

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

UMBRALES DE ACCIÓN PARA EL CONTROL QUÍMICO DE LA MOSCA DEL
CHILE DULCE Neosilba sp (Diptera:Lonchaeidae)

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

ALVARO GUSTAVO HERNANDEZ DAVILA

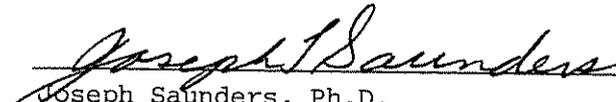
Turrialba, Costa Rica

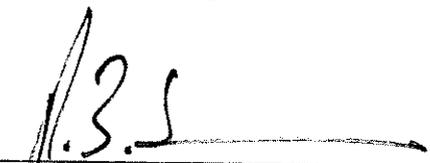
1989

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 al grado de:

MAGISTER SCIENTIAE

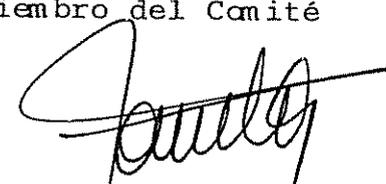
COMITE ASESOR:

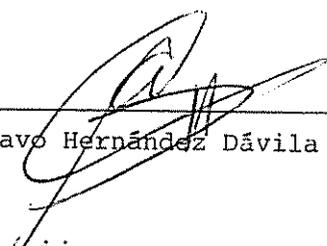

Joseph Saunders, Ph.D.
Profesor Consejero


Philip Shannon, M.Sc.
Miembro del Comité


Octavio Ramírez, Ph.D.
Miembro del Comité

Miembro del Comité


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


Alvaro Gustavo Hernández Dávila
Candidato

DEDICATORIA

A DIOS : Por permitirme culminar satisfactoriamente mis estudios de posgrado, convivir y alentarme con su espíritu, eterna gratitud.

A MIS PADRES :

Cecilio Octavio Hernández Gómez

María del Rosario Dávila de Hernández

A MI ESPOSA : María H. Estrada Pérez

A MIS HIJOS : Henry Estuardo y Lourdes Virginia

A MIS HERMANOS Y HERMANAS

AL PERSONAL DE LA ESTACION EXPERIMENTAL LA MONTAÑA

A LOS PRODUCTORES DE CHILE DE COSTA RICA Y GUATEMALA

A LOS COMPAÑEROS DE ESTUDIOS DE MAESTRIA DE LA

PROMOCION 87-89, ESPECIALMENTE A LOS ESTUDIANTES

DEL PROYECTO MIP-CATIE PROMOCION 87-89.

Por el esfuerzo manifiesto en la presente tesis expreso mi agradecimiento, amor, respeto y admiración, espero contar con su humilde amistad.

AGRADECIMIENTO

Deseo expresar profundo agradecimiento a :

Dios por permitirme culminar satisfactoriamente mis estudios de posgrado en el proyecto Manejo Integrado de Plagas del CATIE e introducirme al fascinante mundo de la Entomología y la Fitoprotección Regional

Al comite asesor: Joseph Saunders Ph.D., Philip Shannon M.Sc., Peter Rosset Ph.D., James French Ph.D. y Octavio Ramirez Ph.D. Por su acertado asesoramiento y constante apoyo en la realización de la investigación, por las atinadas sugerencias y comentarios en la revisión del documento final de tesis.

A Philip Shannon: por su incondicional apoyo, estímulo y experiencias compartidas en la realización de la investigación y redacción del documento final de tesis.

A Helga Blanco: Asistente, por su atinada ayuda en los trabajos de campo, por su estímulo y su amistad compartida durante la ejecución de la tesis. Mi respeto y admiración.

A Gustavo Calvo: Asistente, por su valiosa ayuda en los análisis estadísticos y económicos.

A Hugo Antonio Tobías Vásquez y Familia: Por su apoyo, amistad y constante estímulo durante la realización de los estudios de posgrado

A Arnoldo Barrantes: administrador de la estación experimental La Montaña, CATIE, por su ayuda y apoyo brindado en el campo durante el desarrollo de la investigación.

Al Personal de Campo de la Estación Experimental la Montaña: Por su amistad, respeto y por los momentos agradables compartidos en el estación, asimismo por el esfuerzo físico manifiesto en los trabajos de campo. que el supremo depare bendiciones sobre ustedes.

A la Oficina Regional Para Centro América y Panamá de la Agencia Internacional para el Desarrollo de los Estados Unidos (ROCAP-AID), por el apoyo y financiamiento de la beca proporcionada.

Al Proyecto Manejo Integrado de Plagas en Costa Rica.

Al Personal del Proyecto Manejo Integrado de Plagas MIP CATIE Turrialba, Costa Rica.

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

Al Amigo José Ramírez, Coordinador de Capacitación

A Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, por el apoyo brindado.

A mis amigos de la Subarea de Protección de Plantas, de la Facultad de Agronomía, especialmente a José de Jesus Castro Umaña Ph.D., por las experiencias compartidas.

Al grupo de técnicos del proyecto MIP-CATIE,
especialmente a Mario Pareja Ph.D.

A mis amigos del personal de la Biblioteca Orton.

Al personal del Centro de Cómputo especialmente a
Javier López, Gustavo López y Pedro Ferreira Ph.D.

A mis amigos chapines: Edwin Oliva, Rudy Herrera,
Karla Monterroso, Carlos Fuentes, Helda Morales, Wilfredo
Díaz, Angel Arce, por todos los momentos de estudio y
aventuras felices compartidas.

A mis amigos y compañeros de promoción MIP 87-89, por
todas las experiencias compartidas durante el estudio.

Al amigo Julio Zúñiga por su amistad y la ayuda brinda
con su equipo de computación.

A todo el personal del Programa de Estudios de
Posgrado del CATIE por su ayuda y cooperación.

Al personal de Producción de medios del CATIE, por toda
la colaboración prestada.

BIOGRAFIA

El autor nació el 21 de Diciembre de 1955, en la ciudad de Guatemala, Guatemala. Cursó sus estudios en el Instituto Nacional Rafael Aqueche e Instituto Técnico de Agricultura, I.T.A., Bárcena Villa Nueva y Facultad de Agronomía de la Universidad de San Carlos de Guatemala, donde obtuvo los títulos de Perito Agrónomo e Ingeniero Agrónomo respectivamente.

Laboró desde mayo de 1976 a marzo de 1978 en el Banco Nacional de Desarrollo Agrícola, BANDESA como Agente de crédito agrícola. Durante los años 1980 y 1981 se desempeñó como profesor de cátedra I y profesor de cátedra II y profesor titular de diferentes asignaturas en el campo de la Protección vegetal y Sistemas de Producción agrícola de la Facultad de Agronomía, de la Universidad de San Carlos de Guatemala. En 1983-1987 trabajó como catedrático titular de los cursos de Entomología y Plaguicidas agrícolas.

En setiembre de 1987 ingresó al Programa de Estudios de Posgrado del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.

Realizó su investigación con el Proyecto Manejo Integrado de Plagas del CATIE y se graduó de Magister Scientiae en setiembre de 1989.

CONTENIDO

	Pagina
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Biografía.....	vii
Indice.....	viii
Resumen.....	x
Summary.....	xii
Lista de cuadros.....	xiv
Lista de figuras.....	xv
1. INTRODUCCION.....	1
2. REVISION DE LITERATURA.....	3
2.1 Taxonomía y distribución.....	4
2.2 Características generales de la mosca del chile y su daño.....	5
2.3 Monitoreo de la plaga.....	7
2.4 Umbrales de acción	8
3. MATERIALES Y METODOS.....	12
3.1. Ubicación del estudio.....	12
3.2. Condiciones climáticas.....	12
3.3. Metodología experimental.....	13
3.3.1. Diseño y unidades experimentales..	13
3.3.2. Tratamientos.....	13
3.3.3. Variables de estudio.....	14
3.4. Muestreos de frutos caídos.....	15
3.5. Manejo Agronómico.....	16

3.6. Análisis del experimento.....,...	21
4. RESULTADOS Y DISCUSION.....	22
4.1. Frutos caídos de chile dulce y número de aplicaciones de acefato.....	22
4.2. Rendimientos de frutos de chile dulce	26
4.3. Análisis económico	29
5. CONCLUSIONES.....	35
6. LITERATURA CITADA.....	36
7 . APENDICE.....	40

Hernández D., A. G. 1989. Umbrales de acción para el control químico de la mosca del chile dulce Neosilba sp (Diptera:Lonchaeidae)

Palabras claves:

Costa Rica, Capsicum annuum , umbral de acción, control químico, chile dulce, Lonchaeidae, Neosilba, acefato.

RESUMEN

El estudio se realizó en el Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), Turrialba, Costa Rica.

En el cultivo de chile dulce (Capsicum annuum L.) se evaluaron cinco tratamientos: tres umbrales de acción, la aplicación semanal del insecticida acefato y un testigo absoluto (sin aplicación de acefato) para el manejo de la mosca del chile dulce, Neosilba sp.

Se contaron los frutos caídos y se midió el efecto que tuvieron los tratamientos sobre el rendimiento de chile dulce de primera, segunda y tercera clase.

El menor promedio de frutos caídos fue de 0,304, que corresponde a las 16 aplicaciones semanales de acefato; el mayor promedio de frutos caídos fue de 1,066, que corresponde al tratamiento sin aplicación de acefato.

Con las aplicaciones de acefato basadas en los umbrales de acción se redujo el número de frutos caídos, comparado con el tratamiento sin aplicación de acefato. Asimismo, cuando se comparó el testigo y los umbrales de acción con la aplicación semanal de acefato, éste redujo significativamente el número de frutos caídos.

No existieron diferencias de rendimientos de frutos de primera y segunda clase, ni ganancia económica para los tratamientos. Por lo tanto, en función del rendimiento de chile dulce de primera y segunda clase y de los costos del manejo de Neosilba sp, parece no ser conveniente aplicar plaguicidas en el control de la mosca del chile.

Hernández D., A. G. 1989. Action threshold for the chemical control of pepper fly Neosilba sp (Diptera:Lonchaeidae)

Key words:

Costa Rica, Capsicum annuum, action threshold, chemical control, pepper fly, Lonchaeidae, Neosilba, acephate.

SUMMARY

The study was carried out at the Tropical Agronomic Research and Teaching Center (CATIE), in Turrialba, Costa Rica.

Five treatments were evaluated in Capsicum annuum: three action thresholds, weekly applications of acephate, and an absolute control treatment (no acephate application) to manage pepper fly, Neosilba sp.

Fallen fruits were counted and the effect of treatments of first, second and third fruit class on yields was measured.

The lowest average of fallen fruits was 0,304, corresponding to 16 weekly acephate applications; the highest average was 1,066, corresponding to the absolute control treatment.

Acephate applications based on action thresholds caused a reduction in the number of fallen fruits, when compared with the absolute control treatment.

Also, when absolute control and action threshold treatments were compared with the weekly application of acephate, the latter caused a strong reduction in number of fallen fruits.

There were no differences in yields of first and second fruit classes, nor profits for any treatment. Thus, based on of first and second class fruits yields and on Neosilba sp management costs, it seems that it is not convenient to apply pesticides to control this pest.

LISTA DE CUADROS

			No página
En el texto			
1.	Clasificación de los frutos de chile dulce (<u>Capsicum annuum</u> L.) cosechados según su peso, longitud y diámetro, Costa Rica, 1989.	20	
2.	Respuesta de los frutos caídos de chile dulce (<u>Capsicum annuum</u> L.) en el manejo de la mosca del chile dulce, Turrialba, Costa Rica, 1989.	24	
3.	Rendimiento de chile dulce obtenido con el uso de umbrales de acción para el control químico de <u>Neosilba</u> sp, Costa Rica, 1989.	28	
4.	Análisis de dominancia para rendimiento de de primera y segunda clase, en el manejo de la mosca del chile dulce, Costa Rica, 1989.	31	
5.	Análisis marginal para rendimiento de primera y segunda clase, en el manejo de la mosca del chile dulce, Costa Rica, 1989.	32	
En el apendice			No página
1.	Análisis estadístico de los frutos caídos de chile dulce, Turrialba, Costa Rica, 1989.	41	
2	Análisis estadístico de los rendimientos de chile dulce (g/planta), Turrialba, Costa Rica, 1989.	42	
3.	Presupuesto parcial para el rendimiento de primera y segunda clase obtenido en el manejo de la mosca del chile dulce, Turrialba, Costa Rica, 1989.	43	
4.-	Precios y volúmenes comercializados de chile dulce en Costa Rica, 1988.	44	

LISTA DE FIGURAS

En el texto

No página

- | | | |
|----|--|----|
| 1. | Promedio de frutos caídos dañados/planta/
(FCDPS) semana acumulados durante 16 semanas
bajo condiciones diferentes de uso de
acefato. | 23 |
|----|--|----|

INTRODUCCION

En Costa Rica se cultivan 7.701 ha de solanáceas, las cuales incluyen 166 ha cultivadas con chile dulce (FAO 1988).

Para 1987, Costa Rica exportó 11.695 kg de chile dulce con un valor de US \$ 8422 (Chile 1989).

En la producción comercial de chile dulce, la FAO (1988) reportó de 10 a 40 % de pérdidas económicas debidas al ataque de insectos y enfermedades. Uno de los insectos que causa daño económico en este cultivo es la mosca del chile dulce (Neosilba sp). El daño causado por este insecto es mayor en ciertas zonas de Costa Rica y Panamá, debido a la presencia de un complejo insecto enfermedad.

La mayoría de los agricultores desconocen las características del daño y el agente causal de la caída del fruto de chile dulce. Además, utilizan en exceso un conjunto de productos químicos tales como insecticidas sistémicos, piretroides y fungicidas en un intento de prevenir la caída del fruto. Las aspersiones periódicas las realizan sin tener criterios de decisión que indiquen cuando aplicar los plaguicidas basados en criterios económicos. El efecto final es un elevado costo de producción del cultivo.

El manejo de plagas se logra a través de conocer y entender los sistemas biológicos de las plagas y de la selección apropiada de acciones de combate. También, deben considerarse las consecuencias de carácter ecológico y económico que dichas acciones tendrán en el sistema agrícola (Horn 1988).

En el manejo de plagas es básico realizar evaluaciones de pérdidas de cosecha. Una de las herramientas necesarias para estimar las pérdidas que causan las plagas es a través de la determinación de umbrales de acción o niveles de daño económico (Ruesink y Kogan 1975).

La hipótesis planteada fue que los tratamientos umbrales de acción un fruto caído promedio por planta por semana; dos frutos caídos promedio por planta por semana; tres frutos caídos promedio por planta por semana; si disminuyen el número de frutos caídos, y por lo tanto aumentan el rendimiento de chile dulce.

El objetivo fue evaluar tres umbrales de acción y la práctica semanal de aplicación del insecticida para el control químico de la mosca del chile dulce.

2. REVISION DE LITERATURA

La producción de flores y frutos de Chile es afectada por la caída prematura de sus estructuras reproductivas como una respuesta fisiológica de la planta a la abscisión natural y al estrés ambiental y biótico (López Vargas 1985; Shannon 1987a; Wien et-al 1988a, 1988b). Las causas que provocan dicha abscisión son:

Estrés ambiental

- a. Extremos de temperatura.
- b. Falta de humedad o sequía.
- c. Bajas condiciones de luz.
- d. Desbalance de nutrientes minerales.

Estrés biótico

- a. Presencia de patógenos que causan enfermedades (Virus, entre otras).
- b. Presencia de poblaciones de insectos.

Otros factores

- a. Cantidad de frutos por planta y peso de los mismos.

De estas causas, las altas temperaturas son las más importantes. Combinaciones de alta temperatura con estrés de sequía o con bajas condiciones de luz provocan una abscisión más severa que el estrés individual (Wien et-al 1988a).

El estrés ambiental conduce a la abscisión temprana de flores, por lo tanto, el periodo de fecundación, el cuajado de frutos y los siguientes periodos de floración son retardados (Wien et-al 1988a).

Por estrés biológico causado por insectos se cita a Neosilba sp y a Anthonomus eugenii Cano, los cuales ovipositan en yemas florales y frutos en desarrollo. Las larvas de estos insectos completan su desarrollo dentro del fruto, y a veces empupan dentro del mismo (Andrews 1984; Pacheco 1987).

Los adultos de la mosca y del picudo son generalmente encontrados cerca de botones florales.

Neosilba sp causa la caída prematura del fruto e indirectamente favorece la pudrición de frutos (Shannon 1987a; CATIE 1988a), mientras que los frutos infestados por el picudo resultan deformes causando también la abscisión prematura de frutos jóvenes (Andrews 1984; Andrews et-al 1986; Pacheco 1987).

2.1. Taxonomía y distribución

Se ha identificado quince especies del género Neosilba basados en características morfológicas de los imagos y la comparación de la genitalia de hembras y machos (McAlpine y Steyskal 1982).

Tres nombres de géneros "Neosilba", "Lonchaea" y "Silba" se han utilizado frecuentemente y han confundido la literatura entomológica (King y Saunders 1984; Korytkowski y Ojeda 1971). Sin embargo, Neosilba incluye las especies de Lonchaea, pero no así las especies del género Silva. El género Silva que es el grupo hermano de Neosilba el cual está restringido a las regiones tropicales y subtropicales del viejo mundo. Por lo tanto las especies neotropicales que aparezcan en las américas con el género Silva (Korytkowski y Ojeda 1971) corresponden al género Neosilba (McAlpine y Steyskal 1982).

Los hospederos de Neosilba sp son variados, es así como Neosilba certa (Walker) un invasor secundario prefiere a las vainas de Inga faqifolia e Inga vera, probablemente en asociación con un invasor primario. Neosilba perezii (Romero y Ruppel) es registrada como la plaga primaria de Manihot esculenta y las especies N. glaberrima, N. major, y N. pseudopendula causan serios daños a frutos de chile picante y dulce: Capsicum frutescens y C. annum en la Región Mesoamericana y Silvania, Colombia (McAlpine y Steyskal 1982).

Para las regiones de Costa Rica y Panamá se reporta a Neosilba sp atacando al chile dulce en las localidades de: Turrialba, Paraiso, Grecia y Naranjo, Costa Rica y en David, Boquete y Alanje, Panamá (CATIE 1988a; Shannon 1987a).

2.2. Características de la mosca del chile y su daño

Se conoce muy poco de la biología, dinámica y control de Neosilba sp. Se hace referencia a Neosilba perezii distribuida en territorio costarricense, cuyo ciclo de vida es: 4 días para estado de huevo, de 21 a 25 días para larva, de 26 días para pupa y para el adulto no se reporta duración (King y Saunders 1984).

La duración en días de los estados inmaduros de Neosilba perezii, para 3 temperaturas constantes fue variable. Con una temperatura de 21,1 °C, el estado de huevo dura 3,6 días, 26,3 días para el estado de larva y 19,2 días para el estado de pupa. La longevidad del adulto varía de 13,5 días para la hembra y de 10,1 días para el macho (Waddill 1978).

La mosca del chile oviposita de dos a siete huevos bajo el cáliz del fruto, desde recién cuajados (mayoría) hasta frutos maduros. Los huevos son blanquecinos, alargados y algo curvados elongadamente, teniendo un tamaño aproximado de 1 a 2 mm de largo (Shannon y Carballo 1988).

Las larvas penetran y se alimentan de las semillas o de la pared interna del fruto. La mayoría de los frutos atacados de inmediato muestran necrosis o pudrición que se inicia en el sitio de la oviposición, o una mancha blanquecina o amarillenta que llega a necrosarse y luego el fruto sufre abscisión. Un fruto dañado muestra al inicio agujeros o perforaciones con un diámetro menor o igual a un alfiler de costurera (Shannon 1987a y b).

Los frutos afectados se caracterizan también por la presencia del corion (cáscara de huevo) debajo del cáliz. Cuando el fruto dañado queda adherido a la planta, en término de 3 a 6 días comienza a mostrar síntomas de pudrición. La mayoría de frutos afectados se caen durante la etapa temprana de la pudrición. Algunos frutos pequeños pueden no mostrar síntomas de pudrición.

Pruebas de patogenicidad efectuadas en el laboratorio y en el campo determinaron que las especies Pseudomonas fluorescens, Erwinia carotovora, y Erwinia nigrifluens son los agentes causales de la necrosis del chile asociadas a la mosca del chile (Jimenez et-al 1989). Estas bacterias necesitan de una herida en el fruto para invadir y producir el síntoma típico de la enfermedad.

De esta manera los dipteros se asocian con los patógenos y causan la necrosis. Pero pueden estar presentes los patógenos en frutos sanos probablemente por el salpique de la lluvia (Jimenez et al 1989).

La necrosis de los frutos de chile se desarrolla en principio por el daño que causan las larvas de loncheidos. Después de un periodo de lluvia, los frutos presentan una acumulación de agua en las zonas de invaginación del pedunculo y corona, la cual también permite la entrada de patógenos a través del daño realizado (López Vargas 1985).

2.3. Monitoreo de la plaga

El muestreo de plagas es necesario realizarlo periódicamente con el objeto de conocer fluctuaciones poblacionales, niveles criticos o umbrales de acción, que permitan señalar si es o no justificado el control de las plagas. El método de muestreo usado varia con respecto a la plaga en estudio y a las características del cultivo. También se deberá considerar la etapa fenológica de la planta en donde la plaga causa el mayor daño (Andrews 1984).

La distribución espacial de las muestras determinadas en el muestreo debe hacerse con la metodología estadística, azar simple, al azar estratificado o muestreo sistemático (Barfield 1986).

El número de muestras dependerá del tamaño del terreno sembrado, la plaga estudiada y la precisión deseada. Para granos básicos, la Escuela Agrícola Panamericana, Honduras, recomienda tomar cinco muestras en sitios diferentes para un área no mayor de 25 hectáreas (Andrews 1984).

El muestreo de insectos puede realizarse a través de la inspección visual, red entomológica y el método de la milésima de hectárea (Andrews 1984; Barfield 1986). Pero el número de muestras a tomar dependerá de la precisión deseada.

El monitoreo de Neosilba sp en Panamá se realizó por medio de la trampa para coleccionar mosca de la fruta tipo Mcphail a razón de una trampa por hectárea. Como atrayente alimenticio se utilizó proteína hidrolizada (Gray 1988).

2.4. Umbrales de acción

Se define el umbral económico como "La densidad poblacional de la plaga donde el productor debe iniciar la acción de control para evitar que la población sobrepase el NDE (nivel de daño económico) en el futuro" (Hruska y Rosset 1987).

Es difícil calcular el umbral económico porque este depende de factores biológicos y económicos. Algunas veces puede ser tomado arbitrariamente según el punto de vista entomológico. También puede ser seleccionado con buen juicio o criterio del entomólogo. Los umbrales económicos ayudan a la toma de decisiones para hacer efectivo el control químico de las plagas insectiles evitando el uso inadecuado de los plaguicidas y la contaminación ambiental (Hruska y Rosset 1987; Horn 1988).

Existe además el criterio del uso del umbral de acción donde el umbral corresponde a una densidad de larvas por hoja. Esta técnica entomológica es útil para obtener niveles de decisión adecuados en el control de las plagas (Hruska y Rosset 1987).

Para Costa Rica el uso de umbrales de acción han permitido reducir aplicaciones de plaguicidas de 73 a 50% en campos experimentales de manejo integrado de plagas del chile dulce, con respecto a los tratamientos que hacen los agricultores (FAO 1988).

Los umbrales de acción son utilizados en experimentos donde cada tratamiento puede corresponder a un umbral de acción cuya selección se hace para tener una aproximación real del efectivo control de plagas.

Sears et-al, citado por Hruska y Rosset (1987) propone que cuando se efectua la prueba de los umbrales de acción o niveles criticos primero debe efectuarse el análisis de varianza para comparar los umbrales, los rendimientos, el numero de aplicaciones y las ganancias netas. Posteriormente se efectua el análisis de regresión y se calcula el nivel de daño económico, segun la metodologia propuesta por los mismos autores. Debe tenerse presente que la relación daño-planta Vs rendimiento algunas veces es dificil de obtener y no llega a ser función lineal. Asimismo las formulas para el calculo del NDE sólo existen cuando se presenta la relación lineal o cuadrática (Hruska y Rosset 1987).

Para el cálculo del nivel de daño económico (NDE), se utiliza los umbrales de acción como la densidad potencial de la plaga y relacionan con el beneficio obtenido del cultivo para estimar la curva de beneficio. También debe estimarse la curva de costos a través de la relación costo de control de la plaga y densidad del insecto (Horn 1988).

Con la combinación de la curva de costo y beneficio, relacionada con la densidad de la plaga por medio de las derivadas se puede obtener el nivel de daño económico que maximice ganancias (Horn 1988).

Para la estimación de los umbrales de acción o niveles de daño económico, se debe conocer las relaciones entre población de la plaga y rendimientos, relación entre control y densidad de la plaga, costo del control y valor del producto (French 1987; Hruska y Rosset 1987).

El uso de umbrales de acción ha sido aplicado a muchas plagas agrícolas. Como ejemplo se menciona al umbral de acción para Anthonomus eugenii, que corresponde a uno o dos picudos adultos por 100 terminales (Andrews et-al 1986).

Para el cálculo del nivel de daño económico, se puede tomar como base los umbrales de acción evaluados utilizando para el efecto dos metodologías: La primera es a través del análisis económico según Perrin et-al (1976) (Presupuesto parcial, dominancia, marginal y costo de oportunidad del dinero). La segunda es para el cálculo de la estimación de los niveles de daño económico para plagas agrícolas (French 1987; Hruska y Rosset 1987).

El análisis económico permite conocer cual de los umbrales de acción evaluados es el mejor cuando se compara las tasas de retorno marginal y el costo de oportunidad del dinero (Perrin, et al 1976; Reichelderfer et-al 1985).

También se puede averiguar que tan sensible (análisis de sensibilidad) es el umbral de acción recomendado cuando se disminuye o aumenta el precio de los productos cosechados (French 1987; Calvo et-al 1989).

3. MATERIALES Y METODOS

3.1. Ubicación del estudio

El estudio se llevó a cabo en la estación experimental La Montaña del CATIE, Turrialba, Costa Rica, ubicada a $9^{\circ} 53'$ latitud norte y $83^{\circ} 39'$ longitud al oeste del meridiano de Greenwich.

3.2 Condiciones Climáticas

El experimento se sitúa en la Zona de Vida Bosque muy Humedo Premontano Tropical. El suelo es de textura arcillosa, pH 5,1 clasificado como typic humitropept de textura fina (CATIE 1988b).

La estación experimental se encuentra a una altitud de 600 msnm, con una temperatura media anual de $22,2^{\circ}\text{C}$ (promedio de 20 años), máxima de $26,4^{\circ}\text{C}$ y mínima de 18°C . Su precipitación media anual es de 2.673 mm (promedio de 34 años). La humedad relativa de 87,4% (promedio de 21 años), la evaporación diaria promedio es de 3,99 mm (promedio de 20 años) y la radiación diaria es de $423,72 \text{ cal/cm}^2/\text{día}$ (promedio de 14 años).

3.3 Metodología Experimental

3.3.1 Diseño y Unidades experimentales

Las unidades experimentales se aleatorizaron en un diseño cuadrado latino 5 X 5, donde se evaluaron cinco tratamientos.

Las parcelas se situaron a distancias de 2 m entre filas y entre columnas, para minimizar la deriva de las aplicaciones de acefato y el evitar el microclima que favorece el crecimiento de enfermedades fitopatológicas.

Las dimensiones de la parcela bruta fueron 5 m x 7 m, las plantas de chile se sembraron 1,4 m entre surcos y 0,5 m entre plantas. El número total de plantas por parcela bruta correspondió a 50, teniendo dos surcos de borde y cabeceros de 0,5 m por lado.

La parcela neta de 4 m X 4,2 m tuvo 3 surcos de 4 m de largo separados a 1,4 m y con un total de 24 plantas. La densidad calculada por hectárea fue de 14.285 plantas .

3.3.2. Tratamientos

Tratamiento 1: Umbral de acción 1. Aplicación de acefato en la parcela cuando se registrara en promedio un fruto caído dañado por la mosca del chile por planta por semana.

Tratamiento 2: Umbral de acción 2. Aplicación de acefato en la parcela cuando se registrara en promedio dos frutos caídos dañados por la mosca del chile por planta por semana.

Tratamiento 3: Umbral de acción 3. Aplicación de acefato en la parcela cuando se registrara en promedio tres frutos caídos dañados por la mosca del chile por planta por semana.

Tratamiento 4: aplicación semanal de producto químico acefato (Orthene SP 95).

Tratamiento 5: testigo absoluto. Sin ninguna aplicación química o medida de control de insectos.

3.3.3. Variables de Estudio

1. Numero de frutos caídos de chile dulce por planta por semana.

2. Producción de frutos sanos (Kg) al momento de cada corte, los frutos se clasificaron en tres clases primera, segunda y tercera.

3. Numero de aplicaciones del producto químico acefato y cantidad de ingrediente activo (i.a.) usado.

3.4. Muestreo de frutos caídos

Teniendo en cuenta el fenómeno de abscisión se decidió escoger la metodología de muestreo de frutos caídos por la mosca del chile dulce. También debido a que las plantas no florecieron al mismo tiempo, se iniciaron los muestreos y la toma de datos cuando aproximadamente el 50% de las plantas se encontraron en floración.

En esta etapa también se iniciaron las aplicaciones semanales de acefato. Este insecticida que fue asperjado en dosis equivalente a 1 Kg/ha i.a. en 600 litros de agua, con una frecuencia de cada 8 días para los correspondientes tratamientos.

El muestreo de frutos caídos dañados y no dañados consistió en contar y observar daños de todos los frutos caídos al suelo. Para el conteo de los frutos caídos se realizaron 16 lecturas semanales consecutivas. Los frutos caídos dañados por la mosca del chile dulce se identificaron por la presencia de huevos o el corion de los huevos de la mosca del chile dulce. También se cuantificó, se recogió y se sacaron fuera de las parcelas en cada muestreo los frutos caídos dañados y no dañados por la mosca del chile dulce.

Se cuantificó el total de frutos caídos dañados y no dañados por parcela neta, el número de frutos dañados se dividió entre el total de las plantas sanas.

El cociente (promedio de número de frutos caídos dañados por planta por semanas) correspondió al umbral de acción estimado, los cuales se tomaron de base para la aplicación del insecticida según el tratamiento. Se anotó para cada parcela el número de aplicación, el volumen de la mezcla utilizada, la cantidad de ingrediente activo y se calculó el costo de control.

3.5. Manejo Agronómico

El cultivo de chile variedad Najera-2 sembrada de setiembre de 1988 a marzo de 1989 se desarrolló en dos fases semillero y campo definitivo. La primera fase consistió en la preparación, fertilización, desinfección y siembra de chile dulce.

En el semillero apareció la enfermedad conocida como damping off provocada por un complejo de hongos, Rhizoctonia solani y Fusarium spp. Para su control se aplicó control captafol y benomyl en dosis de 40 g y 20 g en 16 litros de agua respectivamente con frecuencia de 4 y 6 días.

En el campo definitivo el control de los insectos defoliadores principalmente Epitrix sp., Nodonata parvula, Cerotoma ruficornis rogersi y Diabrotica balteata se efectuó con carbaryl en dosis de 25 g en 16 litros de agua asperjado sobre el follaje (0,5 kg/ha).

Para el control del cortador Agrotis ippsilon se usó phoxim en dosis de 25 cc en 16 litros de agua. Para el zompopo Atta sp, se asperjó el nido con acefato 30 g por 16 litros de agua y luego se aplicó manualmente mirex (zompopex) 30 g por nido de zompopo.

El control de insectos se realizó después del trasplante hasta antes que la plantación presentara un 50% de floración, con el objeto de no interferir con las poblaciones de la mosca del chile dulce.

El patógeno Cercospora sp cuya mancha foliar causa defoliación se controló con cobre, benomyl y captafol. En el fruto apareció un daño de Collectotrichum sp, y Alternaria sp cuyas manchas fueron controladas con cobre.

El inóculo de cada patógeno presente en frutos y hojas caídos al suelo fue erradicado manualmente en cada parcela.

El problema principal en el ensayo fue la bacteriosis causada por Pseudomonas solanacearum aparecido a los 45 días después del trasplante. Como resultado del daño la población de plantas de chile dulce se redujo en un 15% hasta el final del ciclo de cultivo. Para el efecto se tomaron muestras y se efectuó diagnóstico por medio de la técnica del vaso de agua.

Para el diagnóstico correcto se tomaron muestras de plantas con síntomas de cada bloque. Se prepararon soluciones de 10 ml con flujos bacteriales.

Se rayó la bacteria sobre agar nutriente para extraer las bacterias y luego para el cultivo de bacterias se colocaron en medio selectivo de granada (medio MG). Se observaron las colonias color blanco con crecimiento positivo. Las cepas se registraron en el cepario del proyecto MIF-CATIE, bajo los números 411 a 425 de fecha 12-12-1989.

Para control de bacteriosis se aplicó estreptomycin 15% mas terramicina 1,5% (Agrymicin) en dosis de 40 g en 16 litros de agua asperjando la base de las plantas. Luego se aplicó la mezcla de estreptomycin-terramicina (2 g por litro de agua) más cobre (Kocide 101) usando y 2,5 g por litro de agua, de cuya mezcla se utilizó 100 cc y se aplicó en la base del tallo a cada planta.

Las plantas enfermas fueron erradicadas y luego se aplicó formalina 40% al suelo, usando la mezcla de 1 litro del producto comercial en 5 litros de agua. La solución se aplicó al agujero donde estaba la planta hasta cubrir el área del sistema radical.

En la plantación existió una gran densidad de maleza Melampodium sp, hospedero de bacterias causantes de la marchitez del chile dulce. dichas plantas fueron erradicadas manualmente para evitar el flujo bacteriano al cortarse con herramienta manualmente.

El semillero al momento de su preparación y pasados los 15 días fue fertilizado aplicando fertilizante 12-24-12, colocando 25 g por metro lineal (250 Kg/ha).

En la fase de campo definitivo se efectuó muestreo de suelos de 0-20 cm para fertilizar y encalar. Además se tomaron muestras de suelo de 0-20 cm para el diagnóstico de nemátodos, no encontrando nematodos fitoparasitos.

Se hicieron cinco fertilizaciones con un intervalo de 30 días. En tres de las fertilizaciones se utilizó 1.750 kg/ha 10-30-10 mezclado con 875 kg/ha de urea (46% de N) y en dos fertilizaciones se utilizó 666 kg/ha de KCL más 400 kg/ha de urea.

Se usó 4 litros/ha de fertilizante foliar Nitrofoska aplicando 40 cc en 16 litros de agua durante 3 periodos en la etapa de floración y fructificación, aproximadamente 20 días entre aplicaciones.

Para la fructificación de flores y el cuajado de los frutos se utilizó azufre (Tiovit) 4 Kg/ha, aplicando 30 g en 16 litros de agua, durante 4 periodos.

La cosecha se inició a los 94 días después del trasplante, cortando con tijera fruto por fruto. Para desinfectar la herramienta se utilizó formalina al 10%, sumergiendo en la solución después de cada corte del fruto. De esta forma se procuró evitar la posible diseminación de Pseudomonas solanacearum de una planta a otra.

Se efectuaron nueve cortes de chile dulce a intervalos de 10 días aproximadamente. La cosecha se concluyó a los 185 días después del trasplante.

Debido al daño ocasionado por las enfermedades las plantas se clasificaron en cinco estados, los cuales fueron:

- 1 (Sanas): plantas completamente sanas.
- 2 (Tocadas): planta dañada por patógenos, con sintomatología de daños: amarillillas, marchitas pero vivas.
- 3 (Enana sana): planta enana sana con poco desarrollo y turgentes.
- 4 (Mallada): planta mallada, con marchitez y/o amarillamiento severo, con pérdida de turgencia.
- 5 (Perdida): planta erradicada.

Para los análisis únicamente se utilizaron las plantas de apariencia normal, que correspondieron a los estados uno y dos.

Los frutos cosechados por planta en cada corte se identificaron y se pesaron individualmente, separándolos en tres clases a saber como aparece en el Cuadro 1.

Cuadro 1. Clasificación de los frutos de chile dulce cosechados según peso, longitud y diámetro, Costa Rica, 1989.

Categoría	Peso (gr)	Diámetro Corona (cm)	Longitud (cm)
Clase A o Primera	: > 80	> 6	>12
Clase B o Segunda	: 65-80	5-6	8-12
Clase C o Tercera	: < 60	< 5	< 8

3.6. ANALISIS DEL EXPERIMENTO

Se efectuaron los análisis de varianza para el diseño cuadrado latino 5 X 5 con arreglo de parcelas divididas en el tiempo. Los análisis se hicieron para frutos caídos de los estados de planta uno, dos y para el rendimiento total de frutos de primera clase y segunda clase. También se realizó la prueba de diferencias medias Tukey para encontrar el mejor tratamiento respecto al rendimiento y la menor cantidad de frutos caídos. Se efectuó el análisis de varianza con los beneficios brutos de cada uno de los tratamientos. Se efectuó el análisis económico marginal para los datos de rendimiento de frutos de primera y segunda clase obtenidos.

4. RESULTADOS Y DISCUSION

4.1 Frutos caídos de chile dulce y número de aplicaciones de acefato.

Del total de los frutos caídos de las plantas clasificadas de normales (estados 1 y 2), el 94,5% fueron frutos dañados por Neosilba sp. A continuación se discuten los resultados referidos al total de frutos caídos debido a que la inclusión o no de los pocos frutos no dañados no afectó las conclusiones del estudio. La causa de la caída de los frutos no dañados, no fue evaluada (Cuadro 1 del apéndice).

Ningun tratamiento fue tan efectivo en reducir el daño de Neosilba sp. como lo fue la aplicación semanal de acefato durante las 16 semanas de fructificación (Cuadro 2 y Figura 1). Contrario a lo que se esperaria, en las parcelas donde se aplicó según el uso de un umbral de acción, solamente en el caso del umbral de 2 frutos caídos dañados/planta/semana (FCDPS) hubo significativamente menor daño que en el testigo sin aplicación. Es de esperarse que el umbral más estricto de 1 FCDPS fuerá lo más efectivo en reducir los daños porque ésto requirió mayor número de aplicaciones que los demás umbrales (Cuadro 2).

La falta de efecto de la aplicación basada en el umbral de acción de 3 FCDPS podría deberse a que éste umbral fue muy grande.

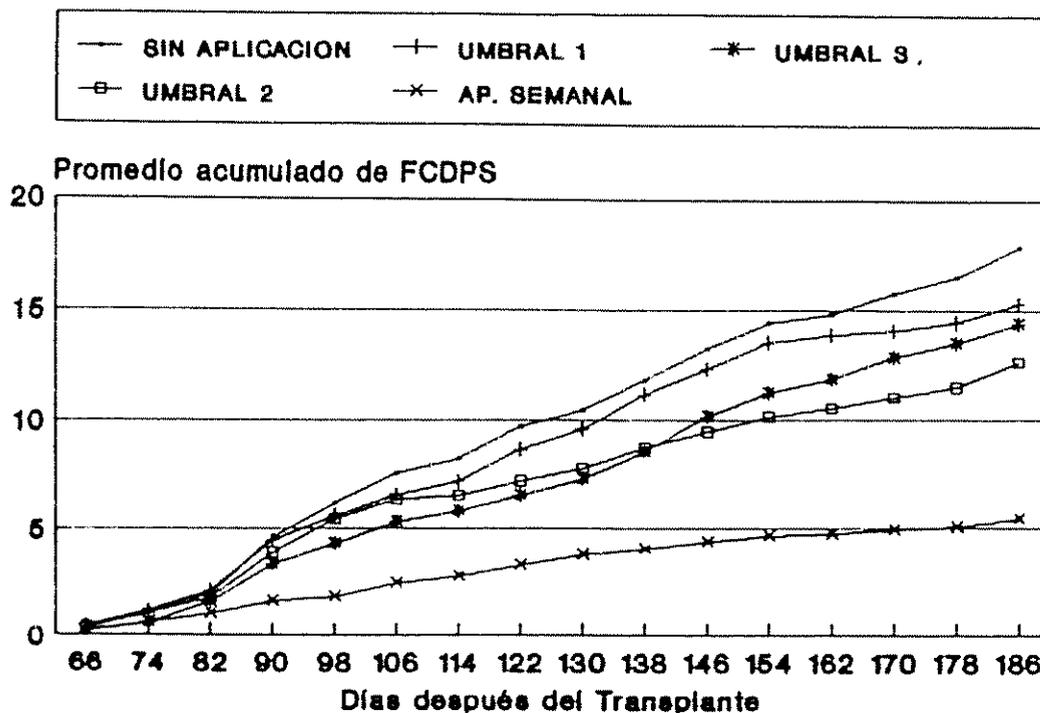


Figura 1. Promedio de frutos caídos dañados/planta/semana (FCDPS) acumulado durante 16 semanas bajo condiciones diferentes de uso de acefato.

El nivel de daño en este tratamiento raramente sobrepasó el nivel establecido para hacer una aplicación; en el mismo se hizo en promedio solamente 0,6 aplicaciones de insecticida/parcela (Cuadro 2).

Sin embargo, el promedio de aplicaciones correspondiente en el tratamiento con la aplicación basada en el umbral de acción de 1 FCDPS fue de 8,2, o sea, más de la mitad que el promedio de aplicaciones efectuadas en las parcelas con aplicación semanal. En este caso es evidente que el umbral se ubicó a un nivel de daño adecuado desde el punto de vista de provocar la aplicación cuando el daño se aumentó.

Cabe señalar que en otro estudio, con el uso del umbral de acción 1 FCDPS, el nivel de daño de Neosilba sp no varió con lo encontrado en parcelas con aplicación semanal (Shannon y Carballo 1988). Esto indica que bajo algunas condiciones de prueba este umbral también puede considerarse adecuado para propósitos de reducir los daños. Por alguna razón desconocida, en este trabajo las aplicaciones provocadas por el umbral 1 FCDPS no fueron efectivos en reducir el nivel de daño.

Cuadro 2. Respuesta de los frutos caídos de chile dulce (Capsicum annuum L.) en el manejo de la mosca del chile dulce, Turrialba, Costa Rica, 1989.

Tratamientos	Promedio de frutos caídos por planta y por semana ^{1/}		promedio de aplicaciones por parcela
Testigo, (sin aplicación)	1,07	a	0,00
Umbral de 3FCDPS ^{2/}	0,85	ab	0,60
Umbral de 2FCDPS	0,73	b	1,60
Umbral de 1FCDPS	0,92	ab	8,20
Aplicación semanal	0,30	c	16,00
F trat ^{3/}	16,04		
Pr > F	0,0001		
Grados libertad	4 ; 12		

^{1/} Medias con igual letra no difieren según prueba de Tukey (P=0,05)

^{2/} FCDPS = frutos caídos dañados por planta por semana.

^{3/} F trat = Prueba de F calculada para tratamientos.

Mientras no se encuentre una explicación completamente satisfactoria del desempeño anómalo de los umbrales en éste ensayo, hay varios factores que deberían considerarse en futuras oportunidades de investigación sobre ésta plaga.

Asimismo no se dispone de información respecto en que estado del ciclo biológico de Neosilba sp actúa el acefato en el campo, también no se puede estar seguro de la eficacia del insecticida en pruebas de parcelas pequeñas. Si el control se ejerce parcial o principalmente através de un efecto sobre la mosca adulta, cualquier insecticida podría sufrir una disminución aparente de su eficacia en un ensayo de parcelas pequeñas debido a la recolonización por moscas de parcelas cercanas no tratadas a parcelas tratadas. Antes de penetrar al fruto, normalmente la larva se encuentra debajo del caliz y esta protegida del contacto directo con el producto aplicado. Sin embargo, el acefato posee acción sistémica y por lo tanto, quizás podría controlar la larva mientras esta penetrando el fruto, antes de causar más que un daño superficial. Si ésto fuera la forma principal de actuar del insecticida, no se espera que el tamaño pequeño de parcela influyera en su efectividad.

Es posible que el número de frutos caídos no sea lo adecuado para usarlo como la base de los umbrales de acción. Esta medición fue seleccionada como el criterio de decisión porque no presenta obstáculos evidentes a la adopción por el productor.

Asimismo, es fácil y rápido de evaluarse, y no requería el sacrificio de frutos aparentemente sanos para poder evaluar el nivel de ataque por la plaga (como, por ejemplo, sería el caso al evaluar la oviposición en frutos todavía sobre las plantas).

Sin embargo, se observó en el campo que el lapso de tiempo entre la oviposición y la caída de un fruto dañado es de aproximadamente diez días. Esto significaría que el uso de frutos caídos como criterio de decisión podría introducir un atraso de hasta diez días entre el inicio de un periodo de ataque y la detección de ese ataque a través de frutos caídos. La aplicación de insecticida según el umbral de acción no podría evitar que los frutos ya atacados eventualmente se caigan y se esperaría, bajo estas circunstancias, que hubiera un impacto reducido sobre el nivel final de daño en el cultivo. Es posible, para poder reducir la pérdida de frutos inmaduros, que sea necesario usar un umbral de acción que se respalde en una medición que responde más rápidamente a cambios en el nivel de ataque de la plaga como es el caso con frutos caídos.

4.2 Rendimiento de frutos de chile dulce

La producción de chile dulce se obtuvo de 9 cortes de frutos de primera, segunda y tercera clase. El rendimiento se analizó con el diseño de cuadrado latino con un arreglo de parcelas divididas en el tiempo.

La producción total de frutos de chile dulce de primera y segunda clase se seleccionó como la variable dependiente de interés. Esto es debido a que dichas calidades de fruto son las que principalmente se comercializan en Costa Rica, mientras que los frutos de la tercera clase no son aceptados por el Centro Nacional de Abastecimiento, CENADA. Para los valores de esta variable dependiente no se pudo demostrar que existe una diferencia estadísticamente significativa debida a los efectos de los diferentes tratamientos (Cuadro 3 y Cuadro 2 apéndice).

La producción total de chile dulce de grado uno y dos para el tratamiento aplicación semanal (6.266,25 Kg/ha) fue mayor que la producción de todos los demás tratamientos. El umbral de acción de un fruto caído por planta por semana, resultó con el mayor rendimiento (5.242,50 Kg/ha) dentro de los tratamientos en que se utilizaron umbrales. Este rendimiento es superior al del umbral de acción de dos frutos caídos por planta por semana (4.347,32 Kg/ha), al del umbral de acción de tres frutos caídos por planta por semana (4.953,25 Kg/ha), y al del tratamiento sin aplicación de acefato (5.019,11 Kg/ha). Los datos anteriores muestran una tendencia, pero no se puede afirmar que esta sea debida al efecto de los tratamientos, puesto que no se encontraron diferencias estadísticas significativas en el análisis de varianza.

Cuadro 3. Rendimiento de chile dulce obtenido con uso de umbrales de acción para control químico de Neosilba sp, Costa Rica, 1989.

Tratamientos	R e n d i m i e n t o (Kg/ha) Frutos de Chile Dulce			
	Total ^{1/}	Primera	Segunda	Tercera
Testigo (sin aplicación)	5019,11	2597,1 ²	2421,96	4228,39
Umbral de 3FCP ^{3/}	4953,21	2639,46	2313,75	4134,64
Umbral de 2FCP	4347,32	2089,82	2257,50	3716,78
Umbral de 1FCP	5242,50	2586,43	2656,07	4988,08
Aplicación semanal	6266,25	3531,43	2734,82	5465,89
F trat ^{3/} ^{4/}	0,39	0,53	0,21	0,92
Pr > F	0,81	0,71	0,92	0,48
Grados libertad	4 ; 12	4 ; 12	4 ; 12	4 ; 12

1/ Análisis con rendimiento de primera más segunda clase.

2/ FCP = frutos caídos por planta por semana.

3/ F trat = Prueba de F calculada para tratamientos.

4/ Usando el cuadrado medio de fila*columna*tratamiento como término de error para el cálculo de la F trat.

Es importante mencionar que en este ensayo la marchitez bacteriana constituyó una fuente específica y muy importante de error experimental. Esta fue debida a la muerte de números relativamente elevados de plantas concentradas en ciertas parcelas experimentales, como resultado del daño de Pseudomonas solanacearum. A pesar de que la mayoría de estas plantas murieron durante las últimas semanas del ensayo después de haber obtenido la mayoría de cortes cosechados, no se puede descartar el hecho de que una planta enferma posiblemente tendrá un menor rendimiento que una

planta sana. Por consiguiente es opinión del autor que esta fuente específica de variabilidad puede haber contribuido a aumentar considerablemente la cantidad de error experimental presente en el ensayo. Esto evitó así poder demostrar la existencia de diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento de los distintos tratamientos.

Por consiguiente este trabajo de investigación no permite recomendar el uso de alguno de los umbrales de acción estudiados, debido a que no se pudo demostrar en forma definitiva que los diferentes manejos dados a la plaga, tuvieron un impacto en el rendimiento de chile dulce.

4.3 Análisis económico

En la evaluación económica de los resultados de este ensayo se utilizaron las metodologías para el análisis de presupuestos parciales y la determinación de umbrales de acción propuestas por Perrin et-al (1976) y Hruska y Rosset (1987).

Los rendimientos por hectárea fueron calculados a partir de los promedios de las parcelas experimentales para cada uno de los tratamientos. Estos rendimientos se multiplicaron por la mediana de los precios modales (Cuadro 4 apéndice) observados durante el periodo de enero a setiembre de 1988, que resultó ser de 53,03 colones por kilogramo (Centro 1988).

Los costos variables fueron calculados utilizando los precios de los insumos al momento de realizar el ensayo. Durante el experimento se recolectó información sobre las cantidades de producto comercializable obtenidas y de mano de obra utilizada en los distintos tratamientos evaluados. A partir de esta información se elaboraron los presupuestos parciales para el análisis económico (Cuadro 3 Apéndice).

En este punto es importante mencionar que, debido a las mínimas diferencias en el manejo (número de aplicaciones) que se le dió al testigo absoluto y a los umbrales de dos y tres frutos caídos, así como la alta incidencia de error experimental en el ensayo, se decidió combinar estos tres tratamientos en uno sólo para propósitos del análisis económico.

También es necesario aclarar que el análisis económico se realizó teniendo siempre presente que no se pudo demostrar la existencia de diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento debido al efecto de los distintos tratamientos en el análisis de varianza. Esta será una consideración muy importante en la interpretación de los resultados del análisis económico.

Entonces, en el análisis económico solamente se evaluarán el tratamiento testigo, el umbral de un fruto caído y el tratamiento de aplicación semanal de acefato. Obtenidos los beneficios netos y los costos variables totales de los tres tratamientos seleccionados se procedió a realizar el análisis económico basado en la metodología de Perrin et-al (1976). En el Cuadro 4 se presenta el análisis de dominancia. Este resulta en dos tratamientos dominantes: el testigo y el tratamiento de aplicación semanal de acefato. El tratamiento umbral de un fruto caído resultó dominado pues muestra un beneficio neto menor que el testigo con un costo variable superior. Nótese que el tratamiento aplicación semanal a pesar de ser el que tiene un mayor costo variable total asociado, también resultó con el beneficio neto mas elevado.

Cuadro 4. Análisis de dominancia para rendimiento de primera y segunda clase, en el manejo de la mosca del chile dulce, Costa Rica, 1989.^{1/}

Tratamiento	Beneficio neto	Costo variable
Aplicación Semanal	269.273,90	63.049,18 **
Testigo	249.804,70	3.283,00 **
Umbral 1	239.545,80	38.466,00 *

** Tratamiento dominantes
* Tratamiento dominado

Seguidamente, se procede a realizar el análisis marginal de beneficios netos asociados a los tratamientos dominantes (Cuadro 5). El incremento en los gastos se justifica desde el punto de vista financiero cuando la tasa de retorno marginal es suficientemente alta para cubrir el costo del dinero gastado, medido este por una tasa apropiada compuesta por el costo de oportunidad del dinero en el mercado y un factor de riesgo asociado. En este caso se considera apropiada una tasa de comparación de 60%, compuesta por el 20% que es el costo de oportunidad del dinero (tasa de interés de préstamos en la agricultura) y un 40% de prima sobre el riesgo de utilizar una nueva tecnología.

Cuadro 5. Análisis marginal para rendimiento de primera y segunda clase, en el manejo de la mosca del chile dulce, Costa Rica, 1989.^{1/}

Tratamiento	Beneficio Neto	Costo Variable	Incremento B. Neto	Incremento C.Variable	TRM
Aplicación Semanal	269.273,9	63.049,18	19.469,12	59.766,18	32,5
Testigo Sin Aplicación	249.804,0	3.283,00			

1/ Usando la mediana del precio modal enero-setiembre 1988. TRM tasa de retorno marginal multiplicada por 100.

La tasa de retorno marginal (TRM), indica el retorno porcentual a la inversión adicional en que se debe incurrir si se desea cambiar de un sistema de manejo a otro con mayores beneficios netos asociados. En este caso el uso de aplicaciones semanales de acefato no se justifica dado que la TRM es de sólo 32% muy inferior a la tasa de comparación de 60%.

De esta manera el análisis económico mostró que tratamientos que implican aplicaciones muy limitadas de agroquímicos son la mejor alternativa de manejo para la mosca del chile dulce bajo las condiciones en que se realizó el ensayo. Se realizó un análisis de sensibilidad de los resultados al precio de chile dulce y se determinó que dicho precio del chile dulce debe aumentar hasta 64 colones por kg para que sea rentable la aplicación semanal de acefato. Cabe mencionar que incluso si un precio de 64 colones por Kg se considera como muy probable, los resultados de este ensayo no permitirían recomendar con certeza el realizar aplicaciones semanales de acefato. Esto debido a que el análisis de varianza no pudo detectar diferencias estadísticamente significativas en el rendimiento, por efecto de los distintos tratamientos.

Nuevamente el análisis económico basado en la mediana de los precios modales, este nos indica que aunque las diferencias existentes entre los rendimientos promedios de los tratamientos fueran representativos de la realidad el uso indiscriminado de productos químicos para el control de la mosca del chile no es económicamente rentable. Sin embargo, debe continuarse la investigación sobre la mosca del chile, ya que actualmente existe muy poca información básica en relación a su biología, dinámica de población y la respuesta en rendimiento de la planta al daño causado por dicho insecto. Además el problema por daño al fruto de chile dulce asociado con patógenos puede seguir en aumento.

5. CONCLUSIONES

1. El uso de los umbrales de acción de uno, dos y tres frutos caídos por planta por semana, si disminuyeron el número de frutos caídos de chile dulce en relación al testigo.

2. Los umbrales de acción disminuyeron hasta un 50% el número de aplicaciones del insecticida acefato en relación al tratamiento aplicación semanal de acefato.

3. No se pudo demostrar que el uso de umbrales de acción afecta el rendimiento de frutos de chile dulce y por ende la ganancia económica en relación al testigo sin aplicaciones.

4. En función del rendimiento de chile dulce de primera y segunda clase y de los costos del manejo de Neosilba sp, se concluye que es conveniente convivir con la mosca del chile dulce y no realizar aplicaciones de plaguicidas para su control.

6. LITERATURA CITADA

- ANDREWS, K. L. 1984. El muestreo y los niveles críticos en los cultivos más importantes en la Escuela Agrícola Panamericana. In El manejo integrado de plagas invertebradas en cultivos agronómicos, hortícolas y frutales en la Escuela Agrícola Panamericana. Honduras, Proyecto MIPH/EAP/AID. p. III:1-5
- _____. 1984. Picudo del chile: su reconocimiento y control. In El manejo integrado de plagas invertebradas en cultivos agronómicos, hortícolas y frutales en la Escuela Agrícola Panamericana. Honduras, Proyecto MIPH/EAP/AID. p. II-9
- _____; RUEDA, A.; GANDINI, G.; EVANS, S.; ARANGO, A. 1986. A supervised control programme for the pepper weevil, Anthonomus eugenii Cano, in Honduras, Central América. Tropical Pest Management (G. B.) 32 (1):1-4.
- BARFIELD, C.S. 1986. El muestreo en el manejo integrado de plagas. Manejo Integrado de Plagas (C.R.) no. 2:46-67
- CALVO DOMINGO, G.; PACHECO, A.B.; FRENCH, J.B.; ALVARADO, E. 1989. Análisis económico del manejo del picudo del chile (Anthonomus eugenii Cano) en Zacapa, Guatemala. Manejo Integrado de Plagas (C.R.) no. 11:31-50.
- CATIE. 1988a. Informe Anual 87-88. Turrialba, C.R. 288 p. (Serie Institucional. Informe Anual no.9)
- CATIE. AREA DE CULTIVOS ALIMENTICIOS ANUALES. 1988b. Guía para día de campo. Turrialba, Costa Rica. s. p.
- CENTRO NACIONAL DE ABASTECIMIENTO (COSTA RICA). 1988. Precios y volúmenes comercializados del chile dulce en 1988. San José. s.p.
- CHILE DULCE. 1989. Informe económico. San José, Costa Rica. Ministerio de Agricultura, Dirección de Mercadeo Agropecuario. s. p.

- FAO. 1988. Taller de Expertos Mesoamericanos en Manejo Integrado de Plagas de Hortalizas. (1988, San José, C.R.). Informe. Santiago, Chile, FAO. p. irr.
- FRENCH, J. B. 1987. Métodos económicos en el manejo integrado de plagas. Turrialba, C.R., CATIE. 20 p.
- GRAY, B. 1988. Trampas utilizadas en el monitoreo de plagas insectiles. 22 p. (mimeografiado) Presentado en: Seminario de Actualización Biológica (1, 1988, Panamá)
- HORN, D.J. 1988. Ecological approach to pest management. New York, Guilford Press. 285 p.
- HRUSKA, A.J.; ROSSET, P.M. 1987. Estimación de los niveles de daño económico para plagas insectiles. Manejo Integrado de Plagas (C.R.) no. 5:30-44.
- JIMENEZ, J. M.; BUSTAMANTE, E.; BERMUDEZ, W.; GAMBOA, A. 1988. Respuesta de cuatro cultivares de chile dulce a marchitez bacterial en Costa Rica. Manejo Integrado de Plagas (C. R.) no 7:19-28.
- _____; DIMASI, S.; BUSTAMANTE, E.; JIMENEZ, F. 1989. Caracterización y patogenicidad de bacterias asociadas con el ataque de Neosilba sp (Diptera: Lonchaeidae) en chile dulce, Turrialba, Costa Rica. In Annual Meeting of the American Phytopathology Society, Caribbean Region (28, 1989, Cali, Colombia) (En prensa).
- KATSOYANNOS, B.I. 1983. Field observations on the biology and behavior of the black fig fly Silba adipata McAlpine (Diptera: Lonchaeidae) and at few other Diptera observed in Chios, Greece. Mittschweiz der Scheveizerischen Entomologischen Gesellschaft (Suiza) 56(1/2):183-185.
- KING, A.B.S.; SAUNDERS, J.L. 1984. Las plagas invertebradas de cultivos anuales alimenticios en América Central. London, ODA/TDRI/CATIE. 182 p.
- KORYTKOWSKI, C.A.; OJEDA, P.D. 1971. Revisión de las especies de la familia Lonchaeidae en el Perú (Diptera: Acalyptratae). Revista Peruana de Entomología (Perú) 14(1):87-116.

- LACEY, M. 1989. Identificación de especímenes de Neosilba certa (Walker). Beltsville, Md., USDA. (Correspondencia personal Proyecto MIP-CATIE).
- LOPEZ VARGAS, C.E. 1985. Estudio preliminar sobre la pudrición blanda del chile dulce (Capsicum spp). Tesis Ing. Agr. Grecia, Universidad de Costa Rica, Centro Universitario de Occidente. 60 p.
- McALPINE, J.F.; STEYSKAL, G.C. 1982. A revision of Neosilba McAlpine with a key to the word genera of Lonchaeidae (Diptera). Canadian Entomologist (Can.) 114(2):105-137.
- PACHECO TURCIOS, A. B. 1987. Evaluación de productos químicos y frecuencias de aplicación para el control del picudo (Anthonomus eugenii Cano), en el cultivo de chile pimiento (Capsicum annum L.), en Cabañas, Zacapa. Tesis Ing. Agr. Guatemala, Universidad de San Carlos de Guatemala, Facultad de Agronomía. 34 p.
- PERRIN, R.K.; WINKELMANN, D.; MOSCARDI, E.; ANDERSON, J. 1976. Formulación de recomendaciones a partir de datos agronómicos : un manual metodológico de evaluación económica. México, D.F., Centro Internacional de Mejoramiento de Maiz y Trigo. 54 p.
- REICHELDERFER, K.H; CARLSON, G.A.; NORTON, G.A. 1985. Directrices económicas para la lucha contra las plagas en la agricultura. FAO. Producción y Protección Vegetal no.58. 94 p.
- RUESINK, W.G.; KOGAN, M. 1975. The quantitative basis of pest management: sampling and measuring. In R.L. Metcalf R. L. and Luckman W. Introduction to insect pest management. New York. Wiley. 587 p.
- SAMWAYS, M.H. 1979. Immigration population growth and mortality of insects and mites on cassava in Brazil. Bulletin of Entomological Research (G.B.) 69(3):491-505.
- SHANNON, P. 1987a. Chile (Capsicum annum L.). Boletín Informativo Manejo Integrado de Plagas (C.R.) no.3:3-4.

- _____, 1987b. La mosca del chile Neosilba sp. Turrialba, C.R., CATIE, Proyecto Manejo Integrado de Plagas. (Comunicación personal)
- _____; CARBALLO, M. 1988. Resultados preliminares de un estudio sobre el uso de umbrales de acción para el control químico de Neosilba sp (Diptera: Lonchaeidae) en chile dulce. In Reunión del PCCMCA (24a, 1988, San José, C.R.) Memorias. (En prensa)
- 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 for management of lepidoptera on cabbage. J. Econ. Entomol. 78 (4):913-916.
- WADDILL V. H. 1978. Biology and economic importance of a cassava shoot fly Neosilba perezii Romero and Ruppel. In Cassava Protection Workshop (1977, Cali, Col.). Proceedings. Cali, Col., CIAT. p. 209-214.
- _____; WEEMS, V.; JUNIOR, H.V. 1978. The cassava shoot fly, Neosilba perezii (Romero and Ruppel) (Diptera: Lonchaeidae). Florida Department of Agriculture and Consumer. Entomology Circular no. 187. 2 p.
- WIEN, H.C.; TRIPP, K.E.; HERNANDEZ ARMENTA, R.; TURNER, A.D. 1988a. Abscission of reproductive structures in pepper: causes, mechanisms and control. In International Symposium on Integrated Management Practices for Tomato and Pepper Production in the Tropics (1988, Taiwan). Proceedings. Taiwan, Asian Vegetable Research and Development Center (En prensa)
- _____; TRIPP, K.E.; HERNANDEZ ARMENTA, R.; TURNER, A.D.; YIPING, Z. 1988b. Flower drop in bell peppers: causes and control measures. In National Pepper Conference (1988, Raleigh, N. C.). Abstracts. Raleigh, North Caroline State University. p. 10.

APENDICE

Cuadro 1. Análisis estadístico de los frutos caídos de chile dulce, Turrialba, Costa Rica, 1989.^{1/}

Fuente de Variación	Grados de libertad	F trat	Pr > F	C.V.	media
<u>TOTAL</u> ^{2/}					
Fila	4	11,25	0,0001	17,24	1,1156
Columna	4	6,84	0,0001		
Trat	4	19,40	0,0001		
Fila *Col* Trat	12	1,70	0,0655		
Muestreo	15	15,77	0,0001		
Trat*Cosecha	60	1,64	0,0054		
<u>TFCD</u> ^{3/}					
Fila	4	6,65	0,0001	62,48	0,7749
Columna	4	5,86	0,0002		
Trat	4	18,18	0,0001		
Fila *Col* Trat	12	1,56	0,1016		
Muestreo	15	14,90	0,0001		
Trat*Muestreo	60	1,52	0,0129		
<u>TFCND</u> ^{4/}					
Fila	4	7,52	0,0001	222,38	0,0491
Columna	4	1,34	0,2556		
Trat	4	0,35	0,8409		
Fila *Col* Trat	12	1,18	0,2948		
Muestreo	15	6,09	0,0001		
Trat*Muestreo	60	0,59	0,9928		

1/ Usando el cuadrado medio de fila*col*trat como término de error para el cálculo de la F trat.

2/ TOTAL: Suma de frutos caídos dañados más no dañados.

3/ TFCD : Suma de frutos caídos dañados.

4/ TFCND: Suma de frutos caídos no dañados

5/ Datos transformados a raíz cuadrada de x más 0,5.

CV = Coeficiente de variación.

Cuadro 2. Análisis estadístico de los rendimientos de chile dulce (g/planta), Turrialba, Costa Rica, 1989.^{1/}

Fuente de Variación	Grados de libertad	F trat	Pr > F	C.V.	media
TOTAL ^{2/}					
Fila	4	1,44	0,2807	72,54	964,25
Columna	4	1,52	0,2578		
Trat	4	0,39	0,8132		
Fila *Col* Trat	12	4,03	0,0001		
Cosecha	8	25,42	0,0001		
Trat*Cosecha	32	1,01	0,4618		
PRIMERA					
Fila	4	1,10	0,4009	91,47	501,94
Columna	4	0,81	0,5417		
Trat	4	0,53	0,7135		
Fila *Col* Trat	12	3,80	0,0001		
Cosecha	8	16,12	0,0001		
Trat*Cosecha	32	1,00	0,4686		
SEGUNDA					
Fila	4	1,88	0,1795	68,26	462,31
Columna	4	2,60	0,0894		
Trat	4	0,21	0,9283		
Fila *Col* Trat	12	3,32	0,0003		
Cosecha	8	29,99	0,0001		
Trat*Cosecha	32	0,91	0,6065		
TERCERA					
Fila	4	4,93	0,0139	56,90	895,27
Columna	4	6,44	0,0053		
Trat	4	0,92	0,4827		
Fila *Col* Trat	12	2,26	0,0114		
Cosecha	8	28,79	0,0001		
Trat*Cosecha	32	1,16	0,2721		

1/ Usando el cuadrado medio de fila*col*trat como término de error para el cálculo de la F trat.

CV = Coeficiente de variación.

2/ TOTAL = Frutos de primera y segunda clase.

Cuadro 3. Presupuesto parcial para el rendimiento de primera y segunda clase obtenido en el manejo de la mosca del chile dulce, Turrialba, Costa Rica, 1989.

Concepto	T r a t a m i e n t o s		
	Testigo	umbral 1	aplicación semanal
Rendimiento	4.772,54	5.242,54	6.266,70
Precio ^{1/}	53,03	53,03	53,03
Beneficio Bruto	253.087,70	278.011,80	332.323,10
Costo Variable	3.283,00	38.466,00	63.049,18
Beneficio Neto	249.804,70	239.545,80	269.273,90

1/ Precio mediana de la clase modal enero-setiembre 1988.

Cuadro 4. Precios y volúmenes comercializados de chile dulce
en Costa Rica, 1988.

	JAVAS VOLUMEN COMERCIALIZADO	PRECIO/JAVA MAYORISTA			PRECIO UNIDAD
		MAXIMO	MINIMO	MODA	CONSUMIDOR
		COLONES			COLONES
ENERO	1671	2600	1200	1600	5
FEBRERO	1088	2700	1400	1600	6,50
MARZO	1781	600	700	600	7
ABRIL	2542	1500	500	1300	4
MAYO	2235	1000	750	1400	5
JUNIO	1978	2100	1500	1675	7
JULIO	2048	1800	1300	1400	8
AGOSTO	2340	1500	600	800	4
SEPTIEMBRE	1817	900	500	600	5
OCTUBRE	1514	2100	800	1900	7,25
NOVIEMBRE	1378	3000	1700	2367	7,50
DICIEMBRE	1192	5000	2800	4500	16

Fuente: CENADA

JAVA=26.4 Kg

Precio promedio/unidad = 0.888 Kg