número de larvas en el campo. Si se riega al atardecer también puede limitarse la actividad de los adultos tanto de copulación como de oviposición (18, 34).

##### Lugar de Cultivo:

Es mucho mejor no tener siembras escalonadas ya que los cultivos viejos sirven de reservorio de plaga para los cultivos nuevos. Si se requiere sembrar escalonado, siembre los nuevos cultivos en contra de la dirección del viento para que los adultos tengan mayor dificultad de encontrar la nueva plantación (34).

##### Trasplante:

Los semilleros deben sembrarse lejos de los cultivos viejos y del lugar de siembra del cultivo. Es muy importante que los trasplantes lleguen limpios de larvas al campo. En muchas ocasiones los ataques de *Plutella* comienzan porque las plántulas al trasplante estaban infestadas desde el semillero (34).

##### Desechos de cosecha y plantas hospederas:

La palomilla dorso de diamante puede sobrevivir en residuos de cosecha y en plantas hospederas y luego migrar a otros lotes. Es conveniente destruir y remover rápidamente las partes de la planta que ya se cosecharon, así como controlar las malezas hospederas (20, 34).

##### Cultivo trampa:

Son cultivos de la misma familia como el repollo por ejemplo, los cuales son muy atractivos para la palomilla dorso de diamante. Deben ser monitoreados con mayor frecuencia que el mismo cultivo y

deben de recibir atenciones de control, antes que la palomilla dorso de diamante pase al cultivo principal. Si los cultivos trampa no son debidamente manejados, pueden incrementar la población de palomilla dorso de diamante (33).

#### **Cultivos intercalados:**

El intercalar cultivos de diferentes familias es una práctica común para el control de plagas y enfermedades. Bajo determinadas combinaciones de cultivos se puede alterar el ciclo del insecto plaga, reduciendo la población del mismo y por lo tanto el daño provocado. Algunos cultivos recomendados son: ajo, cebada, eneldo, avena, tomate (18,34).

## **B Control Químico**

#### **Recomendaciones para el uso de insecticidas:**

Debido a la larga historia de desarrollo de resistencia a plaguicidas en esta plaga alrededor del mundo, se debe disminuir el uso de insecticidas en los programas de manejo integrado de plagas. Es recomendable que se realicen pruebas de resistencia a insecticidas para poder dar las mejores recomendaciones. El control químico debe de aplicarse en rotación de insecticidas de diferente familia, desarrollando secuencias toxicológicas, disminuyendo de esta manera el riesgo de desarrollar resistencia en las poblaciones de palomilla dorso de diamante (4, 18, 34).

#### **Técnicas de aplicación:**

Las crucíferas poseen gran cantidad de cera en su follaje, lo que limita la adherencia de insecticidas. Es recomendable la utilización de adherentes, para lograr una mejor cobertura y persistencia del insecticida. Otro problema es que, las larvas viven en el envés de las hojas, debiendo utilizarse boquillas hidráulicas para obtener una buena cobertura de la planta (34).

#### **Desarrollo de resistencia:**

*Plutella xylostella* L. tiene una propensión muy fuerte a desarrollar resistencia a insecticidas utilizados en su control. En la India se reportan datos de resistencia a los insecticidas DDT y parathion desde los años sesentas, en los años setentas a insecticidas organoclorados y organofosforados; se reconoce la resistencia a parathion ethyl, al fenitotion y malathion. En los años ochentas se reportó tolerancia a los pyretroides, cypermetrin, fenvalerate, y detalmethrin. El endosulfan es otro insecticida al cual *Plutella xylostella* L. ha desarrollado resistencia, según datos de 1995 (4,6)

El vigilar la resistencia es un requisito previo e indispensable para diseñar cualquier programa de manejo integrado de plagas. La existencia de resistencia a insecticidas desarrollada por *Plutella xylostella* L. se ha convertido en un factor limitante en el desarrollo de cultivos comerciales de crucíferas, sobre todo para el mercado de exportación (34).

Ha existido una dependencia muy fuerte de los insecticidas químicos, lo que ha producido efectos secundarios indeseables que pueden ubicar a los cultivos de crucíferas en una crisis. El uso de insecticidas para el control de *Plutella xylostella* L. es intensivo, lo que ha provocado que las poblaciones del insecto sean resistentes a insecticidas pertenecientes a todas las clases de productos químicos comercialmente disponibles. El uso indiscriminado de pesticidas ha eliminado a muchos enemigos naturales como parásitos y depredadores, además de contribuir a la contaminación del ambiente y de la cosecha misma, siendo un peligro para la salud humana (18,24).

El uso de insecticidas químicos debe ser reducido al mínimo necesario y utilizado como complemento en otras prácticas de control de manejo integrado de plagas (24).

## **C Control natural**

Es el término amplio que incluye la acción de todos los factores ambientales, tanto bióticos como abióticos, en la ordenación, determinación o gobierno de los promedios de densidades de población (17).

Dentro de los métodos de control natural, sobresale el control biológico, el cual consiste en la utilización de enemigos naturales (parasitoides, depredadores y patógenos) en el control de plagas (8).

### **a Control Biológico**

Es una fase del control natural y se define como: "La acción de parásitos, predadores o patógenos, para mantener la densidad de población de otro organismo a un promedio más bajo del que existiría en su ausencia." Se basa en la utilización de principios ecológicos para crear ambientes inadecuados para el desarrollo de plagas (8,14,17).

El control biológico de plagas se basa en la acción de los agentes de control natural o enemigos naturales de las plagas (parasitoides, depredadores y patógenos) presentes en el campo, la cual debe optimizarse mediante prácticas de conservación que provean un hábitat favorable para ellos. Virtualmente todo organismo tiene enemigos naturales que pueden utilizarse para este propósito (8).

El método clásico de control biológico es introducir o aumentar las poblaciones de enemigos naturales en áreas de cultivos para el control de poblaciones de insectos. Cuando se tiene éxito en el control biológico, es el método más económico de control y además, desde el punto de vista de protección de los ecosistemas, éste es uno de los más seguros en el control de plagas (17).

El control biológico tiene que ver con la manipulación de los enemigos naturales por sí mismos a fin de hacerlos más eficientes en la regulación de densidades de población de hospederos. El hombre puede

ayudar al incremento de enemigos naturales a través de una planeación científica. El incremento de los enemigos naturales es un campo relativamente nuevo que ha empezado a explorarse, pero falta mucho por descubrir (17).

Dentro de los atributos de un enemigo natural efectivo tenemos (8,17):

- a) Capacidad de búsqueda de su huésped.
- b) Especificidad
- c) Propagación rápida y abundante
- d) Ocupación de todos o de la mayoría de nichos ocupados por el huésped.
- e) Debe estar biológica, fisiológica y ecológicamente bien adaptado al huésped.

Para el control de *Plutella xylostella* L. se encuentran algunos enemigos naturales, entre ellos (16, 17, 34):

- a) *Diadegma insularis* Cresson avispa parasitoide, puede controlar hasta un 40% de las larvas cuando se hace uso limitado de insecticidas químicos, usado en Centroamérica.
- b) *Bacillus thuringiensis* Bert. variedades kurstaki y azawai, bacteria, usada en forma comercial.
- c) *Entomophthora spp* hongo, se ha reportado en algunos ensayos su potencial entomopatógeno.
- d) *Zoopthora spp* hongo, se ha reportado en algunos ensayos su potencial entomopatógeno.

## **b Control Microbiológico**

El control microbiológico es parte del control biológico y consiste en la utilización de microorganismos (hongos, bacterias, virus, protozoos y nemátodos) o bien sustancias derivadas de éstos, que alteran el desarrollo normal de plagas. Estos microorganismos son llamados entomopatógenos, ya que los cuales provocan enfermedades que pueden ser utilizadas en el control de plagas (11,17).

Es necesario que el hombre promueva y proporcione, en la medida de lo posible, los factores adecuados que intervienen en el desarrollo y mantenimiento de los microorganismos en el campo de cultivo. Hay que ayudar a la naturaleza produciendo patógenos en forma masiva para lograr el éxito en el control de plagas (11, 17).

### - **Características de un buen agente de control microbiológico (17)**

- a) Rápida dispersión, lo que depende del hospedero y del agente transmisor.
- b) Buena capacidad de sobrevivir
- c) Que no sea fitotóxico.
- d) Buenas características de virulencia e infectividad.
- e) Ofrecer seguridad para otros organismos, como insectos benéficos y animales mamíferos.
- f) Reproducción fácil y de bajo costo.
- g) Fácil de transportar.
- h) Aplicación fácil y con equipo convencional.
- i) Que ofrezca un control a largo plazo
- j) Que su manejo sea fácil, tanto en la producción, almacenamiento y en la aplicación directamente en el campo.

Dentro de los microorganismos más usados en este tipo de control están: los hongos y las bacterias, su sintomatología y signos son fáciles de detectar, siendo su diagnóstico patológico más eficiente y seguro (11, 17).

### **Ventajas y desventajas del control microbiológico (17, 32)**

#### **Ventajas:**

- a) La naturaleza inocua y no tóxica de los patógenos de insectos para otras formas de vida, con la consecuente ausencia de residuos tóxicos.
- b) El relativamente alto grado de especificidad de la mayoría de los microorganismos, lo que protege a organismos benéficos y al hombre.
- c) Algunos entomopatógenos son compatibles con otros métodos de control. Se ha dado el caso que pueden ser aplicados con insecticidas en forma conjunta y, cuando menos, en forma sinérgica, ya que la infección puede originar susceptibilidad al envenenamiento de productos químicos.
- d) La facilidad y el bajo costo con que algunos microorganismos pueden ser reproducidos.
- e) La gran versatilidad de los patógenos microbiales en lo que se refiere a los métodos de aplicación. Algunos microorganismos pueden ser introducidos y colonizados, dando como resultado un control permanente. Otros patógenos pueden ser usados en aspersiones o espolvoreaciones de la misma manera que los insecticidas.
- f) En algunos casos se requieren de relativamente bajas dosis para lograr el control.
- g) Multiplicación y dispersión. Los patógenos tienen la capacidad de dispersarse y multiplicarse en el ambiente a través de los individuos infectados.



- h) Efectos secundarios: Además de producir la muerte, los patógenos pueden afectar el potencial de oviposición, viabilidad de huevos y pueden aumentar la sensibilidad a otros agentes de control biológico y químico.
- i) Control más duradero: Después del establecimiento de un patógeno en una determinada área, el control puede ser de carácter enzoótico, es decir, logrando mantener el control de la plaga por debajo de los niveles económicos de daño por mucho tiempo (especialmente en cultivos permanentes y semipermanentes).
- j) Resistencia: Las plagas difícilmente pueden desarrollar resistencia a los patógenos, aunque ya se han reportado casos de resistencia.

#### **Desventajas:**

- a) Proceso de infección lento.
- b) La marcada especificidad de la mayoría de los patógenos, disminuye el espectro de control para únicamente una especie, en el caso de donde varias plagas estén presentes, comparado con el amplio espectro de muchos insecticidas.
- c) La necesidad de mantener al patógeno en condiciones viables de alta virulencia y en un estado durable o resistente hasta que se ponga en contacto con el huésped.
- d) La dificultad de producir algunos patógenos, ya sea en grandes cantidades y/o bajos costos.
- e) La tendencia de algunos patógenos a originar que los insectos o partes de ellos permanezcan adheridos al follaje de la planta huésped, disminuyendo normas de calidad en algunos cultivos.
- f) El requerimiento de algunos patógenos de condiciones climáticas favorables (temperatura, humedad, luminosidad, etc.).
- g) Los insecticidas microbianos exigen mejores cuidados de almacenamiento (mantener la virosidad y patogenicidad).
- h) El uso requiere de mayor educación, capacitación y entrenamiento.
- i) Debe de haber buena cobertura de la planta, debido a que la mayoría de los patógenos deben ser ingeridos para causar la enfermedad.
- j) El tiempo de infección hasta causar la muerte, frecuentemente es largo, y por lo tanto el insecto infectado continúa causando daño.

- **Los hongos como agentes de control microbiológico.**

Las infecciones causadas por hongos son muy comunes en insectos y son, relativamente fáciles de detectar, ya que muchas veces se encuentra la presencia del micelio o cuerpo fructífero del hongo sobre el cuerpo del insecto infectado. Hasta el momento se han registrado más de 400 géneros de hongos entomopatógenos. Sin embargo, solo unos pocos se han investigado con el fin de usarlos en programas de control microbiológico. Dentro de ellos están: *Beauveria*, *Metarhizium*, *Entomophthora*, *Coelomyces*, *Cordyceps*, *Nomuraea*, *Aschersonia*, *Hirsutella* y *Zoophthora*. Se reporta en algunos casos a *Fusarium* en su fase sexual como *Sphaerostible* (8,11,16,17).

Los hongos entomopatógenos pueden causar infección en cualquier estado de desarrollo del insecto, los hongos atacan a través del integumento, al entrar en contacto con la cutícula del insecto, las esporas inician el proceso de germinación, el cual requiere de condiciones específicas de temperatura y humedad.

Durante el proceso de germinación producen enzimas que destruyen la pared celular, permitiendo que el hongo penetre y llegue a la cavidad homocélica, donde se reproduce vegetativamente, hasta llenar todo el interior del insecto y matarlo a) ya sea por el daño mecánico causado en los diferentes órganos o por b) la liberación de toxinas resultantes de su metabolismo (11,17).

El insecto infectado, generalmente se seca, adquiriendo un aspecto momificado, frecuentemente llega a cubrirse con conidios, y algunas veces contiene esporas en reposo, las que capacitan al hongo para sobrevivir en períodos de condiciones adversas (17).

A pesar de que las enfermedades fungosas son tan comunes, no se ha logrado un manejo consistente y exitoso, debido a que la mayoría requieren condiciones precisas de humedad y temperatura para su desarrollo (11,17).

El uso de hongos en el control microbiológico de plagas es promisorio, especialmente en integración con otras medidas de control, ya que solos es difícil lograr un papel dominante en el control de plagas (11).

- **Diagnóstico de enfermedades fungosas:**

Los insectos que han muerto por hongos entomopatógenos varían un poco en su apariencia, dependiendo de la clase de hongo en cuestión y de la etapa de desarrollo de éste. Cuando las condiciones para su crecimiento y desarrollo son óptimas, el hongo aparece usualmente en las formas de conidióforos, hifas o micelio sobre la superficie del cuerpo del insecto, algunas veces todo el cuerpo del animal está cubierto y otras, el hongo aparece solamente en áreas donde la pared del cuerpo es delgada, tales como las membranas intersegmentales. En ausencia de adecuada humedad atmosférica

puede no haber evidencia externa del hongo, aunque pueden encontrarse en la cavidad interna del insecto. (17).

Poco después de la muerte del insecto, la consistencia del contenido de su cuerpo puede coagularse; con el tiempo se endurece, se vuelve quebradizo y se momifica. A diferencia de la mayoría de las infecciones causadas por bacterias y virus, el insecto infectado con un hongo retiene la forma y color general del cuerpo, excepto cuando es cubierto parcial o totalmente por el hongo. De hecho el diagnóstico definitivo de una enfermedad fungosa puede hacerse generalmente examinando al microscopio el insecto enfermo, especialmente cuando es acompañado por un cultivo adecuado del hongo (8, 17).

#### - Las bacterias como agentes de control microbiológico

Las bacterias constituyen el grupo más numeroso y quizá el más estudiado entre los microorganismos asociados a insectos. Las bacterias más importantes desde el punto de vista de control de insectos son las aeróbicas formadoras de esporas del género Bacillus. (11).

En general los entomopatógenos bacteriales se agrupan en a) cristalíferas formadoras de esporas; b) patógenos obligatorios; c) patógenos facultativos y d) patógenos potenciales (11,17).

Hasta el momento sólo las bacterias cristalíferas formadoras de esporas son promisorias en el control de insectos. Dentro de este grupo de bacterias está la especie Bacillus thuringiensis Berl. también llamada Bt. (17).

**Enfermedades causados por bacterias cristalíferas:** Recientemente las bacterias más importantes e interesantes usadas en el control biológico de los insectos son aquellas que cuando esporulan forman cristales de proteínas tóxicas. Estos cristales son altamente tóxicos para ciertos insectos, principalmente algunos lepidópteros, pero son al parecer inocuos para otras formas de vida. Dentro de éstas bacterias tenemos a Bacillus thuringiensis Berl. aislada en 1911 por Berlinier de larvas de la palomilla de la harina del mediterráneo, Anagasta Kühniella Zell. recibidas de un molino de Thuringia, Alemania, otros estudios reaislaron la bacteria: Mattes en 1927 en Alemania. Ishiwata en 1905 en Japón aisló de larvas de gusano de la seda un bacilo cristalífero conocido como Bacillus sotto ishiwata Berl. Toumanoff y Vago, en 1951 reportaron como la causa de la flachería del gusano de la seda, a una bacteria que nombraron Bacillus cereus var. Alesti, éstas tres formadoras de esporas y relacionadas entre sí; y en 1958, Heimpel y Angus propusieron que las tres bacterias cristalíferas se designaran como variedades de Bacillus thuringiensis Berl., siendo las siguientes variedades: *thuringiensis*, *sotto* y *alesti* (17).

Actualmente se tienen algunas variedades comercialmente disponibles de *Bacillus thuringiensis* Berl.

- Var tenebrionis -Larvas del escarabajo de la patata del colorado y de la hoja del olmo
- Var kurstaki -orugas
- Var israelensis -mosquito, mosca negra, y larvas fungosas del mosquito
- Var aizawai -larvas de la polilla de la cera, varias orugas y especialmente la palomilla dorso de diamante (15).

Angus en 1954-1956, estableció la relación entre la toxina cristalizada de sotto y la parálisis que ocurre en el insecto después de la ingestión del cristal. También encontró que mientras la proteína tóxica causa la parálisis por ingestión, ésta no tenía efecto cuando se inyectaba dentro del cuerpo. El cristal es soluble en soluciones alcalinas; hay una indicación de una correlación entre el pH del intestino del insecto y su susceptibilidad a la toxina del cristal. Ha sido demostrada la susceptibilidad del cristal para ciertos lepidópteros, la bacteria también invade los tejidos y la cavidad del cuerpo, acelerando el proceso letal y también se produce una sustancia soluble en agua y estable al calor, diferente al cristal y a la lecitinasa, la cual es tóxica para los insectos cuando se les inyecta (17).

Dependiendo del insecto se han llegado a determinar tres tipos diferentes de acción por las que la bacteria cristalífera puede matar al insecto huésped. El tipo I, de 5 a 20 minutos después de la ingestión, hay una parálisis del intestino medio, a esto sigue, después de 1 a 7 horas una parálisis general acompañada del aumento del pH de la sangre de 1 a 1.5, lo que indica que hay una filtración del líquido del intestino en la sangre. El tipo II, difiere en que no hay aumento de pH en la sangre, pero el insecto muere a los dos o tres días con una parálisis general. El tipo III, únicamente muere de parálisis general, pero no muere por la toxina cristalizada de sotto (8, 17).

Entre las especies de insectos más susceptibles que se conocen están aquellas que pertenecen a los géneros: *Bombyx*, *Anagasta*, *Colias*, *Pieris*, *Thaumetopoea*, *hyphantria*, *Protoparse*, *Plodia* y *Plutella*. Se ha comprobado que no son susceptibles otros invertebrados, así como vertebrados y plantas vivas (8, 17).

#### - Diagnóstico de enfermedades bacteriales:

En la mayoría de las infecciones causadas por pequeños bacilus gram-negativos, los síntomas son los de la septicemia. Los insectos infectados cesan de alimentarse, se vuelven perezosos en sus movimientos y mueren en un lapso de 24 a 72 horas. El cadáver toma un color entre café oscuro y negro, está lleno con el agente causal y eventualmente se seca, quedando momificado (17).

El primer signo es una actividad reducida y pérdida del apetito, seguida por descarga de fluidos por la boca y ano. La infección puede comenzar como una disentería acompañada con diarrea, pero en la mayoría de los casos la bacteria invade toda la cavidad del cuerpo del insecto y causa una septicemia que determina la muerte del hospedero. Después de la muerte el cuerpo del insecto, especialmente el de las larvas, se oscurece con una coloración café o negra. Usualmente los insectos recién muertos están blandos y, al perder su forma, los tejidos internos pueden desintegrarse, o tomar una consistencia viscosa, olorosa, pero normalmente no se derriten o licúan como los insectos muertos por infecciones virales. El cadáver del insecto, generalmente se seca y se encoge, el integumento permanece intacto (15,17)

### 3.1.4 Efecto de los factores ambientales en el control biológico

Los factores ambientales son de mucha importancia en la regulación de los epizootias en las poblaciones de insectos, pero falta desarrollar mucha investigación al respecto, pero aún así, no existe duda alguna de que los factores ambientales afectan la iniciación y desarrollo o bien prevención y supresión de los brotes de enfermedades. El grado de influencia de los factores ambientales puede variar con la naturaleza de los tres factores primarios: a) población de patógenos, b) población del huésped y c) método de transmisión (8,17).

#### A Humedad y lluvia

Es el factor físico más frecuentemente citado que afecta la iniciación y desarrollo de las epizootias entre las poblaciones de insectos. Esto es especialmente cierto en las enfermedades causadas por hongos, pero existe evidencia que también puede afectar a otro tipo de enfermedades (8,17).

En forma general las epizootias de las enfermedades fungosas dependen principalmente de la humedad, teniendo papeles secundarios otros factores físicos tales como la temperatura, luz solar, el viento. Se ha demostrado, en el caso del hongo *Beauveria bassiana* Bals, que la germinación óptima de esporas se presenta a humedades relativas arriba del 94% y a temperaturas de 28°C, obteniéndose bajas germinaciones a 10°, 38° y 44°C. Para ciertos hongos no es suficiente con la humedad relativa alta, pero la existencia de rocío libre en contacto con el conidio es necesaria para la germinación. Es de gran importancia el estado de salud o resistencia natural de los insectos (17).

Muchos insectos limitan su actividad a humedades relativas menores de 40%, así como muchos insectos también son afectados por exceso de lluvia. La humedad es importante para bacterias no formadoras de esporas que para las que sí forman esporas, las cuales son más resistentes a condiciones adversas de humedad (8).

En condiciones de campo, la humedad relativa alta, favorece la diseminación de bacterias y hongos entomopatógenos, tanto el rocío como la lluvia contribuyen a la diseminación de bacterias y hongos de una planta a otra, o bien dentro de una misma planta. Con lluvias de alta intensidad después de una aplicación se disminuye la eficacia de los productos, pues los mismos son lavados y llevados al suelo (8).

Se han hecho estudios en donde los hongos tienen una mayor eficacia cuando actúan con humedades relativas entre el 70 y 100% (8).

## **B Temperatura**

No se conoce adecuadamente el efecto directo de la temperatura sobre las epizootias en las poblaciones de insectos. Sólo dentro de ciertos rangos de temperatura, la humedad es importante en la iniciación de las enfermedades fungosas. De manera general, a temperaturas altas el progreso de la infección se acelera considerablemente dentro del individuo. En ciertas enfermedades las temperaturas altas pueden incrementar la resistencia de los insectos a las infecciones. En otras los patógenos invaden el cuerpo del insecto huésped más frecuentemente cuando el huésped se encuentra bajo la influencia adversa de una temperatura alta (8,17).

La temperatura óptima para el desarrollo de los insectos se encuentra alrededor de 25°C, pudiéndose encontrar buen desarrollo y actividad en un rango de 15° a 38°C. Debajo o arriba del rango antes mencionado, las condiciones son desfavorables, los insectos entran en un proceso de diapausia temporal o bien permanente (8).

Los patógenos en general, encuentran condiciones favorables en un rango de temperatura de 20° a 30°C. La temperatura ideal en condiciones de campo para *Bacillus thuringiensis* Berl. es de 25° a 28°C. Los hongos durante la fase de producción se desarrollan bien con temperaturas de 20° a 30°C. *Beauveria* tiene un buen desenvolvimiento a temperaturas entre 22° y 26°C, soportando temperaturas de hasta 45° (8).

## **C Luz solar**

Especialmente los rayos Ultra Violeta pueden tener un efecto directo sobre los patógenos de insectos. Esto es especialmente cierto con patógenos que no tienen estados resistentes durante su ciclo de vida. El desarrollo de algunos microorganismos se ven afectados por la exposición a la radiación solar, a otros les favorece su desarrollo y reproducción al encontrarse en lugares oscuros (8,17).

## **D Características del suelo**

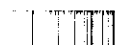
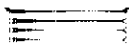
En el caso de insectos que viven en el suelo, las epizootias pueden estar asociadas con las características fisicoquímicas del suelo, además de factores como la temperatura y la humedad. Se ha observado que algunos patógenos son más efectivos en suelos orgánicos, ricos en humus, que en suelos arcillosos y arenosos, podría ser que los coloides del suelo, ayudan a fijar al suelo las esporas del microorganismo patógeno. Además, los suelos orgánicos conservan la humedad, lo que favorece sobre todo a las enfermedades fungosas (8).

### **3.1.5 Perspectivas del control biológico**

Las perspectivas del control biológico en Guatemala son, hoy en día, mucho mejores, puesto que hay varios factores que han incidido en su desarrollo. La exigencia de los consumidores más fuertes de productos nacionales (Estados Unidos y otras naciones industrializadas) de demandar productos agrícolas de buena calidad y libres de residuos tóxicos, debido al uso de pesticidas, además del desarrollo de poblaciones plagas resistentes (19).

Los anteriores aspectos se combinan con la labor de educación y formación de conciencia realizadas por organizaciones interesadas en la protección y conservación ambiental, como lo son universidades, escuelas agrícolas, asociaciones de profesionales, organizaciones no gubernamentales y otros sectores de opinión pública. También los productores mismos han tenido experiencias positivas en el uso de control biológico para control de plagas y se han ido convenciendo de los beneficios ambientales, sociales y económicos que esta técnica ofrece. (19).

Se abre también un panorama muy halagador con el aumento del mercado de productos agrícolas denominados orgánicos, el cual está en aumento día con día y ofrece al productor un nuevo segmento de mercado para su producción (19).



## 3.2 MARCO REFERENCIAL

### 3.2.1 Descripción del área experimental

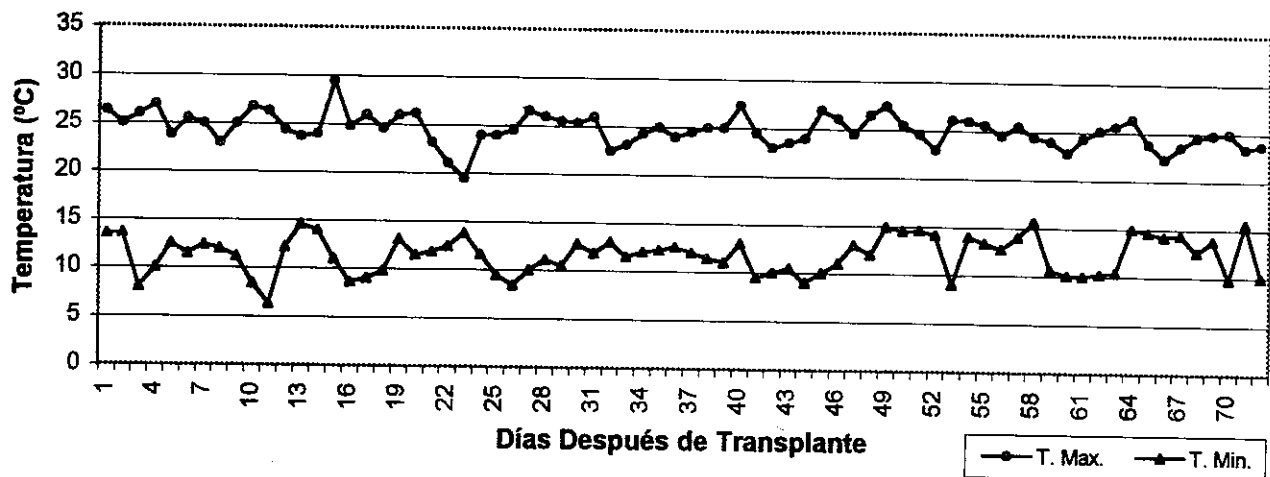
#### A Localización

La investigación se realizó en la estación experimental del Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola – ICTA-, localizado en la Alameda, Chimaltenango, ubicado geográficamente en las coordenadas 14°39'38" Latitud Norte y 90°49'10" Longitud Oeste (3).

#### B Condiciones climáticas

La altura de la región es de 1,768 metros sobre el nivel del mar, con una temperatura máxima media anual de 26.38°C y una mínima media anual de 15.35°C, manteniéndose constante durante casi todo el año, teniendo algunos descensos en diciembre, enero y febrero, con algunos riesgos de heladas (23).

En la figura 2 se muestra el comportamiento de las temperaturas máximas y mínimas que prevalecieron durante la realización del ensayo, desde la fecha del transplante (05-04-1995) hasta la cosecha del cultivo del brócoli (16-06-1995).



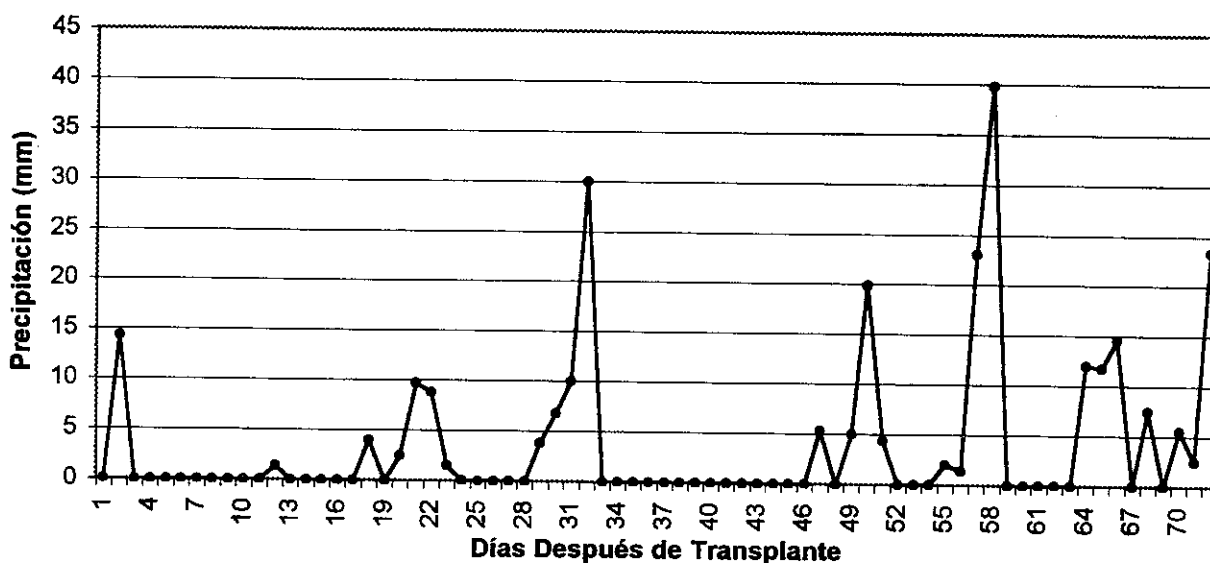
FUENTE: Registros del INSIVUMHE, Estación La Alameda, Chimaltenango

**FIGURA 2. Condiciones de temperatura que predominaron durante la realización del experimento (del 05/04/1995 al 16/06/1995)**

El área tiene un clima templado, con una precipitación media anual de 987.79 mm, distribuidos en un número promedio de 114 días y concentrándose de junio a septiembre (23).

En la figura 3 se muestra el comportamiento de precipitación pluvial que prevaleció durante la realización del ensayo, de la fecha de transplante (05-04-1995) a la cosecha del cultivo del brócoli (16-06-1995).

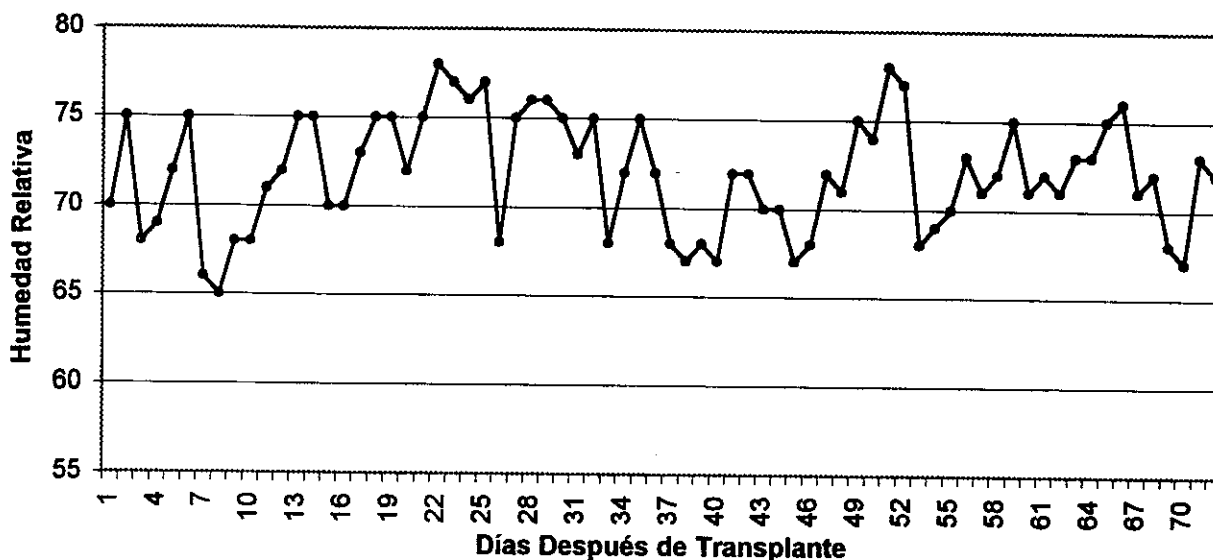




FUENTE: Registros del INSIVUMHE, Estación La Alameda, Chimaltenango.

**FIGURA 3.** Condiciones de Precipitación que predominaron durante la realización del experimento (del 05/04/1995 al 16/06/1995)

En la figura 4 se muestra el comportamiento de humedad relativa que prevaleció durante la realización del ensayo, de la fecha de transplante (05-04-1995) a la cosecha del cultivo del brócoli (16-06-1995). Debido a que la estación meteorológica de la alameda no tiene datos de humedad relativa, se tomaron datos de la estación Santa Cruz Balanyá (la más próxima).



FUENTE: Registros del INSIVUMHE, Estación Santa Cruz Balanyá, Chimaltenango

**FIGURA 4.** Condiciones de humedad relativa que predominaron durante la realización del experimento (del 05/04/1995 al 16/06/1995)

### C Condiciones edáficas

Según Simmons, Tarano y Pinto (35), los suelos del área corresponden al grupo de la altiplanicie central de Guatemala; los cuales son profundos, desarrollados sobre ceniza volcánica y de color claro, pertenecen a la serie Tecpán, la que se caracteriza por su profundidad y buen drenaje.

Según análisis de suelos del área experimental, éstos son ligeramente ácidos, con un pH de 5.8, con buen contenido de fósforo, potasio, calcio y magnesio; lo que hace suponer que son suelos muy fértiles. Los resultados del análisis de suelos aparecen en el cuadro 2.

CUADRO 2. Análisis de suelo del área experimental del ICTA, La Alameda, Chimaltenango, 1995.

Profundidad en cms.	pH	mg/ml		Meq/100 ml suelo	
		P	K	Ca	Mg
30	5.8	11.7	119	3.74	0.5

FUENTE.: Laboratorio de Suelos del ICTA

#### 3.2.2 Antecedentes Relacionados con la Investigación

Arias (3), realizó una investigación en 1993, en donde recomienda el uso de *Bacillus thuringiensis* Berl. en el control de la palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* L. y además fue uno de los tratamientos que presentó la mayor tasa marginal de retorno.

Aguilera, Rodríguez y Córdova (1, 2). Durante 1993 y 1994, trabajaron con pruebas de patogenicidad con microorganismos entomopatógenos de plagas hortícolas y su uso potencial como agentes de control biológico a nivel de invernadero y laboratorio. Aislaron ocho microorganismos entomopatógenos de la palomilla dorso de diamante, de los cuales cinco son bacterias y tres son hongos. Los microorganismos aislados y los resultados de las pruebas de patogenicidad se muestran en cuadro 3.

CUADRO 3. Microorganismos Entomopatógenos de larvas de *Plutella xylostella* L. aislados y evaluados a nivel de laboratorio e invernadero por Aguilera, Córdova y Rodríguez (1,2).

TIPO DE MICROORGANISMO	NOMBRE CIENTIFICO	PORCENTAJE DE MORTALIDAD		PORCENTAJE DE MORTALIDAD CORREGIDA
		LARVAS	PUPAS	
Bacteria (CB-49L)	<i>Bacillus thuringiensis</i> Berl.	100	-----	100
Bacteria (CB-53L)	<i>Bacillus thuringiensis</i> Berl.	29	71	100
Bacteria (CB-75L)	<i>Bacillus thuringiensis</i> Berl.	50	50	100
Bacteria (CB-51L)	<i>Bacillus thuringiensis</i> Berl.	72	14	75
Bacteria (CB-74L)	<i>Bacillus thuringiensis</i> Berl.	72	14	75
Hongo (CB-60L)	<i>Fusarium sp.</i>	100	-----	100
Hongo (CB-61L)	<i>Staphylotrichum sp.</i>	27	73	100
Hongo (CB-91L)	<i>Beauveria sp.</i>	71	29	100

### 3.2.3 Microorganismos Entomopatógenos a Evaluar

#### A *Bacillus thuringiensis* Berliner

Se utilizó las cepas CB-49L, CB-53L, CB-75L, CB-51 y CB-74L de *Bacillus* aisladas por Aguilera, Córdoba y Rodríguez, las cuales se presentan en el cuadro 4 (1,2).

**CUADRO 4. Aislamientos de Bacterias efectuados por Aguilera, Córdoba y Rodríguez, evaluados en el ensayo a nivel de campo en la estación experimental del ICTA en La Alameda, Chimaltenango 1995.**

Código	Insecto Plaga	Cultivo	Lugar de colecta	Fecha colecta	Fecha aislamiento
CB-49L	<u><i>Plutella xylostella</i></u>	Repollo	Patzicia, Chimaltenago.	27-03-1993	12-04-1993
CB-53L	<u><i>Plutella xylostella</i></u>	Repollo	Patzicia, Chimaltenago.	27-03-1993	12-04-1993
CB-75L	<u><i>Plutella xylostella</i></u>	Repollo	Los Encuentros, Sololá	26-05-1993	28-05-1993
CB-51L	<u><i>Plutella xylostella</i></u>	Repollo	Patzicia, Chimaltenago.	27-03-1993	12-04-1993
CB-74L	<u><i>Plutella xylostella</i></u>	Repollo	Los Encuentros, Sololá	26-05-1993	28-05-1993

El *Bacillus thuringiensis* Berl. es una bacteria esporulante de dos a tres micras. Pertenece a la familia Bacillaceae. Se encuentra naturalmente en el medio ambiente y existen unas 35 variedades pertenecientes a 30 serotipos. (27).

La bacteria tiene forma de bastón, pertenece al grupo gram negativo, formadora de esporas cristalíferas en el momento de la esporulación. Estos cristales son altamente tóxicos para algunos insectos, especialmente lepidópteros, pero son al parecer inocuos para otras formas de vida. Es una bacteria que se desarrolla en condiciones aeróbicas, pudiendo facultativamente crecer en condiciones anaerobias (8).

#### **Almacenamiento:**

Los productos comerciales de *Bacillus thuringiensis* Berl. almacenados a temperaturas entre 21 y 24°C mantienen su poder insecticida durante dos años. Por ser un insecticida biológico puede ser afectado por temperaturas elevadas. No almacenar a temperaturas mayores de 30°C.(27).

#### **Compatibilidad:**

En las formulaciones comerciales se recomienda no mezclar con fungicidas, productos químicos y coadyuvantes que alteren el rango de pH entre 6 y 7.5. En cualquier mezcla debe probarse previamente su compatibilidad (27).

**Aplicaciones:**

Puede aplicarse con los métodos convencionales de aspersión. Las aplicaciones deben realizarse preferiblemente entre 6:00 y 10:00 a.m. y después de las 4:00 p.m. o cualquier hora en días nublados para evitar al máximo los rayos ultra violeta. Puede ser usado hasta el momento de la cosecha (27)

**Modo de Acción:**

El modo de acción de *Bacillus thuringiensis* Berl. es únicamente por ingestión. La acción insecticida es debida a la presencia de un cristal proteico producido durante la esporulación de la bacteria llamado delta endotoxina. En el intestino de las larvas susceptibles, bajo condiciones de pH alcalino, las enzimas descomponen el cristal en fracciones de peso molecular, causando una parálisis del estomago, creando desbalances osmóticos, causando la destrucción de las células del aparato digestivo y la muerte (27).

La muerte de las larvas ocurre durante los primeros cinco días. Las larvas afectadas que sobreviven los primeros días, no causan daño al cultivo, ya que no pueden alimentarse. Las larvas que ingieren dosis sub-letales algunas veces logran empupar pero los adultos que emergen son estériles (27).

**Insectos Atacados.**

Son atacados por Bt principalmente larvas de lepidóptera, algunas larvas de escarabajos y moscas. Las formulaciones están disponibles para el control de muchos parásitos de orugas, perforadores y cortadores, larvas del escarabajo de la patata de Colorado, escarabajos adultos de la hoja del olmo, larvas de la polilla de la cera, es muy importante en el control de la palomilla dorso de diamante, la cual ha empezado a crear resistencia a la variedad kurstaki en algunas áreas (15).

**Variedades de *Bacillus thuringiensis* Berl. comercialmente disponibles (15)**

- Var. tenebrionis
- Var. kurstaki
- Var. Israelensis
- Var. aizawai.

**Alfa Endotoxina**

Cristal proteico descubierto por Hannay (1953), es un agregado de moléculas , generalmente en forma bipiramidal, con un peso molecular de aproximadamente 230.000 dáltons. Este cristal representa el componente principal de *Bacillus thuringiensis* Berl. siendo considerado como una prototoxina (8,29).

**B**            *Fusarium* sp.

Se utilizó la cepa CB-60 de *Fusarium* aislada por Aguilera, Córdoba y Rodríguez, la cual se presentan en el cuadro 5 (1,2).

CUADRO 5. Aislamiento del hongo *Fusarium* efectuado por Aguilera, Córdoba y Rodríguez evaluado en el ensayo a nivel de campo en la estación experimental del ICTA en La Alameda, Chimaltenango 1995.

Código	Insecto Plaga	Cultivo	Lugar de colecta	Fecha colecta	Fecha aislamiento
CB-60L	<u><i>Plutella xylostella</i> L.</u>	Repollo	Patzicia, Chimaltenango.	27-03-1993	12-04-1993

Es un hongo que no forma cigotos, ascosporas y basidiosporas, su coloración en medio de cultivo de Papa, Dextrosa Agar es blanca. Posee conidias en forma de bananas. Su clasificación es la siguiente:

Clase:            Deuteromicetes

Orden:           Moniliales

Familia:        Moniliacea

Algunas especies de *Fusarium* han sido reportadas como entomopatógenas, éstas han sido clasificadas como *Atractium*, *Mirocera* o *Sphaerostible*. Las conidias de *Fusarium* son consideradas como fases asexuales de estos géneros. Se han separado razas de *Fusarium Larvarum* y *Fusarium Coccophylum*. *Fusarium Solani* fue reportado como un patógeno débil de escarabajos y otros invertebrados. *Fusarium* y *Myrothecium* se encontraron contaminando granos, pero a su vez afectan a la larva de *Tenebrio molitor* L., este insecto se ve afectado por un retardo en su desarrollo, tal parece que estos hongos producen toxinas tales como Trichothenes y Zearalenone (9).

Los Trichothenes son compuesto muy importantes del grupo de las mycotoxinas del género *Fusarium*. Los Trichothenes y *Fusarium* causan toxicidad a larvas de *Aedes aegypti* (9).

Zearalenone también conocido como F-2, proviene de *Fusarium sp.*, su ingestión reduce la fecundidad en muchos insectos. Dentro del género se encuentran consideradas como entomopatógenas las siguientes especies: *Fusarium equiseti* Corda, *Fusarium larvarum*, *Fusarium moniliforme* Shelton, *Fusarium solani* Martius (9).

**C**            *Beauveria* sp.

Se utilizó la cepa CB-91 de *Beauveria* aislada por Aguilera, Córdoba y Rodríguez, la cual se presentan en el cuadro 6 (1,2).

**CUADRO 6. Aislamiento del hongo *Beauveria* efectuado por Aguilera, Córdoba y Rodríguez, evaluado en el ensayo a nivel de campo en la estación experimental del ICTA en La Alameda, Chimaltenango 1995.**

Código	Insecto Plaga	Cultivo	Lugar de colecta	Fecha colecta	Fecha aislamiento
CB-91L	<i>Plutella xylostella</i> L.	Repollo	Patzicia, Chimaltenango.	22-07-1993	29-07-1993

Hongo con micelio blanco o levemente coloreado con aspecto polvoriento. Es un hongo imperfecto que pertenece a la subdivisión Deuteromycotina, clase Hyphomycetes. Se caracteriza por la formación de micelio septado con producción de conidias de aproximadamente 0.5 a 0.8 micras de diámetro. Asexualmente se reproduce en conidióforos que nacen a partir de la hifas ramificadas (8, 26)

#### **Almacenamiento**

Los productos comerciales almacenados a temperaturas entre 2 y 9°C. pueden mantener su poder insecticida hasta unos 12 meses. Por ser un bioinsecticida, puede ser afectado por temperaturas elevadas. A temperaturas de 27°C. el porcentaje de viabilidad presenta una disminución del 50% a los 15 días. A 37°C la disminución de la viabilidad casi es general a los 8 días de almacenamiento (26).

#### **Compatibilidad**

No debe ser mezclado con fungicidas, productos químicos o coadyuvantes que alteren el rango de pH entre 6 y 7.5. Para cualquier mezcla se recomienda hacer pruebas previas de compatibilidad (26).

#### **Aplicaciones**

Se puede aplicar con productos convencionales, equipados con boquillas cónicas de baja descarga. Se prefiere que las aplicaciones se realicen entre 6:00 y 10:00 a.m. , después de las 4:00 p.m. o bien días nublados para evitar al máximo los rayos ultra violeta del sol que afectan a las conidias. Puede ser usado hasta el momento de la cosecha sin problemas de residualidad (8, 26).

#### **Modo de acción**

La fase patogénica ocurre cuando el hongo entra en contacto con el tejido vivo del huésped y la humedad en el microclima es del 85% o más. La penetración al hospedero es por la cutícula o por vía oral. Cuando la penetración se da por la cutícula intervienen lipasas, quitinasas y proteasas. El tubo germinativo de la conidia invade directamente, se producen apresorios, penetrando la epicutícula, dando lugar a cuerpos hifales, los cuales se desarrolla en el homocelo y circulan en la hemolinfa (8, 26).

Se ha reportado en algunas especies la liberación de metabolitos tóxicos como Beauvericin, Beauveriloides, Bassianoide, Isarolide, Enniaticinas y Oosporeina. Los síntomas de la enfermedad se manifiestan en pérdida de la sensibilidad, descoordinación de movimientos y parálisis. Cuando el insecto

muere se queda momificado. Algunas veces se presentan zonas pigmentadas que corresponden a los sitios de penetración de la conidias en el tegumento (18, 26).

### Insectos atacados (33)

Orden Lepidóptera (mariposas y palomillas)

Orden Coleóptera (escarabajos)

Orden Homóptera (áfidos, moscas blancas, salta hojas)

Orden Hemíptera

Orden Hymenóptera (hormigas, abejas, avispas)

### 3.2.3.3 Staphyloctrichum

Se utilizó la cepa CB-61 del género Staphyloctrichum aislada por Aguilera, Córdova y Rodríguez, la cual se presentan en el cuadro 7 (1,2).

**CUADRO 7. Aislamiento del hongo Staphyloctrichum efectuado por Aguilera, Córdova y Rodríguez, evaluado en el ensayo a nivel de campo en la estación experimental del ICTA en La Alameda, Chimaltenango 1995.**

Código	Insecto Plaga	Cultivo	Lugar de colecta	Fecha colecta	Fecha aislamiento
CB-61L	<u>Plutella xylostella</u> L.	Repollo	Patzicia, Chimaltenango.	27-03-1993	12-04-1993

Es un hongo del orden Moniliales. Es de micelio blanco a ligeramente pigmentado. Con conidióforos erectos con ramificaciones irregulares en la porción superior. Las conidias son unicelulares, globosas. Se ha reportado como saprófito (5).

No hay mayor literatura sobre este hongo, en Guatemala no es un hongo muy estudiado y tampoco aparece en los listados de hongos entomopatógenos de la Universidad de Cornell. La literatura consultada y los especialistas en el tema consultados, no tienen referencia de dicho microorganismo.

### 3.2.4 Características del cultivo de Brócoli a utilizar

El híbrido de brocolí que se utilizó es el llamado Marathon, es de los que más se han utilizado, está catalogado entre los precoces, ya que su ciclo dura 97 días, desde la siembra hasta la cosecha, es una planta de altura mediana, azul-verde, de domo denso y forma simétrica. Las plantas procesadoras lo promueven por su alto rendimiento (21).

Es un híbrido de alto potencial de rendimiento, sus producciones están entre 12,800 a 14,000 kilogramos por hectárea. Sus inflorescencias son grandes y compactas, con un diámetro de 20 centímetros, de grano fino, tallos fuertes y gruesos. Las plantas llegan a alcanzar una altura entre 60 y 70 centímetros (21, 25).

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo General

Evaluar el efecto de ocho microorganismos entomopatógenos sobre las poblaciones de *Plutella xylostella* L. asociadas al cultivo del brócoli *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck.

### 4.2 Objetivos Específicos

- Determinar el porcentaje de mortalidad provocado por cada uno de los ocho microorganismos entomopatógenos evaluados sobre las poblaciones de *Plutella xylostella* L.
- Determinar el efecto de la aplicación de los 8 microorganismos entomopatógenos evaluados en el cultivo de brócoli *Brassica oleracea* var. *italica* Plenck en muestreos comerciales de control de calidad.

## 5. HIPOTESIS

Al menos uno de los ocho microorganismos entomopatógenos evaluados alcanza porcentajes de mortalidad de *Plutella xylostella* L. lo suficientemente altos como para mantener el número de larvas por debajo de los niveles permitidos en los muestreos comerciales.



## 6. METODOLOGIA

### 6.1 Metodología experimental

#### 6.1.1 Diseño experimental

Se utilizó un diseño experimental de bloques al azar, con 9 tratamientos y 3 repeticiones, haciendo un total de 27 unidades experimentales. Respondiendo al modelo estadístico siguiente (13, 28, 30):

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

$Y_{ij}$  = Variable respuesta asociada a la ij-ésima unidad experimental

$U$  = Efecto de la media General

$T_i$  = Efecto del i-esimo tratamiento ( $i=1,2,3,4,5,6,7,8,9$ )

$B_j$  = Efecto del J-iesimo bloque ( $j=I,II,III$ )

$E_{ij}$  = Error experimental asociado a la ij-ésima unidad experimental.

#### 6.1.2 Descripción de tratamientos a evaluar

Los tratamientos evaluados son aislamientos de entomopatógenos realizados por Aguilera, Córdova y Rodríguez en 1994 (1). Estos se efectuaron en los laboratorios de Protección de Plantas de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, obteniéndose 8 microorganismos evaluados a nivel de laboratorio e invernadero, con potencial entomopatógeno sobre larvas de *Plutella xylostella* L. de los cuales 5 son bacterias y 3 son hongos( Ver Cuadro 8).

#### Tratamiento testigo

Además de los microorganismos entomopatógenos, se procedió a evaluar un noveno tratamiento, utilizado como testigo. A este tratamiento no se le aplicó ningún tipo de control de plagas y enfermedades, únicamente se realizaron las labores de fertilización y control manual de malezas. El tratamiento testigo sirvió de comparador para los 8 tratamientos restantes (ver resultados en el cuadro 14A del apéndice).

#### A Identificación de cepas utilizadas como tratamientos

El trabajo consistió en determinar a nivel de género a los ocho microorganismos aislados por Aguilera, Córdova y Rodríguez (2). Se realizaron siembras, montajes y observaciones al microscopio estereoscópico y microscopio compuesto de las 8 cepas evaluadas para poder ser identificadas. En el cuadro 3 se presenta la descripción de los tratamientos, los códigos de las cepas, así como su identificación a nivel de género. En el caso de las bacterias, se identificaron a nivel de especie.

CUADRO 8. Descripción de los tratamientos Evaluados.

No.	TIPO DE MICROORGANISMO	NOMBRE CIENTÍFICO	CONCENTRACIÓN DEL INÓCULO/Bomba de 5,678 litros aplicados en un área de 84 m <sup>2</sup>
1	Bacteria (CB-49L)	<i>Bacillus thuringiensis</i> Berl.	1.14 X 10 <sup>9</sup> Bacterias *
2	Bacteria (CB-53L)	<i>Bacillus thuringiensis</i> Berl.	9.60 X 10 <sup>8</sup> Bacterias *
3	Bacteria (CB-75L)	<i>Bacillus thuringiensis</i> Berl.	1.28 X 10 <sup>9</sup> Bacterias *
4	Bacteria (CB-51L)	<i>Bacillus thuringiensis</i> Berl.	4.90 X 10 <sup>8</sup> Bacterias *
5	Bacteria (CB-74L)	<i>Bacillus thuringiensis</i> Berl.	1.14 X 10 <sup>9</sup> Bacterias *
6	Hongo (CB-60L)	<i>Fusarium sp.</i>	4.30 X 10 <sup>8</sup> Conidias*
7	Hongo (CB-61L)	<i>Staphylotrichum</i>	1.50 X 10 <sup>8</sup> Conidias*
8	Hongo (CB-91L)	<i>Beauveria sp.</i>	2.10 X 10 <sup>8</sup> Conidias*
9	Testigo		

\* Los cálculos de las concentraciones del inóculo por centímetro cúbico se realizaron por el método de conteo directo, usando la cámara de Petroff-Hausser (8).

En el caso de *Bacillus thuringiensis* Berl. se evaluaron 5 cepas, las cuales se presume, puedan ser de diferente variedad, o bien su grado de virulencia puede ser diferente, según los resultados obtenidos por Aguilera, Córdoba y Rodríguez (2).

### 6.1.3 Unidad experimental

La unidad experimental tuvo un área neta de 28 metros cuadrados con las siguientes dimensiones: 7 metros de largo y 4 metros de ancho, con un total de 98 plantas. La parcela neta tuvo un área de 18 metros cuadrados, con las siguientes dimensiones: 6 metros de largo y 3 metros de ancho, con un total de 60 plantas. El distanciamiento entre surcos y entre plantas fue de 0.50 metros. El distanciamiento entre bloques y unidades experimentales fue de 1 metro. El área total del experimento fue de 864 metros cuadrados (36 metros de largo y 24 metros de ancho).

### 6.1.4 Variables respuesta

- 1). Porcentaje de mortalidad de larvas de *Plutella xylostella* L. en los diferentes tratamientos evaluados en el cultivo de brócoli.
- 2). Número de Cajas de 10 Kg. de brócoli cosechado con nivel permisible de larvas de *Plutella xylostella* L. según estándares comerciales de compañías agroexportadoras (ver pag. 6 Muestreo y niveles críticos).

## **6.2 Metodología de producción y aplicación de los microorganismos entomopatógenos utilizados**

### **6.2.1 Revigorización**

Se recolectaron larvas de *Plutella xylostella* L. las cuales se colocaron en recipientes plásticos, donde se hicieron aplicaciones de los microorganismos entomopatógenos. A los 4-5 días de la aplicación se recolectaron las larvas muertas, realizando siembras directas y las diluciones 1:10, 1:100 y 1:000 en cajas de petri con medio de cultivo Papa Dextrosa Agar (PDA), para el desarrollo de los hongos y Agar nutritivo para el desarrollo de bacterias, posteriormente se aislaron los microorganismos y se pudo observar que tenían las mismas características de las cepas aplicadas a las larvas.

### **6.2.2 Producción masiva**

Esta actividad se realizó a intervalos de tiempo de 7 días, realizándose en el Laboratorio de Fitopatología de la Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

#### **a) Preparación del medio de cultivo**

Los medios de cultivo utilizados fueron: Papa Dextrosa Agar (PDA) para la reproducción de hongos y Agar nutritivo para la reproducción de bacterias (carne, extracto de levadura, péptona, cloruro de sodio, agar y agua destilada). Después de preparado el agar, se esterilizó en envases de 0.75 de litro, utilizando un autoclave.

#### **b) Siembras de los microorganismos**

Las siembras se realizaron en los medios de cultivo contenidos en los envases de 0.75 litros, tomando en cuenta todas las medidas de aséptica que se exigen en esta labor: Uso de campanas de aislamiento, material y equipo esterilizado en autoclave. Posteriormente a la siembra en los envases, se procedió al almacenamiento.

#### **c). Almacenamiento de los microorganismos**

Luego de la reproducción de las diferentes cepas, éstas se almacenaron por 7 días en una incubadora manteniendo un rango de temperatura de 21-24°C. Temperatura óptima para la reproducción de los microorganismos en los medios de cultivo. Luego del período de incubación se aplicaron al cultivo.

### **6.2.3 Aplicación de los tratamientos a las unidades experimentales**

La aplicación se realizó en forma masiva, asperjando los microorganismos en el follaje del cultivo de brócoli. Se licuó el medio de cultivo contenido en el envase de 0.75 de litro y luego fue diluido en una asperjadora de 5.678 litros, la cual se aplicó a las unidades experimentales. Las aplicaciones se realizaron después de las 4:00 p.m. para evitar la radiación de rayos ultra violeta y además obtener

condiciones propicias de humedad y temperatura para la sobrevivencia y desarrollo de los microorganismos aplicados. Con la intención de disminuir el grado de diseminación de los microorganismos hacia otras unidades experimentales se utilizaron, en el momento de las aplicaciones, pantallas de plástico de un metro de altura. Las aplicaciones empezaron 10 días después del trasplante.

#### **6.2.4 Desinfección de asperjadoras**

Por no contarse con una asperjadora para cada tratamiento, se procedió, después la aplicación de cada uno de los microorganismos evaluados a lavar la asperjadora con una solución de cloro. A un litro de agua se le agregó 10 mililitros de una solución de cloro comercial al 0.05%. Luego, esta solución se dejó reposar por 15 minutos en el depósito de la bomba de fumigar, realizándose varias agitaciones. Después se lavó el depósito con abundante agua a modo de eliminar los residuos de cloro.

#### **6.2.5 Intervalos de aplicación**

La aplicación de los microorganismos entomopatógenos evaluados se realizó cada 7 días, efectuándose la primera aplicación 10 días después del trasplante, durante dos meses y medio.

#### **6.2.6 Toma de datos**

Para la variable respuesta número uno la toma de datos consistió en la revisión de las 60 plantas que conforman la parcela neta. Muestreando cada una de las mismas una vez cada siete días, hasta completar el ciclo del cultivo. Los muestreos de toma de datos se iniciaron 15 días después del trasplante. La información obtenida en estos muestreos fue: número de larvas muertas por planta y número de larvas vivas por planta.

Para la variable respuesta número dos la toma de datos se realizó en el momento de la cosecha y consistió en la revisión del número de larvas presentes en cajas de 10 kilogramos brócoli.

#### **6.2.7 Diagnóstico de larvas muertas**

Las larvas encontradas muertas durante la realización de los muestreos de toma de datos fueron recolectadas y llevadas a laboratorio para determinar la presencia de los microorganismos entomopatógenos aplicados en cada tratamiento.

### **6.3 Manejo del Cultivo del Brócoli**

#### **a) Obtención de plántulas**

Las plántulas se obtuvieron en una empresa privada, la cual se dedica a la producción de plántulas de hortalizas en piloncito. El sistema de piloncito facilita la labor de trasplante y la hace más exitosa, evitando significativamente el impacto del trasplante y obteniendo un alto porcentaje de sobrevivencia.

**b) Preparación del terreno**

Se realizó una labor de arado y dos de rastra, trabajando el suelo a modo de dejarlos bien suelto. Luego se hizo el trazo y delimitación de las unidades experimentales, de acuerdo al diseño experimental.

**c) Transplante**

Se realizó un riego profundo a saturación un día antes del transplante, para que el suelo estuviera húmedo y aumentar el éxito del transplante. El transplante se realizó por la tarde, en horas en donde los rayos solares no son tan fuertes y las temperaturas tienden a descender. Después del transplante se aplicó otro riego para mantener la humedad en el suelo. El número de plantas sembradas por postura fue de una y se dejó una distancia entre plantas y entre surcos de 0.5 metros.

**d) Fertilización**

Se hizo la primera fertilización a los 10 días después del transplante con 45 kilogramos por hectárea de fertilizante compuesto (15-15-15) y a los 30 días después del transplante se realizó una aplicación con 160 kilogramo por hectárea de Urea. El fertilizante se aplicó en forma localizada a 5 centímetros de la base del tallo y a 5 centímetros de profundidad a razón de 10-12 gramos por planta.

**e) Control de malezas**

El control de malezas se hizo en forma manual, realizando limpiezas en forma frecuente. La primera limpieza a los 20 días después del transplante y la segunda a los 40 días después del transplante.

**f) Control de plagas y enfermedades**

No se realizó ningún control de plagas y enfermedades, únicamente se aplicaron los microorganismos entomopatógenos en forma masiva sobre el cultivo. La intención de determinar únicamente el efecto de los tratamientos sobre las poblaciones de la palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* L.

**g) Riego**

El riego se realizó por gravedad, con la intención de evitar algún tipo de efecto en las poblaciones de la palomilla dorso de diamante que podría causar el riego por aspersión, además del lavado de los microorganismos entomopatógenos aplicados en cada tratamiento. La frecuencia del riego fue de 8 días

**h) Cosecha**

La cosecha se realizó cuando las inflorescencias alcanzaron su madurez fisiológica adecuada para el efecto. Se realizaron únicamente dos cortes. A cada corte se le aplicó su respectivo control de calidad, para determinar la presencia de larvas o bien de pupas de la palomilla dorso de diamante.

## 7. RESULTADOS Y DISCUSION

### 7.1 Análisis de la variable respuesta porcentaje de mortalidad

En el Cuadro 14A (ver anexos), se presentan los resultados obtenidos en cada uno de los 9 muestreos semanales realizados

Se realizó un análisis de varianza (ANDEVA) para la variable porcentaje de mortalidad de *Plutella xylostella* L. causado en cada uno de los tratamientos evaluados. El análisis de datos se hizo para cada uno de los muestreos realizados, así como para datos totales acumulados (ver cuadros 1A y 9).

Debido a que los datos obtenidos se expresan en porcentajes, fue necesario ajustarlos, transformándolos por medio de la siguiente fórmula (13, 28):

$$Y = \text{Sen}^{-1} X/100$$

Donde: X = Porcentaje de mortalidad/Unidad Experimental

Por regla general, lo datos expresados en porcentaje tienen una distribución binomial, por tal razón necesitan de la transformación angular o de arcoseno, de manera tal que se ajusten a una distribución normal. La transformación aumenta confiabilidad a los resultados obtenidos, sobre todo si la mayoría de datos observados (en porcentaje) caen fuera del rango entre 30% y 70%. Si puede observar en la tabla 1-A, que la mayoría de datos observados están en un rango por debajo del 30% (13, 28).

**CUADRO 9. Resumen de los análisis de varianza realizados a los registros semanales de la Variable Porcentaje de Mortalidad de *Plutella xylostella* L. causada por cada uno de los nueve tratamientos aplicados al cultivo de Brócoli, en la estación experimental del ICTA, La Alameda, Chimaltenango, 1995.**

NUMERO DE MUESTREO	Grados de Libertad del Error	Coeficiente de Variación	F. Calculada	F. de Tablas		Grado de Significancia
				95%	99%	
1	16	10.51	61.33	2.59	3.89	Alta Significancia
2	16	8.66	79.12	2.59	3.89	Alta Significancia
3	16	15.27	21.32	2.59	3.89	Alta Significancia
4	16	9.01	63.2	2.59	3.89	Alta Significancia
5	16	12.53	35.37	2.59	3.89	Alta Significancia
6	16	11.45	38.85	2.59	3.89	Alta Significancia
7	16	12.60	35.77	2.59	3.89	Alta Significancia
8	16	11.71	254.3	2.59	3.89	Alta Significancia
9	16	10.76	165.18	2.59	3.89	Alta Significancia

Existe alta significancia al 99% de confiabilidad, 1% de error.

El análisis del cuadro 9 se puede observar lo siguiente: el coeficiente de variación es bastante aceptable, pues su comportamiento oscila entre el 8.66% y 15.27%; se evidencia que existe diferencias significativas por efecto de la aplicación de los microorganismos entomopatógenos evaluados. Posteriormente se realizó un análisis de varianza para la variable porcentaje promedio total de mortalidad de larvas de *Plutella xylostella* L., causada por los microorganismos entomopatógenos evaluados (ver cuadros 10 y 11).

**CUADRO 10. Porcentaje promedio total de mortalidad de Larvas de *Plutella xylostella* L. causada por los microorganismos entomopatógenos evaluados en la Estación Experimental del ICTA, La Alameda, Chimaltenango, 1995.**

Repetición	Tratamientos								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
I	45.413	17.706	20.699	32.048	35.412	21.313	17.472	31.029	10.306
II	44.979	16.393	20.609	31.149	36.363	20.183	18.301	29.416	10.814
III	46.844	17.747	20.352	33.64	36.258	21.447	17.83	26.858	10.351

**CUADRO 11. Análisis de varianza para la variable Porcentaje promedio de Mortalidad de Larvas de *Plutella xylostella* L. causada por los microorganismos entomopatógenos evaluados en la Estación Experimental del ICTA, La Alameda, Chimaltenango, 1995.**

FV	GL	SC	CM	Fc	Ft		Grado de Significancia
					95%	99%	
Bloques	2	0.74					
Tratamientos	8	2925.54	365.69	355.47	2.59	3.89	Altamente significativo
Error	16	16.46	1.03				
Total	26	2942.74					
CV	3.96%						

El análisis que se presenta en el cuadro 11, indica que existen diferencias altamente significativas por el efecto de la aplicación de los microorganismos entomopatógenos evaluados, lo que conduce a una prueba de medias de Tukey para determinar estadísticamente cuáles son los tratamientos que tienen mayor incidencia en la mortalidad de larvas de *Plutella xylostella* L. Los Resultados de la prueba de medias de Tukey se presentan en el cuadro resumen 12.

CUADRO 12. Resumen de la Prueba de Comparación Múltiple de Medias (Método Estadístico de Tukey) para la Variable Porcentaje Promedio Total de Mortalidad de Larvas de *Plutella xylostella* L. causada por los microorganismos entomopatógenos Evaluados en la Estación Experimental del ICTA, La Alameda, Chimaltenango, 1995.

No	Descripción	Cepa	Porcentaje promedio de mortalidad de larvas									
1	<i>Bacillus thuringiensis</i> Berl.	CB-49L	48.30	a								
5	<i>Bacillus thuringiensis</i> Berl.	CB-74L	34.20		B							
4	<i>Bacillus thuringiensis</i> Berl.	CB-51L	28.80			c						
8	<i>Beauveria</i> sp.	CB-91L	24.40				d					
6	<i>Staphylotrichum</i> sp.	CB-60L	15.40					f				
3	<i>Bacillus thuringiensis</i> Berl.	CB-75L	12.00					f	g			
7	<i>Fusarium</i> sp.	CB-61L	12.80							h		
2	<i>Bacillus thuringiensis</i> Berl.	CB-53L	12.00							h	i	
9	Testigo		7.70									j

Según los resultados obtenidos en el cuadro 12 y el comportamiento de la figura 4, el tratamiento que causó una mayor mortalidad de larvas de *Plutella xylostella* L. en el cultivo del brócoli fue la bacteria entomopatógena *Bacillus thuringiensis* Berl. cepa CB-49L con un 48.30% promedio total de mortalidad de larvas, seguida de la cepa CB-74L con un 34.20% promedio de mortalidad de larvas. Luego sigue la cepa CB-51L con un 28.80% promedio total de mortalidad de larvas. Los tratamientos *Beauveria* sp y *Staphylotrichum* sp. muestran porcentajes promedio de mortalidad de larvas de 24.40% y 15.40 respectivamente. Los tratamientos *Fusarium* sp. y *Bacillus thuringiensis* Berl. Cepa CB-53L, los cuales pueden ser utilizados como parte del un programa de control integrado de plagas. El tratamiento testigo, el cual no tuvo ninguna práctica de control de *Plutella xylostella* L. obtuvo un 7.70% promedio de mortalidad debido a causas no detectadas, en algunas larvas recolectadas se observó la presencia del parásito *Diadegma insularis*.

En la figura 4 se presenta el comportamiento de los microorganismos entomopatógenos evaluados en el control de larvas de *Plutella xylostella* L. en el cultivo del brócoli. Para obtención de la gráfica se trabajó con el porcentaje de mortalidad de larvas promedio por tratamiento en cada uno de los muestreos realizados.



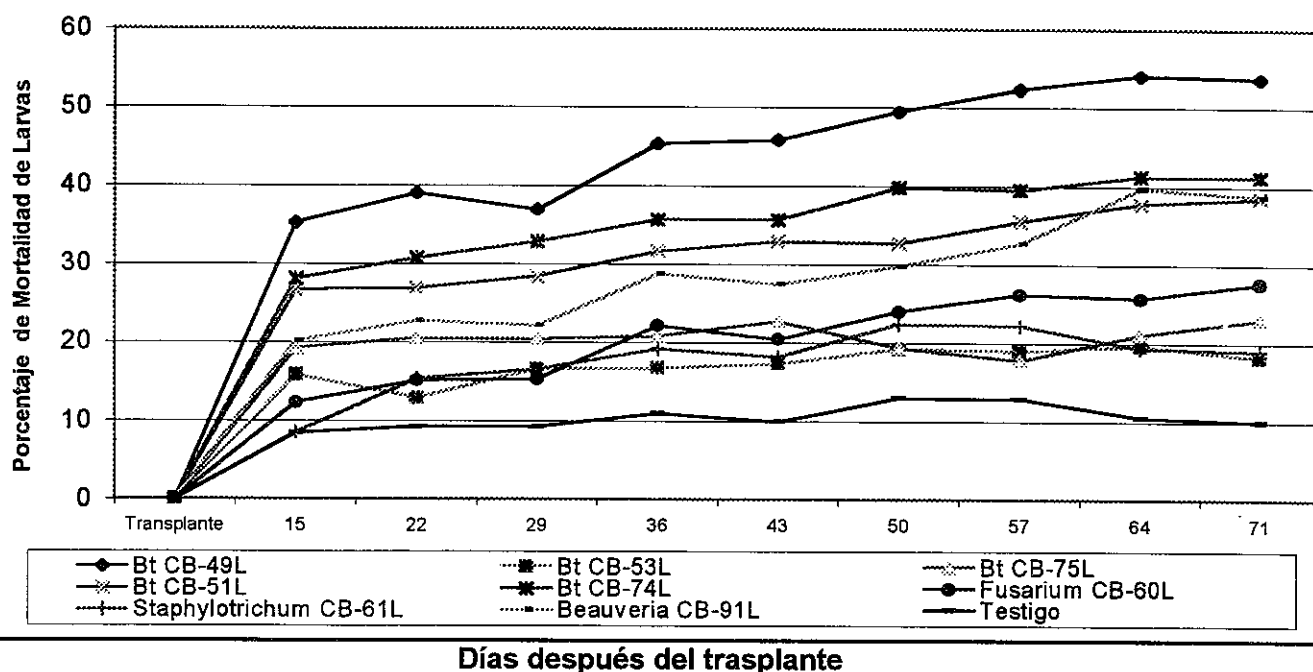


FIGURA 5. Porcentaje promedio de mortalidad de larvas de *Plutella xylostella* L. por muestreo realizado (Días después del trasplante), en el cultivo del brócoli por acción de los microorganismos entomopatógenos evaluados, La Alameda, Chimaltenango 1995.

Según la literatura consultada, las diferencias pueden deberse a la especificidad de cada uno de los microorganismos entomopatógenos, además de su potencial de virulencia. En el caso de *Bacillus thuringiensis* Berl., este es un microorganismo usado en el control de plagas del orden Lepidóptera, en comparación de *Beauveria sp.* y *Fusarium sp.* los cuales se utilizan más en el control de plagas del orden Coleóptera, aunque se ha demostrado que *Beauveria sp.* tiene potencial entomopatógeno para plagas del orden Lepidóptera. El hongo *Staphylotrichum sp.* se reporta únicamente como saprófito y no existe mayor información sobre el mismo, parece ser que el género no se asocia ni a enfermedades de plantas (Fitopatógeno), ni a enfermedades de insectos (Entomopatógeno).

El tratamiento testigo, no tuvo ningún programa de control de plagas y, al igual que los demás tratamientos tampoco se le dio ningún manejo de control de enfermedades. Las causas de que este tratamiento hubiera alcanzado el 7.7% mortalidad promedio, se debe probablemente, a algún otro microorganismo parásito, patógeno o depredador.

Todos los microorganismos evaluados muestran un potencial como agentes de control biológico de plagas y son susceptibles de ser usados como formas de control de larvas de la palomilla dorso de diamante *Plutella xylostella* L. La bacteria *Bacillus thuringiensis* Berl., es ya un microorganismo

usado comercialmente en el control de larvas de la palomilla dorso de diamante. *Beauveria sp.* es otro microorganismo que se encuentra disponible en formulaciones comerciales, aunque su uso es dirigido especialmente para plagas del orden Coleóptera y Homóptera, especialmente para el control de mosca blanca. *Fusarium sp.* aunque ha sido reportado como entomopatógeno, en el medio no se conoce de ningún producto comercial disponible y muestra un porcentaje promedio de mortalidad 5% arriba del tratamiento testigo, lo cual podría utilizarse como un método complementario en un programa integrado de plagas. *Staphylotrichum sp.* es un microorganismo del cual no se pudo encontrar mayor información; parece ser que no tiene mayor impacto económico (no posee ningún uso, no es fitopatógeno y tampoco entomopatógeno). Este hongo tubo un porcentaje promedio de mortalidad 7.7% arriba del tratamiento testigo, lo que demuestra que no es simplemente un hongo saprófito, sino que tiene algún efecto como entomopatógeno de la palomilla dorso de diamante.

En términos generales se puede decir que las condiciones climáticas que imperaron durante la realización de la evaluación tendieron a beneficiar más el desarrollo de la población del insecto plaga que el de los microorganismos entomopatógenos evaluados.

Las condiciones de temperatura que imperaron durante la realización de la evaluación, favorecieron de alguna manera tanto el desarrollo de los microorganismos entomopatógenos, como el de las poblaciones de *Plutella xylostella* L. La temperatura promedio fue 18.3°C comportándose en un rango de 12 a 25°C. La temperatura óptima para el desarrollo de *Plutella xylostella* L. es entre 17 y 25°C y para el desarrollo de microorganismos entomopatógenos es generalmente de 20 a 30°C. *Bacillus thuringiensis* Berl. tiene rangos óptimos de temperatura que oscilan entre 25-28°C, mientras que *Beauveria sp.* tiene rangos óptimos de 22 a 26°C. Se puede observar que el promedio de temperatura que prevaleció durante el experimento favorece ligeramente mas el desarrollo del insecto plaga que el de los microorganismos entomopatógenos evaluados.

Las condiciones de humedad relativa y de precipitación favorecieron el desarrollo de *Plutella xylostella* L. en contraposición del desarrollo de los microorganismos entomopatógenos evaluados. Las poblaciones de *Plutella xylostella* L. aumentan drásticamente en condiciones secas de baja precipitación. En el período en el cual se realizó la evaluación hubo una precipitación de 271 milímetros con promedio de 3.76 milímetros por día. En el 70% del tiempo que duró la evaluación, no hubo precipitación, concentrándose la lluvia en el 30% del tiempo (últimos 24 días). La humedad relativa promedio fue del 72%, comportándose de la siguiente manera: el 68% del tiempo predominó una humedad relativa menor del 75% y un 25 % del tiempo predominó una humedad relativa inferior al 70%. En ningún momento la humedad relativa alcanzó niveles superiores al 79%. Por lo general las condiciones de humedad relativa que favorecen el desarrollo de microorganismos están por arriba del 70%. *Beauveria sp.* se desarrolla

mejor en condiciones de humedad relativa alrededor del 90%. Las condiciones de humedad relativa más adecuadas para el desarrollo de microorganismos entomopatógenos, sobre todo hongos está arriba del 85-90%. Por lo anterior podemos decir que las condiciones de humedad relativa que predominaron en la realización el experimento no favorecieron el desarrollo de los microorganismos evaluados.

## 7.2 Análisis de la variable muestreo de cosecha según estándares comerciales

Los muestreos comerciales de las empresas agroexportadoras se realizan tomando muestras al azar de las cosechas. Se permite hasta un máximo de 7 larvas por muestra de 10 kilogramos (caja de 22 libras).

En el ensayo se obtuvo un rendimiento total de brócoli de 598 kilogramos por área neta (486 metros cuadrados), equivalentes a un rendimiento de 12,300 kilogramos por hectárea. La producción en cajas de 10 Kilogramos (22 libras) fue de 60 cajas.

El total de cajas cosechadas por tratamiento fueron revisadas, realizando conteos de larvas de *Plutella xylostella* L. Los niveles de población de larvas de *Plutella xylostella* L. fueron tan elevados, que ninguno de los tratamientos evaluados logró pasar el estándar de muestreo comercial. (7 larvas por caja de 10 kilogramos). El cuadro 13 muestra los resultados obtenidos en el muestreo.

**CUADRO 13. Total de cajas de brócoli cosechado y número de cajas aceptadas según estándares comerciales**

No.	TIPO DE MICROORGANISMO	NOMBRE CIENTÍFICO	TOTAL DE CAJAS COSECHADAS	NUMERO DE CAJAS ACEPTADAS
1	Bacteria (CB-49L)	<i>Bacillus thuringiensis</i> Berl.	6.7	1
2	Bacteria (CB-53L)	<i>Bacillus thuringiensis</i> Berl.	7.0	0
3	Bacteria (CB-75L)	<i>Bacillus thuringiensis</i> Berl.	6.8	0
4	Bacteria (CB-51L)	<i>Bacillus thuringiensis</i> Berl.	6.2	0
5	Bacteria (CB-74L)	<i>Bacillus thuringiensis</i> Berl.	7.0	0
6	Hongo (CB-60L)	<i>Fusarium sp.</i>	6.3	0
7	Hongo (CB-61L)	<i>Staphylotrichum sp.</i>	7.2	0
8	Hongo (CB-91L)	<i>Beauveria sp.</i>	6.3	0
9	Testigo		6.5	0
		<b>Total</b>	<b>60</b>	<b>1</b>

\*Número de cajas aceptadas: Cajas con menos de 7 larvas de *Plutella xylostella* L.

El tratamiento que obtuvo por lo menos una caja con número de larvas con nivel aceptable, de acuerdo a los estándares de las casas agroexportadoras fue la cepa CB-49L *Bacillus thuringiensis* Berl., tratamiento que alcanzó el nivel más alto de mortalidad de larvas.

## 8. CONCLUSIONES

- 8.1 El microorganismo que alcanzó el más alto nivel de mortalidad en larvas de *Plutella xylostella* L. fue la bacteria *Bacillus thuringiensis* Berl. Cepa CB-49L, causando mortalidades que oscilan entre el 35% en la etapa de introducción, y alcanzan hasta el 67.5% en la etapa terminal del cultivo.
- 8.2 Las Cepas CB-74L y CB-51L de Bt, son cepas que logran alcanzar niveles de control, mostrando tener porcentajes de mortalidad de larvas entre 24.50 y 43.30% y 20.40 y 38.70% respectivamente.
- 8.3 Los hongos entomopatógenos *Beauveria sp.* y *Staphylotrichum sp.* muestran niveles de control de larvas de *Plutella xylostella* L. con porcentajes de mortalidad promedio de 24.40% y 15.40% respectivamente.
- 8.4 Los microorganismos con menor respuesta de control fueron: *Bacillus thuringiensis* Berl. Cepa CB-75L, *Fusarium sp.* y *Bacillus thuringiensis* Berl. Cepa CB-53L., aunque esto no significa que puedan en algún momento mostrar su potencial entomopatógeno en otro ambiente. Estos microorganismos obtuvieron porcentajes promedio de mortalidad de larvas de 14.8%, 12.8% y 12.00% respectivamente, comparados con el testigo el cual obtuvo el 7.7%.
- 8.5 Ninguno de los tratamientos evaluados logró pasar el estándar de muestreo comercial. (nivel máximo 7 larvas por caja de 10 kilogramos).
- 8.6 El tratamiento que obtuvo por lo menos una caja con número de larvas con nivel aceptable, de acuerdo a los estándares de las casas agroexportadoras fue la cepa CB-49L *Bacillus thuringiensis* Berl., tratamiento que alcanzó el nivel más alto de mortalidad de larvas.

## 9. RECOMENDACIONES

- 9.1 Es necesario desarrollar más investigación sobre los microorganismos evaluados, sobre todo realizar comparaciones con productos comerciales existentes, a base de *Beauveria sp.* y *Bacillus thuringiensis* Berl.
- 9.2 Es necesario realizar investigaciones sobre épocas de aplicación, frecuencias de aplicación y evaluación de dosis a aplicar y sobre todo combinaciones con otras formas de control de la plaga *Plutella xylostella* L. para la generación de programas más eficientes de manejo integrado de plagas.
- 9.3 Es conveniente realizar investigación, específicamente en el hongo del género *Staphylotrichum sp.* ya que del mismo no existe mayor información, tal parece que es un hongo sin importancia económica, pero en esta evaluación da indicios de un potencial entomopatógeno.
- 9.4 Uno de los hallazgos de la investigación es el nivel de mortalidad del 24.50% que alcanzó el hongo *Beauveria sp.* Sería conveniente desarrollar más investigación sobre este hongo, dirigida hacia el control de *Plutella xylostella* L. ya que este hongo se produce actualmente en forma comercial y existen varios productos en el mercado.
- 9.5 Se recomienda desarrollar investigación con la cepa CB-49L *Bacillus thuringiensis* Berl., tratamiento que obtuvo por lo menos una caja con número de larvas con nivel aceptable, de acuerdo a los estándares de las casas agroexportadoras, y el que alcanzó el nivel más alto de mortalidad de larvas.

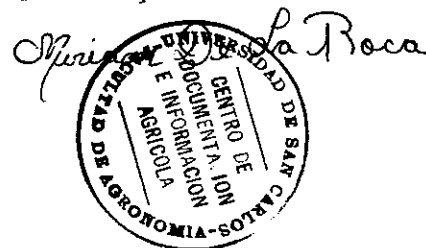
## 10. BIBLIOGRAFIA

1. AGUILERA, R.; CORDOVA, S.; RODRIGUEZ, E. 1993. Colecta, identificación y conservación de organismos entomopatógenos de plagas hortícolas. *Tikalía* (Gua.) 11 (1-2):91-101.
2. \_\_\_\_\_. Informe final sobre las pruebas de patogenicidad con microorganismos entomopatógenos de plagas hortícolas y su uso potencial como agentes de control biológico 1994.  
  
Sin publicar.
3. ARIAS MARROQUIN, M.E. 1993. Evaluación de tres sistemas de manejo de *Plutella xylostella* y la acción del parasitoide *Diadegma insularis* en el cultivo del brócoli (*Brassica oleracea* var, itálica), en la Alameda, Chimaltenango. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 55 p.
4. BANARAS HINDU UNIVERSITY INDIA, DEPARTAMENTO DE ENTOMOLOGIA, (INDIA). 1995. Una descripción de la resistencia a insecticidas de *Plutella xylostella* en India. 3 p.
5. BARNETT, H.L.; HUNTER, B. B. 1972. Illustrated genera of imperfect fungi. 3 ed. Burgess Minneapolis, Minnesota, Publishing Company. p 176, 177 y 196.
6. Bayer (GUA). 1986. Plagas y enfermedades de las hortalizas. Guatemala. 34 p.
7. BARFIELD, C.S. 1989. El muestreo en el manejo integrado de plagas. In: Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Ed. Por K. L. Andrewss y J. R. Quezada. El Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, Departamento de Protección Vegetal. p 145-154.
8. BATISTA ALVES, S. 1986. Controle microbiano de insectos. Sao Pablo, Brasil, ed. Manole. 407 p.
9. BURGUES, H. D., HUSSEY, N. W. 1971, Micorbial control of insects and mites. New York, E.E.U.U., Academic Pres London. 915 p.
10. BURGOS, O. S. 1983. Producción de hortalizas para el altiplano; cultivos de brócoli. Quetzaltenango, Guatemala, Instituto de Ciencia y Tecnología Agrícola. 110 p.
11. BUSTILLO, A. E. 1989. Microorganismos entomopatógenos. In: Manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura. Ed. Por K. L. Andrewss y J. R. Quezada. El Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana, Departamento de Protección Vegetal. p 211-226.
12. CASTAÑEDA, O.; CASTAÑEDA POLLY DE. 1993. Plaguicidas en Guatemala uso, impacto ambiental y alternativas. Guatemala, MAGA, PDA. p.35,37.
13. COCHRAN, W.C. 1987. Diseños experimentales. México, Trillas. 662 p.
14. CORNELL UNIVERSITY. 1996. Biological control. 4 p.  
(<http://nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/info/biocont.html>)
15. \_\_\_\_\_. 1997. Biological control, bacterias. 4 p.  
(<http://nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/info/biocont/bacteria.html>)

16. \_\_\_\_\_. 1997. Biological control, hongos. 3 p.  
(<http://nysaes.cornell.edu/ent/biocontrol/info/biocont/fungi.html>)
17. DE BACH, P. 1987. Control biológico de las plagas de insectos y malas hierbas. Trad. Carlos Manuel Castaño. México D.F., Continental. 949 p.
18. DE BELEVUE, A. 1985. Alternancia de cultivos y modificación del método de irrigación para el control de la palomilla dorso de diamante. Canadá, McGill University, Proyecto Agricultura Ecológica. 10 p.
19. ESTADOS UNIDOS. NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES. 1988. Manejo y control integrado de plagas de insectos; control de plagas de plantas y animales. México, Limusa. V 3, p. 189-213.
20. ESTRADA, R. E. 1991. Informe de la situación del control biológico de plagas en Guatemala. In: Mesa Redonda Latinoamericana. Control Biológico de Plagas (3.,1991, Rio de Janeiro, Brasil). 6 p.
21. GUATEMALA. INSTITUTO NACIONAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA AGRÍCOLA. 1990. Recomendaciones técnicas agropecuarias para los departamentos de Sacatepéquez, Chimaltenango y Escuintla. 40 P.
22. \_\_\_\_\_. 1987. Recomendaciones agronómicas para el cultivo del brócoli en el altiplano central de Guatemala. Guatemala. 52 p.
23. \_\_\_\_\_. INSTITUTO NACIONAL DE SISMOLOGÍA, VULCANOLOGÍA, METEOROLOGÍA E HIDROLOGIA. Tarjetas de control meteorológico de los meses de abril a mayo de 1995 de la estación ICTA, La Alameda, Chimaltenango.  
  
Sin publicar.
24. GREMIAL DE EXPORTADORES DE PRODUCTOS NO TRADICIONALES (Gua.) 1993. Manejo racional de plagas del brócoli. p 45
25. INDUSTRIA EXPORTADORA DE ALIMENTOS (Gua.) 1986. Instructivo para el cultivo y producción de brócoli. Guatemala. 17 p.
26. LABERLAM S.A. 1997. Especificaciones del producto Bauveril ® a base de *Beauveria bassiana* (<http://cali.cetcol.net.co/laverlam/bauveril.html>)
27. \_\_\_\_\_. 1997. Especificaciones del producto Turilab ® a base de *Bacillus thuringiensis* var. kustaki (<http://cali.cetcol.net.co/laverlam/bauveril.html>)
28. LIU, Y. B.; TABASHNIK, B. E. 1996. Resistencia de la palomilla dorso de diamante a la toxina Cry1C de *Bacillus thuringiensis* en el campo. Hawaii, E.E.U.U., Universidad de Hawaii. Departamento de Entomología. 5 p.
29. MONTGOMERY, D. C. 1991. Diseño y análisis de experimentos. México, Iberoamérica. 590.p
30. OCHOA, E.; LEAL, H. 1993. Manejo integrado de plagas en el brócoli; Fase I: 1991-1992. Guatemala, Proyecto Manejo Integrado de Plagas-ICTA-CATIE-ARF. P. 83.

31. ORR, D.; DE STEVE B. 1997. Una introducción al control biológico. Estados Unidos, Universidad de Carolina del Norte, Departamento de Entomología, 2 p.
32. RAYMOND, A. s.f. Bauveria bassiana un mycoinsecticida nuevo. Francia, Universidad de Purdue. 1 p.
33. RUEDA, A.; SHELTON, A. 1986. Palomilla dorso de diamante. Cornell University. 5 p.  
(<http://www.nysaes.cornell.edu/ent/hortcrops/spanish/dbm.ntml>)
34. SIMMONS, CH. S.; TARANO, J. M.; PINTO, J. M. 1959. Clasificación a nivel de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado. Guatemala, ed. José de Pineda Ibarra. 1000 p.

vo B°





## 11. ANEXOS

ANEXO 1  
RESULTADOS DE CAMPOCUADRO 1-A.Registros semanales de porcentaje de mortalidad de *Plutella xylostella* L.causada por cada uno de los nueve tratamientos aplicados al cultivo de Brócoli, en la Estación Experimental del ICTA, La Alameda, Chimaltenango, 1995.

Número de Muestreo	Número de Repetición	Número de Tratamiento								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	I	35.6	8.4	12.3	15.5	20.1	7.3	2.2	10.4	3.0
	II	30.8	7.3	11.9	21.9	22.3	4.0	3.5	12.8	2.0
	III	33.4	6.7	8.6	23.9	24.0	2.9	1.2	13.0	1.6
Promedio de tratamientos		33.3	7.5	10.9	20.4	22.1	4.7	2.3	12.1	2.2
2	I	35.4	8.0	13.2	22.0	25.6	6.8	5.5	14.7	3.1
	II	41.2	3.2	12.8	16.4	24.8	5.0	6.8	14.2	2.8
	III	42.3	4.3	10.9	23.2	27.0	9.0	8.9	15.9	3.7
Promedio de tratamientos		39.6	5.2	12.3	20.5	25.8	6.9	7.1	14.9	3.2
3	I	36.9	9.9	11.3	19.0	21.2	3.9	7.8	17.8	2.2
	II	28.6	8.4	13.7	25.0	32.4	8.0	8.8	18.7	2.0
	III	43.1	6.5	11.8	23.7	34.9	9.9	7.9	7.4	3.7
Promedio de tratamientos		36.2	8.3	12.3	22.6	29.5	7.3	8.2	14.6	2.6
4	I	47.7	7.3	13.9	26.8	35.6	19.8	8.2	21.3	3.2
	II	49.8	8.5	14.3	27.4	31.8	15.3	10.3	23.8	4.0
	III	54.2	9.2	9.8	28.0	34.3	8.6	14.3	24.2	3.7
Promedio de tratamientos		50.6	8.3	12.7	27.4	33.9	14.6	10.9	23.1	3.6
5	I	53.5	8.9	14.5	28.7	37.5	11.2	11.3	25.7	2.6
	II	52.0	6.3	15.3	29.3	39.0	13.0	12.1	29.9	3.1
	III	48.9	11.8	14.8	30.4	25.4	12.5	6.4	10.2	3.3
Promedio de tratamientos		51.5	9.0	14.9	29.5	34.0	12.2	9.9	21.9	3.0
6	I	56.8	10.2	13.5	31.0	39.8	16.5	13.5	29.3	3.9
	II	57.3	10.9	6.3	22.7	42.5	15.2	14.2	29.0	8.3
	III	59.0	11.5	14.2	33.7	40.6	17.8	15.6	14.9	3.7
Promedio de tratamientos		57.7	10.9	11.3	29.1	41.0	16.5	14.4	24.4	5.3
7	I	59.8	7.2	8.7	32.9	38.8	18.3	14.8	42.0	4.0
	II	62.8	11.5	9.2	33.2	39.0	19.2	15.9	15.0	7.9
	III	65.8	13.5	10.3	35.0	43.0	21.0	12.3	32.5	3.5
Promedio de tratamientos		62.8	10.7	9.4	33.7	40.3	19.5	14.3	29.8	5.1
8	I	65.8	11.2	11.2	37.5	43.5	19.9	11.3	40.2	3.9
	II	66.3	12.5	14.3	36.9	42.3	14.3	5.2	41.3	13.0
	III	64.3	6.2	8.9	39.7	44.6	22.3	13.6	41.0	1.6
Promedio de tratamientos		65.5	10.0	11.5	38.0	43.5	18.8	10.0	40.8	6.2
9	I	65.0	12.8	14.5	38.0	42.8	21.9	20.0	44.5	3.1
	II	70.0	5.4	21.0	37.8	44.2	18.5	6.2	38.3	8.0
	III	67.4	11.9	16.0	40.3	42.9	23.9	9.8	34.5	3.3
Promedio de tratamientos		67.5	10.0	17.2	38.7	43.3	21.4	12.0	39.1	4.8



FACULTAD DE AGRONOMIA  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES  
AGRONOMICAS


LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE 8 MICROORGANISMOS ENTOMOPATOGENOS SOBRE LAS POBLACIONES DE Plutella xylostella L. ASOCIADAS AL CULTIVO DE BROCOLI (Brassica oleracea var. italica) EN LA ALAMEDA, CHIMALTENANGO 1995".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: CESAR ANTONIO CORDON CASTILLO

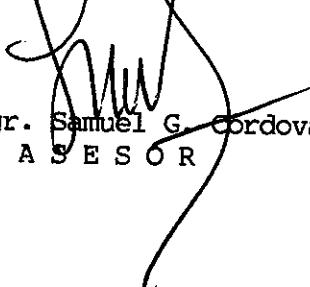
CARNET No: 8913797

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. Filadelfo Guevara Chávez  
Ing. Agr. Gustavo A. Alvarez Valenzuela  
Ing. Agr. José H. Calderón Díaz

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 Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala.

  
Ing. Agr. Rolando G. Aguilera Mejía  
A S E S O R

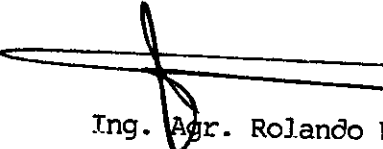
  
Ing. Agr. Edil René Rodríguez Quezada  
A S E S O R

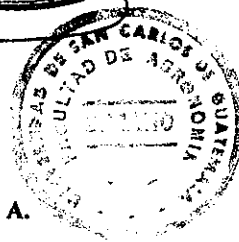
  
Ing. Agr. Samuel G. Cordova Calvillo  
A S E S O R

  
Ing. Agr. Fernando Rodríguez B.  
DIRECCION DEL IIA.

I M P R I M A S E



  
Ing. Agr. Rolando Lara Alecio  
D E C A N O



cc:Control Académico  
Archivo  
FR/prr.