

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE AGRONOMÍA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGRONÓMICAS

**EVALUACIÓN DE AGENTES BIOLÓGICOS EN EL CONTROL DE
GUSANOS DEL FRUTO DE TOMATE *Lycopersicon esculentum*
(Miller), BAJO LAS CONDICIONES DEL VALLE DE GUATEMALA.**

PRESENTADA A LA HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE
AGRONOMÍA, DE LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

TESIS
POR
JOSÉ DOMINGO MENDOZA CIPRIANO

EN EL ACTO DE INVESTIDURA COMO
INGENIERO AGRÓNOMO
EN SISTEMAS DE PRODUCCIÓN AGRÍCOLA

EN EL GRADO ACADÉMICO DE
LICENCIADO

GUATEMALA, MARZO DEL 2,000

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

RECTOR

EFRAÍN MEDINA GUERRA

HONORABLE JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA

DECANO
VOCAL PRIMERO
VOCAL SEGUNDO
VOCAL TERCERO
VOCAL CUARTO
VOCAL QUINTO
SECRETARIO

Ing. Agr. Edgar Oswaldo Franco Rivera
Ing. Agr. Walter Estuardo García Tello
Ing. Agr. William Roberto Escobar López
Ing. Agr. Alejandro Arnoldo Hernández Figueroa
Prof. Jacobo Bolvito Ramos
Br. José Domingo Mendoza Cipriano
Ing. Agr. Edil René Rodríguez Quezada

Guatemala, marzo del 2000.

Honorable Junta Directiva.
Honorable Tribunal examinador.
Facultad de Agronomía.

Señores miembros:

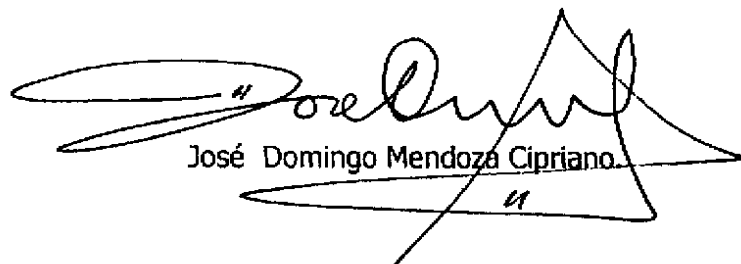
De manera atenta y de acuerdo a las disposiciones reglamentadas en las normas de la ley orgánica de la tricentenaria Universidad Nacional Autónoma de San Carlos de Guatemala, me es grato someter a vuestra consideración el trabajo de tesis de grado que se titula:

"Evaluación de agentes biológicos en el control de gusanos del fruto de tomate *Lycopersicon esculentum* (Miller), bajo las condiciones del Valle de Guatemala".

Presentando como requisito previo a optar al título de Ingeniero Agrónomo en Sistemas de Producción Agrícola, en el grado académico de Licenciado en Ciencias Agrícolas.

Considerando que la presente investigación llena los requisitos necesarios para la aprobación me suscribo.

Atentamente,



José Domingo Mendoza Cipriano.

ACTO QUE DEDICO

- A DIOS TODOPODEROSO:** Quien me dio sabiduría, fuerza y paciencia para alcanzar una de las metas de mi vida.
- LA VIRGEN DE GUADALUPE:** Virgen bondadosa, gracias por la intersección ante Dios todopoderoso.
- MIS PADRES:** José Oscar Mendoza Cuj Cuj.
Isabel Cipriano de Mendoza.
Fuente inagotable de amor, comprensión y paciencia; éste triunfo rinda tributo y homenaje eterno a ustedes.
- MIS ABUELOS:** Juan Mendoza (Q.E.P.D.).
Juliana Cuj Cuj.
Juan Cipriano (Q.E.P.D.).
Sebastiana Macario.
- MIS HERMANOS:** Juan Antonio, Teresa de Jesús, Joaquín y Ludwing Enrique.
- MI NOVIA** Carmelina Chojoj Roquel, con mucho amor y cariño.
- LAS SIGUIENTES PERSONALIDADES:** Ing. Roberto Juan Cordón Schwank.
Ing. Efraín Medina Guerra.
Lester Lacelle
Thomas Hunt (Q.E.P.D.).
Gertrudys Hunt (Q.E.P.D.).
Padre Juan Crísóstomo (Q.E.P.D.).
Agradecimientos por la ayuda, solidaridad y comprensión; éste triunfo sirva a ustedes como recompensa a su confianza depositada en mi persona.
- MI FAMILIA:** En general.
- MIS AMIGOS DE SIEMPRE:** Melgin Bautista, Heber García, Ramón Peche, Danilo Juárez, Sergio Coroxón, Jacobo Bolvito, Elmer Navarro, Doris de Salavarría, Ligia Monterroso, Julio Cesar Pérez, Wenceslao Robledo, Edgar Mérida, Francisco Alemán, Marlon Dávila, Nazario Huz, Abelardo Caal, Andrés Iboy, Maritza Aguilar, Alberto Tzoy, Carlos Quelex, Freddy Rodríguez, Axel Herrera, Mynor Ochaeta, Adalberto García, Aldo López, Selvin Maldonado, Jerson Alvarado, Ricardo Cano y otros.
- SECTOR ADMINISTRATIVO DE LA FAUSAC:** Especialmente a Ranferí Ampudia, Adolfo Rivas, Armando Florian, Francisco Cifuentes, Oswaldo Orellana, Edgar Concul, Edgar Mayorga y René Calí.

TESIS QUE DEDICO.

A:

GUATEMALA.

SAN MIGUEL POCHUTA.

CHIMALTENANGO.

LA TRICENTENARIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE
GUATEMALA.

LA CINCUENTENARIA GLORIOSA FACULTAD DE AGRONOMIA.

LA JUNTA DIRECTIVA DE LA FACULTAD DE AGRONOMÍA.

INSTITUTO NOCTURNO POR COOPERATIVA "CARLOS LUTTMAN
K."

LA ASOCIACIÓN MAYA DE ESTUDIANTES UNIVERSITARIOS
(AMEU).

LA ASOCIACIÓN DE ESTUDIANTES MAYA DE AGRONOMIA
(AEMA).

AL PROGRAMA ESTUDIANTIL DE LOS AMIGOS CUAQUEROS, POR
SU EMPEÑO Y APOYO AL ESTUDIANTE UNIVERSITARIO

AGRICULTORES Y CAMPESINOS EN GENERAL.

AL PUEBLO DE GUATEMALA, POR FINANCIAR MIS ESTUDIOS
UNIVERSITARIOS.

AGRADECIMIENTO.

A:

Mis asesores: Ingenieros Agrónomos Álvaro Gustavo Hernández Dávila, Fernando Rodríguez Bracamonte; de la FAUSAC, por su constante apoyo y orientación en la realización del presente trabajo de tesis.

El Doctor Jorge Echeverri, Coordinador de Cobertura de REDCAHOR en Costa Rica, Ing. Álvaro del Cid, Arnulfo Hernández y Álvaro Gustavo Hernández Dávila del Comité Nacional de REDCAHOR en Guatemala.

Ingeniero Agrónomo Mario Enríquez; por el apoyo en la tabulación, análisis y presentación de datos del presente trabajo de tesis.

Centro de Computo de la A. E. A., especialmente a Libbly Andrea Gálvez y Patricia Alonzo por la asesoría y apoyo para el levantado de texto del presente trabajo.

Los señores Lauro Marroquín, Román Sacap y Alfonso Vásquez, por su apoyo incondicional en la presentación del presente trabajo.

Personal de campo del Centro Experimental Docente de Agronomía (CEDA), de la Facultad de Agronomía.

AGRADECIMIENTO ESPECIAL A:

REDCAHOR

IICA

AVRDF

ICDF

BCIE

BID

Por el apoyo técnico y financiero a la realización y culminación del presente estudio.

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	PÁGINA
1. INTRODUCCIÓN	1
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
3. MARCO TEÓRICO	4
3.1. MARCO CONCEPTUAL	4
3.1.1. Importancia económica del cultivo de tomate <i>Lycopersicon esculentum</i> (Miller)	4
3.1.2. Importancia del complejo de gusanos del fruto de tomate	4
3.1.3. Descripción general del gusano barrenador <i>Heliothis zea</i> (Boddie)	5
3.1.3.1. Ciclo de desarrollo del gusano barrenador <i>Heliothis zea</i> (Boddie)	5
3.1.4. Tipo de daño al cultivo de tomate	7
3.1.4.1. Ecología y distribución geográfica de la plaga	8
3.1.5. Definición de control biológico	8
3.1.6. Características generales del control biológico	9
3.1.7. Características generales del <i>Bacillus thuringiensis</i> (Berl.)	9
3.1.8. Modo de acción del Virus de la Poliedrosis Nuclear (VPN)	10
3.1.9. Liberaciones masivas de (<i>Trichogramma pretiosum</i>) Enemigos Naturales	11
3.1.9.1. Avispas tricogramas (<i>Trichogramma pretiosum</i>)	11
3.1.10.1. Neem o árbol insecticida (<i>Azadirachta indica</i>)	12
3.1.11. Manejo integrado del complejo de gusanos del fruto de tomate	13
3.1.12. Tasa marginal de retorno (TMR)	13
3.1.12.1. Presupuesto parcial	14
3.1.12.2. Análisis de dominancia	14
3.1.12.3. Tasa marginal de retorno (TMR)	14
3.2. MARCO REFERENCIAL	15
3.2.1. Localización del área experimental	15
3.2.2. Descripción del material vegetal	15
3.2.3. Descripción técnica de los agentes biológicos utilizados	15
3.2.4. Trabajos relacionados con la investigación	17
4. OBJETIVOS	19
5. HIPOTESIS	20
6. METODOLOGÍA	21
6.1. Manejo del cultivo	21
6.1.1. Preparación del terreno	21
6.1.2. Siembra	21
6.1.3. Fertilización	21
6.1.4. Control de malezas	21
6.1.5. Control fitosanitario	22
6.1.6. Tutorio	22
6.1.7. Cosecha	22
6.2. Diseño del experimento	23
6.2.1. Descripción de los tratamientos	23
6.2.2. Unidad experimental	24
6.2.3. Modelo estadístico	24
6.3. Variables a evaluar	25
6.3.1. Rendimiento de fruto sano en kg/ha.	25
6.3.2. Rendimiento de fruto rechazado por daño de la plaga en kg/ha.	25

6.3.3.	Número de frutos afectados semanalmente por el daño de la plaga por hectárea	25
6.3.4.	Número de huevos en 15 plantas	25
6.3.5.	Número de larvas en los estadios L1 y L2 en 15 plantas	25
6.4.	Manejo del experimento	25
6.5.	Análisis de la información	26
6.5.1.	Análisis de varianza	26
6.5.2.	Prueba de medias	26
6.5.3.	Representación gráfica	27
6.5.4.	Análisis económico	27
6.5.5.	Análisis de contrastes	27
8.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	28
8.1.	Rendimiento de fruto sano en kg/ha.	28
8.2.	Rendimiento de fruto rechazado por daño de <i>Heliothis zea</i> (Boddie), en kg/ha.	30
8.3.	Número de frutos afectados semanalmente por daño del gusano barrenador <i>Heliothis zea</i> (Boddie), durante el ciclo del cultivo de tomate.	31
8.3.	<i>Heliothis zea</i> (Boddie), durante el ciclo del cultivo de tomate.	
8.4.	Número de huevos de <i>Heliothis zea</i> (Boddie), durante el ciclo del cultivo de tomate.	33
8.5.	Número de larvas en L1 y L2 de <i>Heliothis zea</i> (Boddie), durante el ciclo del cultivo de tomate.	36
8.6.	Análisis económico de los diferentes tratamientos	38
9.	CONCLUSIONES	41
10.	RECOMENDACIONES	42
11.	BIBLIOGRAFÍA	43
12.	ANEXO	45

ÍNDICE DE CUADROS.

CUADRO	PÁGINA
1. Número de huevos (H), larvas (L), y frutos dañados (FD), según su tamaño en tres estratos de la planta en campos de tomate en diferentes fechas. Grecia, Alajuela Estación seca 1982.	8
2. Tratamientos evaluados en el control del complejo de gusanos del fruto de tomate híbrido Elios, 1999.	24
3. Análisis de varianza para el rendimiento de frutos sanos de tomate (kg/ha), Guatemala, 1999.	28
4. Contrastes, ortogonales para el rendimiento de frutos sano de tomate (kg/ha). Guatemala 1999.....	29
5. Prueba de Tukey al 5% para el rendimiento en kg/ha de fruto sano, Guatemala, 1999.	29
6. Análisis de Varianza para el rendimiento en kg/ha de fruto rechazado por daño del gusano barrenador <i>Heliothis zea</i> (Boddie), Guatemala 1999.	30
7. Prueba de Tukey al 5% para el rendimiento en kg/ha de fruto con daño del gusano barrenador <i>Heliothis zea</i> (Boddie), Guatemala, 1999.....	30
8. Análisis de Varianza para la variable número de frutos afectados por hectárea transformados por log. X, Guatemala, 1999.....	31
9. Prueba de Tukey al 5% para la variable Número de frutos/ha, con daño Guatemala, 1999.	33
10. Análisis de varianza para la variable número de huevos de <i>Heliothis zea</i> (Boddie), en 15 plantas, Guatemala, 1999.	35
11. Prueba de Tukey al 5% para la variable número de huevos de <i>Heliothis zea</i> (Boddie), en 15 plantas, durante el ciclo de desarrollo del cultivo de tomate, Guatemala, 1999....	35
12. Análisis de varianza para la variable número de larvas L1 y L2 de <i>Heliothis zea</i> (Boddie) en 15 plantas en el cultivo de tomate, Guatemala, 1999.....	36
13. Prueba de Tukey para la variable número de larvas en L1 y L2 de <i>Heliothis zea</i> (Boddie) plantas durante el desarrollo del cultivo de tomate, Guatemala 1999.....	38
14. Análisis de presupuesto parcial de los tratamiento evaluados para el control del gusano del fruto de tomate, Guatemala, 1999.	39
15. Análisis de Dominancia para los tratamientos utilizados en el control de gusanos del fruto de tomate, Guatemala, 1999.	40

16.	Tasa marginal de retorno para las condiciones no dominadas respecto a los tratamientos para el control del gusano barrenador <i>Heliothis zea</i> (Boddie), Guatemala, 1999.....	40
17 A.	Rendimiento en kg/ha de Fruto sano de tomate por hectárea, Guatemala, 1999.	45
18 A.	Rendimiento en Kg/ha de fruto rechazado por daño del gusano barrenador <i>Heliothis zea</i> (B.) Guatemala, 1999.	45
19 A.	Número de frutos de tomate por hectárea, afectados por daño del gusano barrenador <i>Heliothis zea</i> (Boddie), Guatemala, 1999.	46
20 A.	Número de frutos afectados por hectárea durante el ciclo del cultivo de tomate híbrido elios, Guatemala 1999.	46
21 A.	Número de huevos de <i>Heliothis zea</i> (Boddie) en 15 plantas durante el ciclo del desarrollo del cultivo de tomate, Guatemala, 1999.	47
22 A.	Número de huevos de <i>Heliothis zea</i> (Boddie) por 15 plantas durante todo el ciclo del cultivo de tomate <i>Lycopersicon esculentum</i> (Miller), Guatemala, 1999.	47
23 A.	Número de larvas en L1 y L2 de <i>Heliothis zea</i> (Boddie) por 15 plantas durante el ciclo del cultivo de tomate, Guatemala, 1999.	48
24 A.	Número de larvas en L1 y L2 de <i>Heliothis zea</i> (Boddie) por 15 plantas durante el ciclo del cultivo de tomate, Guatemala, 1999.	48
25 A.	Características químicas y físicas del suelo que abarca el área experimental.....	48
26 A.	Programa fitosanitario utilizado para el saneamiento del cultivo de tomate <i>Lycopersicon esculentum</i> (Miller).	49

ÍNDICE DE FIGURAS.

FIGURA		PÁGINA
1.	Número de Frutos /ha, con daño causado por el gusano barrenador <i>Heliothis zea</i> (Boddie) en el cultivo de tomate, Guatemala, 1999.	32
2.	Número de huevos de <i>Heliothis zea</i> (Boddie) en el cultivo de tomate, Guatemala, 1999.	34
3.	Número de larvas de <i>Heliothis zea</i> (Boddie) en 15 plantas durante el ciclo de desarrollo del cultivo de tomate, Guatemala, 1999.	37
4.	Arreglo y aleatorización de los tratamientos en el campo.	50
5.	Tamaño y forma de la unidad experimental, parcela bruta, parcela neta y distribución de de las plantas en las mismas.	51

"EVALUACIÓN DE AGENTES BIOLÓGICOS EN EL CONTROL DE GUSANOS DEL FRUTO DE TOMATE *Lycopersicon esculentum* (Miller), BAJO LAS CONDICIONES DEL VALLE DE GUATEMALA".

"EVALUATION OF BIOLOGICS AGENTS TO CONTROL OF WORN OF TOMATO *Lycopersicon esculentum* (Miller), ON GUATEMALA VALLEY".

RESUMEN

El presente trabajo se realizó con el propósito de evaluar el efecto de cuatro agentes biológicos siguientes: los entomopatógenos VPN-ULTRA 1.6 WP (Virus de la poliedrosis nuclear) y Javelin Wg (*Bacillus thuringiensis* Berliner var. Kurstaki), el parasitoide tricograma (*Trichogramma pretiosum*), el insecticida botánico Act-botánico (*Azadirachta indica* + Carbonato de Sodio) y el producto químico Ambush 10 (Permetrina) como testigo; con la finalidad de generar tecnología alternativa en el control del complejo de gusanos del fruto de tomate *Lycopersicon esculentum* (Miller).

La investigación se desarrolló de Octubre 1998 a Febrero de 1999, en el Centro Experimental Docente de Agronomía (CEDA), Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con el apoyo del Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA), y financiado por La Red Colaborativa para la Investigación y Desarrollo de Hortalizas en América Central, Panamá y República Dominicana (REDCAHOR).

El diseño utilizado fue el de Bloques al azar con ocho tratamientos y cuatro repeticiones contando con un total de 32 unidades experimentales.

Las variables de respuesta registrada fueron: Rendimiento de fruto sano en kg/ha, Rendimiento de fruto rechazado por daño de la plaga en kg/ha, Número de frutos afectados semanalmente por el daño de la plaga por hectárea, número de huevos en 15 plantas y número de larvas en los estadios L1 y L2 en 15 plantas.

Los resultados indican que dentro de los agentes biológicos el *Bacillus thuringiensis* (Berl.) var. Kurstaki demostró efectividad a una dosificación de 1 kg/ha, en el control de larvas de los primeros estadios del gusano barrenador *Heliothis zea* (Boddie), única plaga que se presentó dentro del complejo de gusanos

del fruto de tomate; también fue superior a los otros tratamientos biológicos virus de la poliedrosis nuclear, (*Azadirachta indica* + Carbonato de Sodio) y las avispas tricogramas (*Trichogramma pretiosum*), en cuanto a reducir el nivel de daño. Mediante las aplicaciones del *Bacillus thuringiensis* (Berl.) Var. Kurstaki se redujo el rendimiento de frutos con daño, obteniéndose así mayor rendimiento de fruto sano (42,000 kg/ha).

El agente biológico neem (*Azadirachta indica* + Carbonato de Sodio) no ejerció efecto significativo en el control del gusano barrenador.

Económicamente puede utilizarse el producto químico Permetrina para contrarrestar los daños que causa el gusano barrenador *Heliothis zea* (Boddie), al fruto de tomate *Lycopersicon esculentum* (Miller) y obtener un alto rendimiento de fruto sano ya que posee una tasa de retorno marginal de 355%. En la combinación de dos o más agentes biológicos incrementa el total de costos de producción.

1. INTRODUCCIÓN

El cultivo del tomate *Lycopersicon esculentum* (Miller), tiene importancia económica en el ámbito centroamericano, pues se cultiva alrededor de 21,000 ha/año, lo que representa un valor aproximado de 50 millones de dólares U.S.A (11).

Una de las plagas del fruto de tomate, lo constituyen insectos que dañan el fruto, disminuyendo los rendimientos y la calidad del producto. El daño ocasionado por el complejo de gusanos del fruto de tomate, es de tipo directo principalmente por los géneros *Heliothis* y *Spodoptera*. Estos insectos en estado de larvas provocan perforaciones a los frutos de diámetro menores y mayores a 2.5 cm que después dicho agujero se convierte en la vía de acceso para hongos especialmente *Botrytis* sp., causando la pudrición del fruto, disminuyendo así el rendimiento, lo que provoca pérdidas económicas al productor. Generalmente en el estado larvario el gusano barrenador *Heliothis zea* (Boddie) y el gusano negro o soldado *Spodoptera exigua* (Hubn.), se alimentan de varios frutos en forma parcial para completar su desarrollo, se estima que el complejo de gusanos provoca disminuciones del 20 a 40% en el rendimiento (5,11).

Ante el problema de las plagas, la tendencia predominante de parte de los agricultores, fue la de utilizar con mayor énfasis un sólo método de combate, con preferencia el uso de insecticidas sintéticos (clorados, fosforados y piretroides) (23); aumentando el costo de producción debido al costo de los mismos (20 a 30%) y también ha provocado la contaminación del ambiente (11).

Actualmente para poder resolver los problemas de las plagas del fruto de tomate se puede utilizar distintas estrategias para su manejo integral, utilizando métodos de control biológico como una fase del control natural en la que mediante la acción de parásitos, depredadores o patógenos se mantiene la densidad de la población de plagas por debajo de poblaciones umbrales de daño económico. Una vez establecido el control biológico, es permanente hasta cierto grado; así mismo no tiene efectos secundarios tales como: toxicidad o contaminación del ambiente y su uso no implica peligro a la humanidad (20).

El cultivo de tomate, es importante en la región Nor-Oriente, Región Central y Occidental de Guatemala, que presentan factores limitantes en su producción por el problema de plagas especialmente el gusano barrenador *Heliothis zea* (Boddie) y el gusano negro o soldado *Spodoptera exigua* (Huebner), que forman el complejo de gusanos del fruto, es tal vez la más importante, por lo que el objetivo de la investigación fue evaluar el efecto de cuatro agentes biológicos, sobre poblaciones del complejo de

gusanos del fruto y sobre el daño al fruto de tomate, para generar tecnología alternativa con respecto al control del gusano del fruto de tomate. Durante la realización de la presente investigación sólo se presentó el gusano barrenador *Heliothis zea* (Boddie).

La investigación se realizó en el Centro Experimental Docente de Agronomía (CEDA), Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, con la colaboración del Instituto de Investigaciones Agronómicas (IIA), de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala y financiado por la Red Colaborativa de investigación y Desarrollo de Hortalizas, de América Central, Panamá y República Dominicana (REDCAHOR), consistió en la evaluación de ocho tratamientos en las que se aplicó combinado y unitariamente los siguiente agentes biológicos *Bacillus thuringiensis* (Berl.), Virus de la poliedrosis nuclear y avispas Tricogramas *Trichogramma pretiosum* se utilizó unitariamente el extracto botánico de la planta neem (*Azadirachta indica*) + Carbonato de Sodio, y un tratamiento testigo que utiliza el agricultor Ambush 10 (Permetrina).

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El cultivo de Tomate *Lycopersicon esculentum* (Miller), es la principal hortaliza para Guatemala, pues se cultiva alrededor de 5,874 ha/año, fortaleciendo el ingreso familiar. Dado a la introducción de nuevos materiales de tomate, al establecimiento de nuevas formas de siembra, ciclo corto del cultivo, ésto provoca que las plagas tiende también a ser breve con alta capacidad reproductiva y de gran movilidad (7, 27).

El fruto de tomate debe ser de buena calidad y la planta debe mostrar un buen rendimiento para satisfacer las necesidades de productores. Tomando en cuenta éste requisito se reporta que el cultivo es afectado por el complejo noctuidae, conformado por *Heliothis* y *Spodoptera* que afectan al fruto causando perforaciones, principalmente cuando presentan diámetro menor a 2.5 cm, debido a que las flores atraen a las hembras para ovipositar. El complejo de gusanos del fruto de tomate son plagas primarias y ocasionan daño de tipo directo provocando perforaciones al fruto que después se convierten en la vía de acceso para hongos principalmente *Botrytis* sp. lo que causa la pudrición del fruto, disminuyendo así el rendimiento del 20 a 40% para Guatemala (4, 17).

El uso unilateral de plaguicidas (solo control químico) y multidireccional de los mismos (mezclas o cockteles), hacen que los agricultores entren al círculo vicioso de los plaguicidas en el control del complejo de gusanos del fruto, lo que trae como consecuencia la resistencia y tolerancia de la plaga, presencia de residuos químicos en los frutos y la intoxicación de humanos (11).

Se han realizado investigaciones en el Centro Experimental del Instituto de Ciencia y tecnología Agrícola y el proyecto MIP-CATIE en Baja Verapaz, donde se ha generado tecnología alternativa, mediante el uso de agentes biológicos (*Trichogramma* sp., *Bacillus thuringiensis* y Virus de la poliedrosis nuclear) para el control del gusano del fruto de tomate *Heliothis zea* (Boddie). Estos trabajos se han desarrollado en materiales vegetales que ya no se comercializan y en la actualidad existen nuevos materiales, por lo que se requiere evaluar el comportamiento de agentes de control biológico para conocer su efectividad y darle un mejor uso en la producción de tomate (15, 23).

Por esta razón, se realizó la presente investigación en la que se evaluaron el efecto de cuatro agentes biológicos, sobre las poblaciones del complejo de gusanos del fruto y sobre el daño al fruto de tomate, para generar tecnología alternativa.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 MARCO CONCEPTUAL

3.1.1. IMPORTANCIA ECONÓMICA DEL CULTIVO DE TOMATE (*Lycopersicon esculentum* (Miller)).

El cultivo de tomate es una de las plantas de los trópicos americanos que ha alcanzado su mayor importancia y desarrollo fuera de su área de origen y fuera de los trópicos. En las últimas décadas del siglo XX la introducción a América tropical de los cultivares mejorados en Estados Unidos y Europa en particular de los tipos híbridos, ha ido eliminando los cultivares nativos de calidad inferior. Al igual que la mayoría de los cultivos de hortalizas, los tomates pueden proporcionar al agricultor grandes ingresos por hectárea; pero el problema de plagas ha aumentado últimamente debido a la introducción de nuevas variedades (1,4, 26).

El tomate, es una de las hortalizas de mayor importancia en América Central. Para la producción de este cultivo se dedican alrededor veintiún mil ha/año, lo que genera un valor de aproximadamente cincuenta millones de dólares U.S.A. (11, 27).

En Guatemala, la zona productora de tomate más importante es la región Oriental constituido por los departamentos de Zacapa, Progreso, Jalapa, Jutiapa y Chiquimula, quienes juntos participan con un 81% de la producción nacional, la productividad de tomate es de 15,529 kg/ha (1, 5, 23).

3.1.2. IMPORTANCIA DEL COMPLEJO DE GUSANOS DEL FRUTO DE TOMATE

Entre las principales plagas que atacan al cultivo de tomate en la región Centroamericana se encuentran: *Heliothis zea* (Boddie), las cuales causan disminuciones del 10% en el rendimiento en Panamá y Costa Rica y del 20 al 40% en Guatemala (11). El fruto puede ser atacado también por *Spodoptera exigua* (Huebner) y por el gusano alfiler *Keiferia lycopersicella* (Walsm) y ocasionalmente por *Pseudoplusia includens* (Walker) y el falso medidor *Trichoplusia ni* (Huebner). El uso de insecticidas contra los gusanos del fruto representa un porcentaje sustancial del 20 al 30% de los costos de producción invertidos en el combate de plagas (10,11).

Dentro del complejo del gusano del fruto de tomate se destaca el gusano barrenador como la plaga más relevante (11,15). Las producciones comerciales de variedades e híbridos de tomate en el Centro experimental de La Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala han permitido el manejo de los gusanos del fruto durante la floración y fructificación del tomate, utilizando entomopatógenos (Virus de la poliedrosis nuclear y *Bacillus thuringiensis* (Berl)).

3.1.3. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL GUSANO BARRENADOR *Heliothis zea* (Boddie)

Es conocido también con los nombres comunes de: Gusano elotero o gusano de la mazorca en maíz, gusano bellotero o gusano de la cápsula en algodón y gusano de la yema en tabaco (17).

CLASE:	Insecta
ORDEN:	Lepidóptera
FAMILIA:	Noctuidae
GENERO:	<i>Heliothis</i>
ESPECIE:	<i>zea</i> (Boddie)
NOMBRE CIENTIFICO:	<i>Heliothis zea</i> Bodie

3.1.3.1. CICLO DE DESARROLLO DEL GUSANO BARRENADOR *Heliothis zea* (Boddie)

a) HUEVO

Es de forma esferoide y/o redondeados, levantados, con la superficie estriada radicalmente y un poco aplastado por los polos, más pequeñas que una cabeza de alfiler.

Usualmente son de color cremoso, pero a medida que maduran toman un color habano claro, que se oscurece cuando se aproxima la eclosión, presentando además un punto oscuro en la parte superior (5).

Bran Shaw (5), cita a Osorio y Vaughan M, indica que los huevos recién puestos son de color blanquecinos sin embargo, a los dos o tres días siguientes se puede observar en su superficie una pequeña banda de color rojizo; al cuarto día esta franja es ya visible a simple vista, su longitud ha aumentado y se nota que se extiende alrededor del huevecillo; al quinto día la franja esta completamente roja, lo que indica que la larva del bellotero esta por nacer.

b) LARVA

Recién nacida miden de 1 a 15 mm de largo y presentan color café claro con cabeza oscura. En los estadios iniciales, las larvas generalmente son verdes, la coloración del gusano barrenador en el campo es muy variable, encontrándose tonos de verde amarillo, verde rojizo, café, rosado y pardo negro. Las larvas son de color más claro en la parte inferior. El color del cuerpo parece ser afectado por las plantas que consumen (5).

Las larvas maduras pueden presentar una línea blanca longitudinal en el dorso y varias líneas supraespinoculares de tonos oscuros en forma de zigzag. El cuerpo presenta numerosas setas o pelos, es fácil distinguir cuatro tubérculos setigeros negros, dispuestos en trapecio en cada uno de los segmentos

abdominales, característica que permite diferenciar bien al gusano barrenador de otras larvas de lepidópteros (5).

c) PUPA

Las pupas son café claro o café oscuro y brillante. Miden de 15 a 18 mm de longitud típicamente obstecas. Toscano citado por Brans Sevacherian y Van Steenwyk (5), indican que la pupa mide 1.88 cm de largo y 1.25 cm de grueso.

d) ADULTO

Los adultos son llamados comúnmente mariposa o papalotes de hábito nocturno. El *Heliothis zea* (Boddie) adulto con las alas cubiertas mide de tres y medio a cuatro centímetros de envergadura; las alas anteriores son de color pardo, variable entre rojizo y amarillento y presenta en su tercio exterior una línea curva transversal formada por pequeños puntos mitad negro y mitad blanca. El sector central se distingue una mancha casi negra semicircular con la porción curva hacia dentro. Las alas posteriores son blancas amarillentas, con la tercera parte exterior marrón o gris oscuro. En ambas alas hay una tendencia a destacarse las nervaduras.

El adulto macho varía de gris al verde olivo, mientras que la hembra es de color café claro. Los machos son de mayor tamaño que las hembras. La amplitud de las alas es de 40 mm y el largo del cuerpo es de 18 mm (17).

Cuando son adultos son mariposas crepusculares, rara vez se les ve volando durante el día en campos fuertemente infestados.

La mariposa hembra a los 3 o 4 días de emerger de la pupa, después de la copula, oviposita durante las noches en forma aislada y/o individualmente en las terminales, estructuras florales y haz de las hojas tiernas, de preferencia en cultivos de aspecto vigoroso (4,17).

En cuanto a la hora de oviposición Castro citado por Bran Shaw (5), indica que la hembra del gusano barrenador *Heliothis zea* (Boddie), pone sus huevos a cualquier hora de la noche. En un período de 3 a 4 días pone entre 1,000 a 2,000 huevos. La hembra oviposita individualmente en el haz o el envés de las hojas, rara vez en botones florales o en el tallo (5)

Reyes Rodas citado por Bran Shaw (5), indica que la duración de la etapa de huevo a nivel de campo dura aproximadamente de 3 a 4.5 días, la etapa de larva de 9 a 19.63, la etapa de pupa de 13 a 14.75 y la etapa de adulto de 9 a 19.98 días. El ciclo del gusano tomatero dura un total de aproximadamente 45 días.

En el estado de larva el *Heliothis zea* (Boddie) daña durante su desarrollo aproximadamente entre 5 a 6 frutos, perforándolos, además daña botones florales. La larva al estar introducida en un fruto no permite la cohabitación con otra larva y toma una actitud de canibalismo.

3.1.4. TIPO DE DAÑO AL CULTIVO DE TOMATE

En el cultivo de tomate, las larvas del gusano barrenador *Heliothis zea* (Boddie) se pueden alimentar al principio de las hojas, pero pronto penetran en el fruto, a menudo entran por debajo del cáliz produciendo una cavidad acuosa contaminada con heces y desechos de la piel (procedentes de la muda), las heridas en el fruto comúnmente se encuentran infectadas por hongos y fermentos, así frutos dañados tempranamente se pudren antes de la cosecha. El daño del gusano barrenador no siempre puede ser distinguido del daño del gusano soldado *Spodoptera exigua* (Huebner), aunque el daño de gusano soldado es usualmente seco y poco profundo (15, 20, 25).

Buerket et al citados por Evo P.F. e Hilje Luko (11), indican que la larva del gusano barrenador necesita alimentarse de varios frutos, generalmente en forma parcial para completar su desarrollo, por eso muestran mucha movilidad dentro de una planta, sin embargo los primeros instares, recorren distancias cortas para conseguir su alimento. Por haber abundancia de frutos en los estratos superior y medio, las larvas tienden a incrementar su daño en esa área.

Wilson et al citados por Evo P. F. e Hilje Luko (10), indican que los frutos verdes de diámetro menores de 2.5 cm son dañados tempranamente, pues por lo general están asociados con flores que atraen a las hembras para ovipositar y al eclosionar las larvas atacan los frutos más cercanos para alimentarse, siendo esta su función principal en esta etapa.

De los frutos dañados, los de diámetros de 2.5 cm predominan en el estrato superior, mientras que los frutos de diámetros mayores a 2.5 cm están en el estrato medio, incluso en el inferior. Esto demuestra que el daño (**Cuadro 1**) puede afectar por igual a los frutos pequeños y grandes, depende de la posición de los frutos dentro de la planta de su abundancia relativa en cada estrato, así como de la edad y movilidad de la larva (10).

CUADRO 1. NÚMERO DE HUEVOS (H), LARVAS (L), Y FRUTOS DAÑADOS (FD), SEGÚN SU TAMAÑO EN TRES ESTRATOS DE LA PLANTA EN CAMPOS DE TOMATE EN DIFERENTES FECHAS. GRECIA, ALAJUELA. ESTACION SECA, 1992 (10).

SDS	PN	Estrato inferior				Estrato medio				Estrato superior			
		H	L	FD/a	FD/b	H	L	FD/a	FD/b	H	L	FD/a	FD/b
9	10	1	0	0	11	22	2	11	11	20	6	17	0
10	11	0	0	0	6	18	0	3	16	36	6	25	6
11	13	0	0	0	7	1	12	8	14	20	17	21	0
12	13	1	3	0	8	2	18	7	15	7	20	15	5
13	13	0	3	0	6	8	14	8	15	14	17	17	7
14	13	0	2	0	6	0	18	11	14	4	20	17	2
Total		2	8	0	44	41	64	48	75	101	82	104	20

Observaciones: SDS semanas después de la siembra; PN promedio de nudos; /a diámetros menores de 2.5 cm; /b diámetros mayores de 2.5 cm.

Tomado de: Evo, F.P; Hilje, L. Distribución de los estadios Inmaduros y el daño del *Heliothis zea*, en la planta de tomate.

3.1.4.1. ECOLOGÍA Y DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA PLAGA

El gusano Barrenador *Heliothis zea* (Boddie), tienen una gran cantidad de plantas hospederas, la mayoría de las cuales son cultivadas en nuestro medio, es una plaga que esta generalmente distribuida en todos los climas (2). Se le encuentra en áreas algodoneras, tomateras, maiceras, tabaqueras; incluyendo regiones donde se cultivan plantas ornamentales, por consiguiente la distribución se considera mundial (12, 13).

Cajas C. A., Citado por Bran Shaw (5), mencionan que en Guatemala, el gusano tomatero se ha dispersado en varias regiones productoras de tomate, como son los departamentos de Zacapa, Chiquimula, Jalapa y Jutiapa.

3.1.5. DEFINICIÓN DE CONTROL BIOLÓGICO

El control biológico, es como una fase de control natural en la que mediante la acción de parásitos, depredadores o patógenos, se mantiene la densidad de poblaciones de otros organismos a un promedio más bajo que el que existía en su ausencia (3).

En esta definición se indica que el objetivo del control biológico no persigue la eliminación completa de los organismos dañinos, sino más bien la reducción o la limitación de su densidad poblacional por debajo

de umbrales de daño económico. Hay que hacer resaltar que el control biológico se vale únicamente de organismos vivos para sus propósitos (3,9).

Al control biológico le corresponde abarcar métodos por medio de los cuales se aumenta la resistencia de las plantas contra el daño ocasionado por factores bióticos y abióticos (20).

3.1.6. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL CONTROL BIOLÓGICO

En este método es sumamente importante realizar estudios cuidadosos de los ecosistemas analizando la interferencia que el hombre ha realizado en la ecología (20).

En la naturaleza, aun cuando uno o más insectos benéficos mantengan una situación de equilibrio se rompe, dando lugar a repentinos incrementos en las poblaciones de algunos insectos dañinos. En el caso de los cultivos cuando se incrementa una población de insectos-plaga muchas veces se realizan aplicaciones de insecticidas. Esto a su vez amenaza con rupturas adicionales del equilibrio biológico y también aumenta los costos del agricultor por control de la plaga y por consiguiente provoca efectos indeseables en el medio ambiente (7,15).

Cuando la eficiencia de los enemigos naturales de las plagas se ve afectada por una determinada causa se tiene que recurrir a ciertas técnicas que permiten compensar ese problema (23).

3.1.7. CARACTERÍSTICAS GENERALES DEL *Bacillus thuringiensis* (Berl.)

Es una bacteria formadora de esporas que produce una proteína cristalina de características tóxicas (endotoxina delta). Cuando las esporas y los cristales de *Bacillus thuringiensis* (Berl.) son ingeridos por un hospedero susceptible, se produce una parálisis general que mata al insecto a las pocas horas o aun después de 4 ó 5 días, dependiendo del serotipo de *Bacillus thuringiensis* (Berl.) y la susceptibilidad del insecto (3, 22).

La mayoría de los serotipos tienen actividad primaria contra larvas de lepidópteros, pero el serotipo descubierto más recientemente, el H-14 *B. thuringiensis israelensis*, es bastante activo contra las larvas de mosquitos y moscas negras (3).

Muchas larvas de la familia lepidóptera son susceptibles a la acción tóxica de los cristales, mientras que otros son susceptibles a la acción combinada de las esporas y los cristales; unas pocas larvas de Lepidóptera y algunas larvas de Hymenópteras fitopatófagos son susceptibles a la acción de *B. thuringiensis* (Berl.). Los lepidópteros susceptibles solo a los cristales se dividen en los tipos I y II, basándose en su respuesta a la ingestión de cristales. Los tipos de insectos I y II presentan una parálisis en el intestino

medio a los pocos minutos después de haber ingerido los cristales. Los insectos de tipo I abarcan sólo algunas especies, desarrollan una parálisis general y mueren después de 1-7 horas (3).

Los insectos del tipo II no desarrollan parálisis general y mueren después de 2 a 4 días después de la ingestión de cristales. Los insectos más susceptibles quedan dentro de la categoría II. Después de la ingestión de las esporas, el primer síntoma en ambos tipos es que las larvas pierden voracidad y dejan de alimentarse (17).

Coopel H. C., Mertins J. W. Citados por Estrada R. (9) describen respecto a la reacción de los insectos al Bt los cuales incluyen los tipos siguientes:

TIPO I *Manduca sexta* (Linnaeus), se paraliza todo el cuerpo y sube el pH sanguíneo después de la ingestión de la delta endotoxina.

Tipo II *Trichoplusia ni* (Huebner) éste grupo abarca a la mayoría de los lepidópteros, sufren solamente parálisis del intestino al ingerir la delta endotoxina y mueren de septicemia generalizada o de hambre.

TIPO III. *Anagasta* sp. este grupo necesita la presencia de esporas y toxinas para morir, no se observa parálisis del intestino, pero las esporas viables invaden todo su hemocelio y los matan.

TIPO IV. *Mamestra brassicae* (Linnaeus) incluyen a las larvas de lepidópteros no susceptibles a la delta endotoxina.

Dentro de los productos de *Bacillus thuringiensis* (Berl.) que tienen solamente las toxinas están el Javelin, Dibeta y Dipel 41; los productos que contienen esporas viables son Thuricide, BST-88, Dipel WP. Las cepas de *Bacillus thuringiensis* comerciales son la HD-1 *Bacillus thuringiensis* Var. Kurstaki y *Bacillus thuringiensis* Var. Berlinger, existe otra variedad llamada *Bacillus thuringiensis* Var. Israelensis usada para el control de larvas de mosquitos en programas de salud pública.

3.1.8. MODO DE ACCIÓN DEL VIRUS DE LA POLIEDROSIS NUCLEAR (VPN)

La mayoría de estos virus se han aislado en larvas de lepidópteros (86%), el desarrollo del VPN se hace más pronunciado en el núcleo de las células sanguíneas, la hipodermis, el cuerpo graso y el forro epitelial de la tráquea. En los estadios más avanzados de la infección, la larva se vuelve macilenta, se le decora la piel y tiene apariencia oleosa. La piel se vuelve muy frágil y la hemolinfa se vuelve turbia, ésta y el núcleo de células infectadas contienen un gran número de poliedros. Antes de morir la larva infectada se sube hasta el punto más elevado y muere; su cuerpo aparece colgando de las ramas superiores de la planta que le sirvió de alimento. Después de la muerte el tegumento de las larvas frecuentemente se

rompe liberando millones de poliedros que frecuentemente contaminan a la planta hospedera que las alimenta (23).

Las partículas de VPN tienen forma de bastón y varían entre los 20 y 50 micrómetros en diámetro y entre 200 y 400 micrómetros en longitud (3).

Los virus se pueden utilizar a escala artesanal recolectando larvas enfermas del campo y guardándolas congeladas para ser utilizadas después o en la próxima temporada, asperjándolas sobre las plantas que se quieren proteger, se estima, dependiendo de la especie de la plaga y el cultivo que son suficientes de 25 a 100 larvas grandes muertas por manzana, las cuales se maceran en agua corriente y se cuecen en cedazo para aplicarlas con bombas o cualquier otro equipo de aplicación, es mejor agregar azúcar negra, panela o melaza en la proporción de 2:1 al 5% en peso para mejorar la acción y hacerlo más apetecible por las larvas que tienen que comerlo para enfermarse y morir (3,14,23).

3.1.9. LIBERACIONES MASIVAS DE (*Trichogramma pretiosum*), COMO ENEMIGOS NATURALES

Llamadas también liberaciones inundativas, las cuales se llevan a cabo no solamente una vez, sino por lo regular periódicamente, son uno de los métodos más exitosos en la práctica de control biológico. Una condición indispensable en la utilización de éste método, es que la producción en masa de estos enemigos naturales sea rentable (23).

3.1.9.1. Avispas Tricogramas (*Trichogramma pretiosum*)

Son parasitoides de otros insectos, dichas avispas ovipositan sus huevos dentro de los huevos de los insectos de la familia Noctuidae.

En el área Centroamericana se practica desde hace varios años las liberaciones de Tricogramas en los cultivos de algodón con la finalidad de reducir las poblaciones del gusano barrenador *Heliothis zea* (Boddie) y de *Alabama argillacea* (Huebner), también en Panamá se hace uso de *Trichogramma minutum* en Caña de azúcar como una medida efectiva para controlar los barrenadores del género *Diatraea*. Estas avispas liberadas por millones parasitan los huevos de la plaga con muy buenos resultados (25).

Generalmente los géneros de *Trichogramma* vuelan en línea más o menos rectas antes de encontrar sus huéspedes. Obviamente el movimiento del huésped no siempre es un estímulo para el ataque, dado que muchos huéspedes son sésiles y el criterio para aceptar un huésped en tales casos incluye el olor, tamaño, localización y forma del huésped.

Esta especie deposita sus huevos sobre su huésped (larvas de lepidópteros), y la larva resultante puede alimentarse desde esta posición externa o puede entrar al huésped y desarrollarse como un huésped interno. Los huevos pueden ser adheridos por un material mucilaginoso o por alguna modificación estructural del corium, como un pedículo que es insertado a través del integumento. La mayoría de especies del orden Hymenóptera parasíticos inyectan un veneno para paralizar al huésped y el acto de oviposición son dos operaciones distintas (3).

Es decir primero paralizan todos los huéspedes individuales en el medio ambiente inmediato antes de empezar a depositar sus huevos en cualquiera de ellos. La reacción del huésped al veneno puede ser inmediata, retardada sin síntomas evidentes por varios minutos.

En algunos parásitos la parálisis de los huéspedes es permanente, en otros el efecto sólo es temporal y el huésped pronto se recupera y vuelve a realizar sus actividades normales (3). El veneno es transportado por la sangre del huésped hasta el lugar donde realizará su acción. Dado que la parálisis se debe a que se detiene el funcionamiento del proceso excitatorio de la pared muscular del cuerpo, se considera que el lugar de acción es la unión neuromuscular (3).

3.1.10. Neem o árbol insecticida (*Azadirachta indica*)

Gran número de plantas de la familia Meliaceae se investigan en la actualidad por su uso potencial en la utilización de plantas

El Neem es efectivo contra 194 diferentes especies de insectos, ácaros y nemátodos es un árbol de rápido crecimiento, nativo de la India, pero actualmente distribuidos en muchos países del mundo incluyendo América Central. El árbol tiene efecto repelente sobre insectos y en algunos casos les reduce el apetito (19, 25).

Muchas partes del Neem se pueden usar tales como las hojas, semillas, pepita de la semilla y hasta la cáscara del árbol. Todo el árbol es de sabor amargo pero la parte más efectiva como repelente está en la pepita de la semilla. Tiene además la ventaja de no ser tóxico para los animales de sangre caliente incluyendo a los seres humanos (25).

Sus principales sustancias activas son la Azadirachtina, y en menor proporción, contiene Meliantriol y Salanina. Tiene efecto Sistémico, porque al absorberlo, algunas plantas se vuelven inapetecibles para ciertos insectos. Además el Neem mata o repele el ataque de insectos en los cultivos y altera su metabolismo (esterilización, órganos vitales atrofiados, pérdida de apetito, etc.) (19).

3.1.11. MANEJO INTEGRADO DEL COMPLEJO DE GUSANOS DEL FRUTO DE TOMATE

ESTRATEGIAS Y TACTICAS:

Las estrategias de prevención, manejo y supresión en su conjunto son poco aplicados al *Heliothis zea* (Boddie), debido a la característica de la plaga, los agricultores utilizan únicamente la estrategia de supresión para bajar la población de esta plaga (15, 20).

Acompañado de esta estrategia la única táctica utilizada actualmente por los agricultores es el control químico. Se han utilizado un gran número de ingredientes activos para esta plaga, lo que ha redundado en cambios en la susceptibilidad del insecto a los plaguicidas. Los ingredientes activos utilizados son la cipermetrina (Feron 200 EC), metomil (Metavin y Lannate), malatión más metilparatión (Cygard 500 EC) y permetrina (Ambush 10) (16, 20).

Evo F. P. E Hilje Luko (11), mencionan que para el manejo integrado del *Heliothis zea* (Boddie) los umbrales de acción deben ser preventivos, basados en el recuento de huevos y larvas recién emergidas y de frutos pequeños menores de 2.5 cm de diámetro.

3.1.12. TASA MARGINAL DE RETORNO (TMR)

3.1.12.1. ANÁLISIS MARGINAL

Este tipo de análisis se basa en el concepto de la utilidad que genera la última unidad producida y para esto es necesario saber el costo de la última unidad producida y el ingreso generado por la última unidad.

Este análisis se recomienda generalmente cuando se quieren hacer recomendaciones al agricultor y se utiliza cuando las fuentes de variación (alternativa de producción), en el experimento se enfocan hacia cantidades de insumos y/o mano de obra, por ejemplo distintas cantidades de insecticidas, fungicidas y densidades de población etc., además se recomienda cuando son muchos los tratamientos. No obstante, el buen juicio agronómico y el análisis estadístico llevará a una decisión respecto a las diferencias de rendimiento entre los tratamientos de un experimento (21).

Si el investigador duda que existen diferencias reales de rendimiento, se comparan los costos variables totales de cada tratamiento y lógicamente se prefiere el de menor costo, si por el contrario se tiene certeza en que las diferencias observadas representan diferencias reales entre los tratamientos deberá entonces efectuarse un análisis marginal completo (21).

3.1.12.2 PRESUPUESTO PARCIAL

El presupuesto parcial se utiliza para ordenar datos experimentales tales como las medias de rendimiento de cada tratamiento, así como el precio del producto, el cual se multiplica por el rendimiento promedio dará el beneficio bruto. Además debe aparecer el costo variable, el cual está integrado por los que se gasta en insumos o mano de obra y la suma de ambos será el costo variable total.

El presupuesto parcial finaliza sacando la diferencia entre el Beneficio Bruto y el Costo Variable Total, lo que nos dará el Beneficio Neto (21).

3.1.12.3. ANÁLISIS DE DOMINANCIA

Una vez obtenido el Beneficio Neto se procede a ordenar los tratamientos colocando los beneficios netos de mayor a menor con su respectivo costo que varía, luego se procede a comparar cada una de las alternativas tomando como comparador el beneficio neto, procediendo a aceptar todas aquellas alternativas con un beneficio neto mayor y eliminando, aquellas con un costo variable igual o mayor. La comparación dará como resultado obtener alternativas dominadas y no dominadas. Serán dominadas (D) las alternativas eliminadas por tener un costo variable igual o mayor y las no dominadas (ND) pasaran al análisis marginal para calcular la tasa marginal de retorno (21).

3.1.12.4. TASA MARGINAL DE RETORNO (TMR)

Para calcular la TMR se procede a ordenar las alternativas no dominadas resultante del análisis de dominancia, tal como se colocaron en el análisis anterior, o sea de menor a mayor costo variable con su respectivo beneficio neto, luego se procede a calcular el incremento en costo variable y en Beneficio Neto, finalmente se procede a dividir el incremento en Beneficio entre el incremento en Costo Variable y se multiplica por cien, así (21).

$$\text{TMR} = \frac{\text{BN}}{\text{CV}} \times 100$$

3.2. MARCO REFERENCIAL

3.2.1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ÁREA EXPERIMENTAL

El estudio se desarrolló en el Centro Experimental Docente de Agronomía (CEDA), Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, ubicado geográficamente en la coordenadas Latitud Norte 14° 35' 58", Longitud Oeste 90° 31' 58", con una elevación de 1,502 m.s.n.m.

El clima promedio que prevalece en el valle de Guatemala es: Precipitación media anual de 1,150 mm distribuidos en 150 días entre los meses de mayo a octubre, la temperatura media anual de 19 grados centígrados, una humedad relativa de 81% y vientos de 17.8 km/hora (24).

Los suelos del área experimental son de la serie Guatemala, con textura arcillosa, drenaje lento y con capacidad de abastecimiento de humedad muy alta. Su topografía es regular con pendientes que varían de 0 a 2% (24). La ciudad de Guatemala se encuentra dentro de la zona de vida Bosque húmedo subtropical templado (Bh-st) (8).

3.2.2. DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL VEGETAL

El híbrido elios, es un nuevo híbrido de frutos largos periformes, para uso industrial y en fresco. El fruto tiene resistencia al magullamiento, como también a la pudrición estas condiciones la hacen que sea muy apetecido en el mercado local. Es una planta de tipo determinado, posee resistencia a *Verticillum*, *Fusarium* raza 1 y 2, nemátodos nodulares de la raíz, peca bacteriana, *Alternaria alternata* y *Stemphylium*. Los frutos de Elios tienen forma de pera con 5.5 a 5.8 grados brix (sólidos solubles) y viscosidad media (6).

3.2.3. DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LOS AGENTES BIOLÓGICOS UTILIZADOS.

JAVELIN WG (*Bacillus thuringiensis*)

Según Sandoz (22), es un insecticida biológico, específico contra larvas de lepidópteros, la fuente es el *Bacillus thuringiensis* Berliner, variedad Kurstaki, contiene 64 gramos de ingrediente activo por Kilogramo equivalente a 53000 US/mg de potencia (US= unidades *Spodoptera* basadas en bioensayo con *Spodoptera exigua*). Su composición es:

Kurstaki serotipo 3 a. 3 b.	6.4%
Ingredientes inertes	93.6%
Total.....	100%

Su presentación comercial contiene cristales tóxicos de Deltaendotoxina, compuestos por una proteína cristalizada que es sintetizada durante el proceso de esporulación de la bacteria y de esporas

bacteriales de Bt, de forma esférica y de diámetro de 0.5 a 1.0 micrones. La acción tóxica es sobre larvas, que al ingerir el follaje tratado, minutos después dejan de comer y aunque estén vivas no comen, por causa de una parálisis en la pared intestinal causada por la acción de los cristales de las endotoxinas (parálisis intestinal). Posteriormente, las esporas de la bacteria invaden el insecto, causándole la muerte a las 48-72 horas después de la ingestión. La dosificación del *Bacillus thuringiensis* Berliner Var. Kurstaki es de 1 kg/ha.

EXTRACTO DEL ÁRBOL NEEM (*Azadirachta indica* + Carbonato de Sodio)

Es un insecticida selectivo que contiene ACT-92 (Carbonato de Sodio) y extratos del árbol de neem *Azadirachta indica*, es conocido desde tiempos remotos en la India donde se le conoce como Árbol Noble y es utilizado para fines medicinales y como insecticida botánico más ampliamente utilizado en todo el mundo. Contiene un ingrediente químico llamado azadiractina que actúa por contacto produciendo la muerte de los insectos en poco tiempo; actúa como regulador del crecimiento de los insectos, evitando que alcancen estadios juveniles; en aplicaciones repetidas se acentúa el efecto de repelencia evitando nuevas reinfestaciones y también afecta la permeabilidad de la membrana celular de los insectos induciendo deshidratación (25).

VPN-ULTRA 1.6 WP (VIRUS DE LA POLIEDROSIS NUCLEAR)

Es un insecticida biológico de amplio espectro, está elaborado a base de una combinación de dos virus de la poliedrosis nuclear y un fagoestimulante produciendo un efecto sinérgico altamente letal para las larvas.

Actúa por ingestión en el interior de la larva donde los cristales liberan viriones que invaden los tejidos susceptibles. Posteriormente principia la lisis y desintegración de células y tejidos de la larva; antes de morir la larva se hincha, su actividad disminuye y la epidermis se rompe haciendo que se liberen millones de cuerpos vírales en el ambiente. Las larvas pequeñas que se infectan con virus mueren en menos de 3 días y las grandes de 4 a 9 días (15) (14).

AVISPAS TRICOGRAMAS (*Trichogramma pretiosum*)

Son parasitoides de otros insectos, dichas avispas ovipositan sus huevos dentro de los huevos de los insectos del orden noctuidae. Esta especie deposita sus huevos sobre su huésped (Larvas de lepidópteros), y la larva resultante puede alimentarse desde esta posición externa o puede entrar al huésped y desarrollarse como un huésped interno. Los huevos pueden ser adheridos por un material mucilaginoso o por alguna modificación estructural del corium, como un pedículo que es insertado a través del integumento. La mayoría de especies del orden Hymenóptera parasíticos inyectan un veneno para paralizar al huésped y el después ovipositan sus huevos en ellas. El veneno es transportado por la sangre del huésped hasta el lugar donde se realiza la acción, la parálisis se debe a que se detiene el funcionamiento del proceso excitatorio de la pared muscular del cuerpo se considera que el lugar de acción es la unión muscular. En algunos parásitos la parálisis de los huéspedes es permanente, en otros el efecto es temporal y el huésped pronto se recupera y vuelve a realizar sus actividades normales (3,7,25).

AMBUSH 10 (PERMETRINA)

La permetrina es un compuesto lipofílico, insoluble en agua, con alta estabilidad a la luz y temperatura, poca movilidad en el suelo y fácilmente degradable por microorganismos, no son tóxicos para animales de sangre caliente.

Su modo de acción es por contacto y en menor grado estomacal, no tiene acción sistémica nervioso periférico, presentándose al final, la paralización del cuerpo. Es un insecticida de acción rápida, con efecto a largo plazo, con una acción residual entre 7 a 15 días (4).

3.2.4. TRABAJOS RELACIONADOS CON LA INVESTIGACIÓN

En Guatemala se han desarrollado investigaciones en la región de Baja Verapaz, para el control de la plaga *Heliothis zea* (Boddie) y el complejo *Spodoptera* sp. mediante la utilización de la táctica principal del manejo integrado de plagas que es el control biológico a través de los insectos parasitoides *Trichogramma* sp. y los entomopatógenos *Bacillus thuringiensis* (Berl.) y virus de la poliedrosis nuclear (VPN). Los resultados de éstas investigaciones han generado las siguientes opciones de manejo para la zona Norte del país (7,18,23).

- a) Etapa vegetativa del cultivo de tomate: no aplicar insecticida después del trasplante, hasta los 30 días (DDT), para el caso de que la plaga principal sean los gusanos y no la mosca blanca.
- b) En la etapa de floración realizar un muestreo aleatorio de 30 plantas por semana. El método es el siguiente: se toma la flor más alta de cada planta y se examina la hoja compuesta inferior siguiente,

se revisa el haz y el envés de la hoja sin tocarla y se anota el número de insectos o sus estados encontrados.

- c) El umbral económico de 4 huevos y/o larvas recién nacidas en más de 30 hojas se aplica el insecticida o al encontrar dos o más frutos dañados en 25 frutos verdes de 2.5 cm (2).

4. OBJETIVOS

GENERAL

Evaluar el efecto de diferentes productos biológicos, sobre poblaciones del complejo de gusanos que dañan al fruto de tomate, para generar tecnología alternativa

ESPECIFICOS

1. Determinar cual de los agentes biológicos produce mejor control de poblaciones de gusanos del fruto, a través del más alto rendimiento de frutos sanos.
2. Determinar cual de los agentes biológicos es más efectivo para disminuir el daño en el fruto de tomate causado por el gusano del fruto de tomate.
3. Determinar el tratamiento con la mejor tasa de retorno marginal.

5. HIPOTESIS

1. Los productos biológicos a evaluar ejercen igual control sobre las poblaciones del complejo de gusanos que causan daño al fruto de tomate.
2. Por lo menos un agente biológico controlará en mayor grado a la población de gusanos del fruto de tomate.
3. Por lo menos uno de los tratamientos a evaluar presenta la mejor tasa de retorno marginal.

6. METODOLOGÍA

6.1. MANEJO DEL CULTIVO

6.1.1 PREPARACIÓN DEL TERRENO

Se inició con la preparación del terreno efectuando un paso de arado y dos pasos de rastra, luego se trazó el terreno con estacas.

6.1.2 SIEMBRA

Las plantas de tomate del híbrido elios fueron compradas en pilón, las que fueron trasplantadas al campo definitivo, utilizando un chuzo para abrir hoyos. El distanciamiento que se utilizó fue 1m entre surco y 0.40 m entre plantas. Se llevó a cabo el trasplante el día 6 de Octubre de 1998.

6.1.3. FERTILIZACIÓN

Para la fertilización del cultivo de tomate se aplicaron las siguientes formulaciones: 260.45 kg/ha de Urea (46% N.), la cual se incorporaron en dos aplicaciones: Una aplicación de 130 kg/ha a los ocho días después del trasplante y la otra aplicación de 130 kg/ha a los treinta días después del trasplante; 86.81 kg/ha de triple superfosfato la cual se incorporó en una sola aplicación a los ocho días después del trasplante; durante el periodo de floración se aplicó 227.27 kg/ha de nitrato de potasio. También se hicieron aplicaciones semanales de fertilizantes foliares, donde se utilizaron productos como Micromins (9% N, 6% P_2O_5 y 9% K_2O) con una dosis de 1.5 lts/ha donde se aplicó cada 10 días durante todo el ciclo del cultivo; Cuneb Forte (49% de P_2O_5 y 37% de K_2O), éste producto se aplicó con una dosis de 2 l/ha a partir de los 35 días después del trasplante con un intervalo de aplicación de 15 días entre la primera y última aplicación; también se aplicó el bioestimulante vegetal Aminofol (Ácido Fólico), con aplicaciones de 2.4 lts/ha se hicieron 4 aplicaciones durante el ciclo del cultivo con un intervalo de 20 días entre la primera y última aplicación.

6.1.4. CONTROL DE MALEZAS

Se efectuaron tres limpiezas, las cuales consistieron en: remoción de la tierra con azadón del centro del surco al pie de cada planta de tomate, procurando formar camellones para el mejor desarrollo radicular de la planta, la primera limpieza a los quince días después del trasplante, luego a los cuarenta días después del trasplante y por último a los sesenta días después del trasplante.

6.1.5. CONTROL FITOSANITARIO

Durante la fase de campo se presentaron diversas enfermedades fungosas, así como también plagas insectiles a los que se contrarrestaron mediante la utilización de un programa fitosanitario utilizando los mejores productos existentes en el mercado, pues en el lugar donde se realizó la investigación ha sido fracaso las siembras de plantaciones de tomate. El programa fitosanitario se presenta en el **Cuadro 26 A** donde se presenta detalladamente los productos utilizados, la dosificación y la enfermedad y/o plaga para la cual se aplicó.

Los productos biológicos se aplicaron a los 10 días después de haber iniciado la floración de las plantas de tomate (a los 45 días después del trasplante), ya que una de las características de los productos biológicos es que para actuar necesitan cierto tiempo y puede presentarse daños económicos mientras se dan los proceso de ingestión del gusano barrenador *Heliothis zea* (Boddie) y el gusano soldado *Spodoptera exigua* (Huebner) (7, 20).

Los productos biológicos recibieron el siguiente manejo:

- a) Se transportaron en hieleras para conservar a una temperatura adecuada el producto y evitar la exposición al sol.
- b) Se Aplicó en la hora oportuna (Primeras horas de la mañana y horas de la tarde), los productos biológicos utilizados, debido a que son sensibles a los rayos ultravioleta de la luz solar.
- c) Se corrigió el pH de la mezcla de los productos biológicos entre 6 y 7 así mismo se evitó usar agua con cloro.

6.1.6. TUTOREO

Se sembraron tutores de bambú a cada tres metros de distancia, éstos medían dos metros de largo; y se colocó pita de acuerdo con el crecimiento del cultivo.

6.1.6. COSECHA

Se realizaron en total 5 cortes de frutos de tomate a intervalo de 7 días entre sí, en cada cosecha se clasificó el fruto en cuatro categorías: grande, mediano, pequeño y zaraso, llevándose a cabo un registro del rendimiento de fruto sano, así como también de fruto dañado.

6.2. DISEÑO DEL EXPERIMENTO

Se utilizó el diseño experimental de bloques al azar compuesto de ocho tratamientos y cuatro repeticiones. Se incluyó un testigo que consistió en la aplicación del insecticida permetrina (Ambush 10), que es utilizado en la actualidad por los agricultores.

6.2.1. DESCRIPCIÓN DE LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS

TRATAMIENTO 1: Se aplicó *Bacillus thuringiensis* Berliner Variedad Kurstaki (Javelin WG), de alta concentración, utilizando una dosis de 1 kg/ha, equivalente a un ingrediente activo de 53,000 ui/mg del serotipo 3 a y 3 b.

TRATAMIENTO 2: Se aplicó virus de la poliedrosis nuclear (VPN-ULTRA 1.6 WP), utilizando una dosis de 1.4 kg/ha, equivalente a 1.2×10^{10} de cuerpo poliédricos por kilogramo.

TRATAMIENTO 3: Se aplicó avispa tricogramas *Trichogramma pretiosum* a razón de 30,000 avispas/ha.

TRATAMIENTO 4: Se aplicó *Bacillus thuringiensis* (Javelin WG), combinado con virus de la poliedrosis nuclear (VPN-ULTRA 1.6 WP).

TRATAMIENTO 5: Se aplicó *Bacillus thuringiensis* (Javelin WG), combinado con las liberaciones de las avispa tricogramas *Trichogramma pretiosum*.

TRATAMIENTO 6: Se aplicó virus de la poliedrosis nuclear (VPN-ULTRA 1.6 WP), combinado con las avispa *Trichogramma pretiosum*.

TRATAMIENTO 7: Se aplicó *Azadirachta indica* + Carbonato de Sodio (ACT-BOTANICO O NEEM) donde se diluyó 2 litros del producto por cada 200 litros de agua, es decir una composición al 0.5% que es la dosis recomendable.

TRATAMIENTO 8: Se aplicó el producto químico Permetrina (Ambush10) con una dosis de 1.5 l/ha, éste tratamiento fue el testigo.

CUADRO 2. TRATAMIENTOS EVALUADOS, EN EL CONTROL DEL COMPLEJO DE GUSANOS DEL FRUTO DE TOMATE, GUATEMALA 1999.

TRAT	Días después del trasplante, en que se aplicaron los productos.										
	42	49	56	63	70	77	84	91	98	105	111
T1	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt	Bt
T2	Vpn	Vpn	Vpn	Vpn	Vpn	Vpn	Vpn	Vpn	Vpn	Vpn	Vpn
T3					Tricogramas				Tricogramas		Tricogramas
T4	Bt+Vpn	Bt+Vpn	Bt+Vpn	Bt+Vpn	Bt+Vpn	Bt+Vpn	Bt+Vpn	Bt+Vpn	Bt+Vpn	Bt+Vpn	Bt+Vpn
T5	Bt+Tric	Bt+Tric	Bt+Tric	Bt+Tric	Bt+Tric	Bt+Tric	Bt+Tric	Bt+Tric	Bt+Tric	Bt+Tric	Bt+Tric
T6	Vpn+Tric	Vpn+Tric	Vpn+Tric	Vpn+Tric	Vpn+Tric	Vpn+Tric	Vpn+Tric	Vpn+Tric	Vpn+Tric	Vpn+Tric	Vpn+Tric
T7	Neem	Neem	Neem	Neem	Neem	Neem	Neem	Neem	Neem	Neem	Neem
T8		Permetrina		Permetrina		Permetrina		Permetrina		Permetrina	

Bt: *Bacillus thuringiensis* (Javelin WG); Vpn: virus de la poliedrosis nuclear (VPN-ultra 1.6 WP)

Tric: *Trichogramma pretiosum*; Neem: *Azadirachta indica* + Bicarbonato de Sodio (Act-botánico o neem)

6.2.2. UNIDAD EXPERIMENTAL

PARCELA BRUTA:	30 m ²
PARCELA NETA:	12 m ²
NÚMERO DE REPETICIONES:	4
DISTRIBUCIÓN ENTRE TRATAMIENTOS:	1 m
DISTRIBUCIÓN ENTRE BLOQUES:	5 m
PLANTAS POR PARCELA NETA:	36
PLANTAS POR PARCELA BRUTA:	75
ÁREA BRUTA EXPERIMENTAL:	960 m ²
ÁREA NETA EXPERIMENTAL:	384 m ²

6.2.3 MODELO ESTADÍSTICO

Utilizando el modelo estadístico siguiente:

$\gamma_{\lambda j}$:	$\mu + \tau_{\lambda} + \beta_j + \epsilon_{\lambda j}$
$\gamma_{\lambda j}$:	variable respuesta.
μ	:	media general.
τ_{λ}	:	efecto del λ -ésimo tratamiento (1...8)
β_j	:	efecto del j -ésimo bloque.

$\epsilon_{\lambda j}$: Error experimental asociado a la λj -ésima unidad experimental.

6.3. VARIABLES EVALUADOS

6.3.1. RENDIMIENTO DE FRUTO SANO EN kg/ha.

Cuando inició la maduración de los frutos en cada parcela neta se procedió a cosechar y ha determinar el peso para el respectivo registro de rendimiento de fruto sano.

6.3.2. RENDIMIENTO DE FRUTO RECHAZADO POR DAÑO DE LA PLAGA EN kg/ha.

Cuando inició la maduración de los frutos en cada parcela neta se procedió a cosechar y ha determinar el peso para el respectivo registro de rendimiento de fruto rechazado por daño de la plaga. Se tomó en cuenta aquellos frutos menores a 2.5 cm y frutos mayores a 2.5 cm.

6.3.3. NÚMERO DE FRUTOS AFECTADOS SEMANALMENTE POR EL DAÑO DE LA PLAGA POR HECTÁREA.

Se realizó un recuento de los frutos dañados con perforaciones iniciales o avanzadas por daño del gusano del fruto en la parcela neta. Se tomó en cuenta aquellos frutos menores a 2.5 cm y frutos mayores a 2.5 cm.

6.3.4. NÚMERO DE HUEVOS EN 15 PLANTAS

Se empezaron los muestreos al inicio de la floración, se tomaron 15 plantas al azar por semana, se seleccionó la flor más alta de cada planta y se examinó la hoja compuesta inferior en el haz y el envés, se anotó el número de huevos de la plaga.

6.3.5. NÚMERO DE LARVAS EN LOS ESTADÍOS L1 L2 EN 15 PLANTAS.

Se empezaron los muestreos al inicio de la floración, seleccionándose al azar 15 plantas por parcela neta semanalmente, se tomó la parte media, alta como también la flor más alta de cada planta, se examinó la hoja compuesta inferior en el haz y envés, y se anotó el número de gusanos con su respectivo estado larvario.

6.4. MANEJO DEL EXPERIMENTO

Todos los tratamientos se identificaron de acuerdo a la codificación empleada en la descripción de los tratamientos.

Los muestreos de poblaciones de larvas del gusano barrenador *Heliothis zea* (Boddie), se hicieron cada ocho días al momento de aparición de las primeras flores (a los 35 días después del trasplante), sin tomar acción de control.

Los muestreos se hicieron en hora de la mañana y algunas veces por la tarde, se muestrearon quince plantas, se examinó el has y envés de la hoja como también en terminales florales de la planta. Las plantas se escogieron al azar aleatorio en cada parcela neta y se llevó un registro de larvas y huevos (para ambos se requirió del apoyo de una lupa para su observación e identificación) del gusano barrenador *Heliothis zea* (Boddie). Se iniciaron las aplicaciones de los agentes biológicos, cuando en los muestreos se encontraban cuatro larvas del gusano barrenador, es decir éste es el nivel crítico para iniciar el control. Para las aplicaciones de los insecticidas se realizó calibración de la bomba de cuatro galones y se calculó la dosis a utilizar. También se llevó acabo un registro de rendimiento en fruto sano y fruto dañado.

Las aplicaciones de los productos agrícolas se dejaron de aplicar, respetando el intervalo de tiempo entre la ultima aplicación y la cosecha. El tiempo promedio utilizado fue de cuatro días.

Para lograr efectividad de los productos biológicos y evitar efecto de deriva se aplicaron los insecticidas en las primeras horas de la mañana (5:00 a 7:30 hrs. AM), de manera que el viento y los rayos ultravioleta no afectaran a los productos aplicados.

Con respecto a las liberaciones de las avispas tricogramas se hicieron tres liberaciones, cada vez que se hizo, se colocó como barrera una tela denominado espuma durante cuatro días para evitar que las avispas tricogramas se pasaran de una a otra parcela experimental.

6.5. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

6.5.1. ANÁLISIS DE VARIANZA

Se realizó análisis de varianza para las variables siguientes: Rendimiento de fruto sano en kg/ha, rendimiento de fruto rechazado por daño de *Heliothis zea* (Boddie), número de frutos afectados semanalmente por *Heliothis zea* (Boddie), número de huevos y larvas en los estadios L1 y L2 en 15 plantas.

6.5.2. PRUEBA DE MEDIAS

Para la comparación de prueba de medias se utilizó el estadístico TUKEY (5%), esta prueba se realizó al verificar que existía diferencia estadística significativa en el análisis de varianza de cada variable de respuesta.

6.5.3. REPRESENTACIÓN GRÁFICA

Se realizó con la finalidad de que reflejara el comportamiento de la plaga en relación con las aplicaciones de los agentes biológicos y se aplicó a las siguientes variables de respuesta: **Número de huevos**

y número de larvas en los estadios L1 y L2 en 15 plantas, también mediante ella se pudo obtener los puntos críticos es decir el máximo número de frutos dañados, como también el máximo número de huevos y larvas en los estadios L1 y L2.

6.5.4. ANÁLISIS ECONÓMICO

Se realizó con la finalidad de encontrar la mejor tasa de retorno marginal en alguno de los tratamientos utilizados.

6.5.5 ANÁLISIS DE CONTRASTES ORTOGONALES

Se realizó para evaluar la efectividad de los agentes biológicos, los contrastes fueron los siguientes:

1. Permetrina vs. VPN, Tricogramas, Bt y neem.
2. Bt vs. VPN, tricogramas y neem.
3. VPN vs. Tricogramas y neem.
4. Tricogramas vs. Neem.
5. VPN vs. tricogramas

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

8.1. RENDIMIENTO DE FRUTO SANO DE TOMATE EN kg/ha.

Se realizaron en total 5 cortes a intervalo de 7 días entre sí; en cada corte se clasificaron los frutos maduros y sanos, es decir los frutos sin daño de *Heliothis zea* (Boddie), única plaga que se presentó dentro del complejo de gusanos del fruto.

El análisis de varianza (**Cuadro 3**), indica que existió efecto de los tratamientos sobre el rendimiento de fruto sano en kg/ha.

CUADRO 3. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO DE FRUTOS SANOS DE TOMATE (kg/ha), GUATEMALA, 1999.

F. Variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado medio	F.C.	Pr > F.c.
Bloques	3	25845220.8	8615073.6	8.13NS	0.0009
Tratamientos	7	114956331.3	16422333.0	15.49*	0.0001
Error	21	22259268.3	1059965.2	-----	-----
Total	31	163060820.3	-----	-----	-----

NS = No existe diferencia estadística significativa

* = Existe diferencia significativa al $\alpha = 0.05$

C.V. = 2.489%

Se procedió a realizar contrastes ortogonales entre el producto químico Permetrina versus agentes biológicos, así como también se realizó entre los agentes biológicos mismos, con la finalidad de evaluar de evaluar la eficiencia de los productos biológicos con relación al testigo. De acuerdo al **Cuadro 4** se puede ver que el producto químico Permetrina demostró que estadísticamente es significativo lo que indica que controla con mayor eficiencia en relación con los demás agentes biológicos.

Los contrastes que se hicieron entre agentes biológicos son los siguientes Bt versus VPN, tricogramas y neem, resultó ser significativo lo que demostró que de los productos biológicos evaluados el agente biológico Bt logró un control eficiencia sobre el gusano barrenador y por ende un alto rendimiento de fruto sano. El insecticida botánico neem (*Azadirachta indica*) + Carbonato de Sodio, no ejerció ningún efecto de control sobre la plaga.

CUADRO 4. CONTRASTES ORTOGONALES PARA EL RENDIMIENTO DE FRUTOS SANOS DE TOMATE EN (kg/ha), GUATEMALA 1999.

F. de variación	G.L.	Suma cuadrados	de	Cuadrado medio	F.c.	Pr>Fc
Permetrina Vrs. Vpn,trico,bt,neem	1	1142016.13		1142016.13	1.08*	0.3111
Bt vrs. Trico,vpn,neem	1	76654904.68		76654904.68	72.32*	0.0001
Vpn vrs. Trico,neem	1	19680716.59		19680716.59	18.57*	0.0003
Trico Vrs. Neem	1	5227211.44		5227211.44	4.93*	0.0375
Vpn vrs. trico	1	7283465.86		7283465.86	6.87*	0.0160

* = Existe diferencia estadística significativa con α 0.05.

CUADRO 5. PRUEBA DE TUKEY AL 5% PARA EL RENDIMIENTO EN kg/ha DE FRUTO SANO, GUATEMALA 1999.

TRATAMIENTO	MEDIA(Kg/ha)	GRUPO TUKEY	DMS (kg/ha)
Permetrina	45,193.8	A	2,441.8
Bt	42,000.0	B	
Bt + tricogramas	41,950.0	B	
Vpn	41,808.3	B	
Bt + vpn	41,722.9	B	
Tricogramas	40,041.7	B C	
Vpn + tricogramas	39,747.9	B C	
Neem	38,425.0	C	

DMS = Diferencia Mínima significativa.

De acuerdo al análisis efectuado por la prueba de Tukey al 5% como comparador múltiple de medias, se determinó que estadísticamente hay diferencia entre los tratamientos, en cuanto al rendimiento de fruto sano; esto demuestra que el tratamiento permetrina como testigo logró un rendimiento mayor con relación a los tratamientos biológicos, lo que demuestra su eficiencia en cuanto al control de larvas del gusano barrenador. De los agentes biológicos evaluados el *Bacillus thuringiensis* (Berl.), obtuvo el rendimiento medio más alto de frutos sanos (42,000 kg/ha), a diferencia de los demás agentes biológicos (virus de la poliedrosis nuclear y tricogramas), quienes obtuvieron menor rendimiento. Lo anterior indica, que el *Bacillus thuringiensis* (Berl.) ejerció efectividad en el control del gusano barrenador *Heliothis zea* (Boddie).

Mediante las aplicaciones del insecticida botánico *Azadirachta indica* + Carbonato de Sodio, se obtuvo menor rendimiento de frutos sanos (38,425 kg/ha), demostrando así su inefectividad en el control de larvas del gusano barrenador.

8.2. RENDIMIENTO DE FRUTO RECHAZADO POR DAÑO DE *Heliothis zea* (Boddie), en kg/ha

El **Cuadro 18 A** muestra un resumen del rendimiento en kg/ha de fruto con daño, se tomaron en cuenta frutos con diámetro menor a 2.5 cm y también aquellos frutos con diámetro mayor a 2.5 cm.

Para hacer un análisis más eficiente del rendimiento de fruto rechazado por daño del gusano Barrenador *Heliothis zea* (Boddie), se hizo un análisis de varianza al 5%, el cual se presenta en el **Cuadro 6**.

CUADRO 6. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL RENDIMIENTO EN kg/ha DE FRUTO CON DAÑO, PROVOCADO POR EL GUSANO BARRENADOR *Heliothis zea* (Boddie), GUATEMALA 1999.

F. de Variación	G.L.	Suma de Cuadrados	Cuadrado Medio	F.C.	Pr.>F.
Bloques	3	3548998.2	1182999.4	2.52 NS	0.0855
Tratamiento	7	160463125.0	22923303.6	48.86*	0.0001
Error	21	9852511.8	469167.2	-----	-----
Total	31	173864635.0	-----	-----	-----

NS = No existe diferencia significativa para un α 0.05

* = Existe diferencia significativa para un α 0.05

C.V.= 13.80%

Como en los tratamientos existió diferencia significativa al 5%, se efectuó la prueba de Tukey al 5% como comparador múltiple de medias, para determinar de ésta manera los mejores tratamientos, en cuanto a reducir el nivel de daño al fruto de tomate, por consiguiente un mejor control de *Heliothis zea* (Boddie).

CUADRO 7. PRUEBA DE TUKEY PARA EL RENDIMIENTO EN kg/ha DE FRUTOS DE TOMATE DAÑADO POR EL GUSANO BARRENADOR *Heliothis zea* (Boddie), GUATEMALA 1999.

TRATAMIENTO	MEDIA (Kg/ha)	GRUPO TUKEY
Neem	9,029.21	A
Vpn + Tricogramas	6,200.0	B
Vpn	6,095.8	B
Tricogramas	6,014.6	B
Bt + vpn	4,239.6	C
Bt + Tricogramas	3,768.7	C
Bt	3,231.3	C
Permetrina	1,127.1	D

De acuerdo al análisis efectuado por la prueba de Tukey al 5% como comparador múltiple de medias, se determinó que estadísticamente hay diferencia entre los tratamientos en cuanto a reducir el número de frutos afectados por daño del gusano Barrenador *Heliothis zea* (Boddie). De los agentes

biológicos evaluados el *Bacillus thuringiensis* logró reducir el nivel de daño al fruto de tomate, sucede lo contrario en las aplicaciones de *Azadirachta indica* + Carbonato de Sodio pues se incrementó el nivel de daño del fruto de tomate ya que se obtuvo mayor rendimiento de fruto dañado (9,029.21 kg/ha), así también sucede en las aplicaciones de los agentes biológicos virus de la poliedrosis nuclear y las liberaciones de las avispas tricogramas *Trichogramma pretiosum*, el cual puede deberse a que estos productos para lograr su efectividad de control sobre la plaga necesitan de ciertos procesos tales como: de ingestión y período de incubación; mientras se presentan daños económicos (pérdida en el rendimiento de frutos).

El *Bacillus thuringiensis* (Berl.), logró reducir el nivel de daño al fruto de tomate (3,231.3 kg/ha); esto demuestra que es una alternativa de control, que conduce al manejo integral del gusano barrenador del fruto de tomate.

8.3. NÚMERO DE FRUTOS AFECTADOS SEMANALMENTE POR DAÑO DEL GUSANO BARRENADOR *Heliothis Zea* (Boddie), DURANTE EL CICLO DEL CULTIVO DE TOMATE.

El registro de los frutos afectados durante el ciclo del cultivo reflejó el nivel de daño al fruto de tomate semanalmente. En la **Figura 1** se puede ver que el número de frutos de tomate dañados por Hectárea, varió con relación a las aplicaciones de los demás agentes biológicos. Puede observarse también el efecto de control que causa el entomopatógeno *Bacillus thuringiensis* (Berl.) unitariamente o combinado con VPN o las avispas tricogramas, pues mantiene semanalmente un menor número de frutos con daño. Tal efecto de control, se debe a la acción de los cristales paraesporales o delta endotoxina del *B. thuringiensis*, lo que causa parálisis del intestino, reduciendo en pocos minutos la capacidad de las larvas del gusano barrenador a causar daño, esta misma acción les causa la muerte.

Los datos del **Cuadro 8** para su respectiva ANDEVA, fueron transformados por Log.X.

CUADRO 8. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE NÚMERO DE FRUTOS DAÑADOS POR HECTAREA TRANSFORMADOS POR LOG. X, GUATEMALA 1999.

F. VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	DE CUADRADOS MEDIOS	FC.	PR.>FC.
BLOQUES	3	0.12444877	0.04148292	6.48NS	0.0028
TRATAMIENTOS	7	11.61150399	1.65878628	259.27*	0.0001
ERROR	21	0.13435524	0.00639787	-----	-----
TOTAL	31	11.87030801	-----	-----	-----

NS= No existe significación para α 0.05.
 *= Existe diferencia significativa para α 0.05.
 C.V. (%)= 13.80

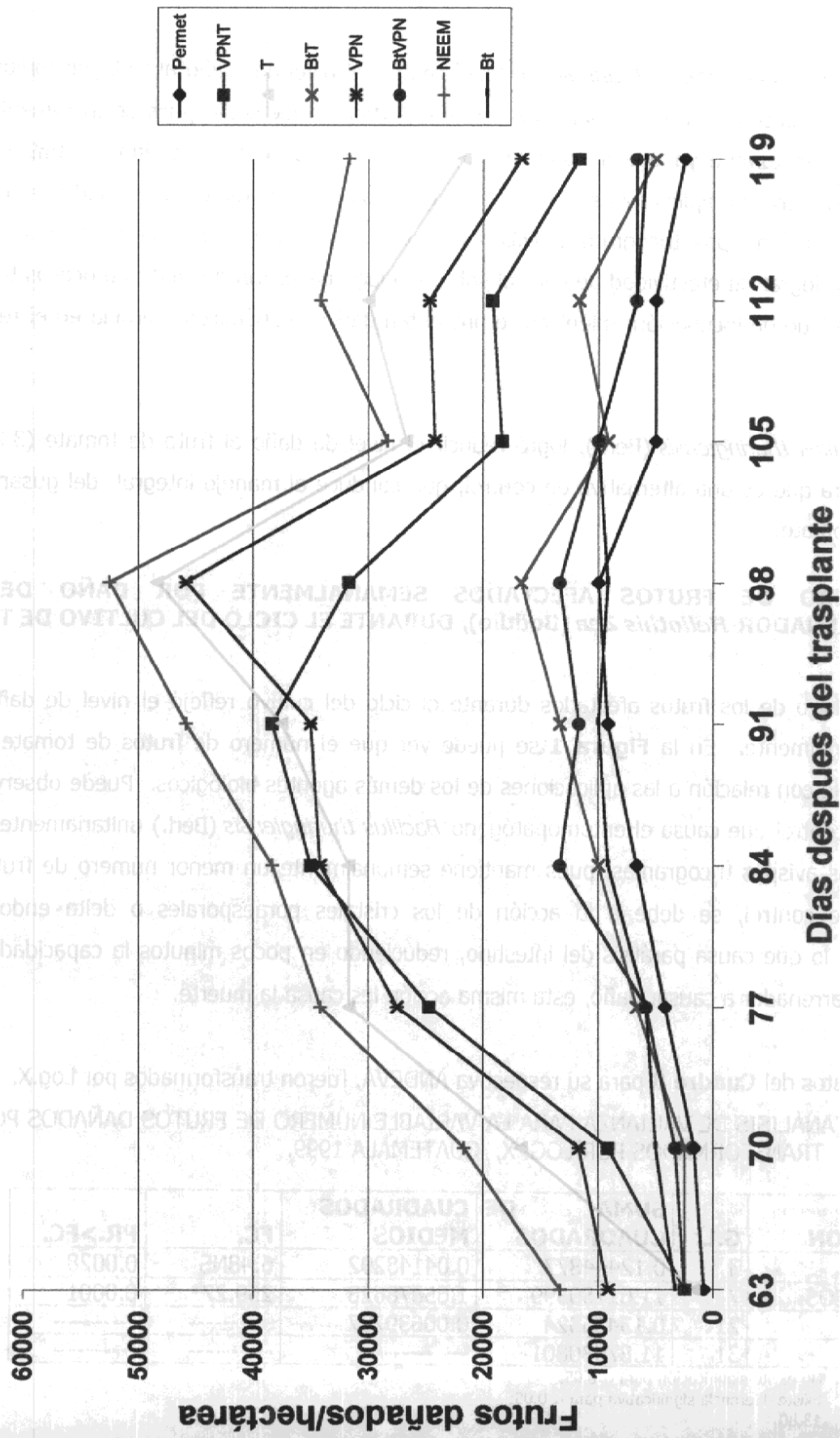


FIGURA 1. Número de frutos/ha con daño causado por el gusano *Heliothis zea* (Boddie), en el cultivo de tomate, Guatemala, 1999.

Como en los tratamientos existe diferencia estadística significativa al 5%, se procedió a efectuar la prueba de Tukey al 5% como comparador múltiple de medias, para determinar de esta manera los mejores tratamientos, en cuanto a menor fruto afectado por daño, por consiguiente un mejor control de *Heliothis zea* (Boddie).

CUADRO 9. PRUEBA DE TUKEY AL 5%, PARA EL NÚMERO DE FRUTOS DAÑADOS POR HECTÁREA, GUATEMALA, 1999.

TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPO TUKEY
Neem	187,292	A
Tricogramas	116,125	B
Vpn	112,708	B
Vpn + tricogramas	104,583	B
Bt	51,667	C
Bt + vpn	50,833	C
Bt + tricogramas	47,917	C
Permetrina	26,458	D

De acuerdo al análisis efectuado por la prueba de Tukey al 5% como comparador múltiple de medias, se determinó que estadísticamente difieren en cuando a su efecto sobre el control del daño al fruto de tomate. Puede sugerirse en orden, el *Bacillus thuringiensis* (Berl.); debido a que estos provocaron un mejor control sobre el número de fruto dañado por *Heliothis zea* (Berl.), y debido a ello se obtuvo mayor rendimiento de fruto sano. El insecticida botánico *Azadirachta indica* + Carbonato de Sodio, mantuvo alto número de frutos con daño, lo que demuestra que es antieconómico aplicarlo para el control del gusano del fruto de tomate.

8.4. NÚMERO DE HUEVOS DE *Heliothis zea* (Boddie), DURANTE EL CICLO DEL CULTIVO DE TOMATE.

El registro de los huevos, durante el ciclo del cultivo reflejó el comportamiento de la plaga en los tratamientos evaluados, tal como se aprecia en el Cuadro 21 A. Se hace evidente que el número de huevos en 15 plantas varió con relación a la aplicación de los insecticidas biológicos de acuerdo a la figura 2, donde puede observarse que el número de huevos del gusano barrenador *Heliothis zea* (Boddie), semanalmente no mostró mayor variabilidad, aunque el parasitoide *Trichogramma pretiosum*, mantuvo niveles ligeramente bajos con relación a los demás agentes biológicos.

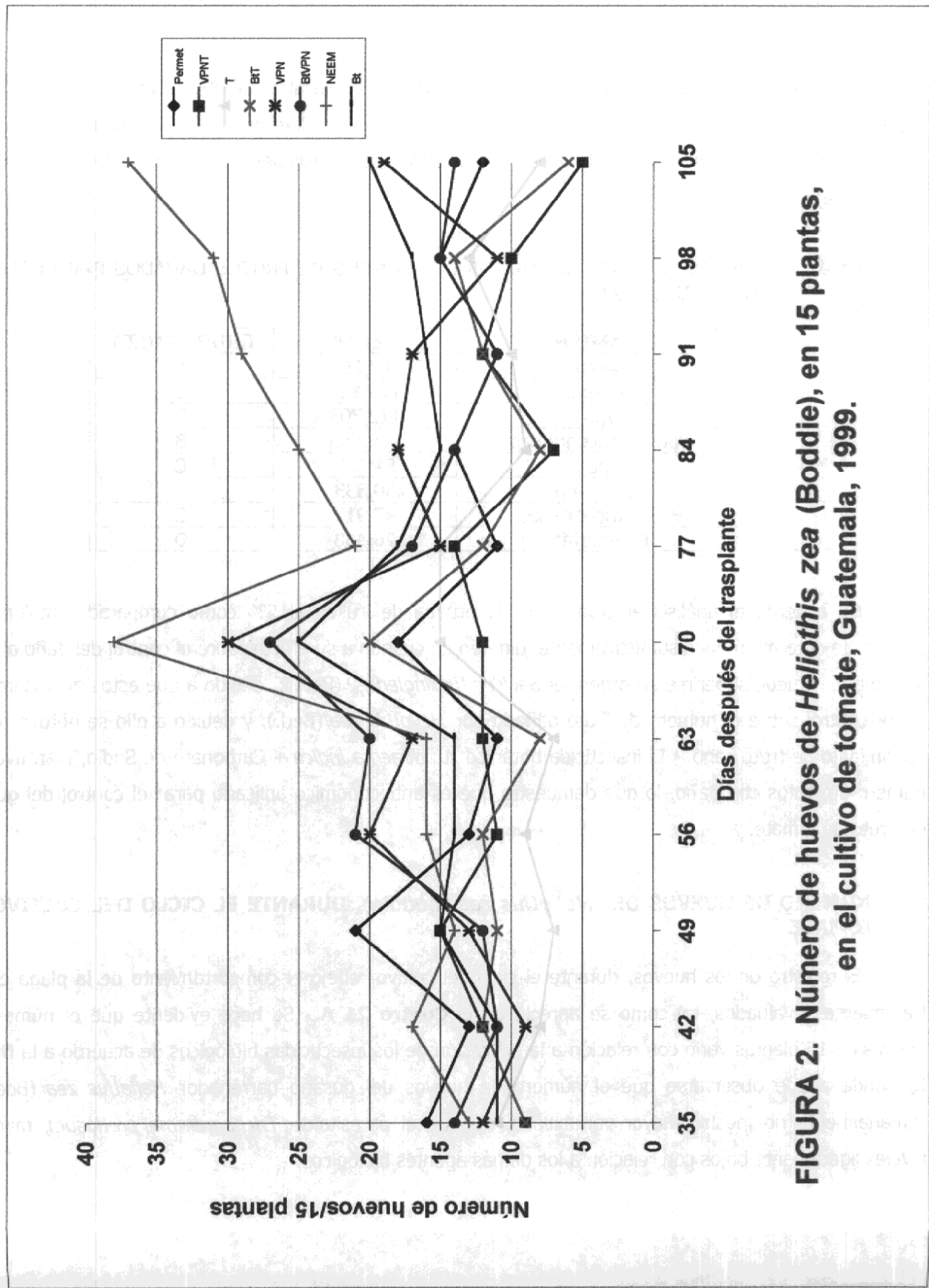


FIGURA 2. Número de huevos de *Heliothis zea* (Boddie), en 15 plantas, en el cultivo de tomate, Guatemala, 1999.

Para hacer un análisis más eficiente del número de huevos de *Heliothis zea* (Boddie) se hizo un análisis de varianza al 5%, el cual se presenta en el **Cuadro 10**.

CUADRO 10. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LA VARIABLE NÚMERO DE HUEVOS DE *Heliothis zea* (Boddie), EN 15 PLANTAS. GUATEMALA 1999.

F. de Variación	G.L.	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F.c.	Pr.> F
Bloque	3	24.34375	8.11458	0.22NS	0.8825
Tratamiento	7	13946.21875	1992.31696	53.65*	0.0001
Error	21	779.90625	37.13839		
Total	31	14750.46875			

NS= No existe significado para α 0.05

*= Existe diferencia significativa para α 0.05

CV (%)= 4.52

Como en los tratamientos existe diferencia estadística significativa al 5% se procedió a efectuar la prueba de Tukey al 5% como comparador múltiple de medias, para determinar de esta manera los mejores tratamientos en cuanto a menor número de huevos por consiguiente un mejor control de *Heliothis zea* (Boddie).

CUADRO. 11. PRUEBA DE TUKEY AL 5%, PARA EL NÚMERO DE HUEVOS DEL GUSANO BARRENADOR, EN 15 PLANTAS, DURANTE EL CICLO DE DESARROLLO DEL CULTIVO DE TOMATE, GUATEMALA, 1999.

TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPO TUKEY
Neem	169	A
Bt + vpn	153	B
Vpn	144	B C
Bt	135	D C
Permetrina	131	D C
Bt + tricogramas	122	D C
Vpn + tricogramas	109	E F
Tricogramas	101	F

Es de hacer notar que en los tratamientos donde se liberaron las avispas tricogramas *Trichogramma pretiosum*, mantuvo niveles bajos de huevos de *Heliothis zea* (Boddie), dado a que estas avispas liberadas dentro del cultivo de tomate *Lycopersicon esculentum* (Miller) parasitaron los huevos de la plaga con muy buenos resultados, demostrando así que son parasitoides de otros insectos, sin embargo eso no demostró reducción de larvas ya que los huevos que no fueron atacados por las avispas eclosionaron y ello permitió aumento de larvas y por consiguiente mayor número de fruto dañado afectando el rendimiento de frutos sanos.

8.5. NÚMERO DE LARVAS EN L1 Y L2 DE *Heliothis zea* (Boddie), DURANTE EL CICLO DEL CULTIVO DE TOMATE

El registro de las larvas durante el ciclo del cultivo de tomate reflejó el comportamiento de la plaga en el cultivo (**figura 3**). Es de hacer notar que el número de larvas/15 planta, varió, con las aplicaciones de los productos biológicos, en las que el entomopatógeno *Bacillus thuringiensis* (Berl.), mantuvo niveles bajos, semanalmente de larvas de la plaga en los primeros instares de su desarrollo, se puede ver también que el comportamiento de larvas semanalmente, casi se compara con el comportamiento del producto químico Ambush 10 (permetrina).

En aplicaciones del insecticida botánico neem *Azadirachta indica* + Carbonato de Sodio, como muestra la **figura 3** mantiene niveles altos de larvas de los primeros instares del gusano barrenador *Heliothis zea* (Boddie) (mayor a 4 larvas); determinándose un punto crítico a los 77 días después del trasplante, posteriormente, la población fue decreciendo a partir de ese punto crítico.

El **Cuadro 24 A** muestra un resumen del número de larvas en los estadíos L1 y L2/15 plantas. Para hacer un análisis más eficiente del número de larvas en L1 y L2 del gusano barrenador se hizo un análisis de varianza al 5%, el cual se presenta en el **Cuadro 12**.

CUADRO 12. ANÁLISIS DE VARIANZA PARA EL NÚMERO DE LARVAS EN LOS ESTADÍOS L1 Y L2 DE *Heliothis zea* (Boddie), EN 15 PLANTAS, EN EL CULTIVO DE TOMATE, GUATEMALA, 1999.

F. DE VARIACION	G.L.	SUMA DE CUADRADOS	CUADRADOS MEDIOS	F.C.	PR.> F.
BLOQUE	3	62.125000	20.708333	0.79NS	0.5118
TRATAMIENTO	7	7875.875000	1125.125000	43.05*	0.0001
ERROR	21	548.875000	26.136905		
TOTAL	31	8486.875000			

NS= No existe significancia para α 0.05
 *= Existe diferencia significativa para α 0.05
 C.V. (%)= 17.82

Como en los tratamientos existió diferencia estadística significativa al 5% se procedió a efectuar la prueba de Tukey al 5% como comparador múltiple de medias, para determinar de esta manera los mejores tratamientos en cuanto a menor número de larvas por consiguiente un mejor control de *Heliothis zea* (Boddie).

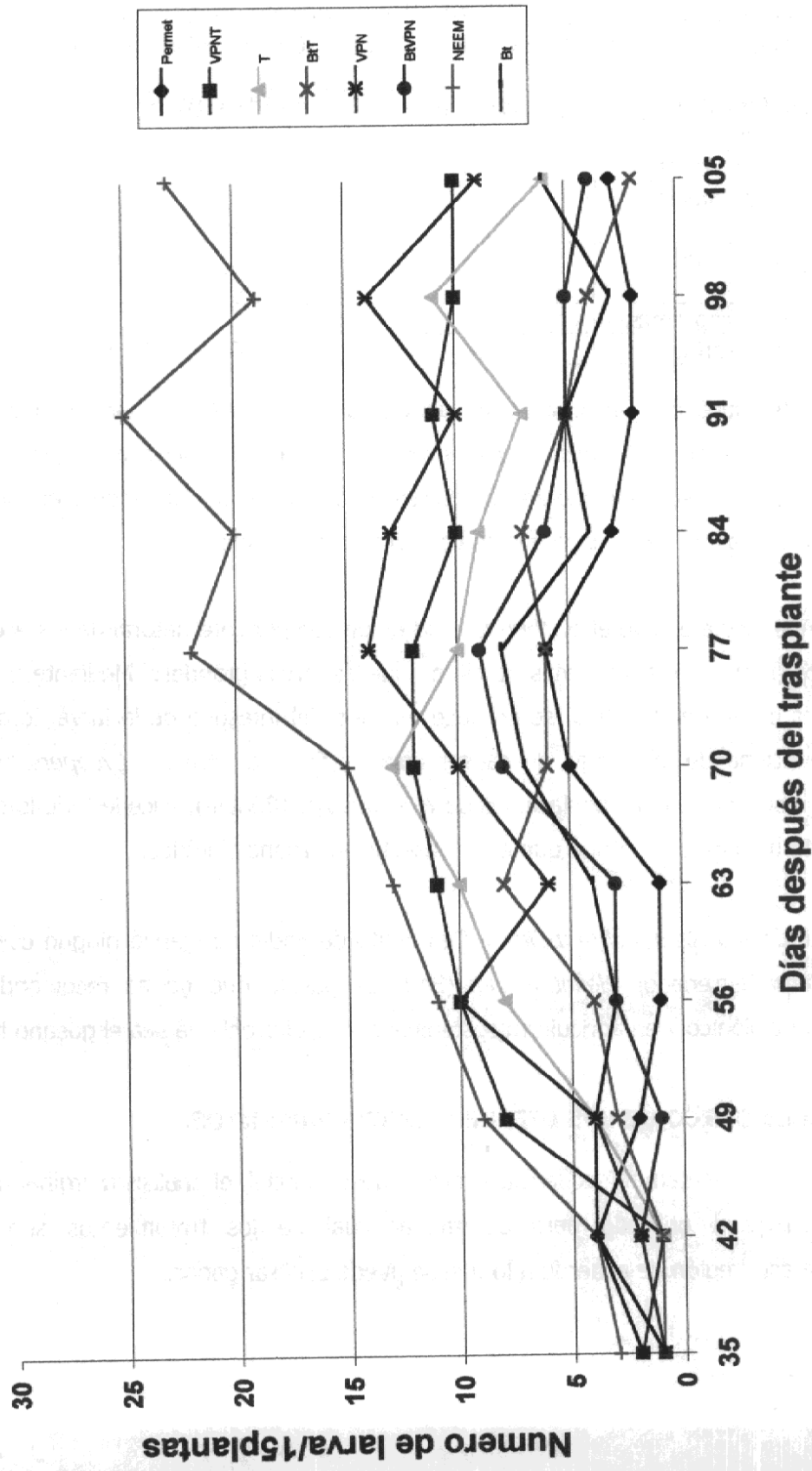


FIGURA 3. Número de larvas de *Heliothis zea* (Boddie) en 15 plantas durante el ciclo de desarrollo del cultivo de tomate, Guatemala, 1999.

CUADRO 13. PRUEBA DE TUKEY, PARA EL NÚMERO DE LARVAS EN LOS ESTADÍOS L1 Y L2 DE *Heliothis zea* (Boddie), EN 15 PLANTAS, EN EL CULTIVO DE TOMATE, GUATEMALA, 1999.

TRATAMIENTO	MEDIA	GRUPO TUKEY
Neem	55	A
Vpn + tricogramas	42	B
Tricogramas	39	B
VPN	38	B
Bt + VPN	17	C
Bt	15	C
Bt + Tricogramas	15	C
Permetrina	9	C

En el análisis efectuado por la prueba de Tukey al 5% como comparador múltiple de media, se determinó que el entomopatógeno *Bacillus thuringiensis* Berliner var. *kurstaki* como agente biológico y el producto químico permetrina, estadísticamente no difieren en cuanto a su efecto sobre el control de larvas de *Heliothis zea* (Boddie), es decir ejercen el mismo control sobre la plaga.

La diferencia que existe es que el *B. thuringiensis* es un componente natural de los ecosistemas que ataca las larvas de los primeros instares, más no así a aquellas larvas grandes. Mediante la acción de los cristales paraesporales o delta endotoxina, se produce parálisis del intestino de la larva, lo que reduce en pocos minutos la capacidad de las larvas de causar daño al fruto de tomate *Lycopersicon esculentum* (Miller), sin provocar resistencia en las poblaciones de *Heliothis zea* (Boddie); sucede todo lo contrario en la utilización del producto químico permetrina que es un insecticida órgano sintético.

El insecticida botánico *Azadirachta indica* + Carbonato de Sodio no ejerció ningún control sobre las poblaciones del gusano barrenador *Heliothis zea* (Boddie), por lo que no es recomendable para su utilización en el control biológico y en agricultura sostenible donde el problema sea el gusano barrenador.

8.6. ANÁLISIS ECONÓMICO DE LOS DIFERENTES TRATAMIENTOS.

A continuación se presentan en secuencia el presupuesto parcial, el análisis marginal de Dominancia y la tasa retorno marginal utilizado para determinar cual de los tratamientos son los mejores económicamente para esta región de acuerdo a lo que se puede esperar ganar.

CUADRO 14. ANÁLISIS DE PRESUPUESTO PARCIAL DE LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS PARA EL CONTROL DEL GUSANO BARRENADOR DEL FRUTO DE TOMATE, GUATEMALA, 1999.

CONCEPTO	TRATAMIENTOS									
	PERMETR. (l/ha)	VPNT	T (avispa./ha)	BtT	VPN (kg/ha)	BtVPN	NEEM (l/ha)	BT (kg/ha)		
REND. MEDIO (kg/ha)	45193.80	39747.9	40041.7	41950	41808.5	41722.9	38425	42000		
No. CAJAS DE 45 LIBRAS	2209	1943	1957.5	2051	2044	2040	1878.5	2053		
PRECIO AL COSECHAR (Q/CAJA)	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00	30.00		
INGRESO TOTAL (Q/ha)	66270	58290	58725	61530	61320	61200	56355	61590		
COSTO DE INSECTICIDA	1400	3464.50	76.50	764	3388	4075.50	900	687.5		
COSTO DE APLICACIÓN POR HECTÁREA	700	1385	1000	1385	385	385	350	385		
TOTAL DE COSTOS QUE VARIAN (Q/ha).	2100	4849.5	1076.5	2149	3773	4460.5	1250	1072.5		
BENEFICIOS NETOS (Q/ha)	64170	53440.5	57648.5	59381	57547	56739.5	55105	60517.5		

En el **Cuadro 15** se muestra el análisis de dominancia de los tratamientos las cuales se ordenan de mayor a menor de acuerdo al beneficio neto.

CUADRO 15. ANÁLISIS DE DOMINANCIA PARA LOS TRATAMIENTOS EVALUADOS, EN EL CONTROL DE GUSANOS DEL FRUTO DE TOMATE, GUATEMALA, 1999.

TRATAMIENTO	RENDIMIENTO (kg/ha)	BENEFICIOS NETOS (Q/ha)	TOTAL DE COSTOS QUE VARÍAN (Q/ha)
Permetrina	45193.80	64170	2100
Bt	42000	60517.5	1072.50
Bt + tricogramas	41950	59381	2149 D
Tricogramas	40041.7	57648.5	1076.50 D
Vpn	41808.5	57547	3773 D
Bt + vpn	41808.5	56739.50	4460.50 D
Neem	38425	55105	1250 D
Vpn + tricogramas	39747.9	53440.50	4849 D

En el **Cuadro 16** se muestra el análisis marginal a través del cual se obtiene la Tasa de Retorno Marginal que es lo que realmente interesa para saber cuanto se espera ganar por cada quetzal invertido.

CUADRO 16. TASA MARGINAL DE RETORNO PARA LAS CONDICIONES NO DOMINADAS RESPECTO A LOS TRATAMIENTOS, PARA EL CONTROL DEL GUSANO BARRENADOR *Heliothis zea* (Boddie), GUATEMALA, 1999.

TRATAMIENTO	BENEFICIO NETO	COSTO VARIABLE	CAMBIO EN BN	CAMBIO EN CV	TMR
Permetrina	64170	2100	3652.5	1027.5	355%
<i>Bacillus thuringiensis</i>	60517.50	1072.50	-----	-----	

De acuerdo al **Cuadro 16** se deduce que la tasa marginal de retorno más alta es 3.55 la cual corresponde al tratamiento químico permetrina, el cual nos indica que por cada quetzal que se invierta con el tratamiento permetrina se espera recobrar ese mismo quetzal y adicionalmente Q 3.55 en cada caja de 20.45 kg.

9. CONCLUSIONES

- 9.1. El agente biológico *Bacillus thuringiensis* Berliner Var. Kurstaki, demostró efectividad en el control de larvas de los primeros estadios del gusano barrenador del fruto de tomate *Heliothis zea* (Boddie), pues redujo el nivel de las poblaciones de larvas, que los demás agentes biológicos: virus de la poliedrosis nuclear, *Azadirachta indica* + Carbonato de Sodio y las avispas tricogramas (*Trichogramma pretiosum*)
- 9.2. Mediante las aplicaciones del *Bacillus thuringiensis* Berliner var. Kurstaki, a una dosificación de 1 kg/ha, se redujo el rendimiento de frutos con daño, obteniéndose así mayor rendimiento de fruto sano (42000 kg/ha).
- 9.3. Los agentes biológico virus de la poliedrosis nuclear y las avispas tricogramas (*Trichogramma pretiosum*), unilateralmente o combinado tuvieron un mismo nivel de control del gusano barrenador *Heliothis zea* (Boddie).
- 9.4. El agente biológico *Azadirachta indica* + Carbonato de Sodio no ejerció efecto significativo en el control de larvas del gusano barrenador.
- 9.5. Económicamente puede utilizarse el producto químico permetrina, con dosis de 1.5 l/ha para contrarrestar los daños provocados por el gusano barrenador *Heliothis zea* (Boddie), ya que posee una tasa marginal de retorno de 355%.

10. RECOMENDACIONES

- 10.1. Como opción para el control del gusano barrenador del fruto de tomate, se recomienda utilizar desde el momento de la floración el entomopatógeno *Bacillus thuringiensis* Berliner var. Kurstaki, sólo o en combinación con VPN y tricogramas, como parte de un programa de control biológico debido a su efecto positivo para el control de la plaga en el cultivo de tomate.
- 10.2. Realizar otros estudios con distintas frecuencias de aplicación y dosificación de los agentes biológicos siguientes: virus de la poliedrosis nuclear, *Azadirachta indica* + Carbonato de Sodio, así como también incrementar el número de liberaciones de las avispas tricogramas (*Trichogramma pretiosum*) en el control del gusano barrenador del fruto de tomate *Heliothis zea* (Boddie).
- 10.3. Los productos biológicos para su efectividad deben de aplicarse en las primeras horas de la mañana o en las últimas horas de la tarde a manera que los rayos ultravioleta de los rayos solares no afecte su acción al control de la plaga.

11. BIBLIOGRAFIA.

1. ALBURES O., C.F. 1994. El tomate *Lycopersicon esculentum* (Mill.), chile picante y chile pimiento *Capsicum* sp. En Manual Agrícola Superb. Guatemala, Productos Superb. p. 255-290.
2. ANDREWS, K.L.; WHITTED, L. 1980. Guía para muestreo de plagas y toma de decisiones sobre el control de los principales cultivos de la escuela Agrícola Panamericana, El Zamorano, Honduras, Escuela Agrícola Panamericana. s.p.
3. BACH, P. DE. 1987. Control biológico de las plagas de insectos y las malas hierbas. México, Continental. p. 249-281.
4. BAYER. s.f. Plagas y enfermedades del tomate. Alemania, BAYER. 44 p.
5. BRAN SHAW, E.R. 1983. Estudio del ciclo biológico, comportamiento y dinámica de la población del gusano barrenador del fruto *Heliothis* sp. en tomate *Lycopersicon esculentum* en el valle de La Fragua, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 2-7.
6. CASTILLO GALINDO, M.A. 1994. Evaluación de ocho materiales genéticos de tomate *Lycopersicon esculentum* (Mill.), bajo dos sistemas de manejo y su tolerancia al virus del acolochamiento de la hoja, en Bárcena, Villa Nueva, Guatemala. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. p. 75.
7. CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA (C. R.) 1990. Guía para el manejo integrado de plagas del cultivo de tomate; programa de mejoramiento de cultivos tropicales. Costa Rica, CATIE. p. 138-151.
8. CRUZ, J.R. DE LA. 1986. Clasificación de zonas de vida a nivel reconocimiento. Guatemala, Instituto Nacional Forestal. 42 p.
9. ESTRADA, R.E. 1991. Control microbiano del curso de enseñanza de control biológico en la Universidad de América Latina. Guatemala, Agrícola El Sol. 15 p.
10. EVO, F.P.; HILJE, L. 1993. Distribución de los estadios inmaduros y el daño del *Heliothis zea* en la planta de tomate. Manejo Integrado de Plagas (C.R.) no. 28:17-19.
11. _____. 1993. Importancia del género *Heliothis*, dentro del complejo de gusanos del fruto del tomate en Grecia. Manejo Integrado de Plagas (C.R.) no. 27:35-41.
12. FALCON, C.A.; SMITH, R.F. 1974. Manual de control integrado de plagas del algodón. Roma, FAO. 87 p.
13. FEDERACION NACIONAL DE ALGODONEROS. 1980. Bases técnicas para el cultivo del algodón en Colombia. Bogotá, Colombia, Presencia. p. 358-361.

14. FERNANDEZ, C. 1979. Ensayos del uso de virus de la poliedrosis nuclear en lucha contra el gusano soldado en algodón. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 50 p.
15. GUATEMALA. INSTITUTO DE CIENCIA Y TECNOLOGIA AGRICOLAS. 1990. Gusano del tomate; prevenga su daño en forma segura y económica. Guatemala. p. 8.
16. HERNANDEZ DAVILA, A.G. 1991. Curso manejo seguro de plaguicidas en prácticas agrícolas. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. S. P.
17. KING, A.B.S.; SAUNDERS, J.L. 1984. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. Londres, Administración de Desarrollo Extranjero. p. 44-49.
18. MENA, J.A. 1966. Combate de plagas en el algodón. Agricultura en El Salvador (El Salv.) no. 5:4-6.
19. PACHECO, M. 1987. Evaluación de un extracto acuoso de semillas de neem (*Azadirachta indica*) sobre mosca blanca en plantas de algodón y okra y *Spodoptera frugiperda* en plantas de okra, Finca la Montañesa, La Gomera. Guatemala, Asociación Guatemalteca de Manejo Integrado de Plagas. p. 110-120.
20. ROSSET, P.M.; SECAIRA, E. 1989. Cultivos hortícolas en manejo integrado de plagas insectiles en la agricultura; estado actual y futuro. Honduras, El Zamorano. p. 508-521.
21. SAMAYOA, E. 1992. Análisis de rentabilidad y tasa marginal de retorno. Agro Informativo (Gua.) no. 4:4-5.
22. SANDOZ (EE. UU.). s.f. Instructivo de uso del javelin wg; insecticida biológico. Estados Unidos Desplegable.
23. SEMINARIO SOBRE MANEJO Y USO DE PLAGUICIDAS EN ACTIVIDADES AGRICOLAS (1991 Santa Cruz Verapaz, Alta Verapaz, Guatemala). Guatemala, Asociación Guatemalteca de Manejo Integrado de Plagas. p. 50-200.
24. SIMMONS, CH.; TARANO, J.H.; PINTO, J.M. 1969. Clasificación de reconocimiento de suelos de la república de Guatemala. Trad. Pedro Tirado Sulsona. Guatemala, José de Pineda Ibarra. 1000 p.
25. UNIVERSITY OF CALIFORNIA. 1990. Integrated pest mangement for tomatoes. Oakland, California, Publication. no. 3274, p.105.
26. VALADEZ LOPEZ, A. 1994. Producción de hortalizas, solanaceas. México, Limusa. p. 185-222.
27. VILLEDA RAMIREZ, J.D. s.f. El cultivo del tomate. Guatemala, Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación. 147 p.



Vo.Bo. Rolando Barrios.

12. ANEXO

CUADRO 17A. RENDIMIENTO EN KILOGRAMOS DE FRUTO SANO DE TOMATE POR HECTÁREA, GUATEMALA 1999.

TRATAMIENTO	REPETICIONES			
	I	II	III	IV
Permetrina	43,200	43,975	47,975	45,625
vpn + tricogramas	38,183.33	39,450	41,150	40,208.33
Tricogramas	39,750	39,733.33	40,416.66	40,266.67
Bt + tricogramas	41,516.66	41,175	43,708.33	41,400
Vpn	41,758.33	43,616.67	41,975	39,883.33
Bt + vpn	40,358.33	41,691.67	43,650	41,191.67
Neem	37,058.33	38,441.67	38,958.33	39,241.67
Bt	40,658.33	40,683.33	44,491.66	42,166.67

CUADRO 18A. RENDIMIENTO EN kg/ha DE FRUTO RECHAZADO POR DAÑO DEL GUSANO BARRENADOR *Heliothis zea* (Boddie), GUATEMALA 1999.

TRATAMIENTO	REPETICIONES			
	I	II	III	IV
Permetrina	916.66	1,283.33	1,208.33	1,100
Vpn + tricogramas	5,833.33	6,283.33	6,316.66	6,366.66
Tricogramas	6,175	5,566.67	5,125	7,191.66
Bt + tricogramas	2,650	3,416.66	4,316.66	4,691.66
Vpn	6,275	4,991.66	6,166.66	6,950
Bt + vpn	4,125	3,333.33	4,425	5,075
Neem	9,725	7,516.66	9,541.66	9,333.33
Bt	2,583.33	4,250	2,991.67	3,100

CUADRO 19 A. NÚMERO DE FRUTOS DE TOMATE POR HECTÁREA, AFECTADOS POR DAÑO DEL GUSANO BARRENADOR *Heliothis zea* (Boddie), GUATEMALA 1999.

TRATAMIENTOS	DIAS DESPUES DEL TRASPLANTE								
	63	70	77	84	91	98	105	112	119
Permetrina	833	1667	4,167	6,667	9,167	10,000	5,000	5,000	2,500
Vpn + tricogramas	2,500	9,167	24,667	35,000	38,333	31,667	18,333	19,167	11,667
Tricogramas	1667	16,667	31,667	31,667	37,500	48,333	26,667	30,000	21,667
Bt + tricogramas	2,500	2,500	6,667	10,000	13,333	16,667	9,167	11,667	5,000
Vpn	9,167	11,667	27,500	34,167	35,000	45,833	24,167	24,667	16,667
Bt + vpn	2,500	3,333	5,833	13,333	11,667	13,333	10,000	6,667	6,667
Neem	13,333	21,667	34,167	38,333	45,833	52,500	28,333	34,167	31,667
Bt	3,333	5,000	5,833	9,167	10,000	9,167	10,000	6,667	5,833

CUADRO 20 A. NÚMERO DE FRUTOS AFECTADOS POR HECTÁREA DURANTE EL CICLO DEL CULTIVO DE TOMATE HIBRIDO ELIOS, GUATEMALA, 1999.

TRATAMIENTO	REPETICIONES			
	I	II	III	IV
Permetrina	25,833	23,333	23,333	33,333
Vpn + Tricogramas	97,500	105,000	108,333	107,500
Tricogramas	104,167	112,500	106,667	141,167
Bt + tricogramas	46,667	41,667	47,500	55,833
Vpn	109,167	115,000	108,333	118,333
Bt + vpn	50,833	46,667	48,333	57,500
Nem	187,500	182,500	191,667	187,500
Bt	45,000	57,500	50,000	54,167

CUADRO 21 A. NÚMERO DE HUEVOS DE *Heliothis zea* (Boddie) EN 15 PLANTAS DURANTE EL CICLO DE DESARROLLO DEL CULTIVO DE TOMATE, GUATEMALA, 1999.

TRATAMIENTO	DIAS DESPUES DEL TRANSPLANTE										
	35	42	49	56	63	70*	77	84	91	98	105
Permetrina	16	13	21	13	11	18	11	14	11	15	12
VPN + tricogramas	9	12	15	11	12	12	14	7	12	10	5
Tricogramas	11	8	7	9	7	15	15	9	10	13	8
Bt + tricogramas	9	12	11	12	8	20	12	8	12	14	6
Vpn	12	9	13	20	17	30	15	18	17	11	19
Bt + vpn	14	11	12	21	20	27	17	14	11	15	14
Neem	13	17	14	16	16	38	21	25	29	31	37
Bt	11	11	15	14	14	25	18	15	16	17	20

* Punto crítico: día en donde se encontró mayor número de huevos de *Heliothis zea* (Boddie)

CUADRO 22 A. NÚMERO DE HUEVOS DE *Heliothis zea* (Boddie) POR 15 PLANTAS DURANTE TODO EL CICLO DE DESARROLLO DE TOMATE *Lycopersicon esculentum* (Miller), GUATEMALA 1999.

TRATAMIENTO	REPETICIONES			
	I	II	III	IV
Permetrina	130	133	125	136
Vpn + tricogramas	114	110	105	108
Tricogramas	108	100	94	105
Bt + tricogramas	129	131	115	116
Vpn	140	148	148	140
Vpn + tricogramas	148	154	161	151
Neem	170	161	176	168
Bt	128	140	135	139

CUADRO 23 A. NÚMERO DE LARVAS EN L1 Y L2 DE *Heliothis zea* (Boddie) POR 15 PLANTAS DURANTE EL CICLO DEL CULTIVO DE TOMATE, GUATEMALA, 1999.

TRATAMIENTOS	DIAS DESPUES DEL TRANSPLANTE										
	35	42	49	56	63	70	77*	84	91	98	105
Permetrina	2	4	2	1	1	5	6	3	2	2	3
Vpn + tricogramas	2	1	8	10	11	12	12	10	11	10	10
Tricogramas	1	1	4	8	10	13	10	9	7	11	6
Bt + tricogramas	1	1	3	4	8	6	6	7	5	4	2
Vpn	1	2	4	10	6	10	14	13	10	14	9
Bt + vpn	1	2	1	3	3	8	9	6	5	5	4
Neem	3	4	9	11	13	15	22	20	25	19	23
Bt	1	4	4	3	4	7	8	4	5	3	6

* Punto crítico: día en donde se encontró mayor número de larvas de *Heliothis zea* (Boddie)

CUADRO 24 A. NÚMERO DE LARVAS L1 Y L2 DE *Heliothis zea* (Boddie) POR 15 PLANTAS DURANTE EL CICLO DEL CULTIVO DE TOMATE, GUATEMALA, 1999.

TRATAMIENTO	REPETICIONES			
	I	II	III	IV
Permetrina	7	9	10	10
Vpn + tricogramas	43	44	47	35
Tricogramas	33	30	42	51
Bt + tricogramas	12	14	17	16
Vpn	42	45	34	31
Bt + vpn	15	17	19	17
Neem	48	53	62	56
Bt	15	12	15	15

CUADRO 25 A. CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS Y FÍSICAS DEL SUELO QUE ABARCA EL ÁREA EXPERIMENTAL.

Estación	PH	Mg/kg.		Meq/100 gr.		Mg/kg.					
		P	K	Ca	Mg	Cu	Zn	Fe	Mn	Ca/Mg	Ca+Mg/K
1	6.1	3.3	330	8.42	2.7	2.5	6.5	16	40	4.4:1	9.8:1
2	6.4	2.6	227	6.55	2.9	2.5	9.5	24	32		

Fuente: Laboratorio de análisis de suelo, planta y agua "Salvador Castillo" FAUSAC, 5 de Septiembre de 1998.
La extracción se realizó con H⁺SO₄ 0.025 N y HCl 0.025 N

El cuadro 25 indica que con los resultados obtenidos y sobre la base de los niveles críticos establecidos por el ICTA, se observa que el Fósforo se encuentra bajo; El Potasio se encuentra alto el calcio y el Magnesio se encuentran alto, la relación Ca/Mg y (Ca+Mg)/K se encuentran balanceado dichos

resultados, conjuntamente con los requerimientos de nutrimento del cultivo de tomate se determinó un programa de fertilización adecuado para una buena nutrición de la misma.

Cuadro 26 A. PROGRAMA FITOSANITARIO UTILIZADO PARA EL SANEAMIENTO DEL CULTIVO DE TOMATE *Lycopersicon esculentum* (Miller)

Producto		Dosis de aplicación	Modo de acción	Enfermedad o plaga que controla	Fecha de aplicación
Nombre Comercial	Nombre técnico				
PCNB	PCNB	50 g por cada 6 metros.	Erradicación.	<i>Phytium</i> sp., <i>Rhizoctonia</i> sp. y <i>Fusarium</i> sp.	Aplicación al momento de la preparación del suelo.
Mancozeb WP	Mancozeb	3 kg/ha	Protectante	Tizón tardío <i>Phytophthora infestans</i>	Al momento del trasplante, 6/10/98.
Confidor	Imidarcopid	900 g/ha	Sistémico	Mosca blanca <i>Bemisia tabaci</i> (Genn.)	15 DDT*, 25 DDT, 35 DDT y 48 DDT
Acrobat MZ 69 WP	Dimetomorf-Mancozeb	2.5 kg/ha	Preventivo y curativo	Tizón tardío <i>Phytophthora infestans</i>	A partir de los 20 DDT, con intervalos de 4 días.
Banrot WP	Etridiazole	1 kg/ha	Sistémico (Acropetalo)	<i>Phytium</i> sp., <i>Rhizoctonia</i> sp. y <i>Fusarium</i> sp.	Durante el periodo del Huracán Mitch, aplicados a la base del tallo y al follaje.
Miragefe 75 WP	Imidazol	1.4 kg/ha	Sistémico y antiesporulante	Pudrición del tallo (<i>Phytium</i> sp.), tizón tardío (<i>Phytophthora infestans</i>) y <i>Alternaria solani</i> .	Cada 20 días durante todo el ciclo del cultivo de tomate.
Amistar 50 WP	Metoxiacrilato	500 g/ha	Sistémico y curativo.	<i>Phytium</i> sp., <i>Fusarium</i> sp., <i>Alternaria</i> sp. <i>Phytophthora</i> sp. etc.	Se aplicó únicamente durante el periodo del Huracán Mitch (1,2,3,4 de Nov. De 1998).
Curzate M 72 WP	Cimoxanil-Mancozeb	2.5 kg/ha	Contacto, Protectante y erradicante.	<i>Phytophthora infestans</i>	Se aplicó cada 15 Días durante todo el ciclo del cultivo de tomate.

*DDT: Días después del trasplante.

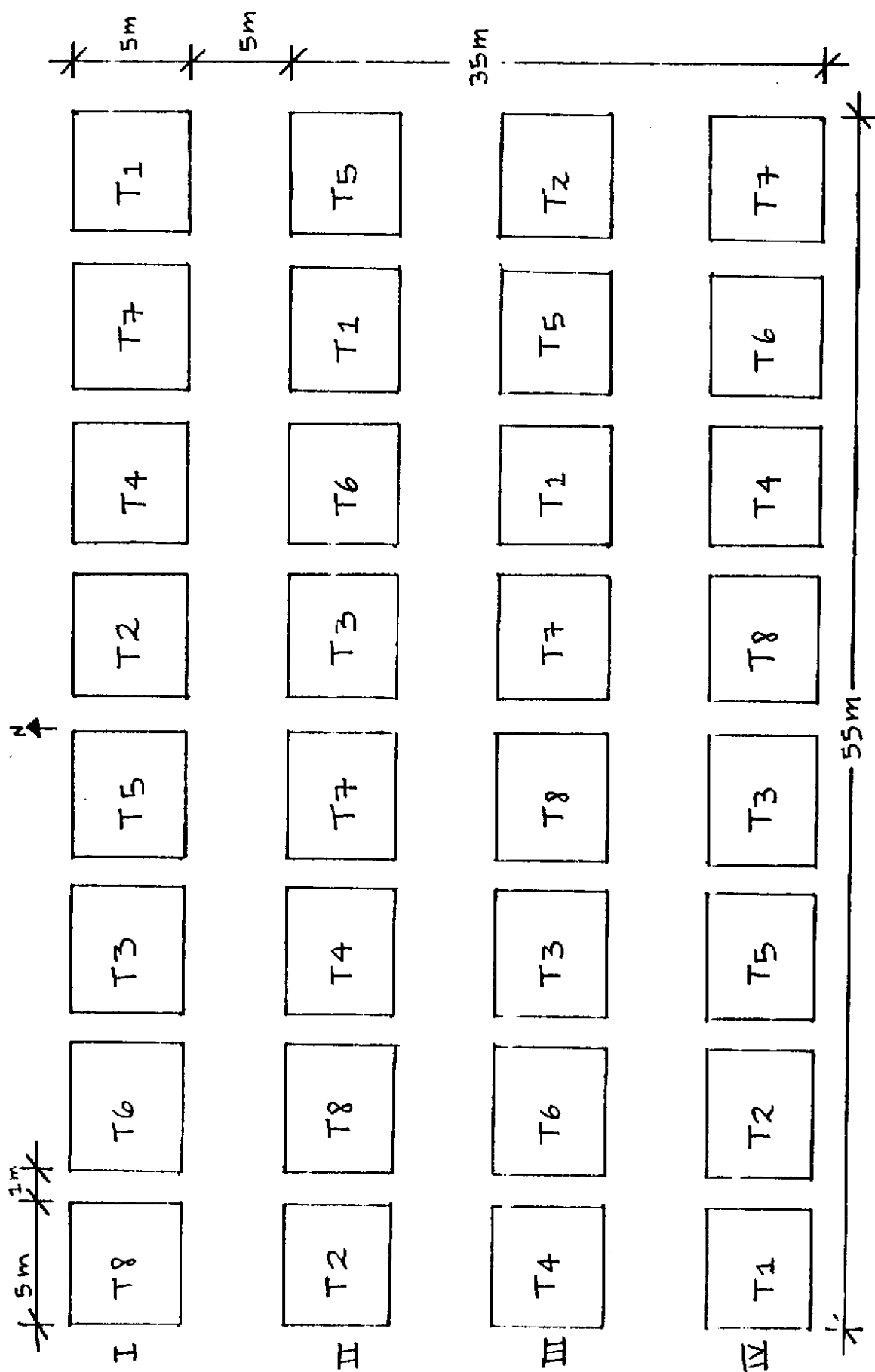


FIGURA 4. Arreglo y aleatorización de los tratamientos en el campo.

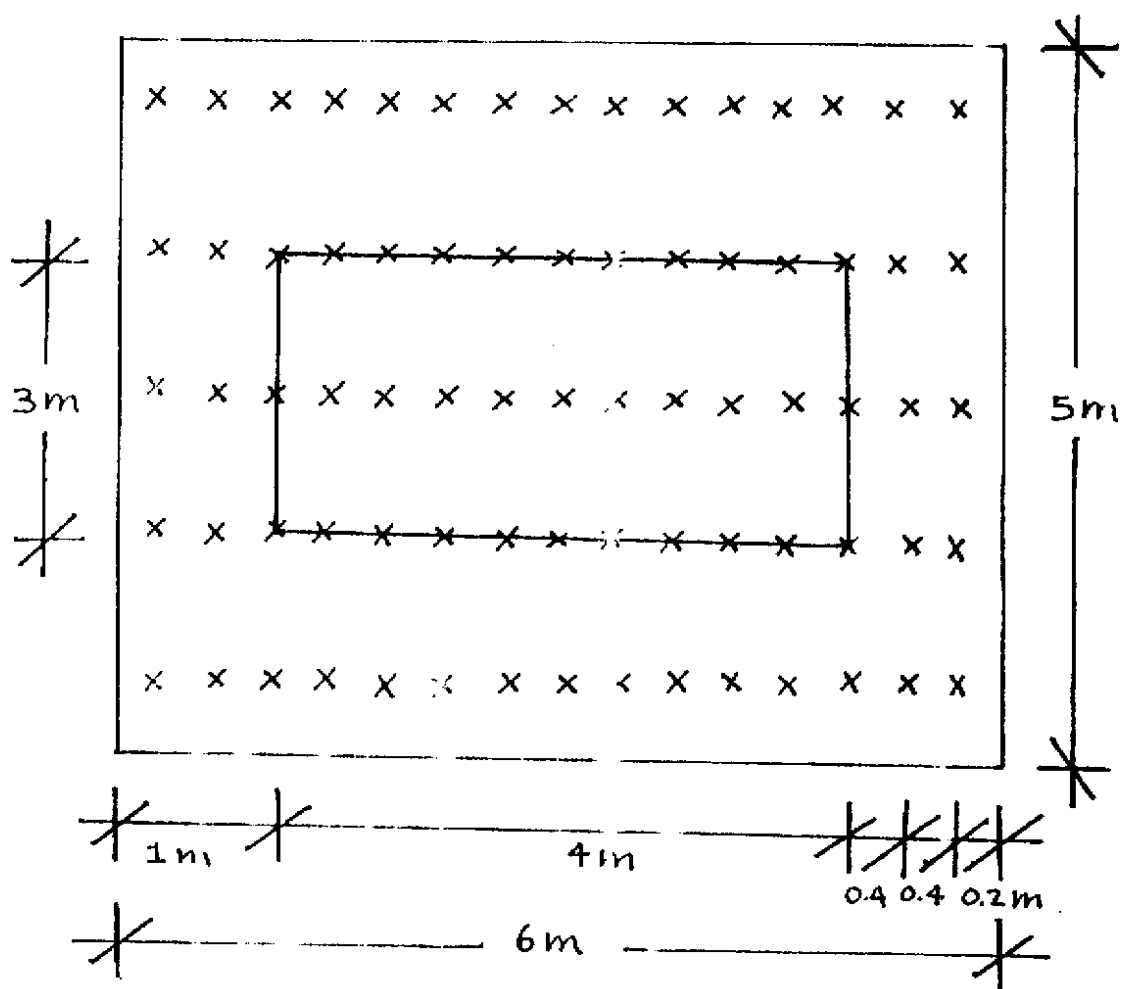


FIGURA 5. Tamaño y forma de la unidad experimental, parcela bruta, parcela neta y distribución de las plantas en las mismas.



FACULTAD DE AGRONOMIA
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES
AGRONOMICAS


LA TESIS TITULADA: "EVALUACION DE AGENTES BIOLÓGICOS, EN EL CONTROL DE GUSANOS DEL FRUTO DE TOMATE Lycopersicon esculentum (Miller), BAJO LAS CONDICIONES DEL VALLE DE GUATEMALA".

DESARROLLADA POR EL ESTUDIANTE: JOSE DOMINGO MENDOZA CIPRIANO

CARNET No: 9210215

HA SIDO EVALUADA POR LOS PROFESIONALES: Ing. Agr. José Humberto Calderón Díaz
Ing. Agr. Helmer D. Ayala Vargas
Ing. Agr. Edin Francisco Orozco Miranda

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. M.Sc. Alvaro G. Hernández Dávila
ASESOR
ALVARO GUSTAVO HERNÁNDEZ DÁVILA
ING. AGRÓNOMO
COLEGIADO # 802


Ing. Agr. Fernando Rodríguez Bracamonte
ASESOR


Ing. Agr. M.Sc. Alvaro G. Hernández Dávila
DIRECTOR DEL IIA.



IMPRIMASE


Ing. Agr. M.Sc. Edgar Oswaldo Franco Rivera
DECANO



cc:Control Académico
IIA.
Archivo
AH/prr.

APARTADO POSTAL 1545 § 01091 GUATEMALA, C.A.
TEL/FAX (502) 476-9794
e-mail: lusac.edu.gt § <http://www.usac.edu.gt/facultades/agronomia.htm>