

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACIÓN Y ENSEÑANZA
SUBDIRECCIÓN GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA
PROGRAMA DE POSGRADO

Estimación de niveles de daño económico para
Keiferia lycopersicella (Walsingham)
[Lepidoptera : Gelechiidae] en dos etapas fenológicas
del cultivo de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.).

por

María Dalva Trivelato

Turrialba, Costa Rica
1989

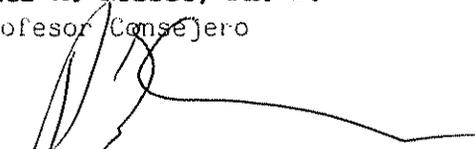
Esta tesis ha sido aceptada, en su presente forma, por la Coordinación del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias Agrícolas y Recursos Naturales Renovables del CATIE, y aprobada por el Comité Asesor del estudiante como requisito parcial para optar el grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

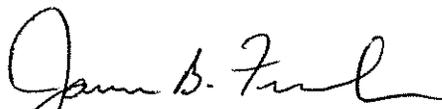
COMITE ASESOR:



Peter M. Rosset, Ph. D.
Profesor Consejero

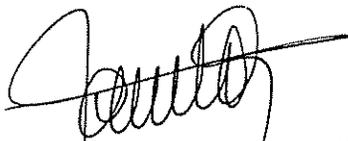


Philip Shannon, M. Sc.
Miembro del Comité



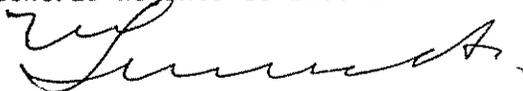
James B. French, Ph.D.
Miembro del Comité

Miembro del Comité



Ramón Lastra Rodríguez, Ph.D.
Coordinador, Programa de Estudios de Posgrado

Dr. José Luis Parisi
Subdirector General Adjunto de Enseñanza



María Dalva Trivelato
Candidato

CENTRO AGRONÓMICO TROPICAL DE INVESTIGACION Y ENSEÑANZA
SUBDIRECCION GENERAL ADJUNTA DE ENSEÑANZA
PROGRAMA DE POSGRADO

Estimación de niveles de daño económico para
Keiferia lycopersicella (Walsingham)
[Lepidoptera : Gelechiidae] en dos etapas fenológicas
del cultivo de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.).

Tesis sometida a la consideración del Comité Técnico
Académico del Programa de Estudios de Posgrado en Ciencias
Agrícolas y Recursos Naturales del Centro Agronómico Tropical
de Investigación y Enseñanza, para optar al grado de

Magister Scientiae

por

María Dalva Trivelato

Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza
Turrialba, Costa Rica

1989

A Lila y Pablón

Un cariñoso muchas gracias
a las amigas y amigos
que me acompañaron
durante la primera etapa
de la realización de este trabajo,

cuando todavía era yo
una "estudiante de MIF"
[como decía D. Rutilio Quezada],

y un especial agradecimiento
a las personas
que me incentivaron y apoyaron
para que pudiera concluirlo
... algunos años después.

CONTENIDO

	Página
Resumen _____	vii
Summary _____	viii
Lista de figuras _____	ix
Lista de cuadros _____	x
Lista de anexos _____	xi
1. Introducción _____	1
2. Revisión de literatura _____	4
2.1. <u>Keiferia lycopersicella</u> _____	4
2.1.1. Descripción de estadios y hábitos _____	5
2.1.1. Naturaleza del daño _____	7
2.1.2. El "status" de plaga _____	8
2.2. El uso de plaguicidas y el manejo integrado de plagas _____	10
2.3. Niveles de daño económico _____	13
2.3.1. Concepto _____	13
2.3.2. Estimación del nivel de daño económico _____	14
2.3.3. Cambios en las variables _____	15
2.4. Relación entre la densidad de la plaga y el rendimiento del cultivo _____	17
2.4.1. Establecimiento de diferentes densidades de plaga sobre el cultivo _____	18
2.4.2. Determinación del período crítico de ataque de plagas _____	18
2.4.3. Relación entre la densidad de <u>K. lycopersicella</u> y el rendimiento del cultivo _____	19
2.5. Muestreo de insectos _____	20
2.5.1. Métodos de muestreo para <u>K. lycopersicella</u> _____	20

	Página
3. Metodología _____	23
3.1. Cría de <i>K. lycopersicella</i> en laboratorio _____	24
3.2. Cultivo de plantas en invernadero para alimentar a los insectos en confinamiento _____	24
3.3. Siembra de tomate en el campo _____	25
3.4. Diseño experimental _____	26
3.5. Infestaciones artificiales _____	27
3.6. Muestreos _____	28
3.7. Cosecha y selección de frutos _____	30
3.8. Análisis de los datos _____	31
3.8.1. Comparación entre métodos de muestreo _____	31
3.8.2. Relación densidad/rendimiento _____	32
3.8.3. Estimación del nivel de daño económico _____	34
4. Resultados _____	36
4.1. Dinámica poblacional de <i>K. lycopersicella</i> _____	36
4.2. Comparación entre métodos de muestreo _____	39
4.2.1. Larvas _____	39
4.2.1.1. Muestreo de porciones del follaje _____	39
4.2.1.2. Muestreo de 3 hojas superiores _____	40
4.2.2. Daños foliares _____	41
4.2.2.1. Muestreo de porciones del follaje _____	41
4.2.2.2. Muestreo de las 3 hojas superiores _____	42
4.2.3. Frutos dañados _____	42
4.2.3.1. Muestreo de un racimo de frutos por planta _____	42
4.3. Relaciones entre la densidad de <i>K. lycopersicella</i> y el rendimiento del cultivo _____	43
4.3.1. Larvas x rendimiento _____	43
4.3.2. Daños foliares x rendimiento _____	44
4.3.3. Frutos dañados x rendimiento _____	44
4.4. Nivel de daño económico _____	47
4.4.1. Nivel de daño económico para larvas _____	49
4.4.2. Nivel de daño económico para frutos dañados _____	50
5. Conclusiones _____	52
6. Literatura citada _____	55

TRIVELATO M. D. 1989. Estimación de niveles de daño económico para Keiferia lycopersicella (Walsingham) [Lepidoptera:Gelechiidae] en dos etapas fenológicas del cultivo de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.). Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 74p.

Resumen

Se estableció, mediante infestaciones artificiales, diferentes densidades de larvas de Keiferia lycopersicella, el gusano alfiler o minador de las hojas del tomatero, sobre plantas de tomate (variedad Dina RPs), en la Estación Experimental La Montaña, CATIE, Turrialba.

Las larvas de segundo estadio fueron colocadas sobre el foliolo central de hojas (seleccionadas al azar) de la porción superior de plantas de tomate en dos etapas fenológicas del cultivo: formación de los primeros frutos y primeros frutos cosechables.

Se evaluó dos métodos de muestreo para larvas, daños foliares y daños al fruto y se estimó el nivel de daño económico para este insecto.

El muestreo de la porción superior del follaje fue efectivo para predecir el número de larvas y de daños foliares encontrado en la planta completa. El muestreo de tres hojas al azar en la extremidad superior de las plantas también fue efectivo para predecir el número de larvas y de daños foliares en la planta completa, sin embargo, ningún método de muestreo de hojas probado fue efectivo para predecir el rendimiento del cultivo.

La revisión de un racimo de frutos al azar como método de muestreo para frutos dañados no fue aceptable, puesto que solo 0,96% del total de frutos con daño por K. lycopersicella fue detectado a través de este método de muestreo.

No se encontró relación significativa entre el rendimiento del cultivo y la densidad de la plaga o sus daños, sin embargo, se presentan cálculos de estimación del nivel de daño económico para larvas a título de ilustración.

La pérdida de rendimiento del cultivo debido a los frutos dañados por la plaga fue mejor explicada por modelos lineales. Con los coeficientes de las regresiones significativas entre rendimiento del cultivo y número de frutos dañados se estimó el nivel de daño económico para K. lycopersicella en cultivo de tomate, en función del grado de supresión de la plaga por los plaguicidas químicos recomendados en el país.

TRIVELATO M. D. 1989. Estimación de niveles de daño económico para Keiferia lycopersicella (Walsingham) [Lepidoptera:Gelechiidae] en dos etapas fenológicas del cultivo de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.). Tesis M.Sc. Turrialba, Costa Rica. Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE). 74p.

Summary

Different larvae densities of the tomato pinworm, K. lycopersicella were established by artificial infestations on tomato plants (var Dina RPs) in La Montana, CATIE, Turrialba.

Second instar larvae were placed on the central leaflet (selected at random) from the upper part of tomato plants in two phenological stages: fruit set and first harvest fruits.

Two sampling methods were used for larvae, leaf damage, and fruit damage. The economic threshold for this insect was estimated.

The foliar upper sampling method was effective for the number of larvae and foliar damage prediction. Sampling method of take three leaves (selected at random) from the tips of the upper branches was also effective.

The second sample method was effective for the number of larvae and damaged leaves prediction. None of the sampling methods used were effective in yield prediction.

Sampling one fruit cluster as a survey method for fruit damage was not acceptable, since only 0.96% of damaged fruits by K. lycopersicella was detected.

No relation was found between yield and pest density or leaf damage.

Fruit loss due to K1 was better explained by linear models. The threshold for K. lycopersicella was estimated with the significant regression coefficient between yield and number of damaged fruits, in function of the suppression level of this pest by the pesticides recommended in the country.

Lista de Figuras

Figura	Página
1.A. Dinámica poblacional de <u>K. lycopersicella</u> en el cultivo de tomate durante el período de 25/03 a 19/05 de 1988. Estación Experimental La Montaña, CATIE, Turrialba.	63
1.B. Condiciones climáticas observadas durante el período de 25/03 a 19/05 de 1988 en la Estación Experimental La Montaña, CATIE.	63
2. Comparación entre métodos de muestreo para larvas de <u>K. lycopersicella</u> en plantas de tomate.	64
3. Comparación entre métodos de muestreo para daños foliares causados por larvas de <u>K. lycopersicella</u> en plantas de tomate.	65
4. Relación entre rendimiento del cultivo de tomate y el número de larvas de <u>K. lycopersicella</u> registrado a los 101 días después de la siembra.	66
5. Relación entre rendimiento del cultivo de tomate y el número de frutos dañados por larvas de <u>K. lycopersicella</u> registrado a los 101 días después de la siembra.	67
6. Relación entre rendimiento del cultivo de tomate y el número de frutos dañados por larvas de <u>K. lycopersicella</u> acumulado entre los 101 y los 106 días después de la siembra.	68
7. Relación entre rendimiento del cultivo de tomate y el número acumulado de frutos dañados por larvas de <u>K. lycopersicella</u> en los recuentos realizados en todas las fechas de muestro.	69

Lista de Cuadros

Cuadro	Página
1. Resultados de la prueba de falta de ajuste al modelo lineal para las ecuaciones entre rendimiento del cultivo de tomate y las variables: número de larvas de <u>K. lycopersicella</u> y de frutos dañados por este insecto en distintas fechas de muestro.	70
2. Funciones para estimar el nivel de daño económico para larvas de <u>K. lycopersicella</u> para una misma condición biológica, varios plaguicidas para el control de la plaga y distintos precios de venta para el tomate.	71

Anexos

Anexo	Página
1. Tratamientos: número de larvas de <u>E. lycopersicella</u> infestadas en plantas de tomate en cada fecha de infestación.	72
2. Relación entre el diámetro y el peso de 25 frutos de tomate sanos y maduros, seleccionados al azar.	73

Introducción

La producción anual de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) en Costa Rica es de 12000 TM en 800 a 1000 ha (MAG, 1985). Esta actividad es importante en el desarrollo socioeconómico de los costarricenses, pues se realiza en pequeñas áreas y emplea básicamente mano de obra familiar (MAG, 1984).

Los principales problemas de producción que afectan a los productores de tomate son el alto costo de los insumos, la incidencia de plagas y enfermedades (MAG, 1983) y la variación en los precios de cosecha, que durante el período de enero a setiembre de 1988 ha sufrido fluctuaciones del orden de 400% (PIMA, 1988).

En Costa Rica, el cultivo de tomate es afectado por un complejo de plagas que actúan de manera impredecible en el tiempo y el espacio. Las características genéticas de la planta, su ciclo vegetativo relativamente corto, la siembra escalonada durante todo el año, la alta rentabilidad y al mismo tiempo el alto riesgo del cultivo y la apariencia externa del producto exigido por el consumidor son factores que conducen al uso excesivo de productos químicos como único método para controlar las plagas (Rosset, 1988).

Las aplicaciones de plaguicidas en este cultivo se realizan en forma preventiva, calendarizadas, sin importar la presencia o ausencia de plagas en el campo (Hilje et al., 1987; Sterling, 1986).

En 1985 en Tacares de Grecia se observó un severo ataque de Keiferia lycopersicella (Walsingham) [Lep:Gelechiidae], conocido comúnmente como gusano alfiler, minador o enrollador de las hojas del tomatero. La pérdida ocasionada a la parcela donde se ubicó este foco de infestación fue total. Posteriormente se siguió observando este insecto en el Valle Central y otras zonas productoras de tomate causando daños variables (Segura, 1986).

Desde la aparición de K. lycopersicella en el país, la medida de control más usual ha sido la utilización de plaguicidas químicos sintéticos. A pesar de que las aspersiones han logrado bajar las poblaciones de este insecto en un ciclo del cultivo, en el ciclo siguiente, éstas vuelven a subir y no es posible controlarlas con el mismo producto químico. En algunas áreas se ha detectado una menor susceptibilidad de esta plaga al metamidofós, producto vendido bajo el nombre comercial de Tamarón (Jiménez, 1986).

Con el propósito de establecer la mínima densidad de K. lycopersicella que resulte en pérdida económica para el cultivo de tomate y permita racionalizar la utilización de plaguicidas para su manejo, se estableció un ensayo de campo con diferentes densidades de larvas de K. lycopersicella, infestadas artificialmente, en dos períodos del cultivo.

La densidad de larvas y la abundancia de daños ocasionados a las hojas y a los frutos de tomate fueron registrados a través de muestreos realizados cada cinco días a partir de la formación de los primeros frutos hasta el final del período de cosecha.

Con los datos registrados en cada fecha se calcularon regresiones para determinar el modelo que mejor explicara la disminución del rendimiento del cultivo en función de los niveles de plaga o sus daños. Con los coeficientes de tales regresiones se determinó el nivel de daño económico para la plaga.

La aplicación de dos métodos de muestreo para cuantificar la plaga y su daño en hojas y frutos de tomate y la comparación de estos métodos en términos de efectividad para predecir la densidad de la plaga y el daño ocasionado en la planta completa fue un objetivo secundario del presente estudio.

2. Revisión de Literatura

2.1. Keiferia lycopersicella

El gusano alfiler del tomate fue reconocido por primera vez como plaga por A. W. Morrill, quién informó sobre su ocurrencia en el Valle Imperial de California y en México en 1923 (Elmore y Howland, 1943).

El insecto, que al principio fue confundido con el minador de las hojas de la berenjena, Phthorimaea glochinella (Zell.), más tarde fue descrito por Busck como E. lycopersicella. Luego, el género Gnorimoschema fue ampliado para incluir a E. lycopersicella. En 1939, Busck describió un nuevo género, el cual fue caracterizado por G. lycopersicella (Busck) y lo nombró Keiferia en honor a H. H. Keifer del California State Bureau of Entomology and Plant Quarantine (Elmore y Howland, 1943).

Se ha demostrado que K. lycopersicella prefiere el tomate a otras 12 especies de solanaceas para ovipositar. Sin embargo algunas especies cultivadas y malezas pueden jugar un papel importante en la dinámica y distribución poblacional de K. lycopersicella (Batiste y Olson, 1973; Foe, 1973).

2.1.1. Descripción de los estadios y hábitos

Los huevos de K. lycopersicella miden menos de medio milímetro, poseen forma elíptica y son puestos en grupos de 2 ó 3 sobre cualquiera de los haces de las hojas o sobre el tallo, principalmente en las porciones superiores de la planta hospedera. Después de la postura tienen color amarillo claro y se oscurecen gradualmente hasta anaranjado claro antes de la eclosión (Elmore y Howland, 1943).

Las larvas recién eclosionadas miden en promedio 0,85 mm de largo. La cápsula cefálica es marrón oscuro y el resto del cuerpo gris amarillento (Elmore y Howland, 1943). La larva madura mide de 5,8 a 7,9 mm de largo, su color es verde azulado claro y tiende a púrpura hacia la extremidad posterior del dorso (Foe, 1973).

Stehr (1986) presenta algunas características de larvas de K. lycopersicella que las identifican y diferencian de otros miembros de la familia Gelechiidae. Generalmente, las larvas maduras se caen al suelo desde las hojas dobladas, los tallos o los frutos y forman una célula pupal floja, desagregada, de granitos de arena a aproximadamente 0,5 a 3,5 cm de la superficie.

En el presente estudio se observó, además, el empuje en los frutos y en los lóbulos del cáliz.

La pupa es verde cuando recién formada, tomando más tarde una coloración marrón típica de las pupas de lepidópteros (Elmore y Howland, 1943).

El adulto es un microlepidóptero de aproximadamente 6 mm de largo y 9 a 12 mm de envergadura. Su coloración grisácea está bien adaptada para no ser visto en el campo ya que su presencia suele no ser delatada durante el día hasta que algún disturbio lo haga volar. Las mariposas son de hábitos nocturnos y empiezan a volar y a ovipositar con el crepúsculo (Elmore y Howland, 1943). La copulación ocurre en las primeras 24 a 48 horas de la emergencia del adulto, y la actividad sexual es más intensa durante la primera hora de oscuridad (Peña, 1983).

El ciclo de vida de K. lycopersicella ha sido estudiado en condiciones de laboratorio e invernadero en las instalaciones del CATIE, Turrialba. En laboratorio, sin condiciones ambientales controladas, el ciclo observado, desde la postura de los huevos hasta la muerte de los adultos fue, en promedio, 37 días (huevo: 5 a 6, larva: 15 a 18, pupa: 7 a 10 y adulto: 4 a 10 días). El menor período de vida de los adultos se observó cuando no se les suministró ningún alimento y el período más largo, cuando estos fueron alimentados con solución agua-miel (Trivelato, no publicado). En invernadero, bajo condiciones ambientales no controladas, la duración del estadio de huevo fue 6 días; larva: 16 a 20; prepupa: 2 a 3 y pupa: 4 a 6 días (Carballo, 1988).

2.1.2. Naturaleza del daño

Las larvas de *K. lycopersicella* atacan las hojas y los frutos de la planta de tomate. Se informan sobre cuatro estadios larvales. Durante sus dos primeros estadios (aproximadamente la mitad del tiempo de duración de las larvas) éstas construyen minas en las hojas, y se alimentan de la parte interna de la lámina foliar, sin afectar las superficies inferior y superior de la hoja. En la medida en que la larva se desarrolla, el túnel se agranda hasta ocupar el espesor de la hoja y presentarse como un borrón o mancha. La remoción del mesófilo hace que la epidermis aparezca transparente. Luego, salen de sus minas y se alimentan dentro de un refugio de hojas que plegan (Elmore y Howland, 1943).

Un gran número de hojas puede ser consumido, pero el daño más importante es cuando la larva penetra en el fruto. Sin embargo, fuertes infestaciones en etapas iniciales del cultivo, pueden defoliar las plántulas lo suficiente para retrasar su desarrollo (Poe *et al.*, 1975; University of California, 1985).

También es común que las larvas que han minado los lóbulos del cáliz, y muchas provenientes de minas de hojas cercanas entren en el fruto en vez de doblar hojas (Elmore y Howland, 1943). La larva de *K. lycopersicella* penetra en las partes sólidas del fruto principalmente a través del cáliz, forma túneles angostos y oscuros que exponen el fruto a la pudrición por patógenos saprofiticos (University of California, 1985). Elmore y Howland (1943), sugieren que en campos altamente infestados, cerca de 50%

de los frutos dañados pueden presentar otros puntos de penetración, también en el presente ensayo se han observado minas en la epidermis del fruto.

2.1.3. El "status" de plaga

Desde 1970 se ha registrado a K. lycopersicella como plaga muy seria en las zonas tomateras de EEUU (Batiste et al., 1970; Datman, 1970; Datman et al., 1979; Peña, 1983; Poe, 1973; Pohronezny et al., 1986; Wolfenbarger et al., 1975).

Algunos años más tarde se observó daños causados por el gusano alfiler en los cultivos de tomate en México (Treviño, 1975; Limón, 1974). En Nicaragua un comportamiento semejante de este insecto fue observado a principio de la década de los 80 (Rosset, 1982; Rosset y Power, 1983).

Ultimamente K. lycopersicella ha asumido el papel de plaga en las zonas productoras de Panamá (Cheslavo, 1985; Domínguez, 1985; Gordón, 1986) y Costa Rica (Segura, 1986; Carballo et al., 1987).

En el Cantón de Grecia en 1985 se realizaron aplicaciones semanales de metamidofós (Tamarón) para controlar las poblaciones del gusano alfiler. En 1986 las densidades de este insecto no fueron tan altas como en el año anterior, pero se localizaron varias fincas en las que el metamidofós no fue eficaz, a pesar de que se aplicó semanalmente (Jiménez, 1986).

En el Valle Central Occidental se realizó un estudio sobre distribución y dinámica poblacional de K. lycopersicella en fincas de productores. En todos los lugares visitados se encontró la plaga, pero solamente en el Cantón de Naranjo se observó una población alta de julio a octubre, con pérdidas de 50 a 60% debido a la deficiencia del combate químico de la plaga. En las otras localidades, las poblaciones subieron en los meses de noviembre, diciembre y enero, y las pérdidas de rendimiento oscilaron entre 10 y 30% (Segura, 1987).

Durante el verano de 1987, esta plaga fue detectada en la zona de Guayabo de Alvarado, provincia de Cartago, ocasionando una pérdida de aproximadamente 20% en el rendimiento, a pesar de las aplicaciones semanales de metamidofós (Carballo et al., 1987).

Segura (1986) afirma que si este insecto existía antes en Costa Rica, su presencia no había sido notada debido a la baja población en que se encontraba. Sin embargo, hay evidencias de que su presencia sea reciente, pues Oatman realizó un viaje a América Central en busca de enemigos naturales de K. lycopersicella e informó no haber encontrado este insecto en Costa Rica (Oatman, 1970).

Debido a la capacidad de ocasionar daño al fruto el gusano alfiler es considerado por algunos estudiosos como plaga primaria (Oatman y Kennedy, 1976; Pohronezny y Waddill, 1978; Schuster et al., 1981; Schuster y Price, 1985).

De acuerdo a los aspectos ecológicos, una plaga primaria es definida como aquella que se presenta ciclo tras ciclo del cultivo, haciendo necesaria la aplicación de métodos artificiales de control para mantenerla a niveles insuficientes para ocasionar pérdidas económicas; y plaga secundaria es aquella que llega a causar daño esporádicamente y puede ser controlada por factores naturales. De ese modo, las plagas secundarias (inducidas) constituyen un problema cuando son foco de las aplicaciones calendarizadas de insecticidas de amplio espectro para controlar plagas primarias que atacan el cultivo (Oatman y Kennedy, 1976; Poe, 1979; Pohronezny *et al.*, 1986; Schuster y Price, 1985).

Estos insecticidas causan la disminución de las poblaciones de enemigos naturales de los minadores, como Liriomyza y K. lycopersicella, provocando la alteración del balance entre plagas y enemigos naturales, lo que ocasiona la disrupción de los minadores. Estos últimos no son afectados por las aspersiones por encontrarse dentro de la lámina foliar o abrigados entre hojas dobladas, como es el caso del gusano alfiler.

2.2. El uso de plaguicidas y el manejo integrado de plagas

El uso difundido e indiscriminado de los plaguicidas conduce a la contaminación de aguas y suelos y es responsable por un gran número de envenenamientos y muertes de humanos y animales domésticos y silvestres en Costa Rica (Castillo *et al.*, 1989; Castillo y Wesseling, 1988) y Centroamérica (Leonard, 1985).

Otros problemas asociados al uso excesivo de plaguicidas son: el brote de plagas secundarias, el resurgimiento de insectos plaga y el desarrollo de resistencia química prematura de muchos artrópodos plaga (Stern *et al.*, 1959). La actuación simultánea de estas tres fuerzas conduce al círculo vicioso de los plaguicidas, que conlleva a la utilización más frecuente y de mayores dosis de productos químicos y resuelve cada vez menos los problemas de las plagas (Stern *et al.*, 1959; Stern, 1973; Vandermeer, 1984).

En términos económicos, a nivel de finca, el círculo vicioso de los plaguicidas aumenta los costos de producción y reduce los rendimientos. A nivel de naciones que importan este insumo, como ocurre en Centroamérica, el círculo vicioso de los plaguicidas aumenta la dependencia económica hacia las naciones que los producen y exportan (Hilje *et al.*, 1987; Leonard, 1985; Rosset, 1987; Vandermeer, 1984).

Los programas de manejo integrado de plagas (MIP) buscan, de una manera global, desarrollar un plan de protección que sea eficaz, ecológicamente más consciente, económicamente más eficiente y socialmente aceptable (French, 1987).

El manejo integrado de plagas busca regular las plagas claves a niveles de abundancia menores a los que podrían resultar en daño económico a los cultivos, utilizando todas las tácticas de

control existentes, en base a análisis de costo/beneficio y a sólidos principios ecológicos. Esto representa un cambio de una completa dependencia en un solo sistema de control (el químico) a un sistema de varios componentes (Chiri, 1987).

Goodell (1984) menciona que el éxito de los programas de manejo integrado de plagas se apoya en la apreciación de la parte económica de la agricultura, que se esfuerza por optimizar los rendimientos de los cultivos con respecto a los insumos para el control de las plagas, o sea la utilización de umbrales o niveles de daño económico.

Aunque en la práctica los programas de manejo integrado de plagas no han alcanzado el nivel a que se proponen, algunos programas viables para el manejo de insectos han sido desarrollados en diversas regiones, principalmente en los países desarrollados. Generalmente, estos programas se basan en el monitoreo de los campos dos veces por semana y en la aplicación de insecticidas cuando los niveles predeterminados de las plagas son alcanzados o excedidos (Schuster y Price, 1985).

Andow y Kiritani (1983) y Apple (1980) presentan al nivel de daño económico como uno de los conceptos más importantes para el desarrollo y éxito de los programas de manejo integrado de plagas.

control existentes, en base a análisis de costo/beneficio y a sólidos principios ecológicos. Esto representa un cambio de una completa dependencia en un solo sistema de control (el químico) a un sistema de varios componentes (Chiri, 1987).

Goodell (1984) menciona que el éxito de los programas de manejo integrado de plagas se apoya en la apreciación de la parte económica de la agricultura, que se esfuerza por optimizar los rendimientos de los cultivos con respecto a los insumos para el control de las plagas, o sea la utilización de umbrales o niveles de daño económico.

Aunque en la práctica los programas de manejo integrado de plagas no han alcanzado el nivel a que se proponen, algunos programas viables para el manejo de insectos han sido desarrollados en diversas regiones, principalmente en los países desarrollados. Generalmente, estos programas se basan en el monitoreo de los campos dos veces por semana y en la aplicación de insecticidas cuando los niveles predeterminados de las plagas son alcanzados o excedidos (Schuster y Fricke, 1985).

Andow y Kiritani (1983) y Apple (1980) presentan al nivel de daño económico como uno de los conceptos más importantes para el desarrollo y éxito de los programas de manejo integrado de plagas.

2.3. Niveles de Daño Económico

2.3.1. Concepto

En la literatura entomológica se verifica una cierta confusión con relación a los términos nivel de daño económico y umbral económico, y se observa que las dos expresiones, algunas veces, son utilizadas como si se tratara del mismo concepto (Hruska y Rosset, 1987). Algunas revisiones de literatura que buscan aclarar estos puntos han sido publicadas recientemente (Andow y Kiritani, 1983; Hruska y Rosset, 1987; Pedigo *et al.*, 1986; Poston *et al.*, 1983).

El nivel de daño económico es la densidad poblacional de la plaga en la cual el costo del control se iguala al beneficio esperado del mismo (Stern *et al.*, 1959).

El umbral económico, también llamado umbral de acción, se define como la densidad poblacional de la plaga en la que se debe iniciar la acción de control para evitar que la población sobrepase el nivel de daño económico en el futuro (Stern *et al.*, 1959).

El umbral económico es difícil de ser estimado porque depende de la futura dinámica poblacional de la plaga, lo que requiere años de trabajos de investigación. Además, su estimación podría depender de aspectos subjetivos que el agricultor incorpora en su proceso de toma de decisiones, como por ejemplo, recursos

monetarios disponibles, nivel de riesgo que el agricultor está dispuesto a aceptar, la finalidad de su producción, entre otros. Estos aspectos son difíciles de cuantificar y se encuentran fuera del alcance de los investigadores (Hruska y Rosset, 1987).

El nivel de daño económico, relativamente más fácil de ser estimado, podría servir como un primer paso o umbral provisional que permite tomar acciones de control cuando estas son rentables. Esto puede no indicar una densidad óptima para el control de la plaga, pero proporciona una base que permite dispensar las acciones de control no rentables, o sea con niveles poblacionales de la plaga inferiores al nivel de daño económico. Así se racionaliza la aplicación de productos químicos, el método de control más usual, y se puede evitar los problemas consecuentes del mal uso de los mismos (Hruska y Rosset, 1987).

2.3.2. Estimación del nivel de daño económico

Como se mencionó anteriormente, Stern et al. (1959) han definido el nivel de daño económico como la densidad poblacional de una plaga en la cual el costo del control se iguala al beneficio económico del mismo.

En el costo del control (C) se incluyen costos de material, maquinaria y mano de obra requeridos. Como consecuencia de la aplicación de un método de control se salva parte de la cosecha que sería perdida si no se aplicara este control.

En forma de ecuación, esto es dado por la reducción del rendimiento por unidad de plaga (m , el coeficiente de la regresión entre densidad de la plaga y rendimiento del cultivo), la densidad de la plaga (x) y la efectividad del método de control empleado (S), expresado en porcentaje de supresión de la plaga. Incorporando el valor monetario (P , precio de venta de la cosecha) del rendimiento resultante del manejo de la plaga se obtiene el beneficio del control. La relación que define el nivel de daño económico puede demostrarse por la siguiente expresión:

$$\begin{aligned} \text{Costo} &= \text{Beneficio} \\ C &= m \times S \times P \\ \text{NDE} = x^* &= C / m \times S \times P \end{aligned}$$

La ecuación como se presenta en este estudio es bastante sencilla. Sin embargo, comentan Hruska y Rosset (1987), que otros autores la han presentado en distintas formas que difieren de ésta apenas superficialmente, lo cuál no debe oscurecer la relación básica.

2.3.3. Cambios en las variables

Los valores de costo del control y de precio de venta de la producción involucrados en los cálculos del nivel de daño económico sufren constantes variaciones, lo que va incidir en el

aumento o disminución del nivel establecido. Del mismo modo, la etapa fenológica del cultivo en el momento del ataque, la variedad sembrada, el rendimiento del cultivo, la zona y época de siembra tienen influencia sobre el nivel de daño económico (Hruska y Rosset, 1987; Stern, 1973). Por estas razones sería erróneo establecer un solo nivel de daño económico que nunca cambie para cada plaga.

Rosset (1986) sugirió que para contemplar cambios de precios sería mejor publicar la fórmula que permitiera determinar el nivel de daño económico y producir una tabla a cada año. Otra opción sería emitir nuevos niveles de daño económico periódicamente (Hruska y Rosset, 1987).

Para cambios biológicos en términos de rendimiento del cultivo en respuesta al daño sufrido, lo conveniente sería realizar otros experimentos para estimar nuevas regresiones y obtener los coeficientes (m) de acuerdo con la situación que se presente (Hruska y Rosset, 1987; Stern, 1973). Otro cambio biológico frecuente y que no está asociado al rendimiento obtenido es el que ocurre cuando las poblaciones desarrollan resistencia a plaguicidas químicos. Al utilizar dichos productos como control, este factor se toma en cuenta al sustituirse el grado de supresión de la plaga en la ecuación de niveles de daño económico (Hruska y Rosset, 1987).

2.4. Relación densidad de plaga/rendimiento del cultivo

La relación entre rendimiento del cultivo (Y) y densidad de plaga o cantidad de daño (x) puede ser expresada por el modelo de regresión:

$$Y = a - mx$$

en la cual, a representa el rendimiento máximo, potencial, en la ausencia de la plaga y m, el coeficiente de la regresión, representa la tasa de pérdida de rendimiento por unidad de plaga (Walker, 1987b).

La forma del modelo de regresión estimado es importante porque predice como el rendimiento, y a su vez el beneficio económico, cambia con los diferentes niveles de infestación o daño encontrado (Walker, 1987b).

La relación puede ser simple o muy compleja, compuesta de varias relaciones diferentes debido a los efectos sobre diferentes partes de la planta o por distintas plagas u otras causas; puede variar con el tiempo del ataque, el estadio de la plaga o del cultivo, el método de estimación o las condiciones de crecimiento (Bardner y Fletcher, 1974; Southwood y Norton, 1973).

Según Stern (1973), el desconocimiento de esta relación, indudablemente, ha conllevado a decisiones erróneas y medidas de control innecesarias.

2.4.1. Establecimiento de diferentes densidades de plaga sobre el cultivo

El estudio de la función rendimiento/densidad requiere el establecimiento de un rango de densidades de la plaga sobre la planta. Esto puede lograrse a través de varios tipos de experimentación: por infestaciones naturales, infestaciones artificiales, uso de productos químicos (solos o combinados con infestaciones artificiales), pruebas de umbrales de acción, simulación de daño o utilización de variedades resistentes (Hruska y Rosset, 1987; Walker, 1987a).

La infestación artificial es un método bastante eficaz para este tipo de estudio y recomendable en situaciones donde no existe la certeza de la presencia voluntaria de la plaga en el campo (Hruska y Rosset, 1987; Walker, 1987a).

2.4.2. Determinación del período crítico de ataque de plagas

Hruska y Rosset (1987) incorporan al diseño de experimentos para el estudio de la función densidad/rendimiento el efecto de la etapa fenológica del cultivo, ya que la susceptibilidad de la planta al daño por insectos varía durante la vida de la misma. Rosset (1986) menciona que el tomatero en la etapa de plántula y formación de frutos es susceptible, pero puede soportar una defoliación hasta del 30% durante la fase de crecimiento vegetativo.

El uso de dosis de productos químicos, como hizo Hruska (1987) en maíz, o infestaciones artificiales en determinadas etapas del cultivo permite determinar los periodos críticos del ataque de la plaga. Las etapas fenológicas en que se encuentren correlaciones significativas entre densidad y rendimiento indican los periodos en que la planta es susceptible (Hruska y Rosset, 1987).

2.4.3. Relación entre la densidad de K. lycopersicella y el rendimiento del cultivo de tomate

En un estudio sobre control del gusano alfiler con insecticidas solos y combinados, Poe y Everett (1974) no encontraron correlación entre hojas minadas o densidad de larvas y pérdida de frutos e insinuaron que se debería tratar esta materia en futuras investigaciones.

Wolfenbarger et al. (1975), trabajando sobre control y muestreo secuencial para daños ocasionados por K. lycopersicella, encontraron que un modelo cuadrático se ajustó a la relación entre el número de minas en las tres hojas superiores de cada planta y el rendimiento de frutos por rama.

Peña et al. (1986) utilizaron infestación artificial de plantas de tomate con larvas de K. lycopersicella para medir reducción de rendimiento. Encontraron que un modelo cuadrático se ajustó mejor que un lineal para explicar la relación entre número de larvas y porcentaje de reducción de rendimiento por planta.

2.5. Muestreo de insectos

Las decisiones sobre manejo de plagas que se basan en aspectos económicos requieren la cuantificación de la plaga o sus rastros por unidad de habitat a lo largo del ciclo del cultivo, o sea el monitoreo de la plaga (Rosset, 1987a).

Esta es una de las restricciones en la utilización de programas de manejo integrado de plagas, ya que se trata de una práctica tediosa, que demanda tiempo y esfuerzo por parte del agricultor. La existencia de métodos rápidos de muestreo que faciliten esta operación posibilita la utilización de tales programas (Sears *et al.*, 1985; Walker, 1987c; Wellik *et al.*, 1979).

2.5.1. Métodos de muestreo para *K. lycopersicella*

En el cultivo de tomate, generalmente, las aspersiones se hacen en forma calendarizada (Hilje *et al.*, 1987; Sterling, 1986). Esto se debe al bajo costo de los plaguicidas con relación al alto valor del cultivo y la preferencia del consumidor por frutos con bonita apariencia (Wellik *et al.*, 1979).

Estos factores limitan el desarrollo de procedimientos de muestreo para plagas de tomate ya que la operación de muestreo representa un costo adicional a la medida de control a emplearse.

Algunos métodos para muestreo de plagas en tomate han sido desarrollados para su aplicación en los programas de manejo integrado de plagas en las zonas productoras de EEUU. Para K. lycopersicella, estos métodos se basan principalmente en el conteo visual de la plaga o sus rastros. No obstante, McLaughlin *et al.* (1979), Van Steenwyk y Oatman (1983) y Wyman (1979) han estudiado las posibilidades de utilizar trampas de feromonas para el monitoreo de adultos.

Wellik *et al.* (1979), en Texas, han muestreado hojas (25 superiores y 25 inferiores "semialeatoriamente", observando solo el mayor foliolo de cada hoja), frutos individuales y racimos de frutos (calificados por su tamaño) en dos ciclos de siembra. Encontraron que en la siembra de 1978 el muestreo de hojas inferiores detectó más significativamente las larvas de K. lycopersicella por hojas; la precisión relativa neta (Kogan y Herzog, 1980) fue mayor para el muestreo de hojas superiores, y la variación relativa (Kogan y Herzog, 1980) fue aceptable para ambos tipos de muestreo. En el ciclo de siembra de 1977 ningún método para muestrear frutos fue satisfactorio y en 1978 el muestreo de frutos grandes se presentó aceptable para el gusano alfiler en términos de variación relativa.

Pohronezny y Waddill (1978) han recomendado la evaluación del daño por K. lycopersicella a través del recuento de minas en 3 hojas seleccionadas al azar en la porción superior de la planta.

Incorporando al estudio la fenología de la planta, Pohronezny et al. (1980) han recomendado recuentos del número de minas de K. lycopersicella en todo follaje (en plántulas con 0-3 hojas verdaderas) y en las 3 hojas superiores (en plantas con más de 3 hojas completamente expandidas presentes).

Peña (1983) encontró que la unidad de muestreo más representativa para detectar el gusano alfiler es la porción inferior del follaje y que existe correlación entre el número de daños foliares y el daño a los frutos en el follaje inferior. Para el monitoreo de K. lycopersicella recomienda el conteo del número de larvas en toda planta, si ésta tiene de 0 a 7 hojas verdaderas y en una hoja seleccionada al azar en la parte inferior de la planta, si ésta posee más de 7 hojas.

Peña et al. (1986), utilizaron un índice de población (daño foliar) para predecir la extensión del daño al fruto. Cada planta era dividida en su mitad superior e inferior y los datos referentes a número de hojas y frutos dañados fueron tomados para cada una de estas partes. Encontraron mejor correlación entre daño foliar por K. lycopersicella e infestación de frutos en la parte inferior del follaje y recomendaron que los futuros planes de muestreo fueran modificados para concentrar el monitoreo en la parte inferior de la planta.

3. Metodología

El enfoque global del presente estudio consistió en realizar infestaciones artificiales con larvas de K. lycopersicella en plantas de tomate en dos épocas del ciclo del cultivo, correspondientes a dos etapas fenológicas: formación de los primeros frutos y primeros frutos cosechables.

La evaluación de dos métodos de muestreo para este insecto y el nivel mínimo de la plaga que resulta en pérdida económica al cultivo de tomate fueron los objetivos del trabajo.

Las hipótesis a probar fueron:

- . el número de larvas y daños foliares encontrados en porciones de la planta es aceptable para predecir el número de larvas y daños foliares presentes en toda la planta;
- . el número de larvas y daños foliares encontrado en 3 hojas superiores completamente expandidas es aceptable para predecir el número de larvas y daños foliares presentes en toda la planta;
- . el daño provocado por las larvas de K. lycopersicella ocasiona pérdida de rendimiento al cultivo de tomate.

El experimento de campo se efectuó en la Estación Experimental La Montaña, CATIE, Turrialba, Costa Rica, ubicada a 590 msnm, 9°52' de latitud Norte, 83°38' de longitud Oeste. La temperatura media anual de la Estación es de 22,83°C, la precipitación media anual de 2363 mm y la humedad relativa media de 86,99%.

3.1. Cría de K. lycopersicella en laboratorio

La cría de los insectos utilizados en las infestaciones se inició en setiembre de 1987, para garantizar que en las épocas de infestación se dispusiera de un número suficiente de larvas a fin de seleccionar un grupo homogéneo para llevar al campo.

La cría se inició a partir de larvas que estaban siendo criadas en el laboratorio de entomología del Proyecto MIP/CATIE y se reforzó con otras traídas de campos de agricultores de Guayabo de Alvarado.

Los insectos se criaron en jaulas de madera y tela de malin, de aproximadamente 40 x 55 x 80 cm, sobre plantas de tomatillo (Lycopersicon pimpinelifolium) sembradas en macetas. Las plantas se reemplazaron en las jaulas, según fueron requeridas. En cada jaula se colocó dos fuentes de agua y dos de solución agua-miel para la alimentación de los adultos.

3.2. Cultivo de plantas para alimentar insectos en jaulas

Para alimentar a las larvas de K. lycopersicella se utilizaron plantas de tomatillo (L. pimpinelifolium) por su menor susceptibilidad a enfermedades que las variedades comerciales de Lycopersicon esculentum (Cásseres y Linares, 1950; Stalberg et al., 1986), y debido a que el menor porte de las plantas de esta especie facilita su manejo dentro de las jaulas.

Se proporcionó a las plantas el cuidado adecuado de invernadero, hasta que estas fueron requeridas en laboratorio, para mantener a las poblaciones del insecto.

3.3. Siembra del tomate en el campo

Se efectuó la siembra directa de tomate del cultivar Dina RPs (resistente a Pseudomonas solanacearum), de crecimiento semideterminado, en la Estación Experimental La Montaña, el 21 de enero de 1988. Esta variedad fue desarrollada por IDIAF en Panamá y las semillas sembradas eran provenientes del lote P-19-3 cosechado en la estación en enero del mismo año.

Se preparó el terreno formando lomillos de aproximadamente 0,20m de altura, distanciados a 1,30m. Se abrieron agujeros con espeque a cada 0,50m sobre los lomillos, a los cuales se aplicó abono químico (30g de la fórmula 10-30-10) y carbofurán (8g de Furadan). Antes de la siembra se cubrió esa mezcla con tierra, luego se esparcieron las semillas (aproximadamente 4 por agujero), para finalizar cubriéndolas con otra capa fina de tierra.

Al principio del cultivo se suministró riego cada 2 ó 3 días, aumentando el intervalo y la cantidad de agua con el tiempo, hasta el fin del periodo seco.

A los cinco días de la siembra emergieron las primeras plántulas y a los 20 días de la emergencia se efectuó el raleo, dejando una planta por sitio.

Durante el desarrollo del cultivo se efectuaron los tratamientos usuales en la estación experimental, referentes a fertilización del suelo y foliar, control de enfermedades y otras prácticas comunes en la conducción del cultivo de tomate.

3.4. Diseño experimental

La disposición de las plantas y asignación de los tratamientos se hizo mediante un diseño experimental de bloques completos al azar con 15 tratamientos y 4 repeticiones. Cada tratamiento se aplicó a 2 plantas consecutivas, separadas del siguiente tratamiento por un grupo de plantas subsecuentes, del cual 5 plantas (incluyendo las 2 que recibieron infestación) constituían las unidades experimentales para los distintos tipos de muestreo en prueba.

El área experimental se constituyó de 17 hileras de 17m de largo, de modo que cada tres hileras conformaban un bloque y las demás, los bordes internos e externos.

A los 68 días después de la siembra (dds) se infestó a las plantas de los tratamientos 2, 3, 4, 5 y 6 con 1, 2, 4, 8 y 12 larvas por planta, respectivamente, y a las plantas de los tratamientos 14 y 15 con 12 larvas por planta.

La segunda infestación, realizada a los 89 dds, se hizo a las plantas de los tratamientos 7 a 15 colocándose 1 larva en cada planta del tratamiento 7; 2 larvas por planta del tratamiento 8; 4 larvas por planta a las de los tratamientos 9, 12 y 14; 8 larvas en cada planta del tratamiento 10; y 12 larvas por planta a las plantas de los tratamientos 11, 13 y 15. Las plantas del tratamiento 1 no fueron infestadas artificialmente.

De ese modo, un grupo de plantas (tratamientos 2 a 6) fue infestado solamente una vez, a los 68 dds; otro grupo (tratamientos 7 a 11) fue infestado también solamente una vez, a los 89 dds y un tercer grupo (tratamientos 4, 6, 9, 11, 12, 13, 14 y 15) fue infestado en ambas fechas, como se indica en el anexo 1.

3.5. Infestaciones artificiales

Se realizaron infestaciones artificiales en dos fechas que correspondieron a dos etapas fenológicas del desarrollo de las plantas de tomate. La primera en 27/03/88 (68 días después de la siembra) correspondió a la formación de los primeros frutos y la segunda en 17/04/88 (89 días después de la siembra) cuando se observaron los primeros frutos cosechables.

Justamente antes de la primera infestación, se realizó un muestreo en el cual se registró el número y las especies de plagas encontradas en todas las plantas, además de la altura de

cada planta y el número de racimos con flores y con frutos en formación. Estos datos permitieron conocer el estado de las plantas en el momento de la infestación.

Las plantas fueron infestadas con larvas del 2º estadio de L. lycopersicella, según recomendación de Peña et al. (1986). Las larvas fueron seleccionadas de las jaulas de cría, colectadas con pincel y transferidas a platos Petri esterilizados, donde fueron llevadas para el campo. La transferencia de las larvas de los platos Petri a las plantas también se hizo con pincel. Las larvas fueron colocadas en el haz de los folíolos centrales de hojas escogidas al azar en la porción superior del follaje, considerando la indicación de Peña (1983) de que el 51% de los huevos son puestos en el follaje superior y que en la parte externa del dosel el número de larvas es menos variable.

3.6. Muestreos

Todas las plantas de cada parcela experimental fueron muestreadas cada 5 días a partir de los 66 días después de la siembra para evaluar el número de larvas presentes, la abundancia de daños ocasionados por las mismas a los folíolos y el número de frutos dañados por este insecto.

Además de permitir la cuantificación de la plaga en el campo para estimarse el nivel de daño económico, otra finalidad de los muestreos fue buscar métodos más rápidos, de buena precisión,

menos costosos y que pudieran ser recomendados para el monitoreo de este insecto.

Para muestrear hojas se utilizaron dos métodos:

absoluto, en el cual se observaron todas las hojas de la planta registrándose el número de larvas y de daños foliares por estratos (superior, mediano e inferior), y

relativo, que consistió en tomar los datos referentes a larvas y daños foliares en tres hojas al azar en la porción más alta de la planta (Pohronezny et al., 1980).

Para muestrear frutos se consideraron también dos métodos:

absoluto, en el cual se muestrearon todos los frutos de cada planta, y

relativo, que consistió en muestrear en cada planta un racimo de frutos al azar.

Se registró el número de frutos dañados por agente causal; los frutos con problemas patológicos fueron agrupados en una sola categoría.

Los frutos dañados por insectos o con pudrición se registraron y se retiraron de la parcela en cada muestreo para evitar su conteo en el muestreo siguiente, como lo sugiere King (1981).

Se efectuaron inspecciones diarias a las parcelas para observar y en la medida de lo posible, evitar la eclosión de huevos de insectos de otras especies que pudieran interferir en los resultados esperados. Sin embargo, si estos ya hubieran eclosionado y las larvas empezado a alimentarse, su registro se hizo en el siguiente muestreo.

3.7. Cosecha y selección de frutos

La cosecha se hizo manualmente de acuerdo a los criterios que utiliza el agricultor. Es decir, cuando el fruto todavía se encontraba pintón, y al partirlo con un cuchillo las semillas resistían al corte. Siguiéndose este criterio se realizaron ocho cosechas en total, desde los 91 hasta los 126 días después de la siembra.

Los frutos de tomate pueden ser calificados de acuerdo a su diámetro y estado de sanidad o apariencia, en frutos de primera (frutos sanos con diámetro mayor que 8cm), de segunda (frutos sanos con diámetro entre 6 y 8 cm), o de tercera (frutos sanos o con daños superficiales y diámetro menor que 6cm).

Los frutos cosechados por planta en cada fecha fueron divididos en dos grupos: sanos y dañados y sus pesos fueron registrados individualmente.

A partir de una submuestra compuesta de 25 frutos sin daño, seleccionados al azar, se buscó una relación que permitiera transformar los pesos en diámetros para calificar los frutos en las categorías en que son comercializados. Las variables peso y diámetro se relacionan a través de la ecuación $P = kV = k\pi D^3/12$, en la cual P = peso, k es una constante, V = volumen y D = diámetro. El modelo ajustado se presenta en el Anexo 2.

3.8. Análisis de los datos

Como análisis preliminar, se hizo una matriz de correlación múltiple (en SAS), luego se aplicaron análisis específicos entre las variables que se correlacionaron. Se aceptaron las pruebas al nivel de 0,1 de significancia.

3.8.1. Comparación entre métodos de muestreo

Para comparar los métodos de muestreo se calcularon regresiones entre la densidad de larvas, daños foliares (minas y hojas plegadas) y el número de frutos dañados por *K. lycopersicella* registrados en los muestreos relativos en prueba y las mismas variables registradas en el muestreo de la planta completa (muestreo absoluto) en todas las fechas.

Se utilizó el procedimiento GLM de SAS para realizar las regresiones mencionadas. Estos cálculos permitieron averiguar

cuáles métodos (más rápidos que el muestreo de la planta completa) resultaron efectivos para predecir las densidades de larvas o de daños observadas en el muestreo absoluto.

Otro criterio que se utilizó para seleccionar los métodos de muestreo probados fue la variación relativa ($VR=100S_x/x$), donde: S_x = error estándar de la media y x = media de todas las observaciones en dicho tipo de muestreo (Kogan y Herzog, 1980; Wellik et al., 1979). Según Southwood (1978), un método de muestreo que presente $VR<25\%$ es adecuado para programas extensivos de monitoreo de plagas y un método con $VR<10\%$ es recomendable para programas intensivos de monitoreo, los cuales se utilizan experimentalmente para evaluación de parámetros.

3.8.2. Relación entre densidad de plaga y rendimiento del cultivo

Inicialmente se hicieron gráficos de puntos (utilizando el procedimiento GLM de SAS) entre las densidades de daño encontradas por parcela en cada fecha de muestreo y el rendimiento final del cultivo para observar la tendencia de cada conjunto de datos.

En cada fecha de recuento se encontró que para una misma densidad de plaga o daño se asociaban valores distintos de rendimiento.

Utilizando el mismo programa estadístico (SAS-Procedimiento GLM) se realizaron pruebas de falta de ajuste al modelo lineal para

averiguar si los distintos valores de rendimiento podrían ser representados por una función lineal del nivel de daño o si los decrecimientos no esran constantes. Luego se hicieron las pruebas de hipótesis de los coeficientes de regresión y de los modelos ajustados.

Para probar la falta de ajuste se usó una prueba F, calculando el estadístico F con la expresión:

$$F = [(SC_{\text{Grupo}} - SC_{\text{Lineal}}) / (GL_{\text{Grupo}} - GL_{\text{Lineal}})] / CME ,$$

y comparándolo con el F de tablas para $GL_{\text{Grupo}} - GL_{\text{Lineal}}$ grados de libertad en el numerador y los grados de libertad del error en el denominador.

Una prueba de falta de ajuste lineal no significativa implica que si la variable dependiente tiene alguna relación con la independiente, ésta es lineal. Al encontrarse un modelo lineal significativo, el nivel de daño económico se calcula por la sustitución del coeficiente (m) directamente en la ecuación que se presenta en seguida (Hruska y Rosset, 1987).

3.8.3. Estimación del nivel de daño económico

La ecuación utilizada en este estudio para la determinación del nivel de daño económico fue la siguiente:

$$\text{Costo} = \text{Beneficio}$$

$$C = m D S P$$

$$\text{NDE} = D^* = C / m S P, \text{ donde:}$$

C = costo de la acción de control aplicada,

m = reducción de rendimiento por unidad de plaga,

D = densidad poblacional de la plaga,

S = efectividad del método de control utilizado,

P = precio de venta de la cosecha,

Las variables m D cuantifican la reducción del rendimiento por efecto de la densidad de plaga presente.

El costo de aplicación del método de control se basó en el número de aspersiones y dosis de productos recomendados para el control de K. lycopersicella (Jiménez, 1986; Segura, 1986; Segura, 1988) más el costo de mano de obra requerida y 45% de gastos eventuales relacionados a la práctica. En este último rubro se incluye la depreciación por el uso de bomba costal manual y de los equipos de seguridad para la aplicación. El precio del producto se obtuvo mediante entrevistas a casas comerciales de Turrialba.

El precio de venta de la cosecha fue tomado de informes sobre el volumen comercializado y el precio "mode" por caja de tomate del 5 de enero al 2 de setiembre de 1988 en el CENADA (FIMA, 1988).

Con la relación encontrada entre el peso y el diámetro en una submuestra de 25 frutos (Anexo 2) se transformaron los datos de peso en diámetro para calificar los frutos cosechados en las categorías en que son comercializados. Este procedimiento fue necesario para determinar el peso de frutos obtenidos en cada categoría y con esto estimar el precio de venta por quilogramo del producto.

No se encontró estudios sobre la supresión de esta plaga por la aplicación de algún método de control. Por esa razón las ecuaciones de nivel de daño económico presentan el término S como una incógnita.

La relación entre la densidad poblacional de la plaga y el rendimiento del cultivo, o sea, la estimación de la función rendimiento/densidad, se obtuvo a través de los coeficientes (m) de las regresiones significativas calculadas en este experimento.

4. Resultados y discusión

Los resultados presentados, cuando relacionados con rendimiento, se refieren a promedios de parcelas compuestas de 5 plantas subsecuentes de los bloques 1, 3 y 4. Para el estudio de métodos de muestreo se consideró a cada planta individualmente. Las plantas del bloque 2 fueron eliminadas de los análisis porque sufrieron un intenso ataque de Ehytophthora infestans y presentaron rendimientos significativamente inferiores a las demás. De los bloques tomados en cuenta en este estudio, las plantas de algunas parcelas presentaron síntomas de marchitez bacterial ocasionada por Pseudomonas solanacearum, daño severo por Spodoptera spp. o defoliación por Manduca sexta y se consideró conveniente no incluirlos en los análisis.

Después de eliminado el bloque 2, la prueba F para bloques fue no significativa al 5% de probabilidad y por lo tanto no hay diferencias significativas entre los bloques 1, 3 y 4.

4.1. Dinámica poblacional de K. lycopersicella

El número promedio de larvas, daños foliares y frutos dañados por K. lycopersicella por planta en cada fecha de muestreo, indicada en días después de la siembra (dds), se encuentran en la figura 1A. Las medidas diarias de precipitación, temperatura y humedad relativa están graficadas en la figura 1B.

Durante el primer muestreo, cuando aún no se había infestado con larvas de K. lycopersicella, no se constató la presencia de dicho insecto en las plantas de tomate.

La primera población de larvas infestadas (a los 68 dds) no logró establecerse. Entre los factores que pueden explicar este hecho, la falta de adaptación de las larvas a las condiciones ambientales parece ser lo más probable. Esto pudo deberse a problemas originados durante la cría, como se explica a seguir. En el inicio del período de cría en laboratorio las condiciones ambientales no fueron controladas. Debido al ataque de hormigas a las larvas y pupas, las jaulas fueron transferidas al laboratorio de las instalaciones del Proyecto MIP/CATIE donde se encontraban libres de sus depredadores. Sin embargo, las condiciones existentes en dicho laboratorio no fueron satisfactorias para la cría de K. lycopersicella, ya que se observó una disminución en la población. Unos días antes de la primera infestación las jaulas fueron llevadas nuevamente al local anterior.

La variación entre las temperaturas mínimas y máximas registradas en el día de la infestación y los cuatro días siguientes fue otro factor que pudo haber contribuido a la desaparición de la población llevada al campo.

Hay evidencias para que se crea que las lluvias ocurridas en el cuarto y quinto días después de la infestación, aunque de muy baja intensidad (2,1mm y 0,2mm), fueron el principal factor de

mortalidad de larvas. Peña (1983) utilizó lluvia artificial sobre plantas con larvas de K. lycopersicella y encontró que esta práctica provocó 50% de reducción de daños foliares en comparación con plantas en que el agua fue aplicada al suelo. Se ha observado, en las instalaciones del CATIE, en Turrialba (J.R. Quezada, P. Shannon y M. Trivelato) y en Cerro Punta, Panamá (P. Shannon, comunicación personal) focos de K. lycopersicella aislados en pequeños sitios bajo cubierta, donde las principales variables con relación a los alrededores era la falta de lluvia y de sol. En plantas de tomate en asocio con cultivos de porte más alto, como café y plátano en Guayabo de Alvarado, o bajo el abrigo de árboles ocasionales en los bordes del cultivo en Grecia de Alajuela, la autora ha notado el mismo fenómeno.

Las observaciones de campo indican que la población infestada a los 89 dds encontró condiciones más favorables para su sobrevivencia. Los frutos dañados a los 101 dds fueron producto de esta población, dado que el tiempo transcurrido (12 días) fue suficiente para que las larvas infestadas en su 2° estadio pasaran a perforar los frutos.

El tercer "pico" poblacional de larvas observado 106 dds probablemente se debió tanto a la infestación por la segunda generación de las larvas remanentes de la población infestada a los 68 dds, como a la infestación realizada a los 89 dds. Esto se explica por el hecho de que se encontraron larvas y consecuentemente sus daños en plantas que no recibieran larvas durante las infestaciones artificiales.

Del mismo modo, el daño a los frutos a partir de los 106 dds pudo ser atribuido tanto a las larvas infestadas artificialmente a los 89 dds como a la infestación natural debido a la siguiente generación de las larvas infestadas a los 68 dds.

Durante todo el periodo de muestreos se observó la actividad de depredadores, principalmente avispas y arañas, lo que puede ser tomado como otro factor de desaparición de las larvas infestadas, aunque no se les ha visto atacando K. lycopersicella.

4.2. Comparación entre métodos de muestreo

4.2.1. Larvas

4.2.1.1. Muestreo de porciones del follaje

En las porciones mediana e inferior del follaje, salvo rarísimas excepciones, no se encontraron larvas de K. lycopersicella. El número de larvas en la porción superior del follaje fue entonces, coincidente con el número encontrado en la planta completa en todas las fechas de registro de larvas, por planta individual.

Aunque en las dos primeras poblaciones "pico" (figura 1A) las larvas encontradas fueron infestadas artificialmente, lo que justifica su presencia en el follaje superior, el mismo patrón fue observado en el tercer "pico" poblacional de larvas que,

posiblemente, fue debido también a infestación natural. En un experimento realizado en Turrialba por Ramírez (1989) se observó la misma distribución de las larvas en las plantas, al contrario de lo encontrado por Peña *et al.* (1986) y Wellik *et al.* (1979) que recomiendan el muestreo del follaje inferior de las plantas de tomate.

4.2.1.2. Muestreo de las 3 hojas superiores

El método de muestreo de las 3 hojas superiores completamente expandidas fue efectivo para predecir el número de larvas en todo el follaje de la planta en todas las fechas de registro. La ecuación de regresión significativa entre el número de larvas registrado (suma de registros de todas las fechas en que se encontraron larvas) en las 3 hojas más altas de cada planta y en el muestreo absoluto (número de larvas por planta) y el gráfico de los puntos obtenidos (a partir de 99 observaciones) se encuentran en la figura 2. Asimismo, se representa en la figura, la banda de confianza al 95% para la recta de regresión.

La variación relativa (VR) para el muestreo de las 3 hojas superiores fue de 15,7% y para el muestreo absoluto fue 18,73%. Según Southwood (1978), la variación relativa de los datos encontrados al muestrearse las 3 hojas superiores es adecuada para programas extensivos de monitoreo de la plaga y se acerca al valor ($VR < 10\%$) recomendado para programas intensivos utilizados experimentalmente para evaluación de parámetros.

4.2.2. Daños foliares

Como daño foliar se registró, en este estudio, el número de minas, hojas plegadas o dobleces de hojas por planta. Se encontró usualmente más de una mina por hoja y una o dos hojas dobladas o plegadas a la vez. Las larvas de E. lycopersicella utilizan más de un sitio de alimentación (Elmore y Howland, 1943), lo que se comprueba por el gráfico de la dinámica poblacional (figura 1A), donde el número de daños foliares es superior al número de larvas. A los 81 dds se observa una disminución del número de daños foliares por planta; lo que realmente no ocurrió, sino que los daños encontrados no eran recientes y ya habían sido registrados a los 76 dds. Lo mismo pasó en el conteo de los 86 dds. Luego después de la segunda infestación, los daños que se registraron fueron debido a la alimentación de la nueva población establecida en el campo a partir de las primeras larvas infestadas.

4.2.2.1. Muestreo de porciones del follaje

El muestreo del follaje superior de las plantas fue altamente representativo para predecir el número de hojas dañadas por E. lycopersicella en toda la planta. Igual al que ocurrió con las larvas, raramente se observó daño foliar en la porción mediana e inferior del follaje, tomándose en cuenta el estado de desarrollo de las plantas en el momento de la primera infestación.

4.2.2.2. Muestreo de las 3 hojas superiores

El número de daños foliares registrado en las 3 hojas superiores fue aceptable para predecir el número encontrado en la planta completa. Para todas las fechas de registro en conjunto se encontró una relación lineal significativa, que se puede observar en la figura 3, donde se presenta el gráfico de puntos, la recta de regresión y la banda de confianza al 95% de probabilidad para la línea de regresión.

La variación relativa verificada para el muestreo de 3 hojas superiores fue de 8,75%, lo que confiere alta precisión al método en términos de efectividad para predecir el número de daños foliares en la planta completa (Southwood, 1978), pero no implica su capacidad para predecir el rendimiento final, como se demostrará más adelante. La variación relativa del muestreo absoluto para daños foliares fue 8,77%.

4.2.3. Frutos dañados

4.2.3.1. Muestreo de un racimo de frutos por planta

El método de observarse un racimo de frutos al azar por planta no fue aceptable para predecir el número total de frutos dañados por K. lycopersicella. El porcentaje de frutos dañados en los racimos seleccionados de cada planta fue solamente 0,96% del total de frutos perforados por este insecto en todas las plantas.

4.3. Relaciones entre la densidad de K. lycopersicella y el rendimiento del cultivo

4.3.1. Larvas x rendimiento

Las larvas registradas a los 71 dds, no lograron establecerse en las plantas en que fueron colocadas, por lo tanto, los datos de esta fecha muestreo no fueron analizados.

Los registros de larvas referentes al muestreo de los 91 dds mostraron una alta concentración de larvas en pocas parcelas (6 de las 33) y cualquier tendencia con relación al rendimiento final del cultivo verificada en base a estos datos puede haber sido por causas aleatorias.

El gráfico de puntos de los rendimientos verificados para cada nivel de larvas encontrado a los 101 dds mostró una ligera tendencia a la disminución del rendimiento conforme aumentó el número de larvas en las plantas (figura 4).

Se realizó una prueba de ajuste al modelo lineal, ya que se encontraron distintos valores de rendimiento para una misma densidad de larvas. La prueba de falta de ajuste lineal se presentó no significativa, lo que demuestra que si hay alguna relación entre el número de larvas encontrado a los 101 dds y el rendimiento final del cultivo, ésta es lineal.

La probabilidad ($P > T$) para la pendiente del modelo lineal fue 0,282; no significativa al 10%, nivel que se estableció para este trabajo, pero por tratarse del único conjunto de datos referentes a larvas factible de analizarse hasta la estimación de niveles de daño económico se prosiguió con los análisis a título de ejercicio.

La ecuación ajustada ($Y = 20933 - 2545,62 x$) no fue significativa; presentó $r^2 = 0,38$ y $P > T = 0,19$. En el cuadro 1 se presentan los resultados de las pruebas de ajuste lineal realizadas.

4.3.2. Daños foliares x rendimiento

El número de daños foliares por planta en cada fecha de muestreo no explicó los rendimientos finales ya que las regresiones lineales y polinomiales realizadas no fueron significativas.

4.3.3. Frutos dañados x rendimiento

En los muestreos realizados en algunas fechas se encontraron muy pocos frutos dañados por K. lycopersicella. Este fue el caso de los registros de los 86, 111 y 116 dds, por lo tanto no se realizaron los análisis para estos grupos de datos.

A los 86 dds se encontraron solamente los niveles 0, 0,2 y 0,4 frutos dañados, pero 30 de las 33 observaciones se referieron al

nivel 0. Los mismos niveles se encontraron a los 111 dds, con 31 de las 33 observaciones concentradas en el nivel 0. Los datos provenientes del muestreo de los 116 presentaron sólo dos valores de variable independiente: los niveles 0 y 0,2 frutos dañados, además, la mayoría de los puntos (28 de 33) se concentraron en un mismo nivel de frutos dañados.

Se aplicaron pruebas de falta de ajuste al modelo lineal a los datos relativos a número de frutos dañados por K. lycopersicella en los muestreos de 101 y 106 dds, frutos dañados totales y a la suma de los frutos con daño encontrados a los 101+106 dds y los respectivos rendimientos obtenidos.

Para los grupos de datos mencionados, la prueba de falta de ajuste lineal fue no significativa. Según los valores de probabilidad presentados, las ecuaciones lineales (ajustadas con base en el promedio ponderado de los rendimientos para cada nivel de frutos dañados observado) fueron aceptables para los datos de los muestreos de los 101 y de 101+106 dds y para el total acumulado de frutos dañados por K. lycopersicella en todas las fechas.

Las ecuaciones estimadas presentaron valores de pendientes muy altos, indicando una fuerte pérdida de rendimiento conforme aumentaron los niveles de frutos dañados por K. lycopersicella. Los resultados de esta prueba, así como los parámetros de las ecuaciones, el error estándar, la probabilidad de aceptación del modelo lineal y el coeficiente de determinación se presentan en

el cuadro 1. Las regresiones y los gráficos de puntos de los rendimientos obtenidos de acuerdo con el nivel de frutos dañados por *K. lycopersicella* en cada una de las fechas mencionadas se presentan en las figuras 5, 6 y 7.

Por las tendencias observadas en los gráficos de puntos de rendimientos, se consideró conveniente realizar pruebas de ajuste del término cuadrático para las variables de frutos dañados a los 101, 101+106 dds y frutos dañados totales y los rendimientos finales observados.

Para la ecuación cuadrática entre el número de frutos dañados a los 101 dds y el rendimiento del cultivo, el valor del coeficiente de determinación ($r^2=0,80$) fue superior al obtenido en el modelo lineal, pero la probabilidad del término cuadrático ($P>F=0,97$) no fue significativa.

El conjunto de datos provenientes de los muestreos de los 101+106 dds presentó coeficiente de determinación del modelo cuadrático igual al del modelo lineal ($r^2=0,78$) y la probabilidad encontrada fue no significativa ($P>F=0,75$).

El modelo cuadrático ajustado entre los datos de frutos dañados totales y el rendimiento final del cultivo presentó $r^2=0,67$ y la probabilidad del término cuadrático también fue no significativa ($P>F=0,95$).

4.4. Nivel de daño económico

La ecuación utilizada para calcular el nivel de daño económico en este estudio fue:

$$NDE = x = C / m S P.$$

En la estimación del costo total (C) para una aspersión con Ambush 50 CE, uno de los plaguicidas químicos utilizados para el control del gusano alfiler (Carballo, no publicado), se tomaron en cuenta los siguientes factores: el precio de 100cc del producto, la mano de obra requerida (acarreo del agua, preparación de la mezcla, llenado de la bomba y aplicación) y 45% de gastos eventuales relacionados a la práctica.

En este último rubro se incluye la depreciación por el uso de la bomba y de los equipos de seguridad para la aplicación. A pesar de suponer que se tomen los cuidados necesarios a la utilización de productos químicos, se deja sin estimar costos de suma importancia como el daño a la salud del trabajador y de los consumidores de la hortaliza, la contaminación ambiental, la supresión de poblaciones de insectos benéficos y la proporción en que cada aplicación de plaguicida contribuye para el aumento de las importaciones del país.

De este modo, el costo total estimado para una aplicación fue de \$2305,00, de los cuales, \$650,00 se refirieron al costo de 100cc de Ambush 50 CE, \$940,00 a la mano de obra y \$715,00 al recargo

de 45% sobre estos costos. Estos datos se refieren a la primera semana de setiembre de 1988, fecha en que se basaron los parámetros económicos de los cálculos presentados.

El precio de venta de tomate en la misma semana, calculado en base al porcentaje de frutos cosechados por categorías, fue $\$9,80/\text{kg}$, puesto en el CENADA (PIMA, 1988). Si se considera que estos frutos son comprados en la finca, puede ser descontado el 8% de recargo por el transporte al mencionado centro de comercialización (Quesada, 1987); así el precio (P) estimado por la venta de la cosecha fue de $\$9,00/\text{kg}$ de tomate.

No se encontró referencias sobre ensayos experimentales realizados para determinar la supresión (S) de la plaga en estudio proporcionada por la aplicación del plaguicida mencionado o de otros productos químicos. Por este motivo, se mantendrá la incógnita S en las ecuaciones del nivel de daño económico.

El grado de supresión de la plaga es un porcentaje que puede suponerse que varíe dentro del rango de 50 a 90%, por lo cual proporciona un aumento en el nivel de daño económico estimado.

Es importante observar que el desconocimiento de datos sobre la supresión de la plaga puede conducir a la subestimación de los costos del control, pues se supone que una aplicación es suficiente para bajar la población.

La reducción del rendimiento por unidad de plaga o de daño es dada por la pendiente o coeficiente de la regresión, representada por la letra m en la ecuación del nivel de daño económico.

4.4.1. Nivel de daño económico para larvas

Entre el número de larvas registrado a los 101 dds (x) y el rendimiento del cultivo (Y) se encontró la siguiente relación:
 $Y = 20932 - 2545,62 x$; ($r^2 = 0,38$; $P > T = 0,19$), no significativa.

A título de ilustración, se calculó el nivel de daño económico a partir de los datos indicados anteriormente y de la función de regresión (no significativa) entre el número de larvas a los 101 dds y el rendimiento del cultivo. Así se tiene que:

$$NDE = C / m S P = 2305 / 2545,62 S 9,00$$

$$NDE = 0,1 / S \text{ larvas de } K. \text{ lycopersicella \text{ por planta.}}$$

Nótese que el NDE es dado en función del porcentaje de supresión de la plaga (S). También a modo de ejercicio se puede suponer que el método utilizado para el control de la plaga tenga el potencial para suprimir el 50% de la población de la misma, por lo cual el término S asume el valor de 0,5 en el denominador y el nivel de daño económico se eleva a 0,2 larvas por planta. Peña et al. (1986) trabajando con infestación artificial, encontraron un valor de $NDE = 0,67$ larvas de *K. lycopersicella* por planta.

4.4.2. Nivel de daño económico para frutos dañados

Con base en el muestreo realizado a los 101 dds se encontró la siguiente relación significativa entre rendimiento del cultivo (Y) y número de frutos dañados (x): $Y = 21272 - 6621,87 x$.

Sustituyendo los parámetros económicos y el valor absoluto de la pendiente ($m=6621,87$) de la ecuación mencionada a la fórmula utilizada para calcular el nivel de daño económico (en función de la variable S), se encontró que $0,038/S$ frutos dañados por planta fue el nivel suficiente para ocasionar una pérdida económica al cultivo.

Con los datos de la suma de los registros de 101 y 106 dds, se obtuvo la siguiente ecuación: $Y = 21745 - 5889,02 x$, y el NDE fue $0,043/S$ frutos dañados por planta.

La relación entre el número acumulado de frutos dañados y el rendimiento del cultivo fue: $Y = 22049 - 5539,62 x$, resultando un $NDE=0,046/S$ frutos dañados por planta.

Según los datos presentados, con la sustitución del grado de supresión de la plaga (S) después de una aspersion con 100cc de Ambush se obtiene el valor del nivel de daño económico para E. lycopersicella. Suponiendo que la supresión de la plaga fuera del 100% tendríamos $S = 1$, lo que no interfiere en el valor del NDE indicado, pero normalmente este valor es menor que 1 y contribuye a su aumento, como se ejemplificó en el cálculo del NDE para larvas.

Es importante resaltar que un nivel de daño económico para frutos dañados no es conveniente para la toma de decisiones en el manejo de la plaga una vez que el fruto ya está perdido, la importancia de este nivel es la de demostrar la capacidad de este insecto para provocar pérdidas económicas al cultivo.

Los valores de nivel de daño económico tan bajos como los que se verificaron en este estudio se explican por la alta probabilidad de daño al fruto cuando este insecto se presenta (altos valores de m) y por el bajo costo de aplicación del plaguicida químico para controlar la plaga. Rosset (1987), basado en la suposición de que el 50% del costo de control es debido al precio del plaguicida, estimó que una subvención del 100% en los precios de los mismos proporciona una reducción de 50% en el nivel de daño económico, lo que es un incentivo a la utilización del método químico de control de plagas.

El valor de mercado para el tomate en la primera semana de setiembre fue relativamente bajo con relación a otras épocas del año, de ese modo, no ha contribuido a los bajos niveles de daño económicos averiguados en este estudio.

Los valores de niveles de daño económico para larvas basados en las mismas condiciones biológicas (m) de este estudio, pero con diferentes parámetros económicos se encuentran en el cuadro 2, con el fin de demostrar como varían los niveles de daño económico con los cambios en las otras variables involucradas en su determinación.

5. Conclusiones

Las larvas de Keiferia lycopersicella infestadas a los 68 días después de la siembra no lograron establecerse en el campo. Debido a esto no fue posible diferenciar los efectos del ataque de la plaga en las distintas fases del ciclo del cultivo y establecer el nivel de daño económico para las dos etapas fenológicas propuestas en este estudio.

El muestreo de la porción superior del follaje de plantas de tomate resultó altamente efectivo para predecir el número de larvas de K. lycopersicella y de daños foliares en la planta completa. Como no se encontraron vestigios del insecto en las porciones mediana e inferior de las plantas, el muestreo de la porción superior coincidió con el muestreo absoluto. Sin embargo, los datos registrados en todas las fechas de registro no se relacionaron significativamente con el rendimiento del cultivo.

El muestreo de las tres hojas completamente expandidas en la extremidad superior de la planta también resultó efectivo para predecir el número de larvas ($r^2=0,72$; $P>T=0,0001$) y sus daños ($r^2=0,73$; $P>T=0,0001$) en la planta completa, pero en ninguna fecha de muestreo se encontró que estas variables se relacionaran significativamente con el rendimiento del cultivo.

La variación relativa calculada para daños foliares causados por *K. lycopersicella* fue 8,75% en el conteo de las tres hojas y 8,77% en el conteo en la planta completa. Con relación al conteo de larvas, la variación relativa encontrada en el muestreo de las tres hojas de la extremidad fue 15,70% y en el muestreo de la planta completa fue 18,73%. En la literatura sobre el tema existen recomendaciones sobre la utilización de métodos de muestreo con baja variación relativa, como los encontrados en este estudio. Sin embargo, como los datos registrados en los métodos de muestreo probados no se relacionaron con el rendimiento del cultivo, no se puede recomendarlos.

A pesar de no haber encontrado regresiones significativas entre el número de larvas de *K. lycopersicella* y el rendimiento del cultivo, se constató la disminución del rendimiento del cultivo conforme aumentó la densidad de la plaga. A modo de ejercicio se estimó el nivel de daño económico para larvas a partir del coeficiente la regresión (no significativa) entre el rendimiento del cultivo y la densidad de larvas a los 101 días después de la siembra y en función del grado de supresión de la plaga proporcionado por el método químico de control, elegido para los cálculos por ser el más comúnmente utilizado. Se encontró que el nivel de daño económico fue de 0,1/5 larvas por planta; suponiendo que el porcentaje de supresión de la plaga fuera del 50%, el valor del nivel de daño económico se eleva a 0,2 larvas por planta.

A pesar de haber encontrado regresiones significativas entre número de frutos dañados y rendimiento del cultivo, estos resultados no tienen aplicabilidad práctica, pues los daños ya ocurrieron y la principal utilidad del nivel de daño económico para una plaga es establecer criterios para la toma de decisiones en cuanto al manejo de esta plaga.

Como ya se mencionó anteriormente, los niveles de daño económico no deben ser considerados únicos e incambiables; ellos varían según los costos de aplicación del método de control elegido, el grado de supresión de la plaga proporcionado por el mismo, el precio de venta del cultivo (que sufre variaciones a lo largo del año y hasta en un mismo período de cosecha) y las condiciones biológicas del cultivo en cada zona y época específicas. Esto se demuestra con el cuadro 2, en el cual se encuentran valores de nivel de daño económico para una misma condición biológica del cultivo (es decir, coeficiente de regresión constante) y para distintos valores del costo de aplicación del método de control de la plaga y del precio de venta de la cosecha.

6. Literatura citada

- ANDOW, D.A.; KIRITANI, K. 1983. The economic injury level and the control threshold. *Japan Pesticide Information*. 43:3-9.
- APPLE, J.L. 1980. The integrated pest management concept and the role of crop loss assessment. In *Crop Loss Assessment. Proceedings of E. C. Stakman Commemorative Symposium*. University of Minnesota, Minneapolis, Minnesota. p. 192-196.
- BARDNER, R.; FLETCHER, K.E. 1974. Insect infestation and their effects on the growth and yield of field crops: a review. *Bull. Ent. Res.* 64:141-160.
- BATISTE, W.C.; JOOS, J.; KING, R.C. 1970. Studies on sources of the tomato pinworm attacking tomatoes in northern California. *J. Econ. Entomol.* 63:1484-6.
- BATISTE, W.C.; OLSON, W.H. 1973. Laboratory evaluations of some solanaceous plants as possible hosts for tomato pinworm. *J. Econ. Entomol.* 66:109-111.
- CARBALLO, M.; QUEZADA, J.R.; RAMIREZ, A. 1987. Estudio sobre biología, ecología y manejo de *Keiferia lycopersicella* en el tomate. Turrialba, C.R. CATIE. 2p. Informe Preliminar.
- CASSERES, E.H.; LINARES, F.J. 1950. Producción de variedades de tomate para los trópicos húmedos. Turrialba (Costa Rica) 1(1):7-11.
- CASTILLO, L.; WESSELING, C. 1988. Diagnóstico de la problemática de los plaguicidas en Costa Rica. Programa de Plaguicidas: Desarrollo, Salud y Ambiente, Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional. 30p.
- CASTILLO, L.; WESSELING, C.; HIDALGO, C.; MORA, S.; BRAVO, V. 1989a. Diagnóstico sobre el uso e impacto de los plaguicidas en América Central: informe de Costa Rica. Programa de Plaguicidas: Desarrollo, Salud y Ambiente, Escuela de Ciencias Ambientales, Universidad Nacional. 181p.

- CHESLAVO, A.K. 1985. Alternativas para el establecimiento de un programa de manejo integrado de plagas en tomate en Panamá. In Memorias del Seminario Taller de Entomología MIP/CATIE, 2 al 5 de diciembre de 1985, Panamá. pp.59-64.
- CHIRI, A.A. 1987. La entomología en el manejo integrado de plagas. In Fundamentos y Componentes del Manejo Integrado de Plagas. El Salvador, 1987. Ed. por Joaquin Larios. CATIE/AID/ROCAP. Serie Técnica. Informe Técnico No. 136. pp. 1-10.
- DOMINGUEZ, D. 1985. Problemas entomológicos actuales en la Península de Azuero. In Memorias del Seminario Taller de Entomología MIP/CATIE, 2 al 5 de diciembre de 1985, Panamá. pp.32-35.
- ELMORE, J.C.; HOWLAND, A.F. 1943. Life history and control of the tomato pinworm. USDA Tech. Bull. 841:1-30.
- FRENCH, J.B. 1987. Métodos económicos en el manejo integrado de plagas. Curso Internacional de Manejo Integrado de Plagas, Universidad del Valle de Guatemala, 3 al 4 de agosto de 1987, Guatemala, C.A. 20p.
- GOODELL, F.B. 1984. IPM - myths, misconceptions. Agribusiness Fieldman. Agosto 1984. Western Agricultural Publishing Company. Fresno, CA. p.34.
- GORDON, M.R. 1986. Control y fluctuaciones de insectos enrolladores de la hoja del tomate Keiferia lycopersicella y Scrobipalpula sp. Manejo Integrado de Plagas (CATIE). 1:17-20.
- HRUSKA, A.J. 1987. Periodos críticos de protección y el efecto de infestación del gusano cogollero, Spodoptera frugiperda (Lepidoptera:Noctuidae) en maíz bajo riego en Nicaragua. In Memorias del 1er Congreso Centroamericano, México y El Caribe de Manejo Integrado de Plagas, 5-7 agosto 1987, Guatemala, Guatemala. 12 p.
- HRUSKA, A.J.; ROSSET, P.M. 1987. Estimación de los niveles de daño económico para plagas insectiles. Manejo Integrado de Plagas (CATIE). 5:30-44.

- JIMENEZ, J. M. 1986. Principales pesticidas usados en el cultivo de tomate (Lycopersicon esculentum Mill.) en Costa Rica. Turrialba, Costa Rica. CATIE. Informe Preliminar. 4 p.
- KING, A.B.S. 1981. Minimal pest control in tomatoes grown in humid regions. Cropping Systems Entomology, Costa Rica. Progress Report June 1979-October 1980. COPR, London. pp.31-34.
- KOGAN, M.; PITRE, H.N. 1980. General sampling methods for above-ground populations of soybean arthropods. In Sampling Methods in Soybean Entomology. Ed. by M. Kogan and D.C. Herzog. Springer-Verlag, New York. pp.31-60.
- LEONARD, H.J. 1985. Recursos naturales y desarrollo económico en América Central - un perfil ambiental regional. Instituto Internacional para el Ambiente y el Desarrollo/Earthscan. Trad. del inglés por Gerardo Budowski y Tirso Maldonado en octubre de 1986.
- LIMON, M.L. 1974. Control del gusano alfiler del tomate Keiferia lycopersicella (Walsingham) con nuevos compuestos. 99 Congreso Nacional de Entomología, México, DF. 10 Mar 1974. Folia Entomológica Mexicana. 29:34-35. 1974.
- McLAUGHLIN, J.R.; ANTONIO, A.Q.; POE, S.L.; MINNICK, D.R. 1979. Sex pheromone biology of the adult tomato pinworm, Keiferia lycopersicella (Walsingham). Fla. Entomologist 62(1):35-41.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1983. Producción de tomate en la Meseta Central. Dirección de Mercadeo Agropecuario. Departamento de Servicios Básicos. 46p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1984. Análisis económico de la producción de tomate en el Valle Central Occidental. Dirección de Mercadeo Agropecuario. Departamento de Estudios Económicos. 18p.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA Y GANADERIA. 1985. Procedencia y oferta de tomate en ferias del agricultor y otros mercados. 1982-1983. Dirección de Mercadeo Agropecuario. 29p.

- DATMAN, E.R. 1970. Ecological studies of the tomato pinworm on tomato in Southern California. *J. Econ. Entomol.* 63:1531-1534.
- DATMAN, E.R.; WYMAN, J.A.; PLATNER, G.R. 1979. Seasonal occurrence and parasitization of the tomato pinworm on fresh market tomatoes in Southern California. *Environmental Entomology*. 8(4):661-664.
- DATMAN, E.R.; KENNEDY G.G. 1976. Methomyl induced outbreak of Liriomyza sativae on tomato. *J. Econ. Entomol.* 69:667-668.
- OSTLIE, K.R.; PEDIGO, L.P. 1987. Incorporating pest survivorship into economic thresholds. *Bull. Entomol. Soc. Am.* 98-102.
- PEDIGO, L.P.; HUTCHINS, S.H.; HIGLEY, L.G. 1986. Economic injury levels in theory and practice. *Ann. Rev. Entomol.* 31:341-368.
- PEÑA, J.E. 1983. Tomato pinworm, Keiferia lycopersicella (Walsingham): population dynamics and assessment of plant injury in southern Florida. Ph.D. dissertation, Univ. of Fla., Gainesville. 265 p.
- PEÑA, J.E.; POHRONEZNY, K.; WADDILL, V.H.; STIMAC, J. 1986. Tomato pinworm (Lep: Gelechiidae) artificial infestation: effect on foliar and fruit injury of ground tomatoes. *J. Econ. Entomol.* 79(4):957-960.
- FIMA. 1988. Programa Mercadeo Agrícola. Precios de comercialización de tomate durante el año de 1988 según la categoría del producto.
- FOE, S.L. 1973. The tomato pinworm in Florida. *Agric. Res. Educ. Cen. (Bradenton) Res. Rep.* GC1973-2, 4pp.
- FOE, S.L.; EVERETT, P.H. 1974. Comparison of single and combined insecticides for control of tomato pinworm in Florida. *J. Econ. Entomol.* 67:671-674.

- POE, S.L.; CRILL, J.P.; EVERETT, P.H. 1975. Tomato pinworm management in semitropical agriculture. Proc. Fla. State Hort. Soc. 88:160-165.
- POE, S.L. 1979. Vegetable IPM: the stakes are high. American Vegetable Grower, June, 1979. 11-21.
- POHRONEZNY, K.L.; WADDILL, V.H. 1978. Integrated pest management - development of an alternative approach to control of tomato pests in Florida. University of Florida Extension Plant Pathology Rept No.22, 7p.
- POHRONEZNY, K.L.; FRANCIS, J.; WADDILL, V.H. 1980. Tomato pest management program - guidelines for scouts. University of Florida Extension Plant Pathology Report no.28. Gainesville, Florida. 10 p.
- POHRONEZNY, K.L.; WADDILL, V.H.; SCHUSTER, D.J.; SONODA, R.M. 1986. Integrated pest management for Florida tomatoes. Plant Disease 70(2):96-102.
- POSTON, F.L.; PEDIGO, L.P.; WELCH, S.M. 1983. Economic injury levels: reality and practicality. Bull. Entomol. Soc. Am. 29(1):49-53.
- ROSSET, P.M. 1982. Evaluación de insecticidas selectivos y umbrales económicos en tomate para mesa. Anteproyecto de Investigación, Estación Experimental de Valle de Sébaco, MIDINRA, Matagalpa, Nicaragua. 14p.
- ROSSET, P.M.; POWER, A. 1983. Plagas del tomate: investigaciones de dinámica poblacional, el uso de insecticidas selectivos y la relación con rendimiento, en el Valle de Sébaco. Estación Experimental del Valle de Sébaco. MIDINRA, Matagalpa, Nicaragua. 13p.
- ROSSET, P.M. 1986. Ecological and economic aspects of pest management and polycultures of tomatoes in Central America. Ph.D. dissertation, University of Michigan, 128 pp. Trad. Español disponible, Institute for the Development of Agriculture Alternatives, Guild House, 802 Monroe, Ann Arbor, Michigan, 41804, Estados Unidos.

- ROSSET, P.M. 1987. Precios, subvenciones y los niveles de daño económico. Manejo Integrado de Plagas (CATIE). 6:27-35.
- ROSSET, P.M. 1988. El manejo de insectos en tomate: algunas consideraciones sobre la experiencia en Centroamérica. Manejo Integrado de Plagas (CATIE). 7:1-12.
- SCHUSTER, D.J.; PRICE, J.F. 1985. Impact of insecticides on lepidopterous larval control and leafminer parasite emergence on tomato. Proc. Fla. State Hort. Soc. 98:248-251.
- SCHUSTER, D.J.; PRICE, J.F.; EVERETT, F.H. 1981. Insecticides for management of insect pests on tomatoes in Florida. Univ. Fla. Res. Rep. GC1981-4. 9p.
- SEARS, M.K.; SHELTON, A.M.; QUICK, T.C.; WYMAN, J.A.; WEBB, S.E. 1985. Evaluation of partial plant sampling procedures and corresponding action thresholds of management of Lepidoptera on cabbage. J. Econ. Entomol. 78(4):913-916.
- SEGURA, R.L. 1986. Evaluación de insecticidas en el combate de "gusano alfiler" del tomate Keiferia lycopersicella (Lepidoptera:Gelechiidae). In Informe Anual del Departamento de Entomología 1986. Subdirección de Investigaciones Agrícolas, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica. p.16-18.
- SEGURA, R.L. 1987. Distribución y dinámica de población del "gusano alfiler" del tomate Keiferia sp. en el Valle Central Occidental. In Informe Anual del Departamento de Entomología 1987. Subdirección de Investigaciones Agrícolas, Ministerio de Agricultura y Ganadería, Costa Rica. p.19.
- SOUTHWOOD, T.R.E. 1978. Ecological methods with particular reference to the study of insect populations. Chapman and Hall, Londres. 524pp.
- STALBERG, ; BUSTAMANTE, E.; JIMENEZ, J.M.; GONZALEZ, . 1986. Respuesta de 181 líneas a patógenos de importancia económica en Costa Rica. In XXXIII Reunión PCCMCA. Guatemala.
- STERLING, F. 1986. El cultivo de tomate. In Fardo, J. Curso de ***** UNED. pp. 87-117.

- STEHR, F.W. 1986. Gelechiidae (Gelechioidea). In Inmadure insects. Ed. by F. W. Stehr. 394-399.
- STERN, V.M. 1973. Economic thresholds. Ann. Rev. Entomol. 18:259-280.
- STERN, V.M.; SMITH, R.F.; VAN DEN BOSCH, R.; HAGEN, K.S. 1959. The integrated control concept. Hilgardia 29(2):81-101.
- TREVINO P., J.A. 1975. Diez años de investigación sobre el combate químico del gusano alfiler del tomate (Keiferia lycopersicella Walsh.) en el Valle de Culiacán, Sinaloa, México. In: 10º Congreso Nacional de Entomología, México, DF. 9 Marzo 1975.
- UNIVERSITY OF CALIFORNIA. 1985. Integrated pest management for tomatoes. Statewide Integrated Pest Management Project. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 3274.
- VANDERMEER, J. 1984. El desarrollo de la tecnología agrícola en Nicaragua: algunos aspectos generales. Seminario Taller: Validación de Especificaciones Técnicas Según Rubros de Producción y Niveles Técnicos. INCAE, 15 al 17 de agosto de 1984. MIDINRA. 21 p.
- VAN STEENWYK, R.A.; DATMAN, E.R. 1983. Mating disruption of tomato pinworm (Lepidoptera:Gelechiidae) as measured by pheromone trap, foliage and fruit infestation. J. Econ. Entomol. 76:80-84.
- WADDILL, V.H.; POHRONEZNY, K. 1979. Tomato IPM: key to vegetable leafminer control. Citrus Veg. Mag. 42:34-37.
- WALKER, P. T. 1987a. Methods of studying the relation between different insect population levels, damage and yield in experiments and surveys. In Crop Loss Assessment and Pest Management. Ed. by P. S. Teng. St. Paul, Minnesota. American Phytopathological Society. p. 97-104.

- WALKER, P. T. 1987b. Quantifying the relationship between insect populations, damage, yield and economic thresholds. In Crop Loss Assessment and Pest Management. Ed. by P. S. Teng. St. Paul, Minnesota. American Phytopathological Society. p. 114-125.
- WALKER, P. T. 1987c. Empirical models for predicting yield loss caused by one type of insect: the stem borers. In Crop Loss Assessment and Pest Management. Ed. by P. S. Teng. St. Paul, Minnesota. American Phytopathological Society. p. 133-138.
- WELLIK, M.J.; SLOSSER, J.E.; KIRBY, R.D. 1979. Evaluation of procedures for sampling Heliothis zea and Keiferia lycopersicella on tomatoes. J. Econ. Entomol. 72(5):777-780.
- WYMAN, J.A. 1979. Effect of trap design and sex attractant release rates on tomato pinworm catches. J. Econ. Entomol. 72:865-868.
- WOLFENBARGER, D.O.; CORNELL, J.A.; WALKER, S.D.; WOLFENBARGER, D.A. 1975. Control and sequential sampling for damage by the tomato pinworm. J. Econ. Entomol. 68:458-460.

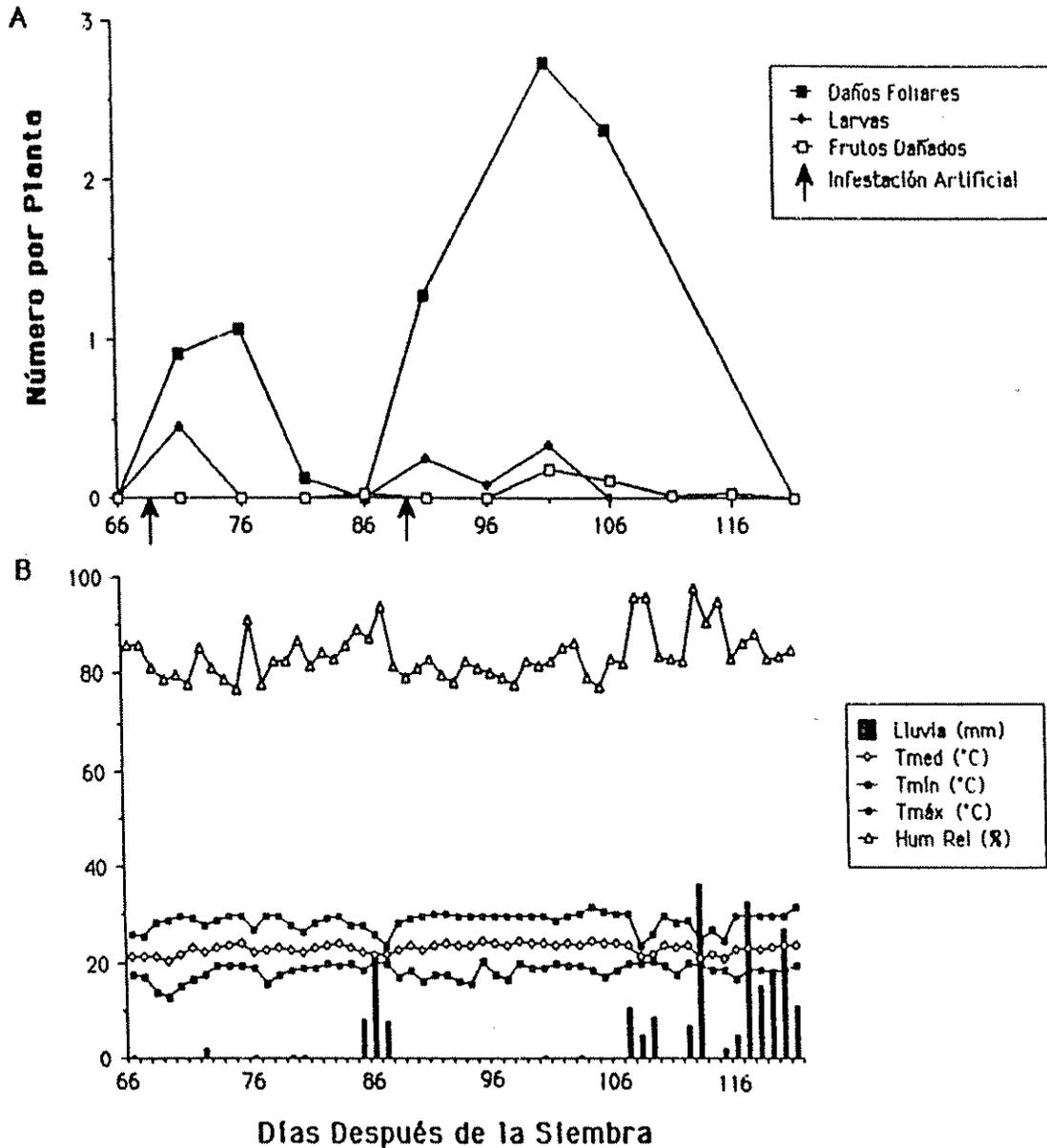


Figura 1.

A. Dinámica poblacional de *K. lycopersicella* en el cultivo de tomate (*L. esculentum*), durante el período de 25/03 a 19/05 de 1988, expresados en días después de la siembra. Estación Experimental La Montaña - CATIE, Turrialba.

B. Condiciones climáticas observadas durante el período de 25/03 a 19/05 de 1988. Datos colectados en la Estación Experimental La Montaña - CATIE, Turrialba, Costa Rica.

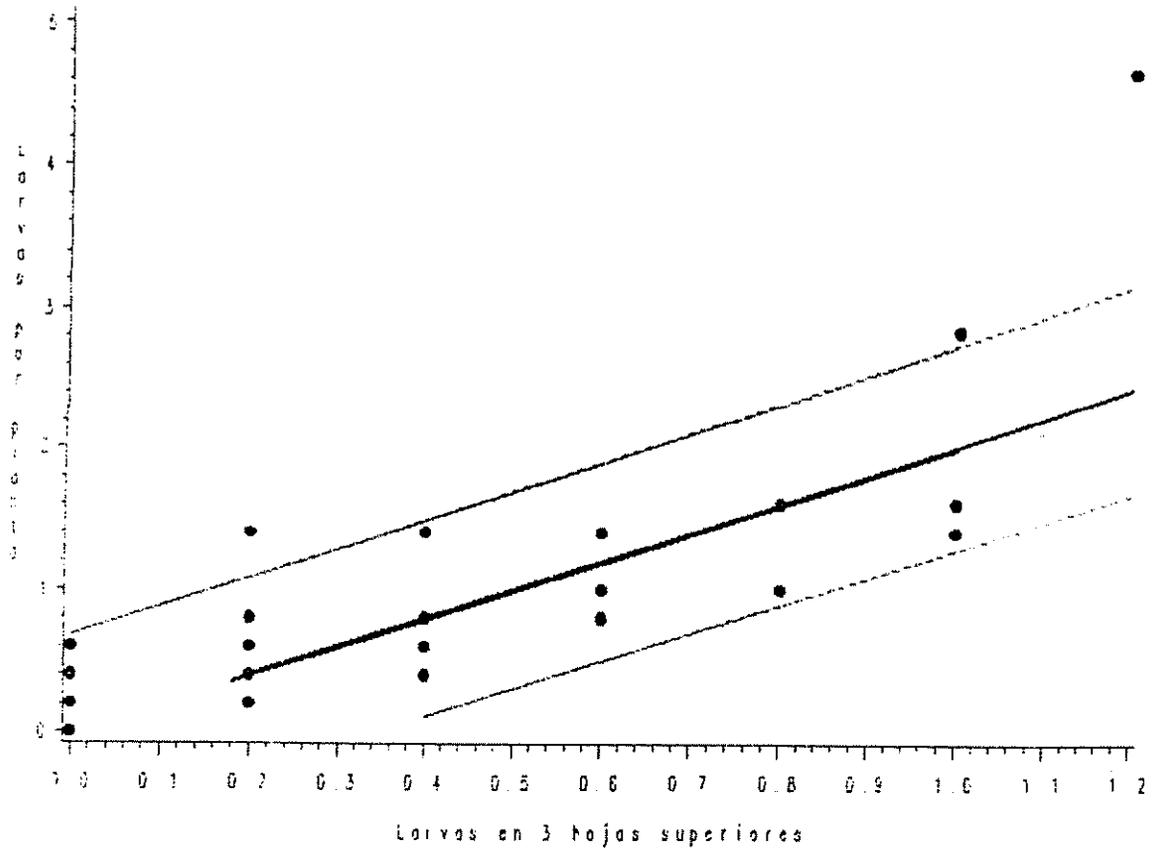


Figura 2. Comparación entre métodos de muestreo para larvas de *K. lycopersicella* en plantas de tomate.

$$Y = -0,0048 + 1,99 x; r^2 = 0,72; P > T = 0,0001; n = 99$$

Y = número de larvas registradas en plantas de tomate completas (muestreo absoluto) en todas las fechas de recuento en que se observaron larvas.

x = número de larvas registradas en 3 hojas de la extremidad superior de plantas de tomate (muestreo relativo) en todas las fechas de recuento en que se encontraron larvas. Se representa la banda de confianza, al 95%, de la línea de regresión.

Para $x_0 = x = 0,18$, el límite de error (LE) = 0,68.

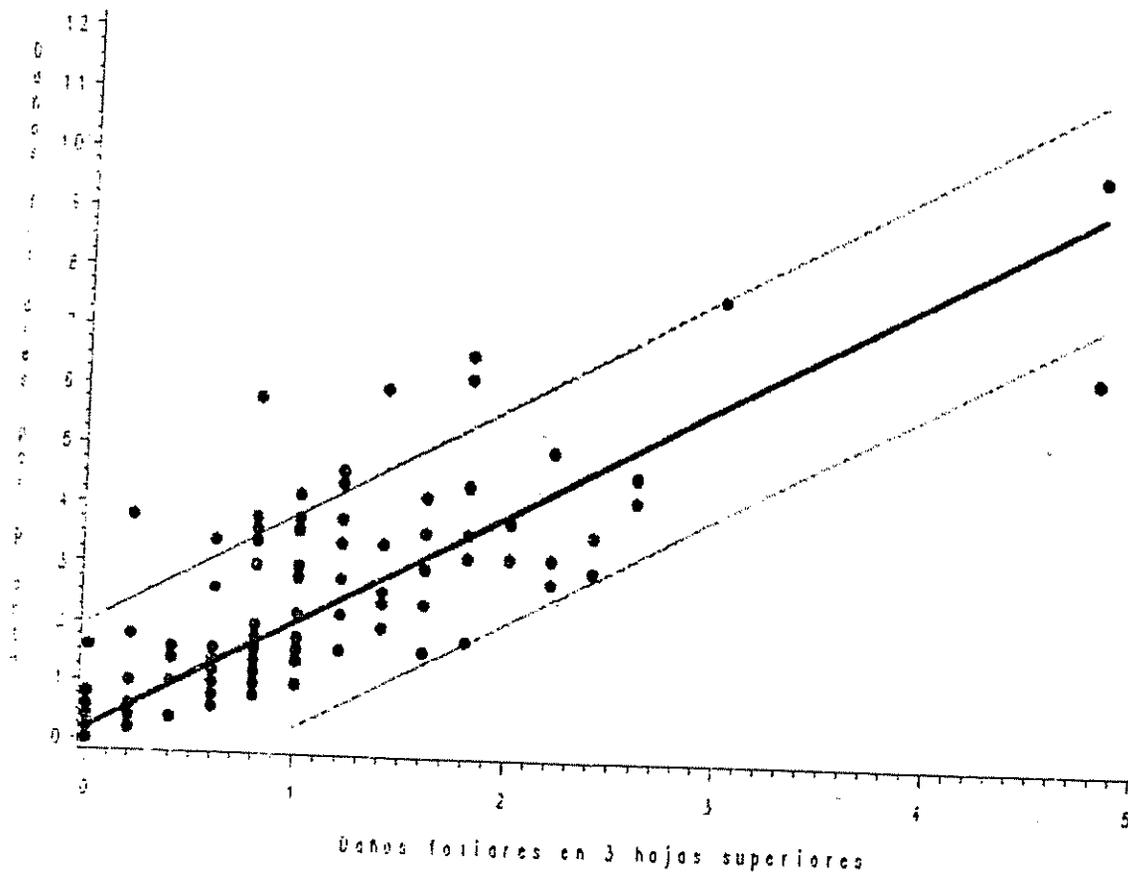


Figura 3. Comparación entre métodos de muestreo para daños foliares causados por larvas de *K. lycopersicella* en plantas de tomate.

$$Y = 0,199 + 1,87 x; r^2=0,73; P>T=0,0001; n=198$$

Y= número de daños foliares registrados en plantas de tomate completas en todas las fechas de recuento (muestreo absoluto).

x= número de daños foliares registrados en el muestreo de 3 hojas superiores de plantas de tomate seleccionadas al azar en todas las fechas de recuento (muestreo relativo). Se representa la banda de confianza, al 95%, de la línea de regresión. Límite del error = LE = 1,7934 cuando $x_0=x=0,65$.

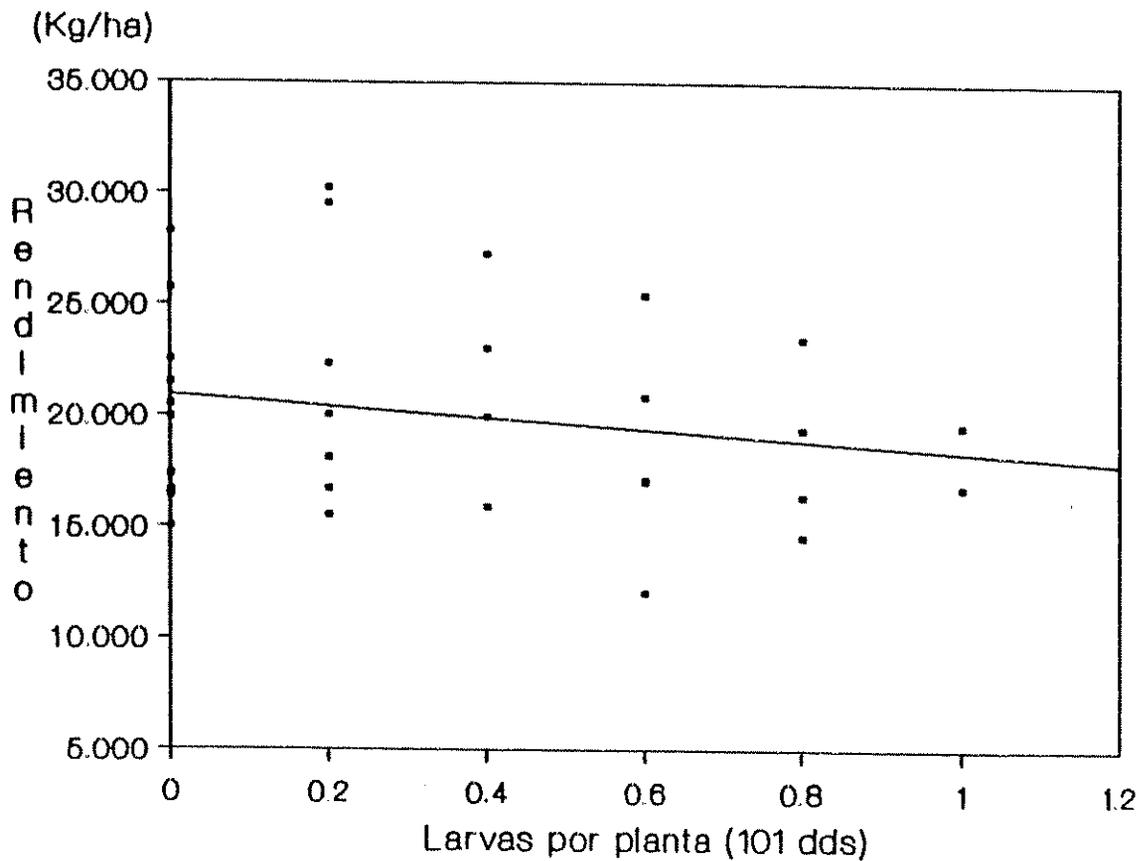


Figura 4. Relación entre el rendimiento del cultivo de tomate (Y) y el número de larvas de *K. lycopersicella* registrado a los 101 dds, (x):
 $Y = 20932 - 2545,62 x$; $r^2=0,38$; $P>T=0,19$ (no significativa)
 $n=33$.

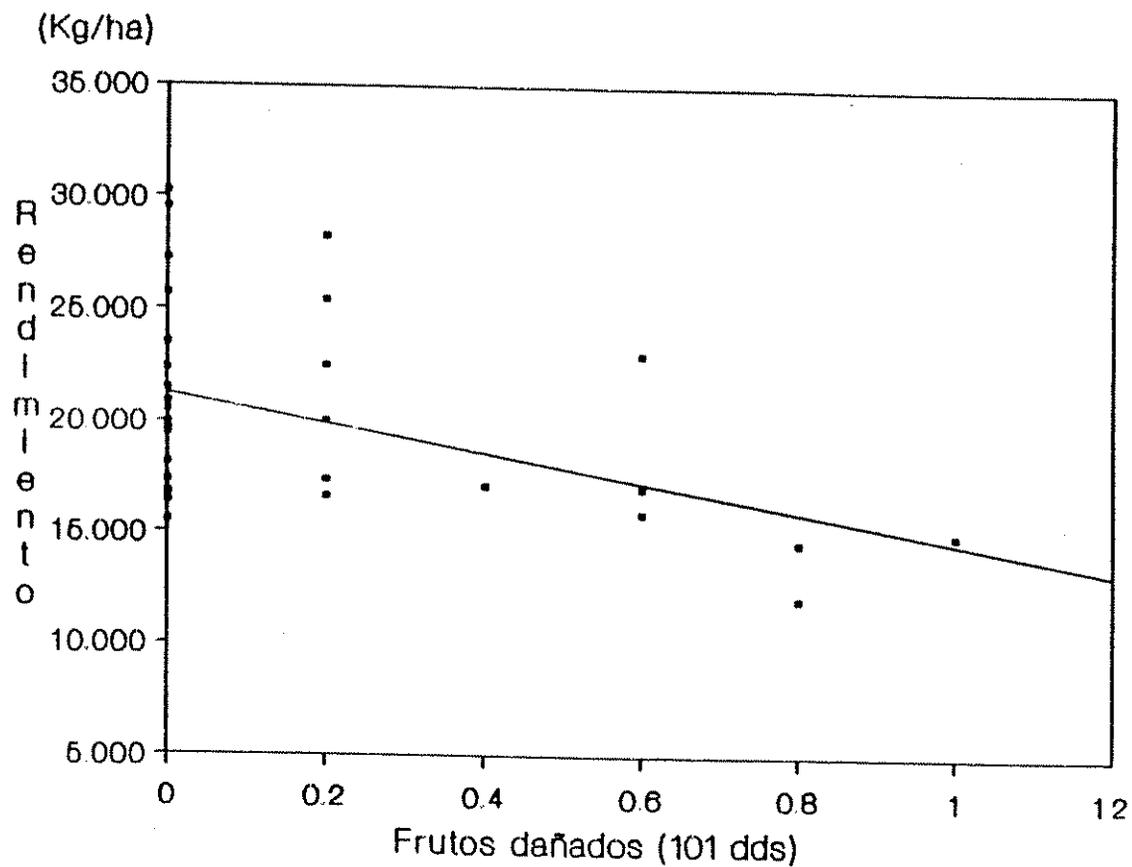


Figura 5. Relación entre el rendimiento del cultivo de tomate (Y) y el número de frutos dañados por *K. lycopersicella* registrado a los 101 dds (x):
 $Y = 21272 - 6621,87 x$; $r^2=0,73$; $P>T=0,03$; $n=33$.

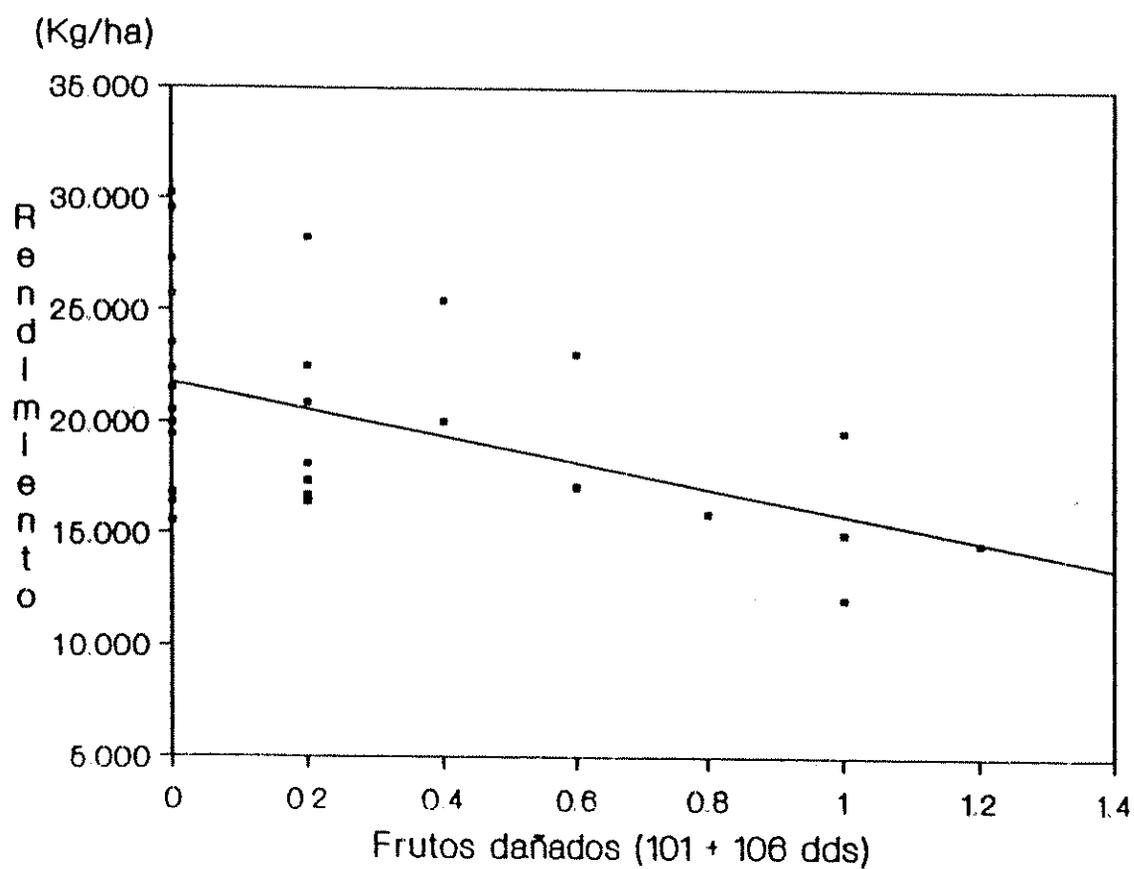


Figura 6. Relación entre el rendimiento del cultivo de tomate (Y) y el número de frutos dañados por *K. lycopersicella* acumulado entre 101 y 106 dds (x):
 $Y = 21745 - 5889,02 x$; $r^2=0,78$; $P>T=0,008$; $n=33$.

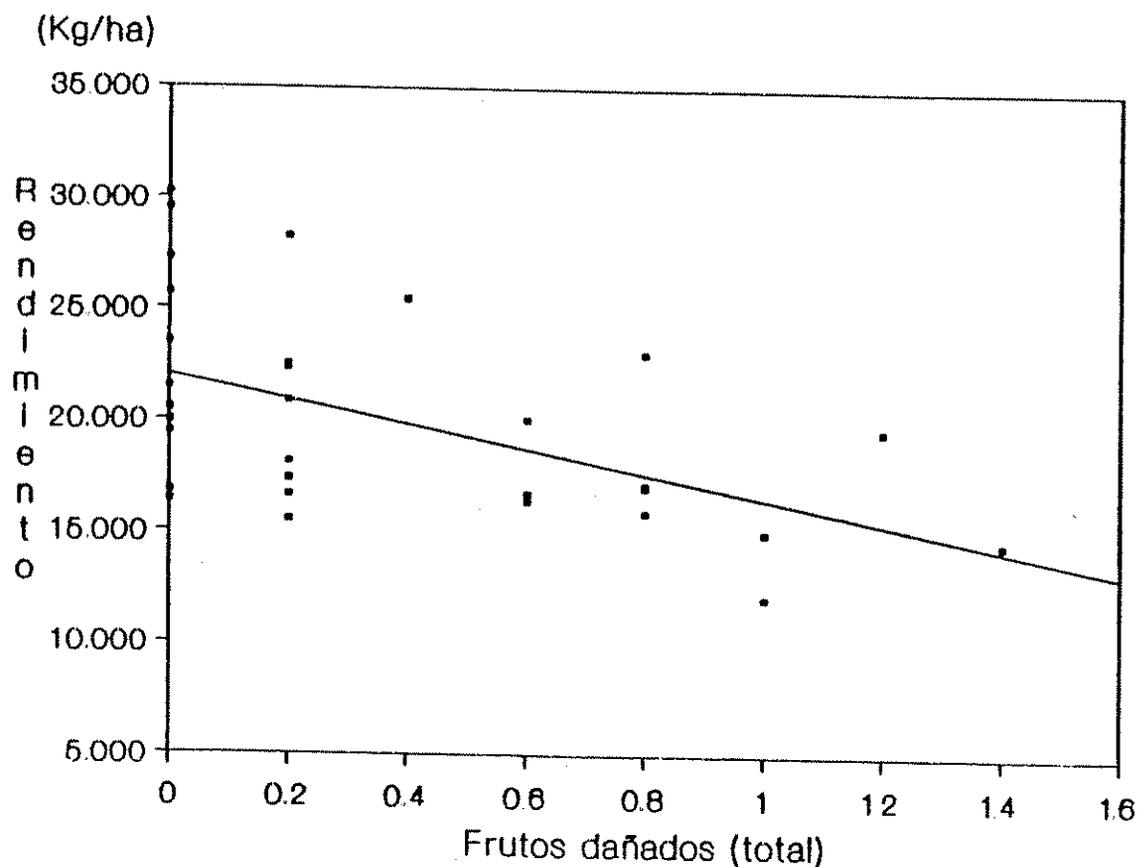


Figura 7. Relación entre el rendimiento del cultivo de tomate (Y) y el número acumulado de frutos dañados por *K. lycopersicella* en los recuentos realizados en todas las fechas de muestreo (x):
 $Y = 22049 - 5539,62 x$; $r^2 = 0,66$; $P > T = 0,014$; $n = 33$.

Cuadro 1. Resultados de la prueba de falta de ajuste al modelo lineal para las ecuaciones entre rendimiento del cultivo de tomate y las variables abajo mencionadas, parámetros estimados, error estándar de los parámetros, probabilidad y coeficiente de determinación.

VARIABLES:

número de larvas de *K. lycopersicella* registrado a los 101 dds (L101), número de frutos dañados por *K. lycopersicella* a los 101 dds (F101), número de frutos dañados por *K. lycopersicella* a los 106 dds (F106), número de frutos dañados acumulados entre 101 y 106 dds (F1016) y número total de frutos dañados (FDT).

Variable	Falta de ajuste	Ajuste modelo lineal	Parámetros estimados		P>T	r ²
			Mod. lineal	Error est.		
L101	0,836 NS	0,282 NS	int=20932 x=-2545,62	1143,88 2435,41	0,19	0,38
F101	0,408 NS	0,043 **	int=21272 x=-6621,87	866,42 2566,80	0,03	0,73
F106	0,129 NS	0,873 NS	--	--	--	--
F1016	0,512 NS	0,024 **	int=21745 x=-5889,02	912,02 2003,26	0,008	0,78
FDT	0,188 NS	0,028 **	int=22049 x=-5539,62	933,76 1734,86	0,014	0,66

Cuadro 2. Funciones para estimar el nivel de daño económico para larvas de *K. lycopersicella* para una misma condición biológica ($\mu = 2545,62$), suponiendo el uso de diferentes productos para controlar la plaga y distintos precios de venta para el tomate (variaciones de precio según la época del año). El precio de los plaguicidas mencionados no varió en el período *. Los cálculos se presentan en función del grado de supresión de la plaga (S) **.

Plaguicida utilizado y costo de aplicación (producto + mano de obra)	Precio tomate (¢/kg) en la finca (1988)			
	02/08 36,25	04/03 20,70	02/09 9,00	13/05 6,10
Ambush 50 CE (100 cc/ha) ¢2305,00	0,025/S	0,043/S	0,100/S	0,148/S
Ambush 50 CE (200 cc/ha) ¢3250,00	0,035/S	0,061/S	0,142/S	0,209/S
Cymbush 20 E (200 cc/ha) ¢2233,00	0,024/S	0,042/S	0,097/S	0,144/S
Pounce 3,5 E (200 cc/ha) ¢2160,50	0,023/S	0,041/S	0,094/S	0,139/S
Dipel 3,5 PM (500 g/ha) ¢2047,00	0,026/S	0,045/S	0,105/S	0,155/S
Lannate 24 E (1,6 l/ha) ¢8163,50	0,088/S	0,155/S	0,356/S	0,525/S
Tamaron 600 (1,05 l/ha) ¢2588,00	0,028/S	0,049/S	0,113/S	0,166/S

* El costo de la aplicación del plaguicida es variable en cada sistema de producción.

** El grado de supresión de la plaga (S) es un porcentaje y se puede suponer que varía dentro del rango de 50 a 90 por ciento, proporcionando el correspondiente aumento en el valor del nivel de daño económico.

Anexo 1

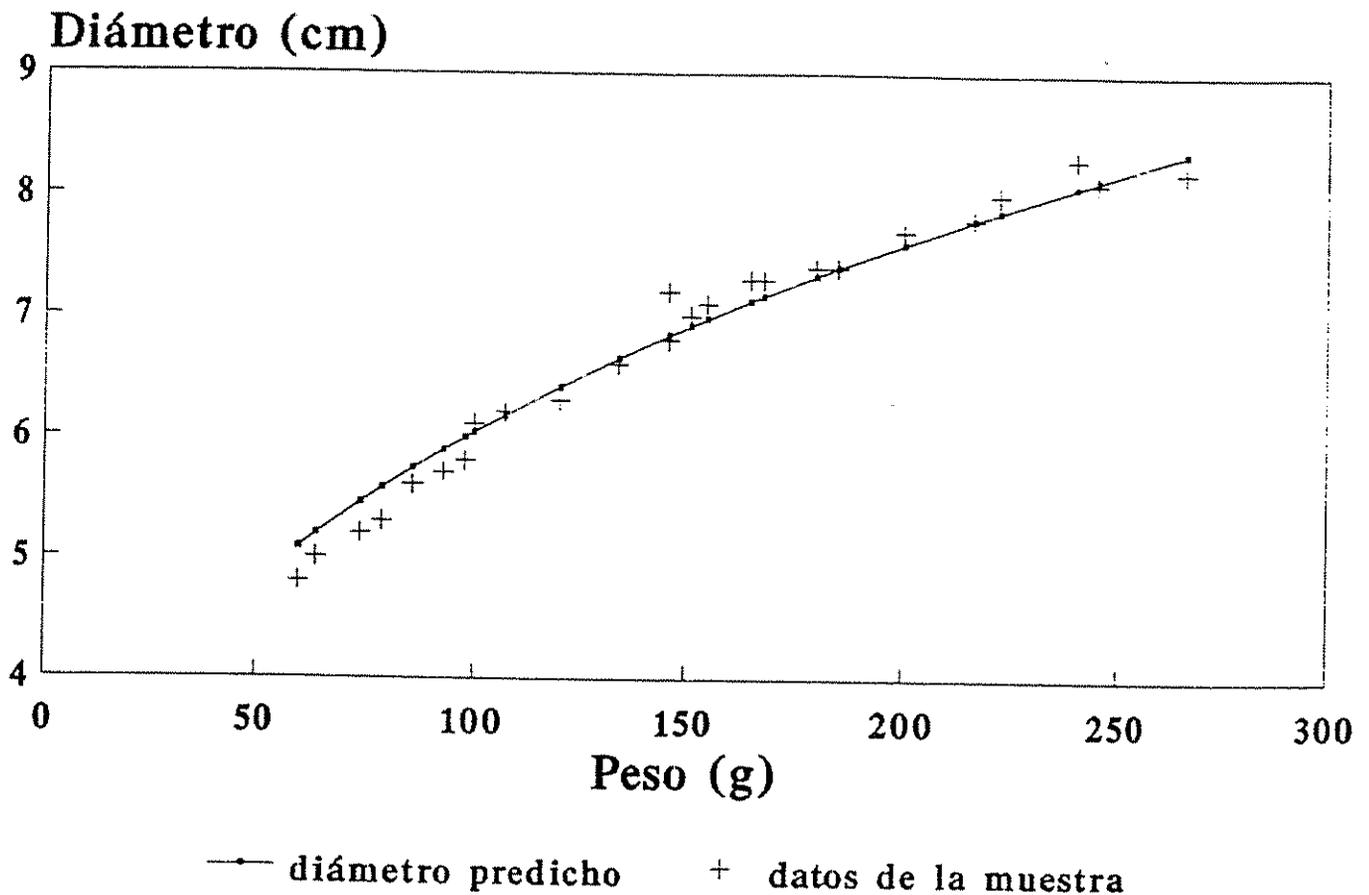
Tratamientos: número de larvas infestadas por planta y época de infestación

Tratamiento	Número de larvas/planta/fecha	
	27/03	17/04
01*	0	0
02	1	0
03	2	0
04*	4	0
05	8	0
06*	12	0
07	0	1
08	0	2
09*	0	4
10	0	8
11*	0	12
12*	4	4
13*	4	12
14*	12	4
15*	12	12

Los tratamientos marcados con * corresponden a las combinaciones de 0, 4 y 12 larvas por planta en las dos fechas de infestación.

Anexo 2

Relación entre el diámetro y el peso de 25 frutos de tomate sanos y maduros seleccionados al azar.



Relación entre el diámetro (Y), en centímetros, y el peso (x), en gramos, de frutos maduros de tomate. Los datos se obtuvieron a partir de una muestra al azar compuesta de 25 frutos sanos.

$$Y = 1,299 x^{1/3}; \quad r^2 = 0,99; \quad P > T = 0,0001.$$

Nota: El peso y el diámetro están relacionados a través de $P = kV = k\pi D^3 / 12$; donde: P = peso, k es una constante, V = volumen, D = diámetro. Se ajustó el modelo $D = b P^{1/3}$.