

T. 3137

**Universidad de la República
Facultad de Agronomía**

**EVALUACIÓN DE DOS DOSIS DE *ENCARSIA
FORMOSA* (GAHAN) (HYMENOPTERA,
APHELINIDAE) Y DESARROLLO DE UN PLAN
DE MUESTREO SECUENCIAL PARA ESTIMAR
LA DENSIDAD DE PUPAS SANAS Y
PARASITADAS DE *TRIALEURODES
VAPORARIORUM* (WESTWOOD) (HOMOPTERA,
ALEYRODIDAE), EN TOMATE BAJO
INVERNÁCULO**

por

Juan Pablo PERRACHON AGESTA

Tesis presentada como uno de
los requisitos para obtener el
título de Ingeniero Agrónomo

**Montevideo
Uruguay
2003**

Tesis aprobada por :

Director:

Ing. Agr. César Basso

Ing. Agr. Jorge Franco

Ing. Agr. Gabriela Grille

Fecha:

Autor:

Juan Pablo Perrachon Agesta

AGRADECIMIENTOS

Al Ing. Agr. César Basso, Profesor Agregado de la cátedra de Entomología, por brindarme su respaldo, apoyo y orientación durante la realización de esta tesis.

Al Ing. Agr. Jorge Franco, Director del Departamento de Biometría, estadística y Cómputo por el análisis estadístico de los datos y los aportes realizados.

A la Ing. Agr. Gabriela Grille, Profesor Asistente de la Cátedra de Entomología por el respaldo brindado.

Al I.N.I.A Las Brujas por haber cofinanciado el proyecto en que se enmarca este trabajo y en especial al Ing. Agr. Jorge Paullier por ser la contraparte de dicho proyecto.

A Valentina, Leticia, Valeria, Gabriela, Jorge, Beatriz, Carlos y Roberto, compañeros de la cátedra de entomología, por animarme durante la realización de este trabajo.

A mis padres por motivarme a seguir estudiando y apoyarme en todo momento.

Al pueblo uruguayo por haber financiado mis estudios universitarios.

A María Noel y Marcos por acompañarme siempre.

TABLA DE CONTENIDO

PAGINA DE APROBACION.....	II
AGRADECIMIENTOS.....	III
LISTA DE CUADROS E ILUSTRACIONES.....	VI
1 <u>INTRODUCCIÓN</u>	1
2 <u>REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA</u>	3
2.1 LA MOSCA BLANCA DE LOS INVERNÁCULOS.....	5
2.1.1 <u>Biología y hábitos</u>	3
2.1.2 <u>Daños</u>	6
2.2 CONTROL BIOLÓGICO.....	7
2.3 PLANES DE MUESTREO PARA ESTIMAR ABUNDANCIA DE INSECTOS.....	9
3 <u>CAPITULO 1: EVALUACIÓN DE DOS DOSIS DE <i>E. FORMOSA</i></u>	12
3.1 MATERIALES Y MÉTODOS.....	12
3.2 RESULTADOS.....	13
3.3 DISCUSIÓN.....	14
4 <u>CAPITULO 2: DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PUPAS SANAS Y PARASITADAS DE <i>T. VAPORARIORUM</i> EN TOMATE BAJO INVERNÁCULO</u>	15
4.1 MATERIALES Y MÉTODOS.....	15
4.2 RESULTADOS.....	17
4.2.1 <u>Seguimiento del número de pupas sanas y parasitadas</u>	17
4.2.2 <u>Distribución espacial de las pupas sanas</u>	18
4.2.3 <u>Distribución espacial de las pupas parasitadas</u>	19
4.2.4 <u>Distribución espacial de la proporción de pupas parasitadas</u>	20
4.3 DISCUSIÓN.....	21
5 <u>CAPÍTULO 3: DISTRIBUCIÓN DENTRO DE LA PLANTA DE PUPAS SANAS Y PARASITADAS DE <i>T. VAPORARIORUM</i></u>	23
5.1 MATERIALES Y MÉTODOS.....	23
5.2 RESULTADOS.....	24
5.2.1 <u>Pupas parasitadas, sanas, y totales según hoja</u>	24
5.2.2 <u>Proporción de pupas parasitadas según hoja</u>	26

5.3	DISCUSIÓN.....	28
6	<u>CAPÍTULO 4: PROPUESTA DE UN PLAN DE MUESTREO SECUENCIAL.....</u>	29
6.1	MATERIALES Y MÉTODOS.....	29
6.2	RESULTADOS.....	29
6.3	DISCUSIÓN.....	33
7	<u>CONCLUSIONES.....</u>	34
8	<u>RESUMEN.....</u>	35
9	<u>BIBLIGRAFÍA.....</u>	37

LISTA DE TABLAS E ILUSTRACIONES

TABLA N°	Página
1. Duración media del ciclo de vida de <i>T. vaporariorum</i> a diferentes temperaturas sobre tomate.....	5
2. Media, varianza y coeficiente de dispersión para pupas sanas de <i>T. vaporariorum</i> , según fecha de muestreo.....	18
3. Media, varianza y coeficiente de dispersión para pupas parasitadas de <i>T. vaporariorum</i> , según fecha de muestreo.....	19
4. Media, varianza y coeficiente de dispersión para la proporción de pupas parasitadas de <i>T. vaporariorum</i> , según fecha de muestreo.....	20
5. Número de pupas de <i>T. vaporariorum</i> sanas, parasitadas y totales en seis hojas del estrato inferior de plantas de tomate bajo invernáculo.....	25
6. Proporción de pupas parasitadas de <i>T. vaporariorum</i> y coeficientes de variación en las seis hojas inferiores de plantas de tomate bajo invernáculo.....	26
7. Parámetros de la Ley empírica de Taylor para pupas parasitadas, sanas y totales, estimados para la hoja 4 en plantas de tomate bajo invernáculo.....	29
8. Proporción de pupas de <i>T. vaporariorum</i> parasitadas por <i>E. formosa</i> según fecha de muestreo y tamaño de muestra correspondiente para estimar la proporción de pupas parasitadas en cultivos de tomate bajo invernáculo.....	31

FIGURA N°	Página
1. Adultos de <i>T. vaporariorum</i>	5
2. Adulto de <i>E. formosa</i> alimentándose sobre una ninfa de <i>T. vaporariorum</i>	8
3. Pupa de <i>T. vaporariorum</i> parasitada por <i>E. formosa</i>	8
4. Pupas sanas parasitadas y totales de <i>T. vaporariorum</i> y proporción de pupas parasitadas, en la dosis 1 y en la dosis 2.....	13
5. Pupas totales acumuladas, por generación de mosca blanca para cada dosis evaluada.....	14
6. Parcelas en las que se cuadrículó el cultivo.....	15

7. Número de pupas sanas, parasitadas y totales de <i>T. vaporariorum</i> por planta y proporción de pupas parasitadas, según fecha de muestreo, en un cultivo de tomate que recibió liberaciones de <i>E. formosa</i>	17
8. Número de pupas sanas de <i>T. vaporariorum</i> por planta, según su ubicación en el invernáculo, por fecha de muestreo.....	18
9. Relación varianza-media para pupas sanas de <i>T. vaporariorum</i> muestreadas en las seis hojas inferiores de plantas de tomate bajo invernáculo.....	18
10. Número de pupas parasitadas de <i>T. vaporariorum</i> por planta, según su ubicación en el invernáculo, por fecha de muestreo.....	19
11. Relación varianza-media para pupas parasitadas de <i>T. vaporariorum</i> muestreadas en las seis hojas inferiores de plantas de tomate bajo invernáculo.....	19
12. Proporción de pupas parasitadas de <i>T. vaporariorum</i> por planta, según su ubicación en el invernáculo, por fecha de muestreo.....	20
13. Relación varianza-media para la proporción pupas parasitadas de <i>T. vaporariorum</i> muestreadas en las seis hojas inferiores de plantas de tomate bajo invernáculo.....	20
14. Número de pupas sanas de <i>T. vaporariorum</i> y coeficientes de variación en seis hojas del estrato inferior de plantas de tomate bajo invernáculo....	24
15. Número de pupas parasitadas de <i>T. vaporariorum</i> y coeficientes de variación en seis hojas del estrato inferior de plantas de tomate bajo invernáculo....	24
16. Distribución de pupas totales de <i>T. vaporariorum</i> y coeficientes de variación en seis hojas del estrato inferior de plantas de tomate.....	25
17. Proporción de pupas parasitadas de <i>T. vaporariorum</i> y coeficientes de variación en seis hojas del estrato inferior de plantas de tomate bajo invernáculo....	26
18. Proporción de pupas parasitadas de <i>T. vaporariorum</i> en cada hoja muestreada según fecha de muestreo.....	27
19. Relación varianza-media para pupas sanas, parasitadas y totales de <i>T. vaporariorum</i>	30
20. Estimaciones del número de pupas parasitadas, sanas y totales de <i>T. vaporariorum</i> por hoja en plantas de tomate bajo invernáculo.....	32
21. Límites donde se detiene el muestreo secuencial para estimar la densidad de pupas sanas, parasitadas y totales de <i>T. vaporariorum</i>	

1 INTRODUCCIÓN

La mosca blanca de los invernáculos, *Trialeurodes vaporariorum* (Westwood) (Homoptera, Aleyrodidae), es hoy en nuestro país una de las principales plagas de los cultivos bajo cubierta. Si bien está presente en cultivos a campo, es en ambientes protegidos donde alcanza poblaciones que pueden generar daño económico. Dentro de los cultivos hortícolas afectados por esta plaga pueden citarse: tomate, berenjena, zapallito, pepino, y chaucha.

Las dificultades para controlar esta plaga radican tanto en características propias, como de las provenientes del manejo de los cultivos. La especie se caracteriza por su corto ciclo de vida, alto potencial reproductivo y amplio rango de hospederos, lo que le permite cumplir varias generaciones al año, y le facilita desarrollar poblaciones resistentes a los insecticidas, si los mismos no son usados adecuadamente. Con respecto al manejo de los cultivos, la presencia continua a lo largo del año de especies hospederas, y la aplicación repetida de insecticidas que eliminan la entomofauna benéfica, le facultan alcanzar poblaciones capaces de causar graves daños.

Los daños provocados pueden ser directos e indirectos. Dentro de los primeros se destacan, el retraso en el crecimiento del cultivo, la deformación de las hojas, y el debilitamiento general provocado por la succión de savia que realizan los insectos adultos y los estados inmaturos al alimentarse. Los daños indirectos son generados por la proliferación de un complejo de hongos llamado fumagina o negrilla, que cubre hojas y frutos afectando la capacidad fotosintética de la planta y deteriorando la calidad comercial de los frutos. La fumagina se desarrolla sobre los líquidos azucarados que excreta el insecto en forma abundante.

Dados los altos niveles de infestación del insecto, el daño comercial que ocasiona, el nivel de resistencia a los productos químicos tradicionales, la cada vez más limitada disponibilidad de productos químicos eficaces, los problemas de carencia, toxicidad y residuos de plaguicidas, se hace necesario buscar otras medidas de control, que a su vez provoquen el menor impacto negativo sobre el medio ambiente. Dentro de estas medidas, el control biológico se presenta como una alternativa, la cual debe tener un soporte científico y experimental (Mora, 1995, citado por Soto, 1997).

La incorporación del control biológico de plagas en los cultivos bajo invernáculo, es hoy una tendencia marcada en la producción mundial. Las ventajas de esta alternativa de control, radican en la no-generación de residuos tóxicos sobre las hortalizas, la eliminación de los riesgos de intoxicación para los trabajadores, así como la reducción de los efectos contaminantes del ambiente. En el ámbito nacional, no hay producción de enemigos naturales para su utilización en invernáculos a escala comercial.

Dentro de este contexto, se ha desarrollado en el Departamento de Protección Vegetal de la Facultad de Agronomía, una línea de investigación orientada a generar la información y experiencia necesaria para producir y utilizar el agente de control

biológico de mosca blanca más importante y más utilizado en el mundo, el parasitoide *Encarsia formosa* (Gahan) (Hymenoptera, Aphelinidae).

La determinación de las cantidades de enemigos naturales a liberar en un cultivo, y los momentos en que deben llevarse a cabo dichas liberaciones, son aspectos claves para el éxito en el control biológico de la mosca blanca de los invernaderos. El momento de introducción y la dosis están íntimamente ligados al nivel de abundancia de la plaga, por lo cual se hace imprescindible conocer las cantidades relativas de insectos presentes en el cultivo en las etapas previas a la liberación.

Luego del inicio de la interacción de los parasitoides con sus hospederos en el cultivo, es necesario evaluar la eficacia del control sobre la población de *T. vaporariorum*. Para ello, es preciso conocer la distribución espacial de las pupas parasitadas, debido a que el desarrollo de planes de muestreo, incluyendo el tamaño de la unidad de muestreo, el número de muestras a tomar, y la localización de las muestras dentro del universo muestreable, depende del conocimiento de la distribución intrínseca de los insectos en estudio (Morris, 1960; Southwood, 1978). A partir de muestreos que estimen el nivel de parasitismo, y la abundancia de la plaga, podrá decidirse si el tratamiento fue efectivo o se necesitan otras medidas de control.

De acuerdo a los antecedentes antes mencionados, el presente trabajo tiene como objetivos:

- 1) Evaluar el efecto de dos dosis de *E. formosa* sobre poblaciones conocidas de *T. vaporariorum* bajo condiciones de laboratorio
- 2) Determinar la distribución en la planta y en el cultivo de las pupas de *T. vaporariorum* tanto sanas como parasitadas, y proponer un plan de muestreo que permita estimar el porcentaje de parasitismo y la abundancia de la plaga, luego de la liberación de los parasitoides.

2 REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

2.1 LA MOSCA BLANCA DE LOS INVERNÁCULOS

2.1.1 Biología y hábitos

La ubicación taxonómica de la mosca blanca de los invernáculos es la siguiente:

Phylum	:	Arthropoda
Clase	:	Insecta
Subclase	:	Pterygota
Orden	:	Homoptera
Superfamilia	:	Aleyrodoidea
Familia	:	Aleyrodidae
Subfamilia	:	Aleyrodinae
Genero:	:	Trialeurodes
Especie	:	vaporariorum

El origen de este aleyródido no ha sido determinado con precisión. Según Milliron (1940), es originaria de América tropical o subtropical, probablemente de Brasil o México. Actualmente esta plaga se encuentra distribuida en los cinco continentes (Russell, 1991), llegando a ser considerada como la mayor plaga de los cultivos en invernadero en todas partes del mundo (Castresana, 1989a).

Trialeurodes vaporariorum fue encontrada por primera vez en invernáculos de Inglaterra en 1856 y descrita en ese año por Westwood. Este científico supuso que la especie había sido introducida con plantas desde México (Van Lenteren, 1996). Es un insecto muy polífago que ataca 249 géneros de 84 familias de plantas (Russell, 1977, citado por Van Lenteren, 1996).

La mosca blanca de los invernáculos presenta una metamorfosis intermedia (Borror *et al.*, 1989). Los adultos son fáciles de observar por su color blanco. Las alas, como el resto del cuerpo, se encuentran recubiertas de un polvillo blanquecino de aspecto harinoso producido por unas glándulas ventrales (Sánchez, 1994, citado por Soto, 1997). Los adultos y ninfas se ubican en el envés de las hojas (Soto, 1997). Dentro de la planta las moscas blancas prefieren hojas jóvenes para alimentarse y oviponer (Noldus *et al.*, 1986^a, citado por Van Lenteren, 1996).

El ciclo biológico incluye el estados de huevo, 4 estadios ninfales, pupa y adulto. Los huevos son elípticos, con un pedicelo en forma de gancho, que se inserta en el tejido foliar; son de color amarillo pálido, adquiriendo una tonalidad marrón-rojiza a partir de la base a medida que se desarrollan, y cuando están próximos a la eclosión, se vuelven

purpúreos; presentan dehiscencia longitudinal. Cuando la oviposición ocurre en hojas glabras obedece a una disposición circular, la cual se pierde en hojas pubescentes (Gerk *et al.*, 1995).

El primer instar tiene un período móvil inferior a 12 horas, es capaz de recorrer varios centímetros antes de encontrar un lugar propicio para fijarse y comenzar a alimentarse del floema; es transparente, con ocelos rojos, patas y antenas bien desarrolladas y largas setas caudales. El segundo instar es sedentario, achatado y semejante a una cochinilla; transparente, con ocelos rojos y apéndices rudimentarios. El tercer instar es muy similar al segundo, pero más espeso y de mayor tamaño. Luego de la tercera muda, el cuarto estadio ninfal se divide en tres subestadios: a) inicial: achatado, transparente, opaco, con apéndices rudimentarios; b) transición: más espeso en relación con el anterior, blanco opaco con presencia de setas semejantes a espinas por todo el cuerpo; c) final: similar al anterior, observándose una coloración amarillenta, y los ojos rojos del adulto próximo a emerger (Gerk *et al.*, 1995).

Según Stenseth (1985), las ninfas son denominadas pupas luego que los ojos rojos se tornan visibles. En esta fase se presentan las mejores características taxonómicas que permiten separar especies de Aleyrodidae (Soto *et al.*, 1993, citado por Soto, 1997). En el dorso, las ninfas de *T. vaporariorum* presentan, además del característico orificio vasiforme propio de todas las ninfas de aleuródidos, varios pares de espinas dorsales: uno en la región cefálica, dos en el tórax y dos en el abdomen (Artigas, 1994).

Los adultos recién emergidos tienen las alas transparentes y después de pocas horas, empiezan a cubrirse con una sustancia cerosa que les da una apariencia blanca polvosa (Fig 1). Una vez emergidos, vuelan hacia las hojas más nuevas de la planta hospedera, distribuyéndose en el cultivo irregularmente en manchas (Ortiz, 1995 citado por Soto, 1997). Según Byrne y Bellows (1991), el adulto macho tiene una longitud del cuerpo de 0,99 mm y una expansión alar de 2,41 mm, mientras que para la hembra la longitud del cuerpo es de 1,06 mm y su expansión alar es de 2,65 mm.

La forma más común de reproducción es la sexual, pero también puede ser por partenogénesis. En este caso, la hembra puede poner huevos haploides que posteriormente serán machos (Murphy, 1990 citado por Soto 1997). En caso de existir apareamiento, las hembras oviponen huevos haploides y diploides, originándose de estos últimos las hembras (Benuzzi y Nicoli, 1990). La relación de sexos de *T. vaporariorum* es de 1:1, lo que indica que el 50% de los adultos emergidos serán hembras con capacidad de generar nuevas posturas (Castresana, 1989b).



Figura 1: Adultos de *T. vaporariorum*
Foto : University of California

Van Lenteren *et al.* (1996), mencionan que características tales como el tiempo de desarrollo, mortalidad de ninfas y fecundidad de las moscas blancas difieren notoriamente entre especies de plantas hospederas, encontrándose la siguiente relación: cuanto mayor es la preferencia por una especie vegetal, menor es el tiempo de desarrollo, menor la mortalidad de ninfas y mayor la fecundidad. Los mismos autores determinaron que sobre tomate a 22°C la fecundidad es de 153 huevos por hembra y la longevidad de 36 días, mientras que sobre berenjena la fecundidad es de 535 huevos por hembra y la longevidad de 63 días.

Dos factores parecen tener una acción preponderante sobre la variación de las poblaciones de *T. vaporariorum*: por una parte la especie vegetal colonizada, cuya acción es constante y limitada, y por otra parte la temperatura, elemento que frena o acelera los procesos de desarrollo en función del gradiente observado y cuya acción es continua (Onillon, 1977).

Según Gerk *et al.* (1995), el tiempo de desarrollo de la mosca blanca en tomate a 25°C es 25 días. Trabajando también sobre tomate, Soto (1997), encontró diferencias en la duración del ciclo de vida de *T. vaporariorum* en función de la temperatura como se muestra en el siguiente cuadro.

Cuadro 1: Duración media (días) del ciclo de vida de *T. vaporariorum* a diferentes temperaturas sobre tomate.

Temperatura (°C)	Duración (días)
8	130
19	33
24	26
27	24
31	18

De acuerdo a Castresana (1989b), las poblaciones de este aleyródido se mantienen activas durante todo el año, con generaciones sucesivas. En invierno disminuyen las poblaciones, desarrollándose más lentamente y aumenta la mortalidad, especialmente de

los primeros estadios ninfales y de los adultos. A pesar de ello, es capaz de pasar el invierno e incluso en algunos estados soportar fuertes fríos circunstanciales, siempre que estos no se prolonguen durante un tiempo excesivo.

Cerca de un 10% de la población se mueve hacia la parte superior del mismo hospedero, comenzando a alimentarse y a oviponer sobre las hojas jóvenes. La mayor parte de los adultos emergidos (90%) muestran primero un movimiento horizontal que resulta en una dispersión de pocos metros. La longevidad de los adultos de mosca blanca puede ser considerable (varios meses), y la oviposición ocurre por un período mayor al tiempo necesario para el desarrollo de los estadio inmaduros. Por lo tanto, en las condiciones de invernáculo existe una importante superposición de generaciones. De esta manera, los focos de infestación no son estáticos, sino que incrementan su área gradualmente (Van Lenteren *et al.*, 1996).

2.1.2 Daños

Las ninfas y adultos de *T. vaporariorum* se alimentan de la savia que circula por los vasos del floema y en consecuencia, producen grandes cantidades de líquidos azucarados, denominados mielcilla, la cual cae por gravedad y se deposita sobre la cara superior de las hojas y los frutos (Roermund y Lenteren, 1992).

En casos de elevada densidad del fitófago, los perjuicios provocados por la succión de savia contribuyen al debilitamiento de las plantas y el marchitamiento de las hojas, pudiendo resentir la producción. De todos modos, el principal daño deriva del desarrollo de fumagina, cuya aparición es consecuencia de las excreciones de mielcilla sobre hojas y frutos. Esta asociación de hongos saprofitos que viven en los frutos sobre las secreciones azucaradas del insecto, deprecia la calidad del producto, y disminuye también los procesos de fotosíntesis y transpiración, con la consecuente disminución del rendimiento (Malais y Ravensverg, 1992).

Además de los daños antes mencionados, se ha comprobado que esta especie es vector del “virus del falso amarillamiento de la remolacha”, el cual también es transmitido a la lechuga y pepino en Holanda y Francia (Duffus, 1973; Dörst *et al.*, 1983). En Colombia y Ecuador es vector reconocido del “amarillamiento de las venas de la papa” (Diaz *et al.*, 1989).

2.2 CONTROL BIOLÓGICO

Encarsia formosa es usada mundialmente para el control de moscas blancas en cultivos bajo invernáculo. Su uso comercial comenzó en Europa en 1920, pero luego a partir de 1945, el desarrollo de los insecticidas de síntesis hizo que se perdiera interés en el control biológico. Después de 1970, el uso del parasitoide fue reiniciado, y se ha expandido de unas 100 hectáreas iniciales a 4800 hectáreas de cultivos bajo invernáculo en 1993 (Hoddle *et al.*, 1998). Los principales cultivos bajo invernáculo en los cuales se utiliza *E. formosa* incluyen tomate (*Lycopersicon esculentum* M.) y pepino (*Cucumis sativus* L.). El parasitoide también es usado en una menor extensión sobre berenjena (*Solanum melongena* var. *Esculenta* L.), gerbera (*Gerbera jamesonii* H.), estrella federal (*Euphorbia pulcherrima* W.), tajetes (*Tagetes erecta* L.) y frutilla (*Fragaria X ananassa* L.) (Hoddle *et al.*, 1998).

Los estados de desarrollo de *E. formosa* consisten en huevo, tres estados larvales, pupa y adulto. Este entomófago se reproduce normalmente por partenogénesis telítoca, siendo su progenie íntegramente femenina, o sea que es capaz de poner huevos fértiles sin el concurso de machos, siendo éstos muy poco habituales. Esto representa una gran ventaja, ya que prácticamente se asegura la reproducción por cada individuo que se libere (Viggiani, 1987; López y Botto, 1995).

Las hembras miden 0,6 mm de longitud, la cabeza es de color café oscuro y el tórax es negro con lados amarillos. El abdomen es amarillo brillante provisto de un ovipositor que se extiende más allá del extremo del cuerpo. Las antenas son filiformes de 0,5 mm de longitud y color café claro. Las alas son hialinas, cubiertas regularmente de pelos cortos y un fleco de pelos largos (Van Lenteren y Woets, 1988).

Las hembras de *E. formosa*, obtienen energía y nutrientes consumiendo tanto mielecilla, como hemolinfa de ninfas de mosca blanca, que son lastimadas con el ovipositor, pero en las cuales no son depositados huevos. Este comportamiento de los adultos, de matar hospederos con propósitos nutricionales, es denominado host-feeding (Fig.2) (Hoddle *et al.*, 1998).

Encarsia formosa, prefiere oviponer en el tercer y cuarto estadio ninfal de su hospedero. Los huevos, se transforman en larvas que se alimentan dentro del hospedero, al cual le causan la muerte. Las ninfas de mosca blanca se tornan de color negro 7 a 10 días después de haber sido parasitadas por *E. formosa* (Fig.3).

La tasa intrínseca de aumento de la población de mosca blanca, en la mayoría de la plantas bajo condiciones de invernáculo, es menor que la máxima tasa de predación (número de hospederos muertos por predación y parasitismo). Esto es tan así, que en muchas plantas hospederas, un solo individuo puede matar más hospederos por unidad de tiempo, que la cantidad de descendientes que la mosca blanca puede generar. Pero para que esto sea así, *E. formosa* debe primero localizar a su hospedero; de esta manera la eficiencia en el proceso de búsqueda determinará la capacidad de mantener la poblaciones de mosca blanca a bajas densidades (Van Lenteren *et al.*, 1996).

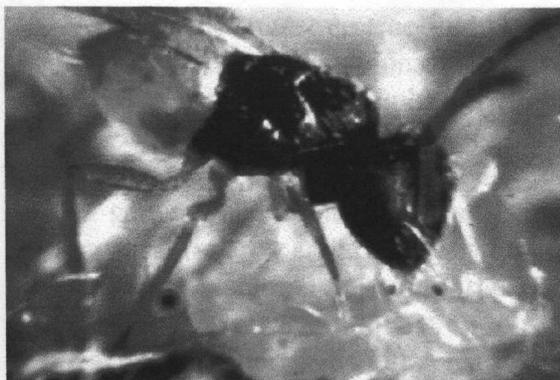


Figura 2: Adulto de *E. formosa*, alimentándose sobre una ninfa de *T. vaporariorum*.



Figura 3: Pupa de *T. vaporariorum* parasitada por *E. formosa*. (Foto : University of California)

Los factores que afectan la dinámica poblacional de *E. formosa* y *T. vaporariorum*, en cultivos bajo invernáculo incluyen: la relación hospedero-parasitoide, la densidad inicial de mosca blanca y su estructura de edades al momento de la primera liberación de parasitoides, la temperatura, el arreglo espacial de las plantas en el cultivo, el régimen de fertilización y la planta hospedera (Hoddle *et al.*, 1998).

Según Van Lenteren *et al.* (1996), las hembras de *E. formosa* son capaces de buscar sus hospederos a temperaturas tan bajas como 13°C, en tanto que el vuelo es posible a temperaturas de 17-18°C. En cuanto a las temperaturas altas, Hoddle *et al.* (1998) mencionan que *E. formosa* puede sobrevivir y reproducirse por 7 a 10 días a temperaturas máximas de 35°C, si éstas duran unas pocas horas.

Dentro de los factores de la planta que pueden afectar la eficacia de *E. formosa* encontramos: la planta hospedera, la variedad, aspectos morfológicos tales como el número y tipo de tricomas, y el incremento del follaje durante el período de cultivo.

El control de la mosca blanca de los invernáculos con *E. formosa* es bueno sobre tomate, pobre sobre pepino, e intermedio sobre berenjena. Al menos dos factores contribuyen para ello: la calidad de la planta para el crecimiento de las ninfas de mosca blanca, y una superficie foliar adecuada para la búsqueda del parasitoide. El tomate, por ejemplo, es un hospedero relativamente pobre para el desarrollo de mosca blanca, y sus hojas son apropiadas para que el parasitoide pueda desplazarse en busca de su hospedero. Estos factores le confieren ventajas a la población de parasitoides. En cambio, el pepino es un hospedero más favorable para *T. vaporariorum*, y sus hojas son menos apropiadas para los desplazamientos de búsqueda del parasitoide debido a la nerviación reticulada y los grandes tricomas (Hoddle *et al.*, 1998).

2.3 PLANES DE MUESTREO PARA ESTIMAR ABUNDANCIA DE INSECTOS.

Un plan de muestreo que incluya el número de muestras a tomar, el tamaño de la unidad elegida y la ubicación de la mismas, depende del conocimiento de la distribución espacial del insecto en el cultivo (Morris, 1960; Southwood, 1978). Dicha distribución es una de las propiedades ecológicas más características que diferencian las especies. A diferencia de la tasa de crecimiento y reproducción, las cuales a menudo varían más entre generaciones dentro de una especie que entre especies, la distribución espacial incluye parámetros característicos que diferencian las especies. Esos parámetros son la expresión poblacional del comportamiento de los individuos, por lo cual no será posible establecer un plan de muestreo de campo sin entender la distribución espacial subyacente (Taylor, 1984). La descripción estadística de la distribución en el espacio de la población es un paso necesario para desarrollar programas de muestreo, a fin de obtener estimaciones absolutas

En términos generales, una plaga o en este caso un parasitoide puede estar dispersa en forma uniforme, aleatoria o agregada, y los conteos de insectos realizados extensivamente en un cuadrulado del campo ajustarán, a las distribuciones de probabilidad Normal, Poisson o Binomial Negativa, respectivamente. La distribución de los insectos puede ser uniforme, caso en el cual la relación varianza-media produce un cociente menor a uno; aleatoria, donde dicho cociente es uno; o agregada, lo cual producirá un cociente mayor que uno. El cociente calculado para una muestra denominado Coeficiente de Dispersión (Sokal y Rohlf, 1979, citado por Basso *et al.*, 2001), cuya fórmula es $CD = S^2/X$ donde S^2 y X son la varianza y la media de los conteos respectivamente, puede superar el valor uno cuando la distribución es del tipo Binomial Negativa

Taylor (1961, 1984) encontró que una función empírica podía ser usada para expresar la relación entre la media y la varianza de una muestra. Esta relación es conocida como Ley empírica de Taylor $S^2 = \alpha X^\beta$. Los valores de los coeficientes son fácilmente obtenidos de la regresión lineal después de la transformación logarítmica de la ecuación que resulta en: $\log(S) = \log(\alpha) + \beta \log(X)$. Se considera al parámetro α como un factor de escala dependiente de la técnica de muestreo y el hábitat en estudio. β se supone constante para cada especie, indica el grado de contagio (agrupamiento) de los individuos en el campo, y se espera que tenga valores entre 1,4 y 2,0 para plagas de cultivos (Franco y Basso, 1995).

La ecuación para el cálculo del tamaño conveniente de muestra responde a la pregunta: cual es el mínimo tamaño de muestra (número de puntos de muestreo, n) requerido para estimar la media poblacional de abundancia de tal manera que la probabilidad α de obtener una muestra cuya media difiera de la verdadera en más de una cantidad determinada (error máximo de estimación permitido, δ) sea baja ($\alpha \leq 0.20$). Su expresión matemática es :

$$n = \frac{Z^2 \cdot S_0^2}{\delta^2} = \frac{Z^2 \cdot \alpha \cdot \bar{X}_0^\beta}{\delta^2} \dots\dots\dots(1)$$

Si el error máximo de estimación se expresa como proporción de la media ($\delta' = \delta/X_0$) y la varianza se reemplaza con el coeficiente de variación ($CV = S/X$) la ecuación se transforma:

$$n = \frac{Z^2 \cdot CV^2}{\delta'^2} = \frac{Z^2 \cdot \alpha \cdot \bar{X}^{(\beta-2)}}{\delta'^2} \dots\dots\dots(2)$$

En la primera expresión de las ecuaciones se supone que la varianza poblacional, o el coeficiente de variación, son conocidos o han sido estimados anteriormente a partir de otros muestreos, revisiones de literatura, etc., y Z es un valor de tablas de distribución normal estándar, para un nivel α determinado

En poblaciones cuya distribución en el campo presenta algún grado de contagio se observa una relación media-varianza como la descrita por la ecuación de Taylor que conduce a la segunda expresión de las formulas. En ellas se observa que el cálculo del tamaño de muestra para un nivel de precisión definido, utiliza los valores estimados α y β de Taylor y requiere suponer alguna media \bar{X}_0 , lo cual implica un tamaño diferente para cada media poblacional de abundancia esperada, esto es: para estimar la abundancia se requiere partir de una estimación de su valor.

Una solución al problema anterior consiste en realizar el muestreo en forma secuencial, de tal manera que el método mismo indique el momento de suspender la toma de muestras, sin ningún presupuesto acerca de los valores poblacionales. La metodología fue propuesta inicialmente por Kuno (1969) y mejorada por Bechinski y Pedigo (1981). La idea fundamental de la propuesta es que hay un valor promedio muestral \bar{X}_n , correspondiente a un tamaño de muestra n, el cual estima la verdadera media con una precisión δ o δ' . La media muestral puede escribirse como:

$$\bar{X}_n = \frac{Tn}{n}$$

Siendo Tn el número total de capturas en n muestras. Si se reemplaza la media en la ecuación 2 se obtiene:

$$n = \frac{Z^2 \cdot \alpha (Tn/n)^{\beta-2}}{\delta'^2}, \quad \text{de donde se deduce que:}$$

$$Tn = \left[\frac{n^{(1-\beta)} \cdot \alpha \cdot Z^2}{\delta'^2} \right]^{(1/(2-\beta))} \dots\dots\dots(3)$$

De esta forma se obtiene un valor T_n (capturas acumuladas) tal que $\bar{X}_n = T_n/n$ estima a la verdadera media con un error máximo de estimación de $\delta' \cdot 100$ %. El método suspende el muestreo cuando el resultado de acumular la última captura a las anteriores es mayor que el límite T_n correspondiente al número de captura realizado. En ese momento, se tiene la estimación X_n , de la verdadera media con la precisión deseada.

La ventaja del muestreo secuencial es, entonces, que va comparando los valores observados contra un límite que le indica si con el número de muestras tomadas y las capturas obtenidas hay suficiente información para estimar la verdadera densidad con la precisión deseada (Franco y Basso, 1995). El muestreo comienza sin una determinación del tamaño de muestra, y como consecuencia de una continua retroalimentación, finaliza cuando la precisión de la estimación alcanza un nivel preestablecido (Kuno, 1991). De este modo se selecciona y mide una unidad de muestreo y, con base en el resultado acumulado de esa y las anteriores observaciones, se toma una de tres decisiones: a) suspender el muestreo si se alcanza el tamaño de muestra máximo aceptable, b) suspender el muestreo, aceptando que se ha encontrado una estimación de la densidad que satisface las condiciones de precisión y confiabilidad predeterminadas o c) tomar una observación adicional, y repetir el proceso (Franco, 2002).

3 CAPITULO 1: EVALUACIÓN DE DOS DOSIS DE *E. FORMOSA*

3.1 MATERIALES Y MÉTODOS

Dos dosis de *E. formosa* (adultos / por planta) fueron evaluadas sobre poblaciones conocidas de *T. vaporariorum*. Se utilizaron dos jaulas de cría, donde se alojaron 6 plantas de tomate en cada una. Las dimensiones de dichas jaulas fueron 0,60 m de ancho, 0,90 m de largo, y 1m de alto, siendo 3 de sus paredes de acrílico y la restante de organza, lo que permitió el pasaje de luz natural. Los ensayos se llevaron a cabo en contenedores acondicionados con ventanas y techo transparentes. La temperatura osciló entre 10 y 30°C, y el fotoperíodo fue 14:10 (L:O).

Las plantas se infestaron con 8 adultos de *T. vaporariorum* en cada jaula. Todos los insectos utilizados para tal fin tenían menos de 24 horas de vida, y procedían de colonias mantenidas sobre plantas de tabaco. Las ninfas dispuestas en una hoja del tercio superior de cada planta se contaron y clasificaron por estadio bajo lupa, con el fin de determinar el momento en que éstas alcanzaban el estadio preferido por *E. formosa* para su parasitación (tercer instar). Cuando las primeras ninfas llegaron a dicho estadio (3 semanas después de la infestación con mosca blanca), se comenzó la liberación de adultos de *E. formosa*.

Las dosis evaluadas fueron las siguientes:

- **Dosis 1:** 1 adulto de *E. formosa* por planta, liberados semanalmente durante 5 semanas consecutivas.
- **Dosis 2:** 2 adultos de *E. formosa* por planta, liberados semanalmente durante 5 semanas consecutivas.

A partir del momento en que los primeros individuos de *T. vaporariorum* alcanzaron el estado de pupa, se comenzó el conteo semanal de las pupas parasitadas y no parasitadas en toda la planta, y en todas las plantas. El ensayo duró quince semanas a partir de la primera liberación de *E. formosa*. La proporción de pupas parasitadas se calculó para cada fecha, como el cociente entre pupas parasitadas y pupas totales.

Para evaluar el efecto de las dosis se realizó una prueba de comparación de proporciones binomiales (Battacharyya y Jonson, 1977) comparando la proporción en que se redujo el número de pupas de mosca blanca entre la primera y la segunda generación.

No se aplicaron fertilizantes durante el ensayo y, en cuanto a pesticidas, solo se utilizó azufre mojable para controlar un ataque de ácaro del bronceado, que tuvo mayor severidad en la dosis 2.

3.2 RESULTADOS.

En la dosis 1, la primera generación de *T. vaporariorum* se desarrolló entre la tercera y la novena semana, y la segunda generación entre la novena y la quinceava semana desde el momento en que comenzaron las liberaciones de *E. formosa*. En la dosis 2, la primera generación de la plaga terminó en la décima semana, y allí comenzó la segunda que se extendió hasta el final del ensayo. Para la dosis 1, el pico máximo de pupas totales (400) se alcanzó la sexta semana, mientras que para la dosis 2, el máximo valor (206) para esta variable, se registró en la novena. Tanto en la dosis 1 como en la 2 las primeras pupas negras aparecieron quince días después de la primer liberación de *E. formosa*. La proporción de pupas parasitadas alcanzó su valor máximo (0,91), en la dosis 1, a la octava semana de comenzadas las liberaciones. Para la dosis 2, dicho valor fue de 0,85, y se registró en la novena fecha de muestreo (Fig. 4).

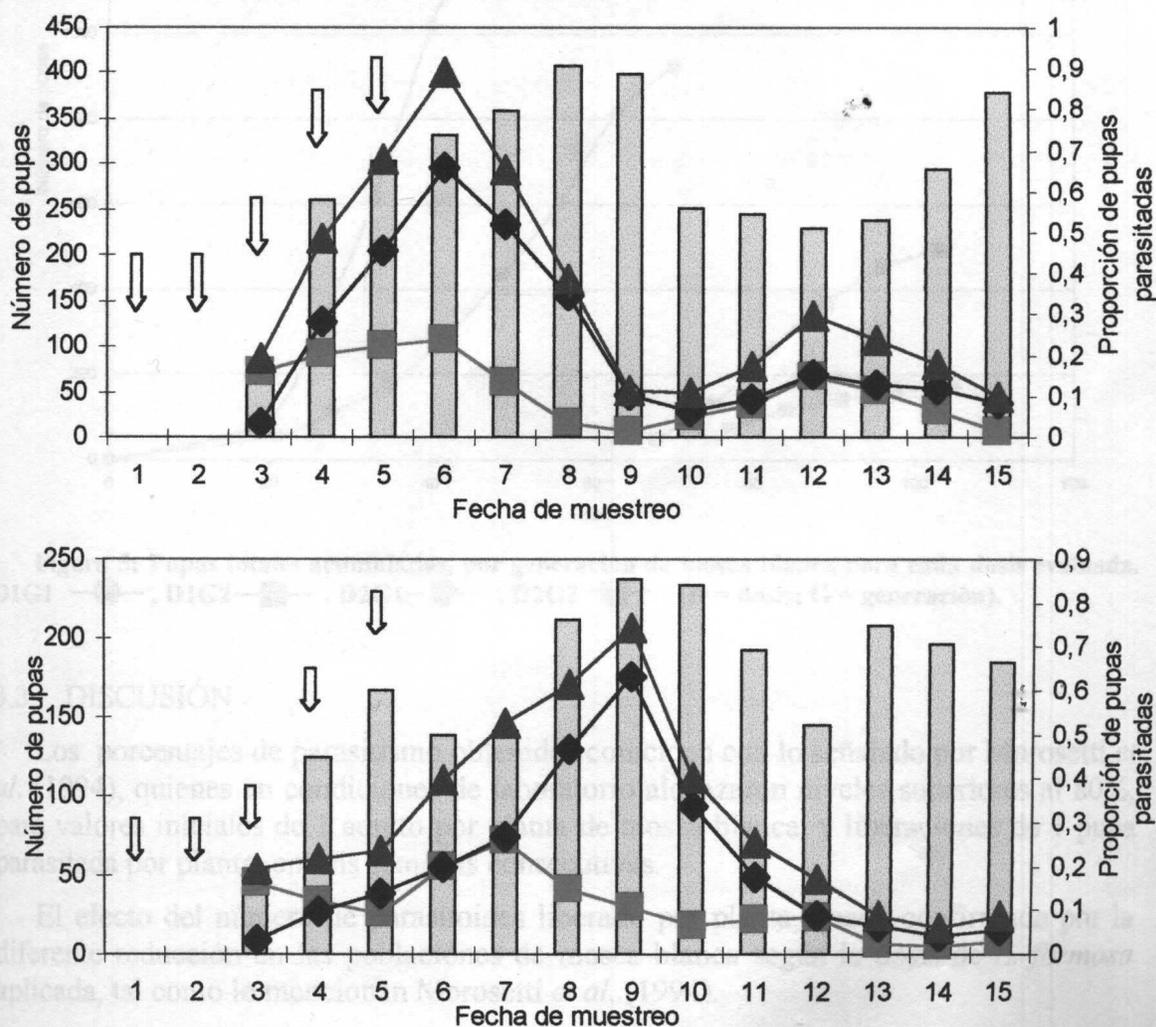


Figura 4: Pupas sanas de *T. vaporariorum* (—■—), pupas parasitadas por *E. formosa* (—◆—) y totales (—▲—), y proporción de pupas parasitadas (█), en la dosis 1 (arriba), y en la dosis 2 (abajo). Liberaciones de *E. formosa* (↓)

La reducción de las pupas totales acumuladas entre la primera y la segunda generación de mosca blanca (medida como proporción de la primera generación), mostró diferencias significativas entre tratamientos. En la dosis 1, la reducción en el número de pupas totales acumuladas fue del 68%, mientras que para el tratamiento 2 la reducción fue del 80% (Fig.5).

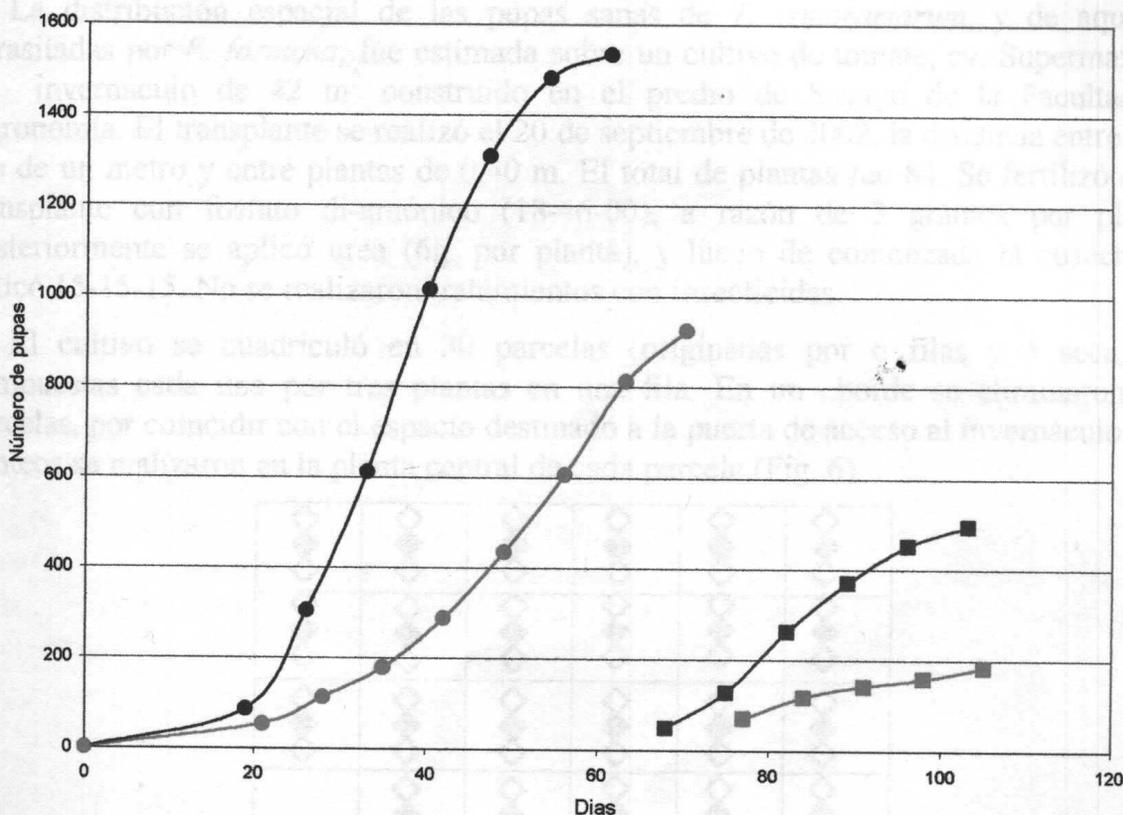


Figura 5: Pupas totales acumuladas, por generación de mosca blanca para cada dosis evaluada. D1G1 —●—, D1G2 —■—, D2G1 —○—, D2G2 —□— (D = dosis; G = generación).

3.3 DISCUSIÓN

Los porcentajes de parasitismo obtenidos coinciden con lo señalado por Morosetti *et al.* (1994), quienes en condiciones de laboratorio alcanzaron niveles superiores al 80%, para valores iniciales de 1 adulto por planta de mosca blanca, y liberaciones de 1 pupa parasitada por planta, en seis semanas consecutivas.

El efecto del número de parasitoides liberado por planta, quedó confirmado por la diferente reducción en las poblaciones de mosca blanca según la dosis de *E. formosa* aplicada, tal como lo mencionan Morosetti *et al.* (1994).

Estos resultados obtenidos en el laboratorio, deberían ser validados en condiciones de campo.

4 CAPITULO 2: DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE PUPAS SANAS Y PARASITADAS DE *T. VAPORARIORUM* EN TOMATE BAJO INVERNÁCULO.

4.1 MATERIALES Y MÉTODOS

La distribución espacial de las pupas sanas de *T. vaporariorum*, y de aquellas parasitadas por *E. formosa*, fue estimada sobre un cultivo de tomate, cv. Supermax, en un invernáculo de 42 m² construido en el predio de Sayago de la Facultad de Agronomía. El transplante se realizó el 20 de septiembre de 2002, la distancia entre filas fue de un metro y entre plantas de 0,40 m. El total de plantas fue 84. Se fertilizó en el transplante con fosfato di-amónico (18-46-00), a razón de 3 gramos por planta, posteriormente se aplicó urea (6g. por planta), y luego de comenzada la cosecha se aplicó 15-15-15. No se realizaron tratamientos con insecticidas.

El cultivo se cuadrículó en 30 parcelas (originadas por 6 filas y 5 sectores), compuestas cada una por tres plantas en una fila. En un borde se eliminaron dos parcelas, por coincidir con el espacio destinado a la puerta de acceso al invernáculo. Los conteos se realizaron en la planta central de cada parcela (Fig. 6).

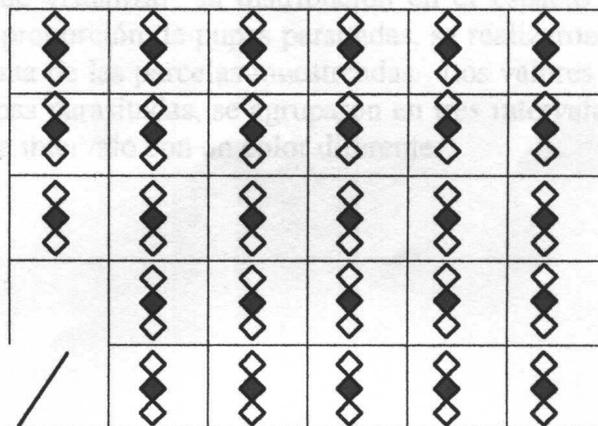


Figura 6: Parcelas en las que se cuadrículó el cultivo. los conteos de pupas de *T. vaporariorum* sanas y parasitadas se realizaron sobre las plantas sombreadas (◆).

Veinte días después del transplante, se introdujeron adultos de *T. vaporariorum* sobre las malezas circundantes al cultivo, con el fin de simular una colonización desde fuera del invernáculo. Para determinar el momento de introducción de los parasitoides, se contaron semanalmente los adultos de mosca blanca en el envés de las hojas dos, tres, y cuatro a partir del ápice de las plantas seleccionadas para los conteos.

El umbral fijado para iniciar las liberaciones de *E. formosa* fue de 1 adulto de *T. vaporariorum* por planta. Una vez alcanzado dicho nivel poblacional, se realizaron 6

liberaciones de los parasitoides, separadas entre sí una semana. La dosis utilizada fue de 2 pupas parasitadas por planta y por liberación, lo que significó un total de 1.008 pupas parasitadas, para las 84 plantas y los 6 momentos de introducción. Las primeras pupas parasitadas aparecieron sobre las plantas 15 días después de la primera liberación, y a partir de ese momento se contaron semanalmente pupas parasitadas (negras) y sanas (blancas), dispuestas en el envés de las seis hojas inferiores de las plantas centrales de cada parcela. Debido a que el ensayo abarcó más de una generación de la plaga y del parasitoide, se fueron eliminando las hojas de la parte inferior de la planta a medida que emergían los insectos, pero se incluía la hoja inmediatamente superior a las 5 restantes para mantener el número de seis.

La media, la varianza y el coeficiente de dispersión del número de pupas parasitadas y sanas, y de la proporción de pupas parasitadas, fueron calculados por fecha. Los datos de la semana 3 no fueron considerados, ya que el número de pupas fue muy bajo. Los valores de media y varianza obtenidos, se relacionaron según la ecuación propuesta por Taylor (1961), $S^2 = \alpha X^\beta$. Los parámetros α y β se estimaron para cada una de las variables antes mencionadas, utilizando las observaciones de las ocho fechas de muestreo y el método de regresión.

Con el objetivo de visualizar la distribución en el espacio de las pupas sanas y parasitadas, y de la proporción de pupas parasitadas, se realizaron gráficos de contorno, representando cada una de las parcelas muestreadas. Los valores de pupas por planta y de proporción de pupas parasitadas, se agruparon en tres intervalos: alto, medio y bajo, representándose cada intervalo con un color diferente.

4.2 RESULTADOS

4.2.1 Seguimiento del número de pupas sanas y parasitadas en tomate bajo invernáculo

Las primeras pupas de *T. vaporariorum* aparecieron en el invernáculo el 21 de octubre, y las primeras pupas parasitadas una semana más tarde, lo que correspondió a 15 días luego de efectuada la primera liberación de *E. formosa*. En ese momento la proporción de pupas parasitadas fue 0,02.

La población de mosca blanca medida como pupas sanas (blancas) creció hasta la sexta semana después de introducidos los parasitoides, cuando alcanzó el máximo de 36 pupas por planta. A partir de ese momento decreció en todos los conteos, llegando al final del cultivo a una densidad de 3 pupas por planta. Las pupas parasitadas aumentaron hasta la semana 8, luego decrecieron siguiendo la tendencia de las pupas totales. La proporción de pupas parasitadas creció en forma continua hasta alcanzar 0,93 al final del cultivo (Fig. 7). En ningún momento se existieron daños por fumagina en hojas o frutos.

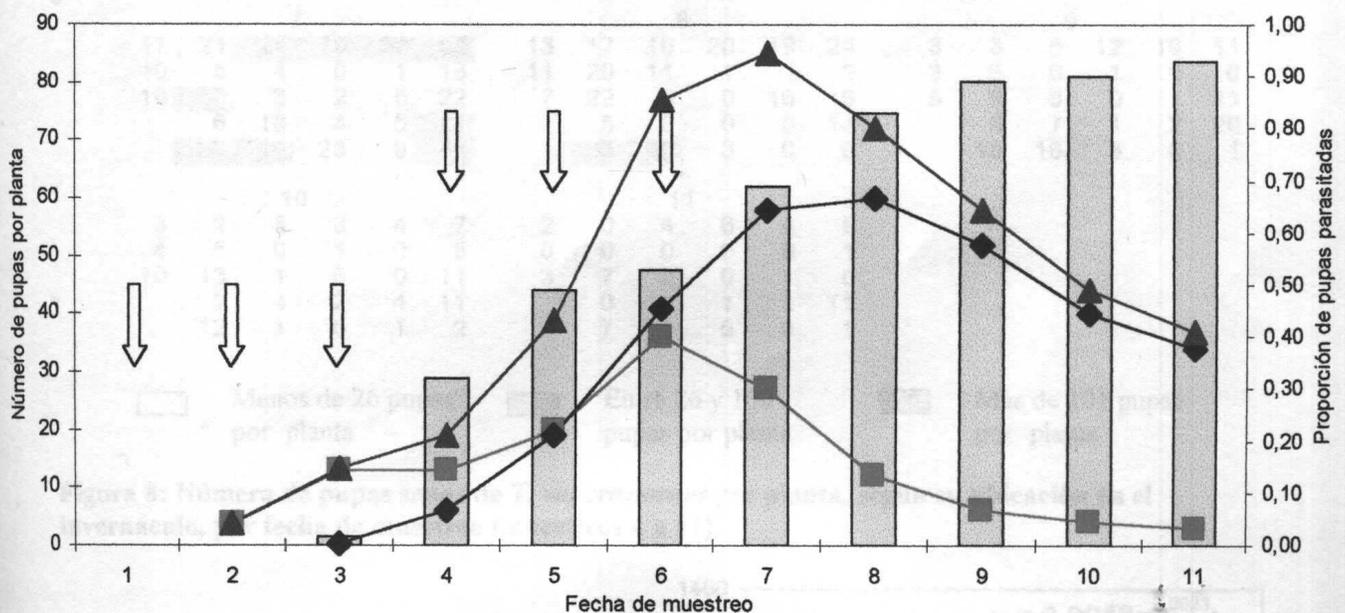


Figura 7: Número de pupas sanas de *T. vaporariorum* (—■—), pupas parasitadas por *E. formosa* (—◆—) y pupas totales (—▲—) por planta, y proporción de pupas parasitadas (□), según fecha de muestreo, en un cultivo de tomate que recibió liberaciones de *E. formosa* (↓).

4.2.2 Distribución espacial de las pupas sanas.

El coeficiente de dispersión (CD) de las pupas sanas de *T. vaporariorum* fue mayor a 1 en todas las fechas de muestreo (Tabla 2). Esto indica que la distribución en el invernáculo para dicho estadio fue conglomerada o de contagio (Fig. 8). La varianza fue mayor que la media, por lo tanto la distribución estadística más apropiada resultó ser la Binomial Negativa. La aglomeración de las pupas sanas disminuye hacia el final del cultivo, acompañando la disminución en el número de las mismas. La relación varianza-media estimada con la ecuación de Taylor alcanzó los siguientes valores para sus parámetros: $\alpha = 0,9959$ y $\beta = 2,0023$ (Fig. 9).

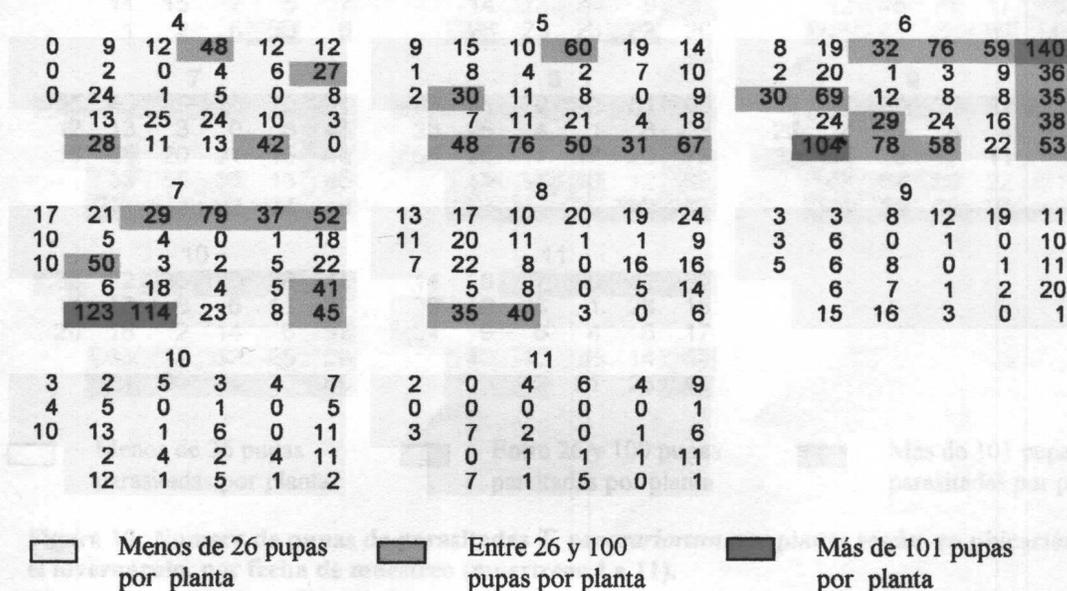


Figura 8: Número de pupas sanas de *T. vaporariorum* por planta, según su ubicación en el invernáculo, por fecha de muestreo (muestreos 4 a 11).

Tabla 2: Media, varianza y coeficiente de dispersión (CD) para pupas sanas de *T. vaporariorum*, según fecha de muestreo.

Fecha	Media	Varianza	CD
4	12,1	166,0	13,7
5	19,7	446,9	22,7
6	36,2	1105,8	30,6
7	26,9	1040,8	38,8
8	12,2	102,1	8,4
9	6,4	35,2	5,5
10	4,4	14,6	3,3
11	2,6	9,7	3,7

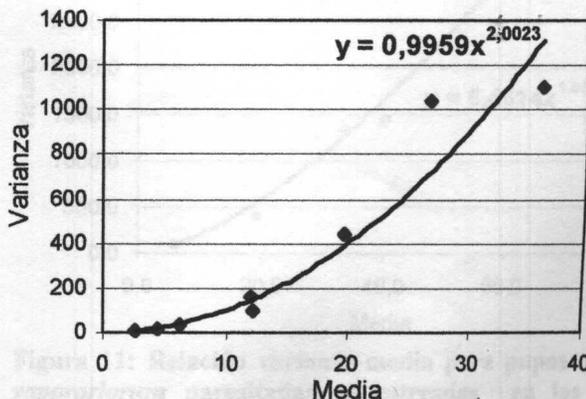


Figura 9: Relación varianza-media para pupas sanas de *T. vaporariorum* muestreadas en las seis hojas inferiores de plantas de tomate bajo invernáculo.

4.2.3 Distribución espacial de las pupas parasitadas.

Al igual que para las pupas sanas, el CD de las pupas parasitadas, resultó ser mayor a 1 (Tabla 3), lo que indica que la distribución del número de pupas parasitadas en el invernáculo fue de contagio y la distribución estadística más apropiada resultó ser la Binomial negativa (Fig. 10). Los parámetros α y β de la ecuación de Taylor alcanzaron los siguientes valores: $\alpha = 6,4614$ y $\beta = 1,5045$ (Fig. 11).

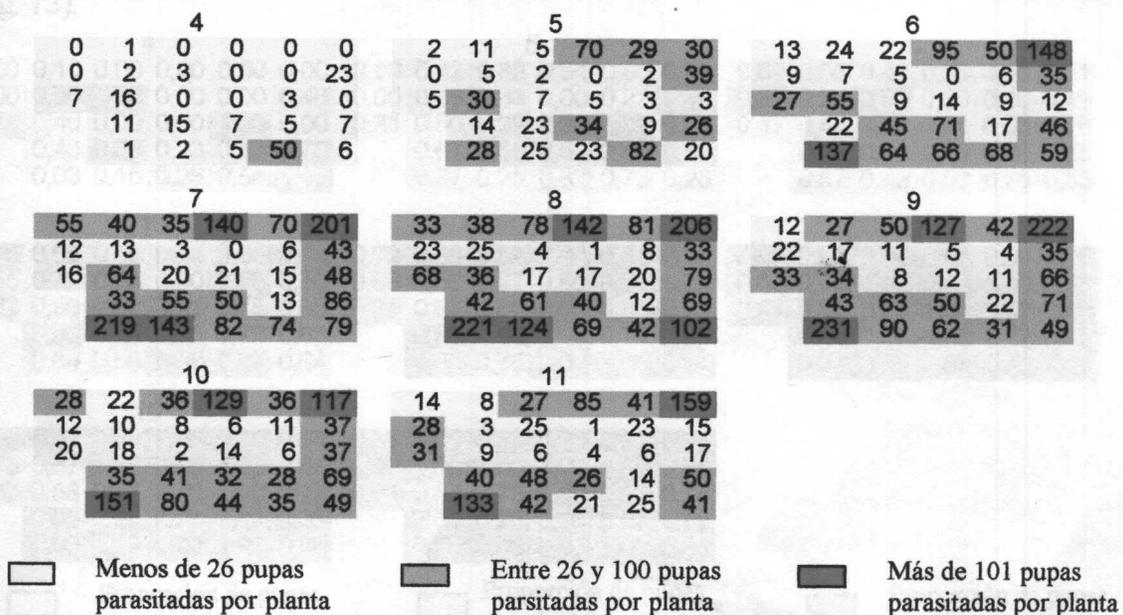


Figura 10: Numero de pupas de parasitadas *T. vaporariorum* por planta según su ubicación en el invernáculo, por fecha de muestreo (muestréos 4 a 11).

Tabla 3: Media, varianza y coeficiente de dispersión (CD) para pupas parasitadas de *T. vaporariorum*, según fecha de muestreo.

Fecha	Media	Varianza	CD
4	5,9	108,6	18,54
5	19,0	405,7	21,35
6	40,5	1466,8	36,18
7	58,4	3189,7	54,59
8	60,4	3120,5	51,67
9	51,8	3224,5	62,27
10	39,8	1420,3	35,73
11	33,6	1353,8	40,24

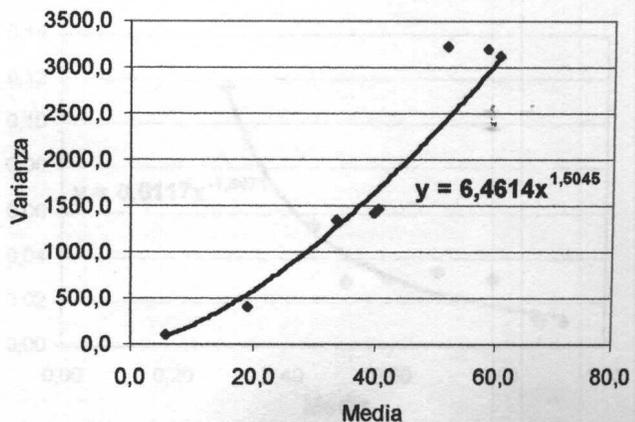


Figura 11: Relación varianza-media para pupas de *T. vaporariorum* parasitadas, muestreadas en las seis hojas inferiores de plantas de tomate bajo invernáculo

4.2.4 Distribución espacial de la proporción de pupas parasitadas.

La proporción de pupas parasitadas, mostró un CD menor a 1 en todas las fechas de muestreo, indicando que la distribución de esta variable en el invernáculo tiende a ser uniforme (Fig. 12). El CD disminuyó a lo largo del ensayo, desde 0,39 en la cuarta semana a 0,01 en la onceava (Tabla 4). Esta disminución en el CD está explicada por la reducción que mostró la varianza a medida que aumentó la media. La relación varianza-media estimada con la ecuación de Taylor mostró valores de $\alpha = 0,0117$ y $\beta = -1,8971$ (Fig. 13).

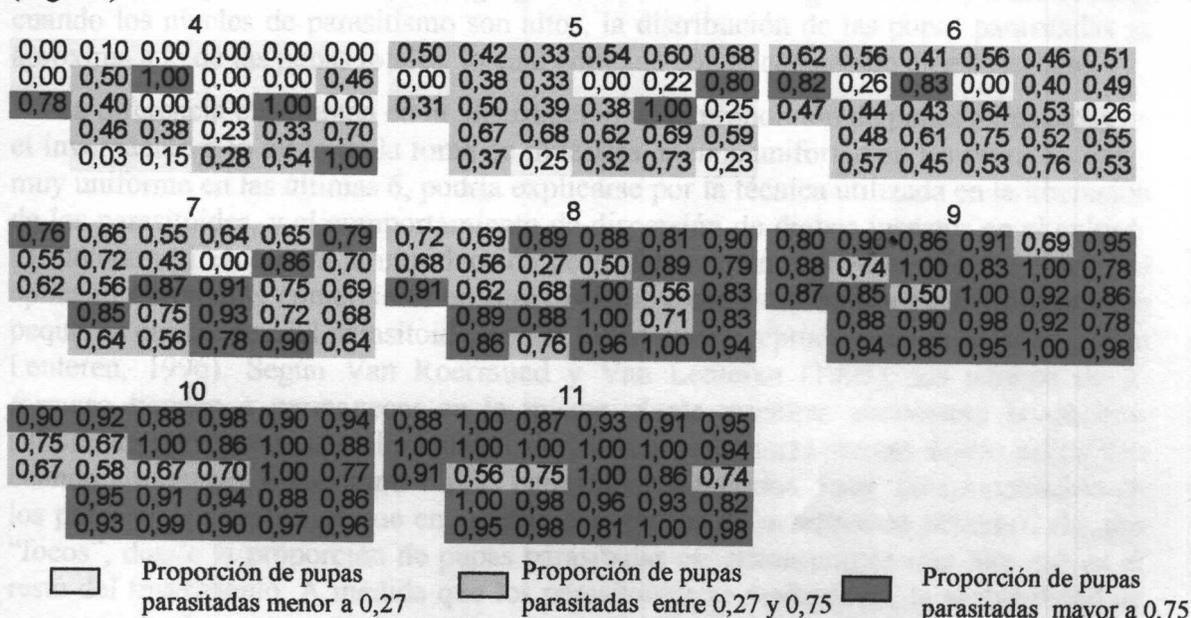


Figura 12: Proporción de pupas de *T. vaporariorum* parasitadas por planta, según su ubicación en el invernáculo, para cada fecha de muestreo.

Tabla 4: Media, varianza y coeficiente de dispersión para la proporción de pupas parasitadas según fecha de muestreo.

Fecha	Media	Varianza	CD
4	0,30	0,12	0,39
5	0,46	0,05	0,12
6	0,51	0,03	0,06
7	0,68	0,03	0,05
8	0,79	0,03	0,04
9	0,88	0,01	0,01
10	0,87	0,01	0,02
11	0,92	0,01	0,01

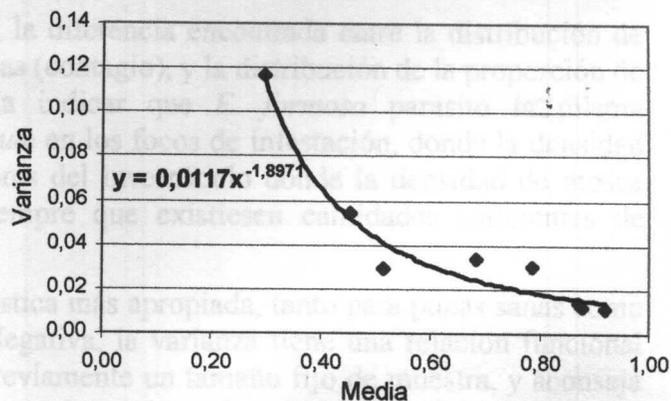


Figura 13: Relación varianza-media para la proporción de pupas parasitadas de *T. vaporariorum*. Los muestreos se realizaron en las seis hojas inferiores de plantas de tomate bajo invernáculo

4.3 DISCUSIÓN.

La distribución de contagio de las pupas de *T. vaporariorum* en el invernáculo, es coincidente con lo encontrado por Jiang *et al.* (2001), cuando estudiaron la distribución espacial de adultos y ninfas de esta misma especie. Los resultados sobre la distribución de *E. formosa* confirman lo observado por Ekbohm (1980), quién encontró que tanto la mosca blanca de los invernáculos, como su parasitoide *E. formosa*, tenían una distribución espacial fuertemente agregada sobre tomate. Según Martin y Dale (1989), cuando los niveles de parasitismo son altos, la distribución de las pupas parasitadas se aproxima a la de las pupas totales, lo cuál coincide con lo constatado en este trabajo.

La diferencia encontrada en la distribución de la proporción de pupas parasitadas en el invernáculo a lo largo de la toma de muestras, menos uniforme en las primeras dos y muy uniforme en las últimas 6, podría explicarse por la técnica utilizada en la liberación de los parasitoides, y el comportamiento de dispersión de dichos insectos en el cultivo. El método utilizado para la introducción de *E. formosa* en el invernáculo fue similar al aplicado en predios comerciales en otros países, y consistió en liberar periódicamente pequeñas cantidades del parasitoide, con el fin de que se reprodujeran en el cultivo (Van Lenteren, 1996). Según Van Roermund y Van Lenteren (1995), los adultos de *E. formosa* tienden a permanecer en la misma planta mientras encuentran hospederos suficientes para parasitar o alimentarse, desplazándose a otras plantas dentro del cultivo cuando comienzan a encontrar ninfas parasitadas o muertas. Este comportamiento en los parasitoides explicaría que en las primeras fechas de muestreo se observen algunos “focos”, donde la proporción de pupas parasitadas es notoriamente más alta que en el resto del invernáculo. A medida que los parasitoides se multiplican, la probabilidad de encontrar ninfas no parasitadas es menor, por lo que tienden a moverse a otras plantas, lo que podría explicar el aumento de la uniformidad en la distribución de la proporción de pupas parasitadas en las fechas más avanzadas de muestreo.

Desde el punto de vista biológico, la diferencia encontrada entre la distribución de las pupas, sean éstas sanas o parasitadas (contagio), y la distribución de la proporción de pupas parasitadas (uniforme), podría indicar que *E. formosa* parasitó lá misma proporción de ninfas de *T. vaporariorum* en los focos de infestación, donde la densidad de la plaga es alta, que en los sectores del invernáculo donde la densidad de mosca blanca es menor. Esto sucedería siempre que existiesen cantidades suficientes de parasitoides.

Debido a que la distribución estadística más apropiada, tanto para pupas sanas como parasitadas, resultó ser la Binomial Negativa, la varianza tiene una relación funcional con la media, lo que impide definir previamente un tamaño fijo de muestra, y aconseja usar planes de muestreo secuencial para determinar el tamaño apropiado de muestra durante la ejecución misma, tal como lo afirman Kuno (1969), Bechinski y Pedigo (1981), y Franco y Basso (1995).

La reducción drástica de la población de la plaga y del parasitoide que se constató hacia el final del cultivo, coincide con lo señalado por Van Lenteren *et al.*, (1996). Estos autores mencionan que un invernáculo demasiado pequeño puede ser causa del fracaso del control biológico de mosca blanca, dado que en esa situación éstas pueden ser exterminadas por los parasitoides, los que luego no sobreviven, y nuevas infestaciones de mosca blanca pueden desarrollarse posteriormente hasta alcanzar niveles de plaga. En el Uruguay, este fenómeno debería ser tenido en cuenta para cultivos de tomate de ciclo largo, dado que una reducción en la población de parasitoides tan fuerte como la observada, dejaría al cultivo desprotegido frente a eventuales re-infestaciones de la plaga.

5 CAPITULO 3: DISTRIBUCIÓN DE PUPAS SANAS Y PARASITADAS DE *T. VAPORARIORUM* EN LA PLANTA DE TOMATE.

5.1 MATERIALES Y MÉTODOS

La distribución en la planta de tomate de las pupas sanas de *T. vaporariorum*, y de aquellas parasitadas por *E. formosa*, fue analizada sobre el mismo cultivo en que se determinó la distribución de la plaga en el invernáculo. Los conteos de pupas sanas y parasitadas se realizaron en el envés de las seis hojas inferiores de las plantas seleccionadas para los muestreos. Esas seis hojas cambiaron a lo largo del ensayo. A medida que la planta creció y los insectos emergieron de las hojas inferiores, estas se eliminaron incorporando a los conteos la hoja inmediatamente superior a las 5 que permanecían bajo análisis. De este modo si bien se eliminaron hojas, lo cual es práctica habitual en cultivos comerciales, los conteos se realizaron siempre sobre las seis hojas inferiores de las plantas.

La unidad de muestreo mas apropiada para estimar la abundancia de la plaga y su parasitoides en cultivos de tomate bajo invernáculo, se determinó a partir de la media y del coeficiente de variación del número de pupas parasitadas, sanas y totales en cada hoja. También se calculó la media y el coeficiente de variación de la proporción de pupas parasitadas por hoja, así como la media de dicha variable para la suma de las hojas. El análisis se hizo en base a los datos de las ocho fechas de muestreo.

La comparación entre hojas de los números de pupas sanas, parasitadas y totales se realizó utilizando un modelo lineal generalizado (Mc Chullaugh y Nelder, 1989), una distribución binomial negativa para los residuales y una función de enlace logarítmica. Todas las pruebas de hipótesis se hicieron con el criterio de razón de verosimilitud y distribución χ^2 . Para la comparación de la proporción de pupas parasitadas por hoja se utilizó el mismo modelo lineal generalizado, con función de enlace logit y distribución binomial.

5.2 RESULTADOS

5.2.1 Pupas sanas, parasitadas y totales según hoja

El número de pupas sanas de *T. vaporariorum* fue significativamente diferente entre hojas ($p < 0,05$), excepto en las hojas 4, 5 y 6 que no se diferenciaron entre sí. La hoja que presentó el mayor número de pupas sanas (4,2) fue la 5, y el menor valor para esta variable se registró en la hoja 1 con 0,7 pupas (Tabla 5). El menor coeficiente de variación se observó en la hoja 4 (145%) y el mayor en la hoja 2 (338%) (Fig. 14).

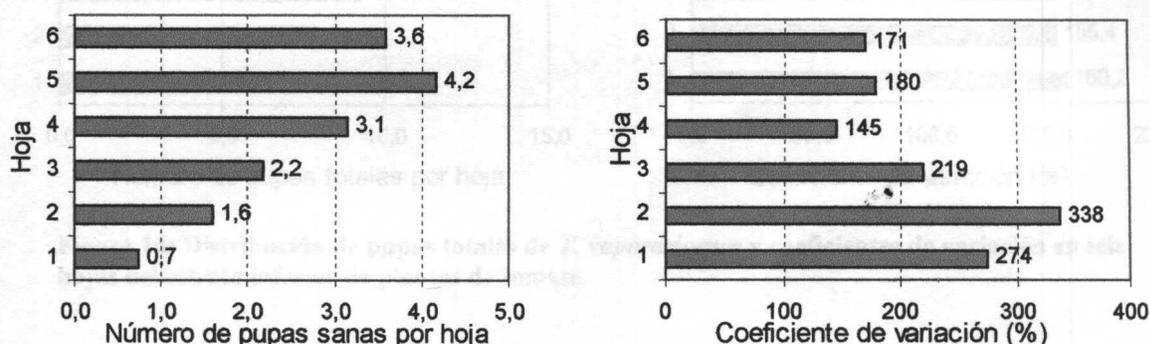


Figura 14: Número de pupas sanas de *T. vaporariorum* y coeficientes de variación en seis hojas del estrato inferior de plantas de tomate bajo invernáculo. Las hojas se numeraron de abajo hacia arriba.

El número de pupas parasitadas por hoja mostró diferencias significativas ($p < 0,05$), sólo cuando se compara la hoja 6 con las restantes (Tabla 5). La hoja 6 presentó el valor de pupas parasitadas mas bajo (4,5) y la hoja 4 el valor más alto (7,6). El coeficiente de variación del número de pupas parasitadas por hoja varió en forma inversa a la abundancia de las mismas. Los menores coeficientes de variación se presentaron en las hojas con mayores densidades de pupas parasitadas (hojas 3 y 4) (Fig. 15).

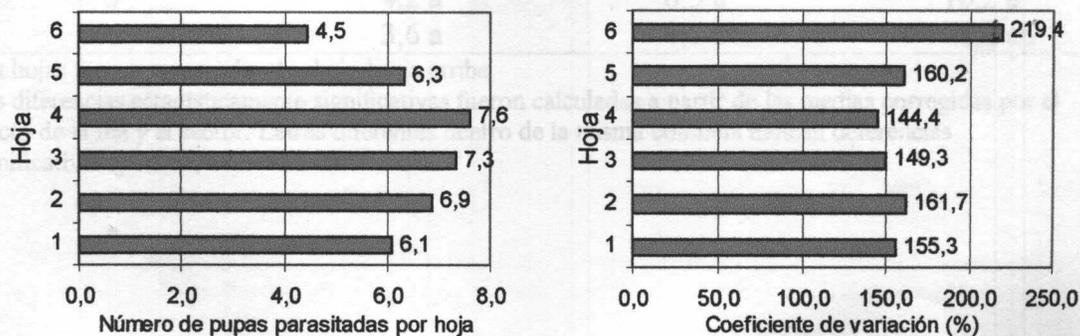


Figura 15: Número de pupas parasitadas de *T. vaporariorum* y coeficientes de variación en seis hojas del estrato inferior de plantas de tomate bajo invernáculo. Las hojas se numeraron de abajo hacia arriba.

El análisis del número de pupas totales por hoja solo detectó diferencias significativas ($p < 0,05$) entre la hoja 1 con la 3, 4 y 5 (Tabla 5). Entre estas tres últimas, que no se diferenciaron entre sí, la número 4 fue la que mostró el mayor número de pupas totales (10,5) y el menor coeficiente de variación (133,9 %) (Fig. 16).

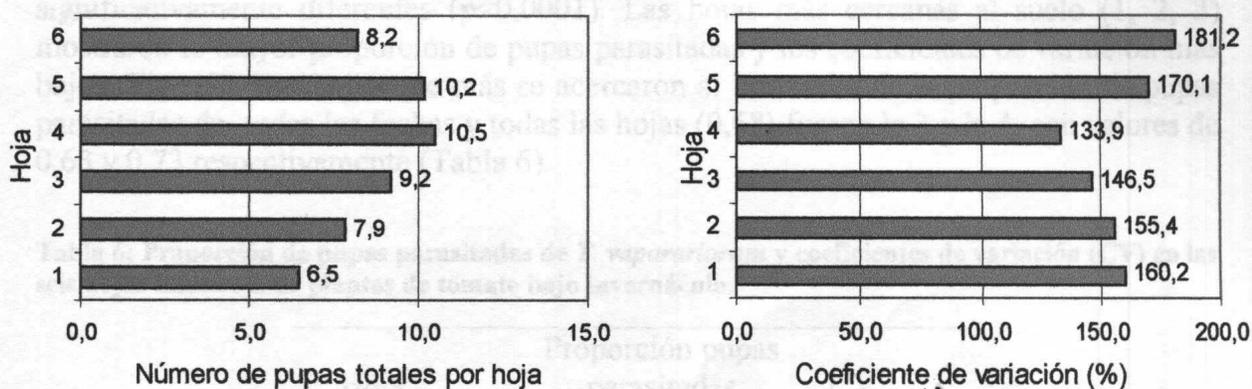


Figura 16: Distribución de pupas totales de *T. vaporariorum* y coeficientes de variación en seis hojas del estrato inferior de plantas de tomate.

Tabla 5: Número de pupas de *T. vaporariorum* sanas, parasitadas y totales en seis hojas del estrato inferior de plantas de tomate bajo invernáculo.

Número de hoja	Pupas sanas	Pupas parasitadas	Pupas totales
1	0,7 d	6,1 a	6,5 b
2	1,6 c	6,9 a	7,9 ab
3	2,2 b	7,3 a	9,2 a
4	3,1 a	7,6 a	10,5 a
5	4,2 a	6,3 a	10,2 a
6	3,6 a	4,5 b	8,2 ab

Las hojas fueron numeradas de abajo hacia arriba.

Las diferencias estadísticamente significativas fueron calculadas a partir de las medias corregidas por el efecto de la fila y el sector. Letras diferentes dentro de la misma columna indican diferencias significativas ($p < 0,05$)

5.2.2 Proporción de pupas parasitadas según hoja.

Todas las comparaciones de la proporción de pupas parasitadas entre hojas fueron significativamente diferentes ($p < 0,0001$). Las hojas más cercanas al suelo (1, 2, 3) mostraron la mayor proporción de pupas parasitadas y los coeficientes de variación más bajos (Fig. 17). Las hojas que más se acercaron al promedio de la proporción de pupas parasitadas de todas las fechas y todas las hojas (0,68) fueron la 3 y la 4, con valores de 0,63 y 0,73 respectivamente (Tabla 6).

Tabla 6: Proporción de pupas parasitadas de *T. vaporariorum* y coeficientes de variación (CV) en las seis hojas inferiores de plantas de tomate bajo invernáculo.

Hoja	Proporción pupas parasitadas	CV
1	0,92 a	28,93
2	0,85 b	30,93
3	0,78 c	32,81
4	0,71 d	42,30
5	0,60 e	46,45
6	0,52 f	56,09
Media	0,72	39,58

Las hojas se numeraron de abajo hacia arriba

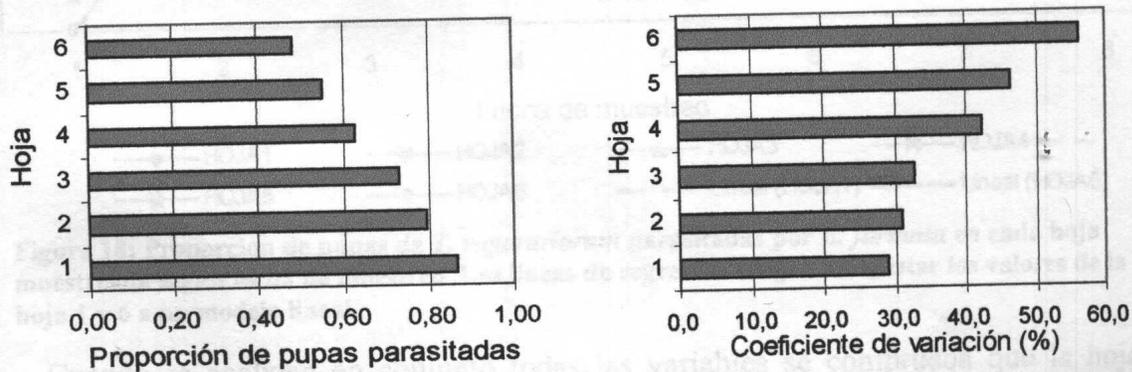


Figura 17: Proporción de pupas parasitadas de *T. vaporariorum* y coeficientes de variación en las seis hojas inferiores de plantas de tomate bajo invernáculo. Las hojas se numeraron de abajo hacia arriba.

Existió una interacción significativa entre las fechas de muestreo y las hojas muestreadas para la variable proporción de pupas parasitadas. La tasa de incremento de la variable, fue diferente para las distintas hojas, lo que explica la interacción (interacción sin cambio en el orden) (Fig. 18) . Si modelamos un crecimiento lineal en la proporción de pupas parasitadas, la tasa de incremento en la hoja 1 fue de 0,04, mientras que para la hoja 6, fue de 0,10. Las otras hojas se ubicaron entre estos valores.

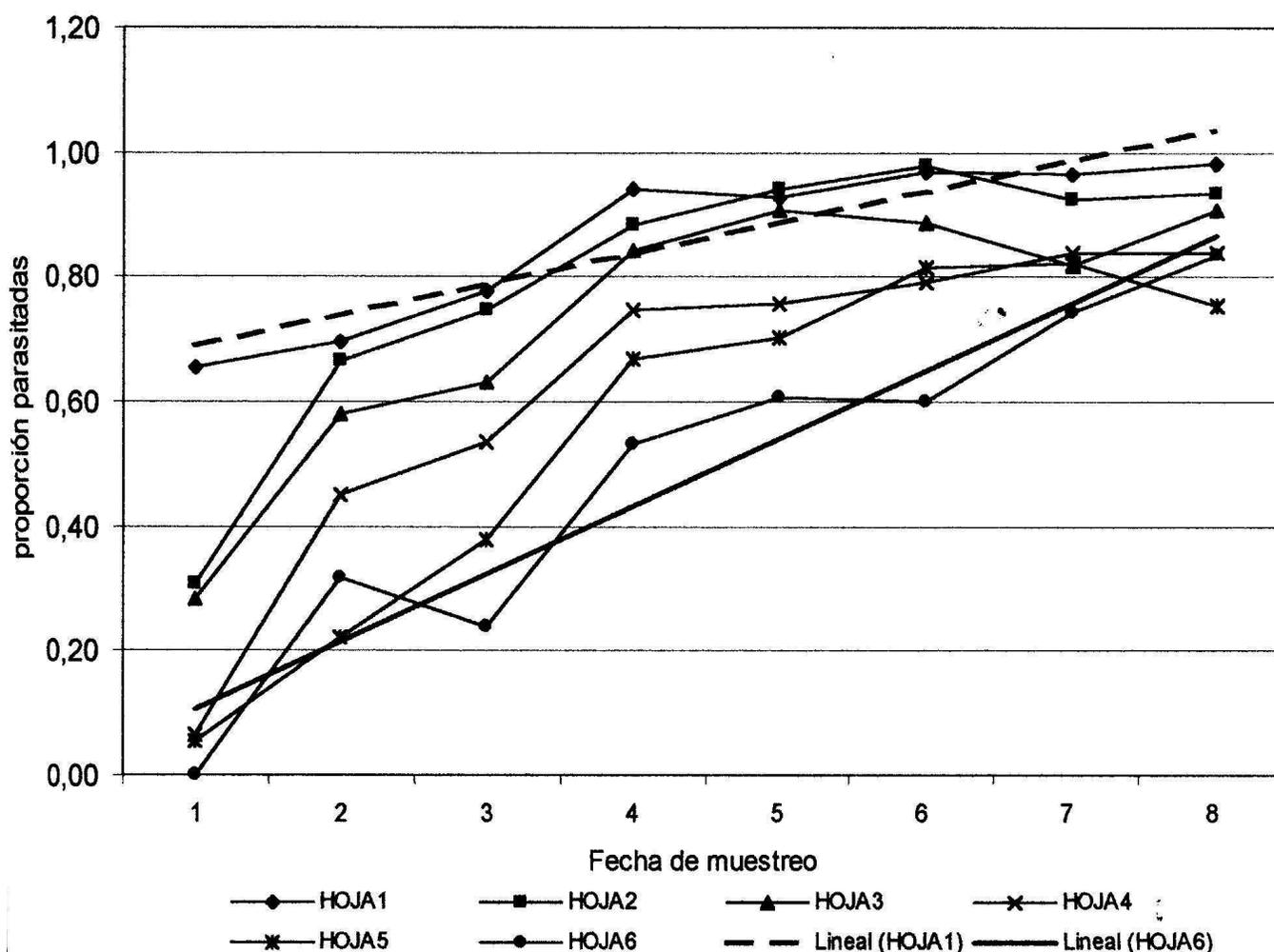


Figura 18: Proporción de pupas de *T. vaporariorum* parasitadas por *E. formosa* en cada hoja muestreada según fecha de muestreo. Las líneas de regresión surgen de ajustar los valores de la hoja 1 y 6 a un modelo lineal.

Cuando se analizan en conjunto todas las variables se comprueba que la hoja 4 mostró el menor coeficiente de variación para pupas totales, sanas y parasitadas. Junto con la hoja 3, la 4 fue la que mejor estimó la proporción de pupas parasitadas en el estrato inferior de la planta. Sobre la base de estos elementos se eligió la hoja 4 como la unidad de muestreo más apropiada para estimar pupas parasitadas y pupas totales.

5.3 DISCUSIÓN

La relación encontrada entre la hoja que presentó el mayor número de pupas parasitadas y totales, y la menos variable, concuerda con los resultados obtenidos por Naranjo y Flint (1994). Estos autores trabajando con *Bemisia tabaci* sobre algodón, encontraron una consistente relación inversa entre la densidad de ninfas y los coeficientes de variación sobre cada una de las hojas observadas, recomendando realizar los conteos en las hojas más infestadas, que generalmente tenían los menores coeficientes de variación.

Aunque realizar los conteos sobre la hoja con mayor número de pupas puede insumir más tiempo que si se realiza sobre las otras hojas, la menor variación de los conteos en esa hoja posibilitaría que se requieran tamaños de muestra menores para obtener una estimación de la densidad de pupas sanas y parasitadas con una precisión preestablecida (Naranjo y Flint, 1994).

Si bien la unidad de muestreo seleccionada permite economizar tiempo en las estimaciones sin perder precisión, esta economía de esfuerzo podría mejorarse aún más seleccionando unidades de muestreo más pequeñas, como por ejemplo un folíolo dentro de la hoja.

Las diferencias en la proporción de pupas parasitadas encontradas entre las distintas hojas, podrían explicarse por la forma en que se distribuyen en la planta las ninfas de distintos estadios y las pupas de *T. vaporariorum*. Según Byrne y Belows (1991), los distintos estados de desarrollo (huevo, ninfas, adultos) de la mosca blanca de los invernáculos se encuentran distribuidos verticalmente en las plantas, con los huevos y los primeros estadios ninfales en los puntos de crecimiento terminal y los estadios más avanzados sobre las hojas progresivamente más antiguas. A raíz de esta distribución, las pupas encontradas sobre las hojas más jóvenes de las estudiadas (hojas 4, 5 y 6 contando desde la base hacia el ápice de la planta), han estado menos tiempo expuestas a los parasitoides que aquellas que se encuentran sobre las hojas más viejas (hojas 1, 2 y 3), lo que puede significar que de estar parasitadas aún no lo manifiesten con el típico color negro, ya que esta coloración aparece 7 a 10 días después de que las ninfas son parasitadas. La suma de los factores antes descriptos, explicaría que la proporción de pupas parasitadas haya sido mayor en las hojas más viejas de la planta.

Dado que las plantas de tomate son deshojadas en forma periódica en los cultivos comerciales y que la intensidad del deshoje se basa en criterios subjetivos de cada productor, sólo sería apropiado utilizar la unidad de muestreo propuesta en este trabajo para estimar la abundancia poblacional de *T. vaporariorum* y su parasitoide, en los casos en que se constate presencia de pupas en las 6 hojas basales de las plantas. En esa situación se seleccionaría para realizar los conteos la hoja cuatro, contando de abajo hacia arriba. En caso de observarse presencia de pupas en menos de 6 hojas sería recomendable elegir como unidad de muestreo la hoja equidistante entre la primera y la última de las que presenten pupas.

6 CAPITULO 4: PROPUESTA DE UN PLAN DE MUESTREO SECUENCIAL

6.1 MATERIALES Y MÉTODOS

Se estimaron los parámetros de la Ley empírica de Taylor para pupas sanas parasitadas y totales, utilizando el método de regresión. Los cálculos se realizaron a partir de las observaciones efectuadas sobre la hoja 4, durante las 8 fechas de muestreo. A partir de los parámetros antes mencionados y aplicando la propuesta de Bechinski y Pedigo (1981), se proponen tres planes de muestreo secuencial, uno para pupas sanas, otro para pupas parasitadas y otro para pupas totales. Los valores límite (Tn) de pupas acumuladas por planta, de los planes de muestreo secuencial se calcularon como:

$$Tn = \left[\frac{n^{(1-\beta)} \cdot \alpha \cdot Z^2}{\delta'^2} \right]^{(1/(2-\beta))}$$

Donde n es el número de muestras tomadas, α y β son los parámetros de la ley de Taylor, Z es un valor de tablas de la distribución normal estándar para una probabilidad de error determinada y δ' es el error máximo de estimación permitido expresado como proporción de la media. La precisión utilizada fue en los tres casos de $\delta' = 0,25$ y la probabilidad de error tipo I de 0,20.

Dado que no es posible construir un plan de muestreo secuencial para la proporción de pupas parasitadas con la metodología antes descrita (específica para número de observaciones), se calcularon los tamaños de muestra fijos para estimarla. Estos cálculos se realizaron a partir de los datos de media y varianza de la proporción de pupas parasitadas en cada fecha de muestreo, con una precisión de un 5% y una probabilidad de error tipo I de 0,20.

6.2 RESULTADOS

El modelo propuesto se ajustó bien a los valores de campo. Los coeficientes de determinación (R^2) de las regresiones a través de las cuales se estimaron los parámetros de la ley de Taylor fueron mayores a 93%. El parámetro β tomó valores entre 1,4 y 2,0, los que son señalados por Taylor (1961) como límites típicos para plagas de cultivos (Tabla 7).

Tabla 7: Parámetros de la Ley empírica de Taylor para pupas parasitadas, sanas y totales, estimados para la hoja 4 en plantas de tomate bajo invernáculo.

Variable	α	β	R^2
Pupas sanas	2,0953	1,7703	0,9614
Pupas parasitadas	4,9962	1,4814	0,9735
Pupas totales	2,1747	1,8104	0,9290

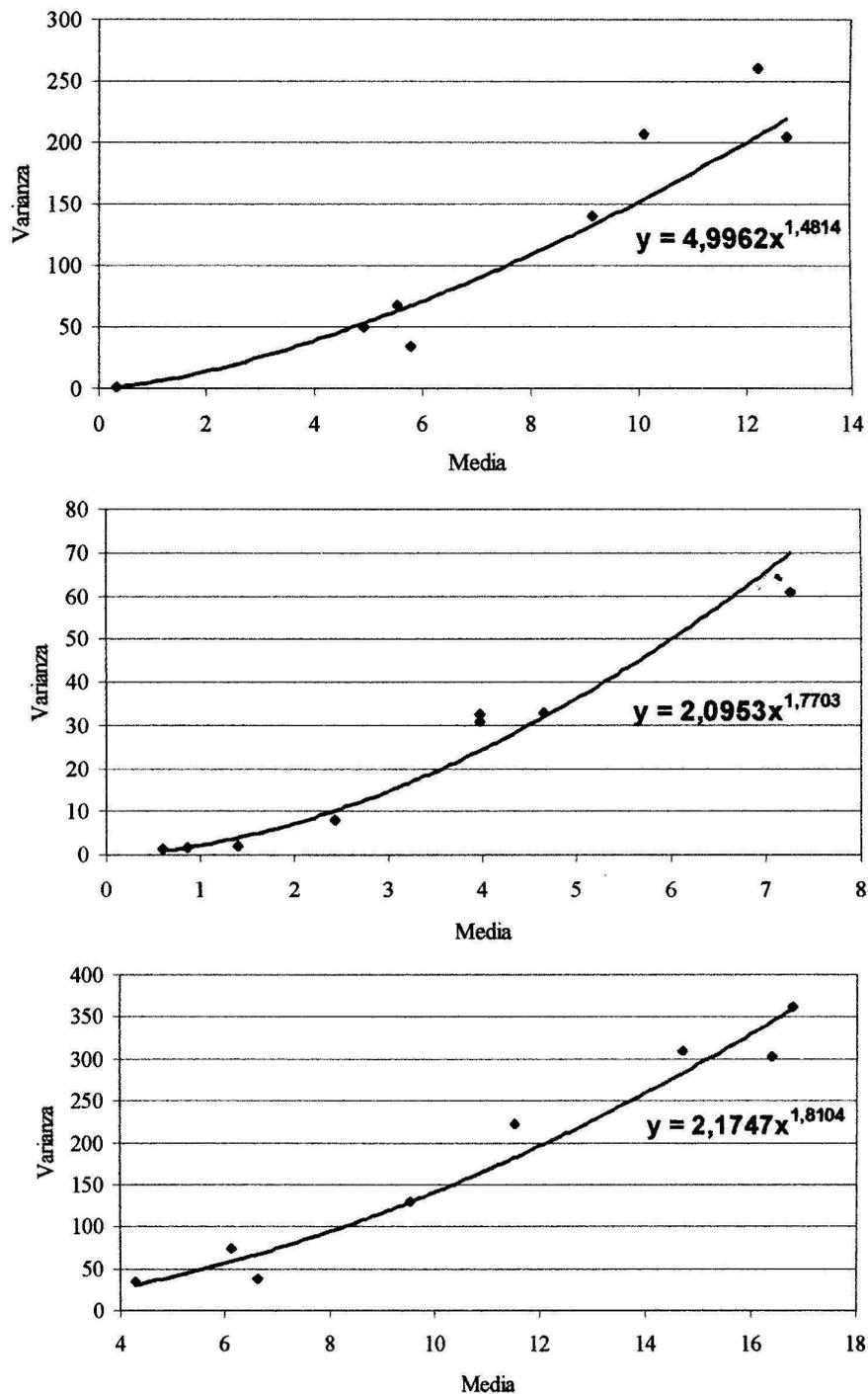


Figura 19: Relación varianza- media de pupas de *T. vaporariorum* parasitadas (arriba), pupas sanas (centro), y pupas totales (abajo). Los conteos fueron realizados sobre la hoja 4 (contando en forma ascendente desde el suelo) de plantas de tomate bajo invernáculo. Las líneas de regresión corresponden al ajuste de la ley empírica de Taylor a los datos de las ocho fechas de muestreo.

Los tamaños de muestra fijos (n) para estimar la proporción de pupas parasitadas resultaron ser sustancialmente diferentes, dependiendo del valor que tomaron la media y la varianza de dicha variable en las distintas fechas de muestreo. En la fecha 4, donde el cultivo presentó una proporción de pupas parasitadas de 0,30 y una varianza de 0,12, el tamaño de muestra sería 863, mientras que en la fecha 6 con una proporción de pupas parasitadas de 0,51 y una varianza de 0,03, el número plantas a muestrear para obtener la estimación debería ser 73 (Tabla 8).

Tabla 8: Proporción de pupas de *T. vaporariorum* parasitadas por *E. formosa* según fecha de muestreo, y tamaño de muestra correspondiente para estimar la proporción de pupas parasitadas en cultivos de tomate bajo invernáculo.

Fecha	Proporción pupas parasitadas	Varianza	CV	n
4	0,30	0,12	1,15	863
5	0,46	0,05	0,51	170
6	0,51	0,03	0,33	73
7	0,68	0,03	0,27	47
8	0,79	0,03	0,22	32
9	0,88	0,01	0,13	10
10	0,87	0,01	0,14	12
11	0,92	0,01	0,11	8

CV = Coeficiente de variación

El plan de muestreo secuencial propuesto para estimar pupas totales, arrojó un tamaño de muestra de 53 para estimar una densidad de 1 pupa por hoja o menor, en tanto para estimar una densidad de 250 pupas totales por hoja el tamaño de muestra sería 20. Según el plan propuesto para pupas parasitadas, se necesitarían muestrear 107 plantas para estimar una densidad de 1 pupa parasitada por hoja, mientras que para estimar una densidad de 250 pupas parasitadas por hoja, sólo se necesitarían muestrear 8 plantas (Fig 21). Los tamaños de muestra necesarios para estimar la abundancia de la plaga a través del número de pupas sanas por hoja, cuando las densidades se encuentran en el rango de 1 a 250 pupas, serían 51 y 16 respectivamente.

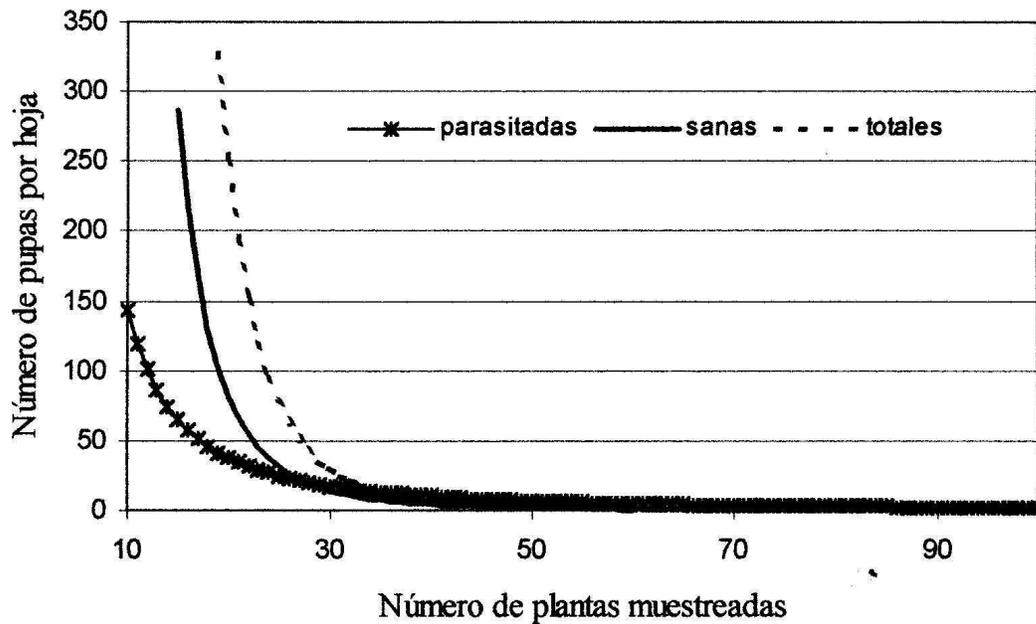


Figura 21: Estimaciones del número de pupas de *T. vaporariorum* parsitadas, sanas y totales por hoja, en plantas de tomate bajo invernáculo. La unidad de muestreo es la hoja 4 contando desde la base de la planta.

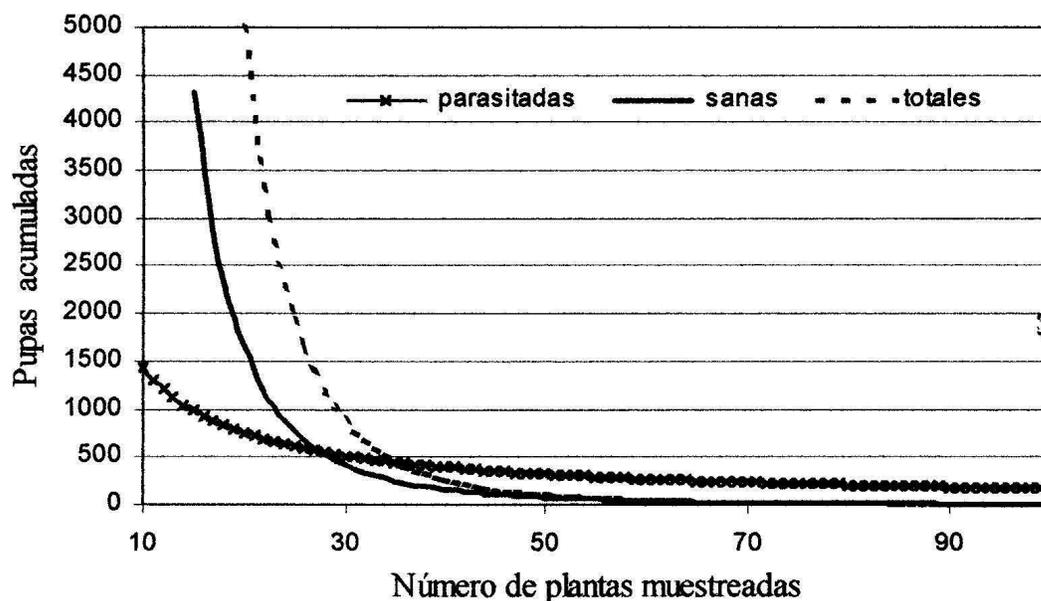


Figura 22: Límites donde se detiene el muestreo secuencial para estimar la densidad de pupas de *T. vaporariorum* parasitadas, sanas y totales. La unidad de muestreo es la hoja cuatro contando desde la base de la planta.

6.3 DISCUSIÓN

En función de que existió una relación entre media y varianza para la proporción de pupas parasitadas, los tamaños de muestra son diferentes para cada media “esperada”. El muestreo secuencial sería lo más conveniente para estimar dicha variable, pero la metodología propuesta en este trabajo solo se aplica a número de observaciones, y no es utilizable para estimar una proporción. En consecuencia, lo más apropiado para estimar la proporción de pupas parasitadas, sería realizar muestreos secuenciales para las pupas totales y parasitadas, y a partir de esos datos calcular la proporción de pupas parasitadas. Utilizar un tamaño de muestra fijo sólo sería recomendable si se sabe a priori que la proporción de pupas parasitadas en el cultivo es mayor a 0,70, caso en el que éste podría resultar más rápido que el muestreo secuencial.

Dos mecanismos podrían utilizarse para estimar la proporción de pupas parasitadas a partir del plan de muestreo propuesto. Una posibilidad sería estimar por separado el número de pupas totales y parasitadas por planta, realizando luego el cálculo a partir de dichos valores. En este caso los tamaños de muestra serían diferentes para cada variable, pero la precisión sería la misma en las dos estimaciones. La segunda posibilidad sería contar pupas totales y pupas parasitadas hasta alcanzar el límite en que se detenga el muestreo que exija mayor número de muestras, la estimación de la proporción de pupas parasitadas se resultaría de dividir el número acumulado de pupas parasitadas por el de pupas totales. En este caso el tamaño de muestra sería el mismo para ambas variables con la consecuencia que una de las estimaciones tendría mayor precisión que la otra.

Los tamaños de muestra para estimar el número de pupas parasitadas, sanas y totales, parecen adecuados para su aplicación práctica en cultivos de tomate bajo invernáculo. Sólo en el caso de densidades muy bajas de pupas parasitadas (menos de 2 pupas por hoja), el tamaño de muestra necesario sería muy grande, y por lo tanto difícil de aplicar por el tiempo que insumiría. La estimación de la proporción de pupas parasitadas aplicando la metodología propuesta en cualquiera de sus dos variantes, podría facilitar la toma de decisiones de productores y técnicos en el manejo de cultivos donde se utilizan estas técnicas para el control de la mosca blanca de los invernáculos.

A partir de una mejor comprensión de la relación entre abundancia de *T. vaporariorum* y daño sobre el cultivo, la investigación sobre muestreo para su aplicación en el manejo de plagas, debería enfatizar en el desarrollo de criterios de decisión que integren estimaciones de densidad con niveles de daño económico. Para tales aplicaciones, sería más eficiente desarrollar y evaluar planes de muestreo binomial (presencia / ausencia), con lo que se reduciría el tiempo que insume el muestreo, sin perder la precisión necesaria para la toma de decisiones en manejo de plagas (Naranjo y Flint, 1994).

7 CONCLUSIONES

El control de mosca blanca por medio del parasitoide *E. formosa*, a las dosis empleadas, resultó eficaz tanto en condiciones de laboratorio como de invernáculo, ya que en ningún momento existió daño por fumagina en las hojas o frutos. Las diferencias encontradas en la reducción de la plaga según la dosis de parasitoides aplicada, permiten afirmar que éste es uno de los elementos a tener en cuenta en el momento de diseñar una estrategia de control de mosca blanca utilizando *E. formosa*. Como paso siguiente se deberían ajustar las dosis más efectivas para cada situación de cultivo.

La ecuación propuesta por Taylor para la relación varianza-media en poblaciones de insectos, ajustó a los resultados experimentales obtenidos en este trabajo, por lo cual puede considerarse como un buen modelo aplicable al caso concreto de *T. vaporariorum* y su parasitoide *E. formosa* en cultivos de tomate bajo invernáculo. Tanto el número de pupas sanas como de pupas parasitadas presentaron una distribución espacial de contagio, dentro de los límites esperados para una plaga agrícola.

Dado que las estimaciones de los parámetros de la ley de Taylor se realizaron sobre la base de datos colectados en un período restringido de tiempo y sobre un número reducido de plantas, sería necesario validar esta propuesta incluyendo datos obtenidos durante varios años, en mayor número de plantas y distintas regiones geográficas del país.

El plan de muestreo secuencial propuesto permite estimar la abundancia de la plaga y su parasitoide, así como la proporción de pupas parasitadas, con tamaños de muestra factibles de implementar en cultivos comerciales. Para facilitar la adopción del muestreo como herramienta en el control de mosca blanca, deberían desarrollarse muestreos de tipo binomial (presencia / ausencia), lo que permitiría ahorrar tiempo sin perder precisión.

La hoja 4 contando desde la base de la planta, resultó ser la unidad de muestreo más apropiada según los criterios utilizados en este trabajo. Como futura etapa podría seleccionarse una unidad de muestreo más pequeña como por ejemplo un folíolo. Las diferencias en el manejo del cultivo de tomate, principalmente en relación con la técnica de deshoje, hacen que la unidad de muestreo propuesta solo pueda aplicarse en el caso que existan seis o más hojas con pupas en la planta en el momento del muestreo. En caso de existir menos de seis hojas con pupas se debería elegir la hoja equidistante entre la primera y la última que presenten pupas contando desde la base de la planta.

8 RESUMEN

Dos aspectos relacionados con la utilización de *Encarsia formosa* en el control de la “mosca blanca de los invernáculos” (*Trialeurodes vaporariorum*) fueron estudiados: 1) la dosis de parasitoides a inocular, y 2) la distribución espacial de las pupas sanas y parasitadas en un invernáculo y en distintas hojas del estrato inferior de la planta. A partir de la información obtenida se eligió una unidad de muestreo y se elaboró un plan de muestreo secuencial destinado a estimar la proporción de pupas parasitadas y la densidad de pupas sanas.

Las dosis evaluadas fueron: 1 adulto por planta y 2 adultos por planta. Se utilizaron 12 plantas de tomate alojadas en 2 jaulas de cría, las que fueron infestadas con cantidades conocidas de *T. vaporariorum*. Cuando las ninfas de mosca blanca alcanzaron el tercer estadio, se liberaron los parasitoides utilizando una de las dosis antes citadas en cada jaula. Se contaron pupas sanas y pupas parasitadas semanalmente, y se calculó la proporción de pupas parasitadas.

Se encontraron diferencias significativas en los niveles de reducción de la población de mosca blanca, según la dosis del parasitoide utilizada. La reducción entre la primera y la segunda generación de mosca blanca fue de 68% cuando se utilizó un adulto de *E. formosa* por planta, mientras que esa reducción fue de 80% cuando la dosis fue de 2 parasitoides adultos por planta.

La distribución espacial de pupas sanas y parasitadas, se estudió sobre un cultivo de tomate bajo invernáculo (84 plantas), utilizando las densidades y las técnicas de manejo normalmente aplicadas en cultivos comerciales. Dicho cultivo se cuadrículó en 30 parcelas, y sobre una planta de cada parcela se contaron pupas sanas y parasitadas en las seis hojas inferiores de cada planta. Los valores de media y varianza obtenidos, se relacionaron según la ecuación propuesta por Taylor (1961), $S^2 = \alpha X^b$. Se determinó la unidad de muestreo más apropiada para estimar la abundancia de la plaga y su parasitoide en cultivos de tomate bajo invernáculo, a partir de la media y el coeficiente de variación del número de pupas parasitadas, sanas y totales en cada hoja. Para la hoja elegida como unidad de muestreo, se estimaron los parámetros de la Ley empírica de Taylor para cada una de las variables, utilizando el método de regresión y los datos de las 8 fechas de muestreo. A partir de los parámetros antes mencionados y aplicando la propuesta de Bechinski y Pedigo (1981), se propusieron tres planes de muestreo secuencial, uno para pupas sanas, otro para pupas parasitadas y otro para pupas totales.

La distribución espacial en el área del invernáculo tanto de las pupas sanas como de las parasitadas resultó ser conglomerada (de contagio), en todos los momentos de observación (8 semanas), mientras que la distribución espacial de la proporción de pupas parasitadas fue uniforme, especialmente en las últimas seis observaciones. El número de pupas parasitadas y totales se distribuyó uniformemente entre las seis hojas inferiores de la planta, en tanto el número de pupas sanas fue significativamente mayor en las hojas 4,

5 y 6 contando desde la base hacia el ápice de la planta. Las tres variables mencionadas presentaron el menor coeficiente de variación en la hoja cuatro.

Tomando la hoja cuatro como unidad de muestreo se desarrolló un plan de muestreo secuencial para estimar la proporción de pupas parasitadas (en base a estimaciones de pupas parasitadas y totales) y la densidad de pupas sanas. Los tamaños de muestra para estimar el número de pupas parasitadas, sanas y totales que se proponen en el plan de muestreo secuencial elaborado, resulta adecuado para su aplicación práctica en cultivos de tomate bajo invernáculo dado que para estimar densidades de pupas sanas por hoja en el rango de 1 a 250, se necesitarían muestrear 51 y 16 plantas respectivamente.

En función de que el plan de muestreo propuesto está basado en datos colectados en un período restringido de tiempo y sobre un número reducido de plantas, sería necesario validar esta propuesta incluyendo datos obtenidos durante varios años, en mayor número de plantas y distintas regiones geográficas del país.

9 BIBLIOGRAFÍA

- 1) ARTIGAS, J.N. 1994. Entomología Económica. Ediciones Universidad de Concepcion, Cocepción, Chile. Vol. 1, 1126p.
- 2) BASSO, C.; FRANCO, J.; GRILLE, G.; PASCAL, C. 2001. Distribución espacial de *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) en plantas de tomate. Bol. San. Veg. Plagas. 27: 475-487.
- 3) BECHINSKI, E. J.; PEDIGO, L. P. 1981. Development of a sampling program for estimation of pupal densities of Green Clover worm, Lepidoptera: Noctuidae, in Soybeans and evaluation of alternative sampling procedures. Environmental Entomology. 12: 96-100.
- 4) BENUZZI, G.; NICOLI, G. 1990. Lotta biológica e integrata nelle colture protette (strategie tecniche disponibili). Editorial Liguori, Napoli. pp. 33-37.
- 5) BORROR, D.J., TRIPLEHORN, C.A., JOHNSON, N.F. 1989. An introduction to the study of insects. Saunders college Publishing, Philadelphia, 875p.
- 6) BYRNE, D.; BELLOWS, J. 1991. Whitefly Biology. Annual Review of Entomology. 6: 431-457.
- 7) CASTRESANA, L. 1989a. La mosca blanca de los invernaderos. Horticultura, Chile. 44: 48-59.
- 8) _____. 1989b. Lucha biológica. Programa contra la mosca blanca de los invernaderos. Horticultura, Chile. 48: 49-56.
- 9) DIAZ, M.C.; PULGARIN, J.M.; SILDARRIAGA, A. 1989. Relaciones insecto-patógeno en el problema del "Amarillamiento de las Venas de la Papa". Resúmenes 16° Congreso de la sociedad Colombiana de Entomología, Medellín, Colombia.
- 10) DIXON, W. J.; MASSEY, F. J. 1980. Introducción al análisis estadístico. McGraw-Hill. Buenos Aires.
- 11) DORST, H.J.; VAN HUIJBERTS, N.; BOS, L. 1983. yellow of glasshouse vegetables transmitted by *Trialeurodes vaporariorum*. Netherlands Journal of Pathology. 89: 347-386.
- 12) DUFFUS, J.E. 1973. The yellowing virus diseases of beet. Advances in Virus Research (USA). 18: 347-386.
- 13) ESTAY, P. 1993. Mosquita blanca de los invernaderos. Investigación y Pograma Agrícola. 78: 30-36.
- 14) FRANCO, J.; BASSO, C. 1995. Elaboración de un plan de muestreo secuencial para la estimación de la densidad del número de posturas y posturas parasitadas

de *Diatraea saccharalis* (F.) en caña de azúcar. Uruguay, Facultad de Agronomía. Boletín de investigación 40, 23p.

- 15) _____. 2002. Estimación de la abundancia poblacional mediante el método de muestreo secuencial. IN: Enemigos naturales como reguladores de poblaciones de insectos. C. Basso y A. Ribeiro. Montevideo, Facultad de Agronomía. 131-146.
- 16) GERK, A. O.; EVALDO, F. V.; PIRES, C. S. S.; EIRAS, A. E. 1995. Biometria e ciclo de vida da mosca branca, *Trialeurodes vaporariorum* (West.) e aspectos da orientação do seu parasitoide *Encarsia formosa* (Gahan). An. Soc. Entomol. Brasil. 24(1): 89-97.
- 17) HODDLE, M. S.; VAN DRIESCHE, R. G.; SANDERSON, J. P. 1998. Biology and use of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa*. Annual Review of Entomology. 43: 645-669.
- 18) KUNO, E. 1969. A new method of sequential sampling to obtain the population estimates with a fixed level of precision. Research Population Ecology. 11: 217-236.
- 19) _____. 1991. Sampling and analysis of insect population. Annual review of Entomology. 36: 285-304.
- 20) LOPEZ, S.; BOTTO, E. 1995. Parámetros biológicos del parasitoide *Encarsia formosa* (Gahan) (Hymenoptera : Aphelinidae) en condiciones de laboratorio. Ecología Austral. 5 : 105:110.
- 21) MALAIS, M.; RAVENSBERG, W. J. 1992. Whiteflies and their natural enemies. IN: Knowing and recognizing. Malais, M. ; Ravensberg, W.J. Berkel en Rodenrijs, Koppert. 19-32.
- 22) MORRIS, R. F. 1960. Sampling insect population. Annual review of Entomology. 5: 243-264.
- 23) NARANJO, S.; FLINT, H. 1994. Spatial distribution of preimaginal *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton and development of fixed-precision sequential sampling plans. Environmental Entomology. 23: 254-256.
- 24) ONILLON, J.C. 1977. Aspectos de la ecología de algunos aleuródidos. Boletín Servicio de Plagas 3: 175-198.
- 25) ROERMUND, H. J.; VAN LENTEREN, J. C. 1992. Life-history parameters of the greenhouse whitefly, *Trialeurodes vaporariorum* and the parasitoide *Encarsia formosa*. Agric. Univ. Wagening. Papers, 92.3, 147pp.
- 26) SOTO, A. 1993. Estudio biológico de las moscas blancas *Bemisia tabaci* Genn y *Trialeurodes vaporariorum* West. Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Informe de trabajo. 27p.

- 27) _____. 1997. Requerimientos térmicos de *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) y de *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae), y parasitismo de esta sobre la plaga. Tesis Ing. Agr. Santiago, Chile, Pontificia Universidad Católica de Chile. 97 p.
- 28) SOUTHWOOD, T. R. E. 1978. Ecological methods. Chapman and Hall. London. UK.
- 29) STENSETH, C. 1985. Whitefly and its parasite *Encarsia formosa*. IN: Biological pest control, the glasshouse experience. Hussey, N. W.; Scopes, N. Poole / Dorset, Blandford Press. 43-51.
- 30) TAYLOR, L.R. 1961. Aggregation, variance and the mean. Nature 189: 732-735.
- 31) _____. 1984. Assessing and interpreting the spatial distributions of insects populations. Annul Review of Entomology. 29: 321-357.
- 32) VAN LENTEREN, J. C.; WOETS, J. 1988. Biological and integrated pest control in greenhouses. Ann. Rev. Entomol. 33: 239-269. *
- 33) _____; VAN ROERMUND, H. J. W.; SUTTERLIN, S. 1996. Biological control of Greenhouse whitefly (*Trialeurodes vaporariorum*) with the parasitoid *Encarsia formosa*: How does it work?. Biological control 6: 1-10.
- 34) VIGGIANI, G. 1987. Le specie italiane del genero *Encarsia* foerster (Hymenoptera :Aphelinidae). Boll. Lab. Ent. Agr. Filippo Silvestri Portici (44): 123-179.