



4/126

UNIVERSIDAD DE GRANADA  
Facultad de Ciencias  
Fecha ...15/01/03.....  
ENTRADA NUM. 70.....

**UNIVERSIDAD DE GRANADA**  
**DEPARTAMENTO DE BIOLOGÍA ANIMAL Y ECOLOGÍA**

Contribución a la mejora del control fitosanitario de dos especies de  
minadores, *Liriomyza trifolii* (Burgess) y *Liriomyza bryoniae*  
(Kaltenbach), (Diptera: Agromyzidae) en los cultivos de melón y  
tomate bajo plástico de la provincia de Almería

**María del Mar Téllez Navarro**

UNIVERSIDAD DE GRANADA  
20 DIC. 2002  
COMISION DE DOCTORADO

**Memoria presentada para aspirar al  
título de Doctor en Ciencias Biológicas  
Granada, diciembre, 2002**

Vº Bº  
El director de la tesis

**Prof. Dr. Felipe Pascual Torres**

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
GRANADA  
N.º Documento 613524264  
N.º Copia 615498098



JUNTA DE ANDALUCÍA  
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y FORMACIÓN  
AGRARIA DE ALMERÍA

**Tesis doctoral  
2002**

*A Ramón*

*A Javier y a mis hijos:  
Alejandro y M<sup>a</sup> del Mar*

## AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, me gustaría expresar mi agradecimiento de una forma muy especial a Ramón Moreno Vázquez por varias razones, por su inestimable ayuda en la realización de esta Tesis, por todos los conocimientos que me ha transmitido durante los años de trabajo que he compartido a su lado, pero sin duda y lo que perdurará en mi recuerdo es la gran amistad y cariño que siempre me ha brindado.

Al doctor Felipe Pascual Torres por su labor de dirección de la Tesis, por su apoyo así como por su constante ánimo en la realización de esta memoria.

A todos los directores del C.I.F.A de Almería, que de una u otra manera han contribuido a la realización de esta Tesis, no solo por poner a mi disposición las instalaciones y recursos humanos de Centro, sino por su constante ánimo en la conclusión de la misma.

A muchos compañeros del C.I.F.A, que siempre me han alentado y prestado su ayuda en muchas ocasiones, en especial a M<sup>a</sup> Angeles, Asún, Pilar, M<sup>a</sup> Luz.

A Jordi Moreno, por su amistad y por la veces que he recurrido a él en cuestiones informáticas.

A Lidia Lara, cuya amistad y cariño durante este último año, ha sido muy importante para mí.

A Macarena Yanes y Josefina García amigas y compañeras, por su ayuda y buen hacer y por estar a mi lado en los buenos y malos momentos.

Por último, quisiera agradecer a mi familia, en especial a mi madre y a mi hermana Marta, que aunque en la distancia, siempre he contado con su cariño y apoyo y sobre todo a Javier y a mis hijos, Alejandro y María de Mar por estar siempre ahí.

Este trabajo forma parte de los siguientes proyectos de investigación:

“Lucha Integrada en cultivo de Tomate bajo plástico”. Financiado por Dirección General de Investigación y Extensión Agraria. Consejería de Agricultura de la Junta de Andalucía.91

“Lucha Integrada en cultivo de Tomate bajo plástico”. Financiado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Ministerio de Agricultura y pesca.

“Lucha Integrada en cucurbitáceas bajo plástico”. Dirección General de Investigación, Tecnología y Formación Agroalimentaria. y Pesquera. Consejería de Agricultura de la Junta de Andalucía.

“Lucha Integrada en cucurbitáceas”. Financiado por el Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Ministerio de Agricultura y pesca.

## RESUMEN

Los minadores de hoja del género *Liriomyza* se han constituido como plaga de importancia creciente en los cultivos hortícolas (Parrella y Keil, 1984). Esto se ha debido a varias razones, entre las que caben destacar, una errónea identificación de las especies, ausencia de medidas de cuarentena, falta de estudios básicos de biología y ecología y la gran cantidad de resistencias que es capaz de desarrollar esta plaga. Las especies más destacadas desde el punto de vista agrícola son *L. trifolii* (Burgess), *L. bryoniae* (Kaltenbach), *L. huidobrensis* (Blanchard), *L. strigata* (Meigen). Actualmente la especies de *Liriomyza* que están presentes en los cultivos hortícolas almerienses son *L. trifolii* y *L. bryoniae*.

Los daños que ocasionan estas especies en los cultivos hortícolas alcanzan cotas importantes, y se acentúan de manera especial cuando las plantas son jóvenes. Su acción minadora en la hoja destruye parte de la masa foliar, disminuyendo considerablemente la actividad fotosintética. En ataques muy intensos las hojas se desecan y caen prematuramente afectando principalmente a plantas jóvenes y semilleros, pudiendo retrasar e incluso comprometer el futuro desarrollo de éstas

El tema de este Proyecto de Investigación se centrará fundamentalmente en el estudio tanto en el cultivo de melón como en el de tomate, de dos especies de minadores *L. trifolii* y *L. bryoniae*, de aquellos parámetros ecológicos y colonizadores, que sean capaces de suministrar nuevas visiones de sus actividades fitoparasitarias, y que además ayuden a seleccionar de un modo científico, dentro del ámbito de la Protección Integrada, aquella alternativa que mejor responda a la salvaguarda conjunta de la calidad del entorno y de la sanidad de la plantación. Este estudio se complementará con la valoración del efecto de diferentes pesticidas en la fauna auxiliar útil.

Con los resultados que se obtengan, se estará en disposición de desarrollar criterios científicos de intervención en estas especies, lo que supondrá un importante aporte en cultivos hortícolas a los Sistemas de Ayuda a la Toma de Decisiones tácticas.

### 1. Identificación de minadores en plantaciones de melón y tomate

La identificación de las cuatro especies de *Liriomyza* (*L. trifolii*, *L. bryoniae*, *L. huidobrensis* y *L. strigata*), presentes como plagas en los cultivos hortícolas, puede realizarse con el máximo de fiabilidad examinando la genitalia del macho adulto. Esta técnica permite diferenciar claramente *L. trifolii* de *L. bryoniae*.

pero en cambio no se han desarrollado métodos para valorar la *Inc*. Los tres pilares básicos que sustentan el diseño muestral son la unidad de muestreo, la técnica de muestreo y el tamaño de la muestra.

Los invernaderos donde se realizaron los muestreos se dividieron en cuatro sectores correspondientes a las combinaciones de cada una de las dos zonas (Norte y Sur) con cada una de las dos orientaciones (Este y Oeste). La técnica de muestreo utilizada, fue la bietápica, donde la Unidad Primaria (UP) de muestreo sería el Sector y la Secundaria (US) la Hoja. El tamaño de la muestra 24 hojas por sector. Las observaciones en cada invernadero se realizaron con una periodicidad semanal, cubriendo desde la semana posterior al trasplante hasta la retirada del cultivo. El parámetro estimado fue incidencia de picaduras y de galerías. Los datos climáticos ( $T^a$  y HR) se extrajeron del termohigrógrafo colocado en cada parcela.

Una vez realizado cada muestreo, se estimó la *Inc* media de la parcela, y los parámetros necesarios para estimar el Intervalo de Confianza de la estimación y el Coeficiente de Variación. Los datos de temperatura extraídos sirvieron para calcular diariamente los  $^{\circ}\text{C}.\text{día}$ .

## 2. Modelos. Progresión de Incidencia.día.

La progresión colonizadora de la especie se plasmará en modelos fenológicos predictivos con el fin de utilizarlos en la predicción de los futuros valores de las densidades de las poblaciones.

Para ello, se han desarrollaron modelos sencillos de predicción, de tipo descriptivo, de la progresión de *I.día*, haciendo uso de los de regresión lineal múltiple y cuya finalidad es que fueran capaces de predecir los valores que poseería la *I.día* una o dos semanas después de la que estuviera en curso.

Los modelos obtenidos explican de forma satisfactoria la progresión de la *I.día* con una o dos semanas de antelación tanto en cultivo de melón como de tomate.

## 3. Relaciones funcionales

Con la determinación de la tendencia colonizadora, mediante funciones que desde un punto de vista conjunto, biológico y matemático, mejor se adapten a la progresión de la *Inc.día*, será posible desarrollar métodos que permitan estimar

De los 19 pesticidas ensayados, nueve aparecen clasificados como inoocuos para *Diglyphus isaea*. Sólo cuatros pesticidas, todos ellos pertenecientes al grupo de los piretroides fueron clasificados como tóxicos para el parasitoide. El resto, clasificados como poco o moderadamente tóxicos son necesarias más experiencias, ya sea en campo o semicampo, para obtener más información de su toxicidad sobre *D. isaea*.

## 5. Toma de decisiones tácticas

A las plantaciones se las debe considerar como sistemas dinámicos en los que se establecen interrelaciones de muy diversa índole entre sus diferentes componentes endógenos; sin olvidar, claro está, la acción que también los exógenos ejercen sobre cada uno de ellos, y que provocará su alteración cuantitativa.

Las decisiones que se pueden adoptar en agronomía son de dos tipos, estratégicas y tácticas. Las primeras se refieren a decisiones a medio y largo plazo. En cuanto a las decisiones tácticas se encuadran dentro de la resolución de los problemas diarios que surgirán en una plantación, y a los que en numerosas ocasiones habrá que dar respuesta en tiempo real.

El elemento indispensable en el método de toma de decisiones, que aquí se propone, es la determinación de la semana en la que se alcanzará el umbral. Para ello, la utilización de los modelos descriptivos, con los que se obtendrán estimaciones de la *1. día* para las dos semanas siguientes, y su posterior aplicación a cada una de las dos funciones sigmoidales empleadas, conducirá al establecimiento de ese período.

El criterio básico para decidir si se adopta alguna medida reside en que esa semana se encuentre dentro del período de cultivo. Si así sucede, se deberá actuar para evitar que se alcance y se supere el umbral establecido. Este criterio se tendrá que matizar con otros aspectos, todo lo cual finalmente se recogerá en un diagrama de actuación.

El diagrama de actuación aquí propuesto para los minadores ha intentado plasmar el control de minadores, desde una perspectiva esencialmente biológica.

<b>I.</b>	<b>INTERÉS Y OBJETIVOS.....</b>	<b>3</b>
<b>II.</b>	<b>ANTECEDENTES.....</b>	<b>7</b>
II.1.	El cultivo del tomate y melón en invernaderos de Almería.....	7
II.2.	Principales plagas y enfermedades que afectan a los dos cultivos. ....	7
<b>III.</b>	<b>CARACTERÍSTICAS BIOECOLÓGICAS DE <i>L. trifolii</i> Y <i>L. bryoniae</i>. PÉRDIDAS Y CONTROL.....</b>	<b>15</b>
III.1.	Origen y distribución geográfica.....	15
III.2.	Hábitat preferencial y distribución de las poblaciones.....	17
III.3.	Comportamiento biológico de las especies.....	19
III.4.	Factores bióticos.....	24
III.5.	Factores abióticos.....	26
III.6.	Pérdidas y daños ocasionados.....	35
III.7.	Métodos de control.....	38
III.7.1.	Preventivos y culturales.....	38
III.7.2.	Control químico.....	40
III.7.3.	Control biológico.....	44
III.7.3.1.	Parasitoides.....	45
III.7.3.2.	Depredadores.....	51
III.7.3.3.	Patógenos.....	52
III.7.4.	Control por mejora genética.....	55
III.7.5.	Otras medidas de control alternativas.....	55
III.7.5.1.	Trampas cromotrópicas.....	55
III.7.5.2.	Cubiertas fotoselectivas.....	57
III.7.6.	Post-recolección.....	58
<b>IV.</b>	<b>IDENTIFICACIÓN DE MINADORES EN PLANTACIONES DE MELÓN Y TOMATE.....</b>	<b>63</b>
IV.1.	INTRODUCCIÓN.....	63
IV.1.1.	Especies de minadores a escala mundial en melón y tomate.....	63
IV.1.2.	Características morfológicas de <i>L. trifolii</i> y <i>L. bryoniae</i> .....	64
IV.2.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	68
IV.3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	69

<b>V.</b>	<b>IDENTIFICACIÓN EN ALMERÍA DE PLANTAS HUÉSPEDES DE MINADORES.....</b>	<b>85</b>
V.1.	INTRODUCCIÓN.....	85
	V.1.1. Huéspedes vegetales a escala mundial.....	85
V.2.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	87
V.3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	87
<b>VI.</b>	<b>COLONIZACIÓN DE MELÓN Y TOMATE POR LAS ESPECIES.....</b>	<b>95</b>
VI.1.	INTRODUCCIÓN.....	95
	VI.1.1. Estimación de parámetros colonizadores. Diseño muestral.....	97
	VI.1.2. Modelos. Progresión Incidencia.día.....	101
	VI.1.3. Relaciones funcionales.....	104
	VI.1.4. Dinámica determinística del sistema.....	105
VI.2.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	107
	VI.2.1. Cultivos y caracterización de las parcelas.....	107
	VI.2.2. Colonización de los cultivos.....	110
	VI.2.2.1. Estimación de la Incidencia.....	110
	VI.2.2.1.1. Diseño muestral.....	110
	VI.2.2.1.2. Análisis de los datos.....	111
	VI.2.2.2. Progresión de Incidencia.día.....	114
	VI.2.2.2.1. Modelos.....	114
	VI.2.2.2.2. Relaciones funcional.....	117
	VI.2.2.2.3. Dinámica determinística del sistema.....	121
VI.3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	125
	VI.3.1. Gestión agronómica de las plantaciones.....	125
	VI.3.1.1. Melón.....	125
	VI.3.1.2. Tomate.....	128
	VI.3.2. Incidencia en las plantaciones.....	133
	VI.3.2.1. Melón.....	133
	VI.3.2.2. Tomate.....	142
	VI.3.3. Progresión de Incidencia.día. Modelos.....	150
	VI.3.3.1. Melón.....	150
	VI.3.3.2. Tomate.....	154
	VI.3.4. Relaciones funcionales.....	159
	VI.3.4.1. Melón.....	159

VI.3.4.2. Tomate .....	161
VI.3.5. Dinámica determinística del sistema .....	165
VI.3.5.1. Melón .....	165
VI.3.5.2. Tomate .....	168
VII. TOXICIDAD DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS SOBRE FAUNA AUXILIAR .....	177
VII.1. INTRODUCCIÓN.....	177
VII.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	179
VII.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	183
VIII. TOMA DE DECISIONES TÁCTICAS.....	193
VIII.1. INTRODUCCIÓN.....	193
VIII.2. MATERIALES Y MÉTODOS.....	195
VIII.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	195
IX. CONCLUSIONES .....	203
X. BIBLIOGRAFÍA.....	207

## INDICE DE FIGURAS

	Pagina
- Figura IV.1. <i>L. trifolii</i> : Edeago del macho con un distifalo amplio y constreñido apicalmente, hipofalo largo (Spencer, 1973).....	69
- Figura IV.2. <i>L. bryoniae</i> : Edeago del macho con dos lóbulos claramente visibles en el distifalo, basifalo con una espina (Spencer, 1973).....	70
- Figura IV.3. Genitalia de <i>L. trifolii</i> .....	70
- Figura IV.4. Genitalia de <i>L. bryoniae</i> .....	70
- Figura IV.5. Setas verticales externas e internas sobre fondo claro. <i>L. trifolii</i> . (izquierda), <i>L. bryoniae</i> (derecha).....	71
- Figura IV.6. Detalle de la cabeza de <i>L. trifolii</i> .....	71
- Figura IV.7. Detalle de la cabeza de <i>L. bryoniae</i> .....	71
- Figura IV.8. Coloración de hembras de <i>L. trifolii</i> y <i>L. bryoniae</i> .....	72
- Figura IV.9. Vista dorsal del abdomen de <i>L. trifolii</i> (Martínez, 1984).....	73
- Figura IV.10. Vista dorsal del abdomen de <i>L. bryoniae</i> (Martínez, 1984).....	73
- Figura IV.11. Franjas discontinuas (Hembra de <i>L. trifolii</i> ).....	74
- Figura IV.12. Franjas continuas (Hembra de <i>L. bryoniae</i> ).....	74
- Figura IV.13. Franjas discontinuas (Macho de <i>L. trifolii</i> ).....	74
- Figura IV.14. Franjas continuas (Macho de <i>L. bryoniae</i> ).....	74
- Figura IV.15. Ala de <i>L. trifolii</i> (Wang y Lin, 1988).....	74
- Figura IV.16. Ala de <i>L. bryoniae</i> (Wang y Lin, 1988).....	75
- Figura IV.17. Ala de <i>L. bryoniae</i> (superior.) y <i>L. trifolii</i> (inferior).....	75

## VI

- Figura IV.18. Huevo de <i>L. trifolii</i> .....	76
- Figura IV.19. Picaduras de alimentación y huevo de <i>L. bryoniae</i> .....	76
- Figura IV.20. Larva de 3 <sup>er</sup> estadio de <i>L. trifolii</i> .....	77
- Figura IV.21. Larva de 3 <sup>er</sup> estadio de <i>L. bryoniae</i> .....	77
- Figura IV.22. Larvas de 3 <sup>er</sup> estadio de <i>L. bryoniae</i> .....	77
- Figura IV.23. Pupas de <i>L. trifolii</i> .....	78
- Figura IV.24. Pupa de <i>L. trifolii</i> .....	78
- Figura IV.25. Pupas de <i>L. bryoniae</i> .....	78
- Figura IV.26. Pupa de <i>L. bryoniae</i> .....	78
- Figura IV.27. Pupa de <i>L. bryoniae</i> .....	78
- Figura IV.28. Galerías de <i>L. trifolii</i> (Berenjena) .....	79
- Figura IV.29. Galerías de <i>L. trifolii</i> (Tomate) .....	79
- Figura IV.30. Galerías de <i>L. trifolii</i> (Judía baja densidad) .....	79
- Figura IV.31. Galerías de <i>L. trifolii</i> (Judía alta densidad) .....	79
- Fig. IV.32. Galerías de <i>L. bryoniae</i> (Melón).....	80
- Fig. IV.33. Galerías de <i>L. bryoniae</i> (Melón).....	80
- Figura V.1. <i>Ricinus communis</i> L.....	91
- Figura V.2. <i>Ricinus communis</i> L. (Detalle galerías) .....	91
- Figura V.4. <i>Chenopodium murale</i> L.....	91
- Figura V.3. <i>Chenopodium murale</i> L (Picaduras).....	91
- Figura V.5. <i>Urtica urens</i> L. ....	91

- Figura V.6. <i>Urtica urens</i> L. (adulto) .....	91
- Figura VI.1. Funciones de autocorrelación (según Turchin y Taylor, 1992) .....	122
- Figura VI.2. Incidencia de Picaduras (----) y Galerías (----) de las parcelas de control integrado de melón .....	134
- Figura VI.3. Incidencia de Picaduras (----) y Galerías (----) de las parcelas de control químico de melón .....	135
- Figura VI.4. <i>I.día</i> de Picaduras (----) y Galerías (----) de las parcelas de control integrado de melón .....	137
- Figura VI.5. <i>I.día</i> de Picaduras (----) y Galerías (----) de las parcelas de control químico de melón.....	138
- Figura VI.6. Razón <i>I.día</i> (Picaduras) / <i>I.día</i> (Galerías ) de las parcelas de control integrado de melón .....	140
- Figura VI.7. Razón <i>I.día</i> (Picaduras) / <i>I.día</i> (Galerías ) de las parcelas de control químico de melón.....	141
- Figura VI.8. Incidencia de Picaduras (----) y Galerías (----) de las parcelas de control integrado de tomate de las campañas 93/94 y 94/95 .....	143
- Figura VI.9. Incidencia de Picaduras (----) y Galerías (----) de las parcelas de control químico de tomate de la campaña 93/94 y 94/95 .....	144
- Figura VI.10. Incidencia de Galerías (----) de las parcelas de control integrado y químico de tomate de la campañas 95/96 .....	145
- Figura VI.11. <i>I.día</i> de Picaduras (----) y Galerías (----) de las parcelas de control integrado de tomate de las campañas 93/94 y 94/95 .....	146
- Figura VI.12. <i>I.día</i> de Picaduras (----) y Galerías (----) de las parcelas de control químico de tomate de las campañas 93/94 y 94/95 .....	147
- Figura VI.13. Razón <i>I.día</i> (Picaduras) / <i>I.día</i> (Galerías ) de las parcelas de control integrado de tomate de las campañas 93/94 y 94/95 .....	148
- Figura VI.14. Razón <i>I.día</i> (Picaduras) / <i>I.día</i> (Galerías ) de las parcelas de control químico de tomate de las campañas 93/94 y 94/95 .....	149

## VIII

- Figura VI.15. Estimación de <i>I.día</i> de Picaduras (—) con el modelo (1) para t-1 (----) y con el modelo (3) para t-2 (----) para las parcelas de control integrado de melón.....	152
- Figura VI.16. Estimación de <i>I.día</i> de Galerías (—) con el modelo (5) para t-1 (----) y con el modelo (7) para t-2 (----) para las parcelas de control integrado de melón.....	153
- Figura VI.17. Estimación de <i>I.día</i> de Picaduras (—) con el modelo (9) para t-1 (----) y con el modelo (11) para t-2 (----) para las parcelas de control integrado de tomate de las campañas 93/94 y 94/95 .....	156
- Figura VI.18. Estimación de <i>I.día</i> de Galerías (—) con el modelo (13) para t-1 (----) y con el modelo (15) para t-2 (----) para las parcelas de control integrado de tomate de las campañas 93/94 y 94/95 .....	157
- Figura VI.19. Estimación de <i>I.día</i> de Galerías (—) con el modelo (13) para t-1 (----) y con el modelo (15) para t-2 (----) para las parcelas de control integrado de tomate de la campaña 95/96 .....	158
- Figura VI.20. Variación de la razón de tiempos en función de $p = y / y_{max}$ (Ejemplo con $p_u = 0.6$ y $p_0 = 0.01$ ).....	164
- Figura VI.21. Punto de equilibrio. Datos de incidencia de picaduras de la parcela de control integrado de Níjar 96 en melón.....	171
- Figura VI.22. Ciclo límite. Datos de incidencia de picaduras de la parcela de control integrado de Roquetas 94/95 en tomate.....	172
- Figura VI.23. Comportamiento caótico. Datos de incidencia de galerías de la parcela de control integrado de Roquetas 95/96-2 en tomate .....	173
- Figura VII.1 Parasitoide ( <i>Diglyphus isaea</i> ).....	189
- Figura VII.2 Productos insecticidas y acaricidas.....	189
- Figura VII.3. Torre Potter.....	189
- Figura VII.4. Material vegetal (Judía).....	189
- Figura VII.5. Conteo .....	189

- Figura VII.6. Placa petri modificada.....189
- Figura VIII.1. Propuesta de diagrama de intervención para el manejo de minadores..... 199

## INDICE DE TABLAS

	Página
- Tabla II.1. Relación de las principales plagas y nemátodos identificadas en el cultivo del tomate y en el del melón.....	8
- Tabla II.2. Relación de las principales enfermedades causadas por hongos identificadas en el cultivo del tomate y en el del melón.....	9
- Tabla II. 3. Relación de las principales enfermedades causadas por bacterias identificadas en el cultivo del tomate y en el del melón.....	10
- Tabla II.4. Relación de las principales enfermedades causadas por virus identificadas en el cultivo del tomate y en el del melón.....	10
- Tabla III.1. Tiempo medio de desarrollo (días) de <i>L. trifolii</i> a temperaturas constantes.....	31
- Tabla III.2. Tiempo medio de desarrollo (días) de <i>L. bryoniae</i> a temperaturas constantes.....	31
- Tabla III.3. Umbral de desarrollo (°C) para huevo, larva y pupa de <i>L. trifolii</i> .....	32
- Tabla III.4.. Umbral de desarrollo (°C) para huevo, larva y pupa de <i>L. bryoniae</i> .....	32
- Tabla III.5. Longevidad (días) y número medio de huevos por hembra (a) (huevos viables) de <i>L. trifolii</i> a temperaturas constantes.....	32
- Tabla III.6. Porcentaje de emergencia de pupas de <i>L. trifolii</i> a diferentes temperaturas y humedades relativas.....	34
- Tabla III.7. Relación de parasitoides de <i>L. trifolii</i> .....	53
- Tabla III.8. Relación de parasitoides de <i>L. bryoniae</i> .....	54
- Tabla V.1. Relación de plantas huéspedes de minador identificadas en la provincia de Almería.....	90
- Tabla VI.1. Características de las parcelas de melón.....	107
- Tabla VI.2. Características de las parcelas de tomate.....	108

- Tabla VI.3. Estimación de parámetros ..... 111
- Tabla VI.4. Resumen de la gestión agronómica en las parcelas de melón ..... 125
- Tabla VI.5. Resumen de la gestión agronómica en las parcelas de tomate ..... 128
- Tabla. VI.6. Ajustes a las funciones Logística y Gompertz de los datos de picaduras de las parcelas de melón..... 159
- Tabla VI.7. Ajustes a las funciones Logística y Gompertz de los datos de galerías de las parcelas de melón ..... 160
- Tabla VI.8. I.día de picaduras y galerías de las parcelas de melón. Comparación de las tasas de crecimiento aparente ( C )..... 161
- Tabla. VI.9. Ajustes a las funciones Logística y Gompertz de los datos de picaduras de las parcelas de tomate ..... 162
- Tabla VI.10. Ajustes a las funciones Logística y Gompertz de los datos de galerías de las parcelas de tomate ..... 162
- Tabla VI.11. I.día de picaduras y galerías en tomate. Comparación de las tasas de crecimiento aparente (C) ..... 163
- Tabla VI.12. Modelos de las dinámicas determinísticas para los datos de picaduras de las parcelas de melón..... 166
- Tabla VI.13. Modelos de las dinámicas determinísticas para los datos de galerías de las parcelas de melón..... 167
- Tabla VI.14. Modelos de las dinámicas determinísticas para los datos de picaduras de las parcelas de tomate. .... 169
- Tabla VI.15. Modelos de las dinámicas determinísticas para los datos de galerías de las parcelas de tomate ..... 170
- Tabla VII.1. Lista de pesticidas ensayados ..... 182
- Tabla VII.2. Resultados del análisis de la varianza de los ensayos de toxicidad sobre *D. isaea*. ..... 187
- Tabla VII.3. Clasificación toxicológica de los ensayos de toxicidad sobre *D. isaea* ..... 188

- Tabla VIII.1. Melón. *l.día* final de las principales plagas y enfermedades .....197
- Tabla VIII.2. Tomate. *l.día* final de las principales plagas y enfermedades .....197

## **I. INTERÉS Y OBJETIVOS**



## I. INTERÉS Y OBJETIVOS

En los últimos años se está produciendo una tendencia al alza, en todos los ámbitos de la ciencia y de la sociedad, de una mayor conservación del medio ambiente; lo que implicará cambios, en algunos casos drásticos y en otros de forma paulatina, de los procesos de producción de los distintos sectores.

En el campo de la Agronomía, y más en concreto en el ámbito de la Protección Fitosanitaria, estos cambios están sucediendo con mucha rapidez. Existe una demanda cada vez mayor por parte del mercado exterior, y también del interior, de productos obtenidos en condiciones más naturales, o que contengan un mínimo aceptable de residuos químicos.

Esto está provocando modificaciones en la política de desarrollo y comercial de las grandes multinacionales de agroquímicos. Al mismo tiempo, se está empezando a potenciar el uso de enemigos naturales contra plagas, con el concurso de diferentes casas comerciales que han apostado por la fabricación de productos biológicos.

Actualmente en la provincia de Almería, tanto a través de la Administración como en el ámbito de las empresas privadas, se están aplicando acciones, que incluyen programas de producción controlada o integrada, en las que se están imponiendo una serie de medidas que intentan conjugar la protección medioambiental y la sanidad de los cultivos.

La protección fitosanitaria, que hasta el momento se ha realizado, está basada, en la mayoría de las ocasiones, en la experiencia propia del agricultor o del técnico, es decir, en estos casos el conocimiento empírico ha prevalecido sobre el científico. Actualmente los investigadores de esta materia están intentando encontrar métodos científicos, con la ayuda de la ecología cuantitativa, que permitan a los especialistas abordar la protección fitosanitaria de los cultivos desde un enfoque objetivo. Así están apareciendo en esta última década los Sistemas de Ayuda a la Toma de Decisiones que recogen estos avances y que, expresados en forma de aplicaciones informáticas, pueden ser incluidos posteriormente en complejos Sistemas Expertos.

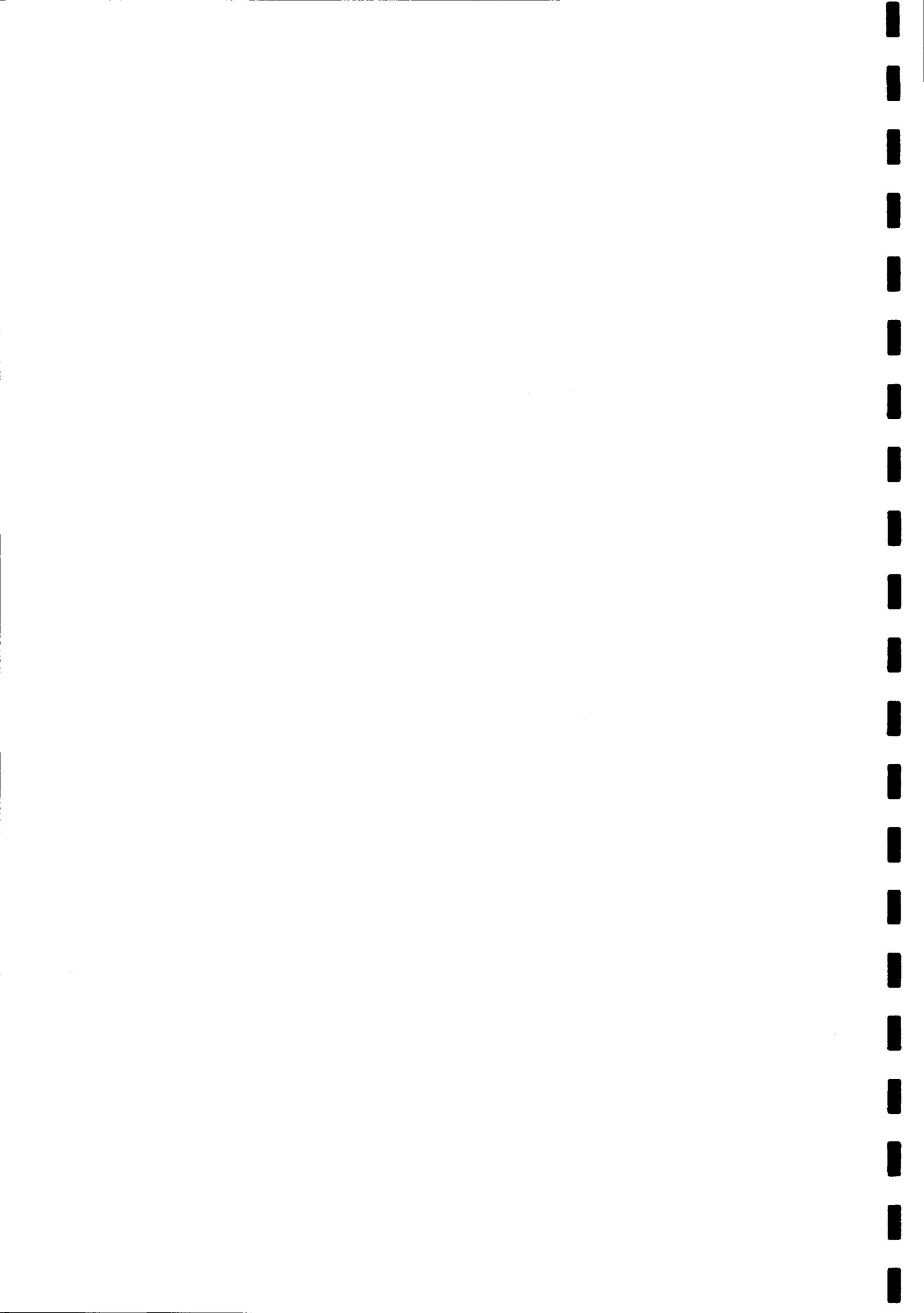
Estos nuevos conocimientos son los que se pondrán al servicio de este Proyecto, que intentará ofrecer una aproximación científica a los problemas ecológicos y fitosanitarios que suscita el control de las especies de minadores estudiadas.

El tema de esta tesis se centrará fundamentalmente en el estudio, en las dos especies de minadores, de aquellos parámetros ecológicos y colonizadores, que sean capaces de suministrar nuevas visiones de sus actividades fitoparasitarias, y que además ayuden a seleccionar de un modo científico, dentro del ámbito de la Protección Integrada, aquella alternativa que mejor responda a la salvaguarda conjunta de la calidad del entorno y de la sanidad de la plantación. Este estudio se complementará con la valoración del efecto de diferentes pesticidas en la fauna auxiliar útil

### **Objetivos científicos que se persiguen.**

- Identificación de los estados metamórficos de ambas especies y los tipos de daños que ocasionan en los cultivos elegidos.
- Identificación de los huéspedes vegetales alternativos de los que disponen los minadores en la provincia de Almería.
- Caracterización del proceso colonizador de ambas especies Este estudio incluirá tanto la progresión colonizadora, que se plasmará en modelos fenológicos predictivos, como la determinación de la tendencia colonizadora, que será la piedra angular en la que se base la predicción de los períodos en los que se alcanzarán los umbrales previamente fijados. Se concluirá con la dinámica determinística del proceso, en la que se analizará individualmente para cada una de las parcelas los componentes endógenos y exógenos que intervinieron en el sistema. Con los resultados que se obtengan, se estará en disposición de desarrollar criterios científicos de intervención en estas especies, lo que supondrá un importante aporte en cultivos hortícolas a los Sistemas de Ayuda a la Toma de Decisiones tácticas.
- Efecto de los pesticidas, que con más asiduidad se utilizan, sobre los parasitoides adultos de *Liriomyza* spp. Dentro de la importante gama de parasitoides, se elegirán sólo los que están actualmente comercializados.
- Propuesta de un plan de intervención, como colofón a los estudios anteriores, que permita actuar, de forma racional y científica, en los momentos adecuados.

## II. ANTECEDENTES



## II. ANTECEDENTES

### II.1. El cultivo del tomate y melón en invernaderos de Almería.

La provincia de Almería está altamente especializada en la producción hortícola. La superficie con cultivos hortícolas es de 46.750 Ha, con una producción de 2.497.140 Tm (Delegación Provincial de Almería, 2001). El 89.9 % de la producción final agrícola de la provincia de Almería corresponde a las hortalizas, lo que representa un 38.6% del valor final de la producción agrícola de la región en 2001 (Analistas Económicos de Andalucía, 2001).

Almería es la principal productora de tomate en Andalucía. En 2001, el 51.1 % de la producción regional se concentró en esta provincia, con una superficie de 8.200 Ha y con una producción de 752.400 Tm. En cuanto al cultivo del melón, Almería produjo alrededor del 60% de la andaluza, con una superficie de 5.200 Ha y con una producción de 186.400 Tm (Delegación Provincial de Almería, 2001; Analistas Económicos de Andalucía, 2001.)

### II.2. Principales plagas y enfermedades que afectan a los dos cultivos

La presencia de las distintas plagas y enfermedades en los cultivos hortícolas protegidos supone un grave problema debido a una serie de factores que favorecerán el desarrollo de estos fitoparásitos, tales como, condiciones idóneas de temperatura y humedad, estructuras de los invernaderos poco adecuadas ( falta de estanqueidad), malas prácticas agronómicas o la utilización de material vegetal no sano.

La introducción de nuevas especies plaga puede provocar importantes mermas productivas, sobre todo en los primeros años en los que lógicamente se desconocen las medidas más apropiadas para su control. Éste fue el caso de la mosca blanca *Bemisia tabaci* (Genn.) (Rodríguez - Rodríguez *et al.*, 1994) y del minador *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Pascual *et al.*, 1992; Cabello y Belda, 1992),

Por otra parte el uso masivo y arbitrario de productos químicos ha provocado el desarrollo de resistencias por parte de algunas plagas (Prabhaker *et al.*, 1985 y 1988) y enfermedades (Raposo *et al.*, 1994; Delcan *et al.*, 1994) lo cual acrecienta más el problema; pues no sólo no impide que la plaga continúe presente en el cultivo, sino que además puede provocar efectos negativos sobre los organismos beneficiosos, tanto autóctonos como introducidos.

A continuación, en las Tablas II.1, II.2, II.3 y II.4 se ofrece una relación de las principales plagas y enfermedades identificadas en el cultivo del tomate (Comunicación I+D Agroalimentaria 12/95) y en el del melón (Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 1996) en la provincia de Almería.

Tabla II.1. Relación de las principales plagas y nemátodos identificadas en el cultivo del tomate y en el del melón.

PLAGAS	ESPECIE	CULTIVO
TRIPS	<i>Frankliniella occidentalis</i> (Pergande)	Tomate Melón
MOSCA BLANCA	<i>Trialeurodes vaporariorum</i> (Westwood) <i>Bemisia tabaci</i> (Genn.)	Tomate Melón
SUBMARINO O MINADOR DE HOJA	<i>Liriomyza bryoniae</i> (Kaltenbach) <i>Liriomyza huidobrensis</i> (Blanchard) <i>Liriomyza strigata</i> (Meigen) <i>Liriomyza trifolii</i> (Burgess)	Tomate Melón
PULGONES	<i>Myzus persicae</i> (Sulzer) <i>Aphis gossypii</i> Glover	Tomate Melón
ARAÑA ROJA	<i>Tetranychus urticae</i> (Koch) <i>Tetranychus turkestanii</i> Ugarov & Nikolski	Tomate Melón
ARAÑA BLANCA	<i>Polyphgotarsonemus latus</i> (Banks)	Tomate
VASATES	<i>Aculops lycopersici</i> (Masee)	Tomate
LEPIDÓPTEROS	<i>Spodoptera exigua</i> (Hübner) <i>Spodoptera littoralis</i> (Boisduval) <i>Helicoverpa peltigera</i> (Dennis & Schiff)	Tomate Melón
	<i>Plusia</i> spp	Melón
LEPIDÓPTEROS	<i>Heliothis armigera</i> (Hübner) <i>Chrysodeixis chalcites</i> (Esper) <i>Autographa gamma</i> (L.)	Tomate
NEMATODOS	<i>Meloidogyne</i> sp <i>Meloidogyne javanica</i>	Tomate Melón

Tabla II.2. Relación de las principales enfermedades causadas por hongos identificadas en el cultivo del tomate y en el del melón.

HONGOS		CULTIVO
DAMPING-OFF	<i>Pythium</i> spp. <i>Phytophthora</i> spp. <i>Rhizoctonia solani</i> , Kühn <i>Botrytis cinerea</i> Pers <i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib) de By	Tomate
PODREDUMBRE CUELLO Y RAICES	<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>radicis-lycopersici</i> Jarvis Shaemaker	Tomate
MILDIUM TERRESTE	<i>Phytophthora nicotianae</i> var. <i>Parasitica</i> Dast	Tomate
FUSARIOSIS VASCULAR	<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>radicis-lycopersici</i> (Sacc) Snyder & Hansen ----- <i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. <i>melonis</i> (L. & C.) Snyder & Hansen	Tomate ----- Melón
PODREDUMBRE GRIS	<i>Botrytis cinerea</i> Pers.	Tomate
PODREDUMBRE BLANCA	<i>Sclerotinia sclerotiorum</i> (Lib) de Bary	Tomate
MILDIU	<i>Phytophthora infestans</i> (Mont.) de Bary ----- <i>Pseudoperonospora cubensis</i> (Berck & Curtis) Roostovtsev	Tomate ----- Melón
ALTERNARIOSIS	<i>Alternaria dauci</i> f.sp. <i>solani</i> (Ell. & Mart.) Neerg.	Tomate
CENIZA U OIDIOPSIS	<i>Leveillula taurica</i> (Lev) Arnaud ----- <i>Sphaerotheca fuliginea</i> (Schelecht) Pollaci	Tomate ----- Melón
CLADOSPORIOSIS	<i>Fulvia fulva</i> (Cooke) cif	Tomate
CHANCRO GOMOSO DEL TALLO	<i>Dydymella bryoniae</i> (Auersw) Rehm.	Melón

**Tabla II.3. Relación de las principales enfermedades causadas por bacterias identificadas en el cultivo del tomate y en el del melón.**

BACTERIAS		CULTIVO
CHANCRO BACTERIANO	<i>Clavibacter michiganensis</i> subsp. <i>Michiganensis</i>	Tomate
MANCHA NEGRA	<i>Pseudomonas syringae</i> p.v. tomato (Okabe) Young et al.	Tomate
MEDULA NEGRA	<i>Pseudomonas corrugata</i> (Robert & Scarlett)	Tomate
ROÑA O SARNA BACTERIANA	<i>Xanthomonas campestris</i> p.v. <i>vesicatoria</i> (Digde) Dye	Tomate
PODREDUMBRE BLANDA	<i>Erwinia caratovora</i> subsp. <i>Caratovora</i> (Jones) Bergey et al.	Tomate Melón

**Tabla II.4. Relación de las principales enfermedades causadas por virus identificadas en el cultivo del tomate y en el del melón.**

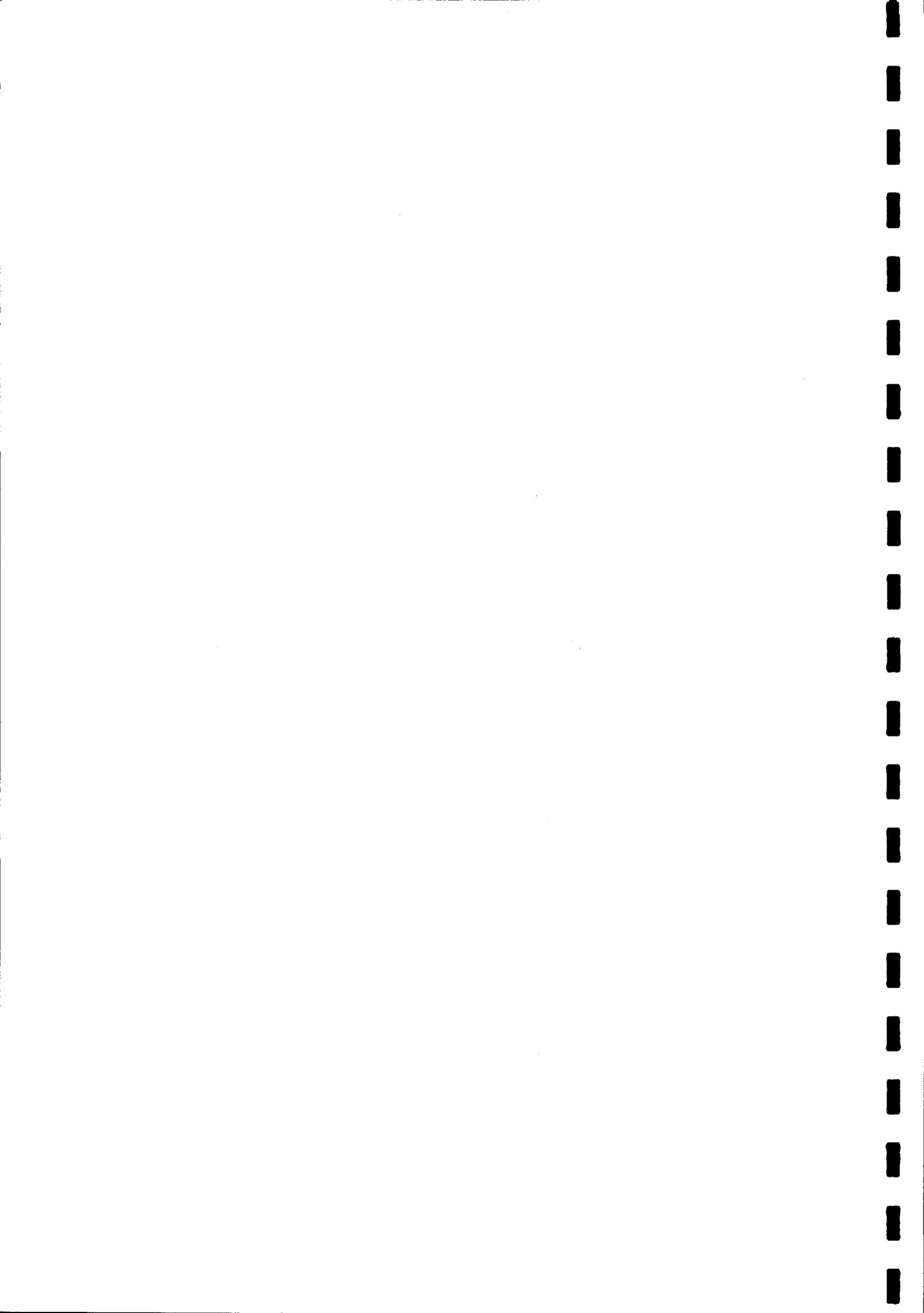
VIRUS		CULTIVOS
VIRUS DEL BRONCEADO DEL TOMATE	Tomato Spotted Wilt Virus (TSWV)	Tomate
VIRUS DE LA CLOROSIS DEL TOMATE	Tomato Chlorosis Crinivirus	Tomate
VIRUS DEL MOSAICO DEL PEPINO	Cucumber Mosaic Virus (CMV)	Tomate Melón
VIRUS Y DE LA PATATA	Potato Virus y (P.V.Y.)	Tomate
VIRUS DEL RIZADO AMARILLO DEL TOMATE	Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV)	Tomate
VIRUS DEL MOSAICO DEL TOMATE	Tomato Mosaic Virus (ToMV)	Tomate
VIRUS DEL ENANISMO RAMIFICADO DEL TOMATE	Tomato Bushy Stunt Virus (TBSV)	Tomate
VIRUS DEL CRIBADO DEL MELON	Melón Necrotic Spot Virus (MNSV)	Melón
AMARILLEAMIENTOS	Cucumber Yellow Virus	Melón
VIRUS DEL MOSAICO DE LA CALABAZA	Squash Mosaic Virus (SqMV)	Melón
VIRUS DEL MOSAICO DE LA SANDIA II	Watermelon Mosaic Virus-2 (WMV-2)	Melón
VIRUS DEL MOSAICO AMARILLO DEL CALABACIN	Zucchini Yellow Mosaic Virus (ZYMV)	Melón

En el cultivo del tomate cabe destacar, como plaga importante, al tisanóptero *F. occidentalis*, que fue detectado en Almería por primera vez en 1986, y fue identificado por el Dr. Lacasa (Rodríguez-Rodríguez y Belda, 1989). La aparición de esta plaga provocó graves daños directos por alimentación (Cabello *et al.*, 1990), pero de mayor consideración fueron los indirectos, ya que es vector del virus del bronceado del tomate (Cuadrado *et al.*, 1991).

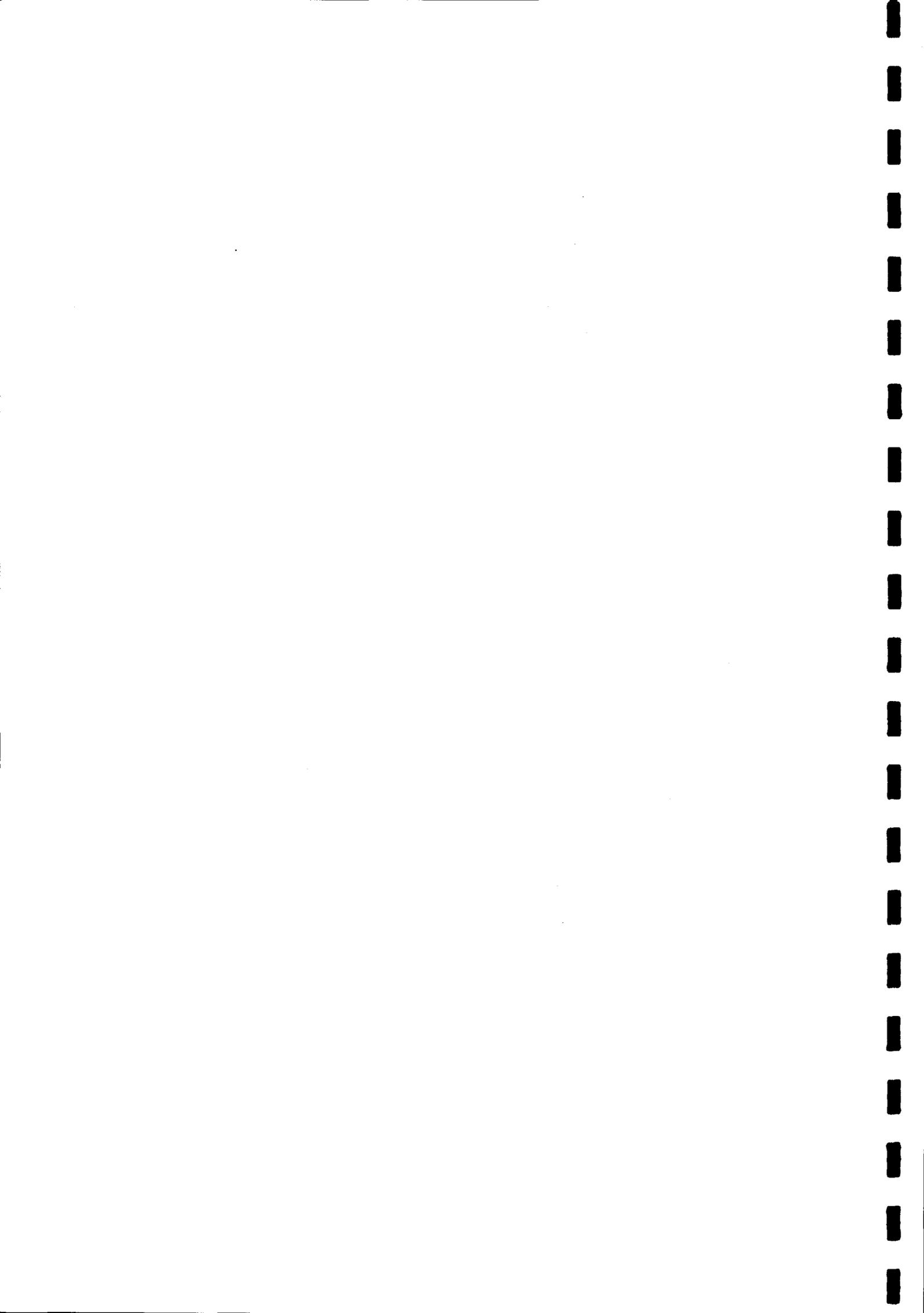
La introducción de una nueva especie de mosca blanca, *Bemisia tabaci* (Rodríguez-Rodríguez *et al.*, 1994), también ocasionó importantes daños directos sobre el cultivo del tomate, e indirectos ya que es vector del virus del rizado amarillo del tomate (TYLCV). Este virus fue detectado en 1992 (Moriones *et al.*, 1993) y ocasionó importantes pérdidas, especialmente en la campaña agrícola 97/98. Estas pérdidas alcanzaron cotas tan altas que se llegó incluso a la desgravación fiscal en las zonas fuertemente afectadas (Orden del 6 de mayo y del 8 de Junio de 1999) (BOE 1999, nº 109, nº137).

En el cultivo de melón, antes de la introducción de *B. tabaci*, el daño principal era provocado por *Trialeurodes vaporariorum*, que se asoció a enfermedades de amarilleo, como el virus del falso amarilleo (BPYV-I) (Soria *et al.*, 1991) que originó pérdidas que alcanzaron al 40% de la producción (Luis, 1990). Los amarillos aparecidos después de la introducción de la nueva especie, se asociaron a ella y fueron ocasionados por un nuevo closterovirus caracterizado y denominado como el virus del enanismo amarillo del pepino (CYSDV) (Celix *et al.*, 1996)

Recientemente se ha identificado un nuevo virus que afecta a las cucurbitáceas y es el conocido como virus de las venas amarillas del pepino (CVYV) transmitido de forma semi-persistente por *B. tabaci* y también mecánicamente. En Almería fue identificado por primera vez en el otoño del 2000 en pepino (Cuadrado *et al.*, 2001a). En melón fue detectado en la primavera del 2002 provocando pérdidas importantes (Cuadrado *et al.*, 2001b).



**III. CARACTERÍSTICAS BIECOLÓGICAS DE *L. trifolii* Y  
*L. bryoniae*. PÉRDIDAS Y CONTROL.**



### III. CARACTERÍSTICAS BIOECOLÓGICAS DE *L. trifolii* Y *L. bryoniae*. PÉRDIDAS Y CONTROL.

#### III.1. Origen y distribución geográfica

Aunque *L. trifolii* originariamente es una especie de distribución Neártica y Neotropical, su polifagia y el tráfico internacional de plantas ha hecho de ella una especie cosmopolita. Su centro de dispersión está en la costa Oriental de Estados Unidos, concretamente en Florida, en el área de Miami (Spencer, 1965).

Las primeras citas aparecen en los Estados Unidos de Norteamérica hacia 1970. Después la población se extendió desde el este hacia el norte hasta llegar al Canadá y hacia el sur hasta las Bahamas, Guayana y Venezuela (Spencer, 1973).

Su dispersión hacia Sudamérica comenzó con la exportación de esquejes de crisantemos desde Florida a Colombia, donde en 1977 apareció la primera infestación grave (Price, 1983). Su introducción en California en 1975-76 (Parrella, 1982) probablemente tuvo también su origen en los esquejes de crisantemos procedentes de Florida.

En 1976-77 apareció por primera vez en Kenya (Lima De, 1979), desde donde fue transportada hasta Europa en crisantemos, que actuaron como vehículo de dispersión, apareciendo en Alemania, Dinamarca y Holanda.

En Inglaterra fue detectada en 1977 en un semillero donde se estaban cultivando crisantemos, cuyos esquejes fueron importados de Kenya y Malta, y también apareció en gerberas procedentes de Holanda (Bartlett y Powell, 1981). En Francia se presentó en 1977, también como consecuencia de la importación desde Holanda de esquejes de crisantemos y plantas de gerbera (D'aguilar, y Martínez, 1979). *L. trifolii* apareció en Italia en 1978 en plantas de gerbera (Arzone, 1979)

La presencia de *L. trifolii* es citada en otros países Europeos como Alemania Occidental, Finlandia, Hungría, Malta, Noruega, Rumania, Suecia, Suiza y Yugoslavia (EPPO, 1984)

En Israel fue detectada en 1978 en gerbera procedente de Holanda, y mantiene su presencia al aire libre durante todo el año. Se ha convertido en la plaga más importante de algunos cultivos florales, tales como, *gypsophila* y gerbera, y también se ha encontrado en otras especies vegetales (Yathom *et al.*,

1983). En Japón *L. trifolii* es conocida desde 1949 (Sasakawa, 1961). Su distribución está limitada a la región norte del país, y sólo aparece en leguminosas. En China se detectó en febrero de 1988 en gerbera (Wang y Lin, 1988).

A principios de la década de los setenta es cuando se detectó y adquirió gran importancia en España, concretamente en las Islas Canarias, donde en la campaña 1972-73 aparecieron las primera hojas de tomate minadas (Peña, 1986). Una década más tarde se detectó en la península a lo largo de toda la costa mediterránea (Alomar, 1982). En Almería está presente desde la campaña 1980/81 en plantas hortícolas (judías y berenjenas) y ornamentales (crisantemo y gerberas) (Sánchez-Pulido, 1986; Pascual-Torres, 1986) identificación ratificada por el Dr. K. A. Spencer en 1982 (Ciba-Geigy, 1988).

La dispersión de *L. trifolii* por todo el mundo a través de flores se produjo debido a un error en la identificación de la especie y a un fallo en el proceso de garantía del material vegetal exportado (Parrella y Keil, 1984).

Algunos países, como Noruega, Suecia y Finlandia cuentan con programas de erradicación, sin embargo la plaga continua estando presente. La importación de plantas puede permitirse mediante una autorización, en la que se especifiquen las condiciones para reducir el riesgo de introducción accidental del insecto, por ejemplo, que el material vegetal importado esté absolutamente libre de *L. trifolii* cuando se realicen las inspecciones (Minkenberg, 1988b).

*L. bryoniae*, es una especie que aparece exclusivamente en la región Paleártica y está estrechamente relacionada con *L. strigata* (Spencer, 1973).

En el sur de Europa, se encuentra más frecuentemente al aire libre, mientras que en Inglaterra, Alemania y Holanda aparece con más frecuencia en invernadero y Jardines Botánicos. Su distribución en el resto de Europa no es bien conocida y no existen datos del Este de Ucrania y del Cáucaso. (Spencer, 1973).

La primera noticia que se tuvo de esta especie fue en tomate en invernadero en el nordeste de Europa (Dinamarca, Inglaterra, Holanda), aunque también se reconoció que era un problema importante en cultivo de tomate en España (Spencer, 1973). Verdú (1989) y Frances (1994) señalan la presencia de fuertes ataques de esta especie en cultivos de tomate en la Comunidad Valenciana.

En Inglaterra, la mayor área de infestación fue el Valle de Lea (Hertfordshire), donde la especie se conoce desde de 1936 (Bartlett, 1993). En Holanda, durante los años 1965 y 1966, esta especie produjo una serie de daños en tomate. Un incremento máximo de la población se detectó en los invernaderos de la zona sur de Holanda y en general la actividad minadora de *L. bryoniae* ha aumentado en los últimos años (Brouwer y Offeren, 1966).

En Egipto, se han visto ataques regulares de *L. bryoniae* en cucurbitáceas, mientras que en Francia, en el Valle de Rhone, plantaciones de melón y pepino han sufrido daños (Spencer, 1973). En Taiwan, *L. bryoniae* fue detectada por primera vez en 1984, apareciendo dos picos de población, una de forma regular en abril y otra de forma ocasional en octubre, distribuyéndose a lo largo de todas las áreas llanas de la isla (Lee *et al*, 1990)

### III.2. Hábitat preferencial y distribución de las poblaciones

La dispersión de la población, el tipo de distribución o la disposición del animal en el espacio tiene una gran importancia en el estudio de las poblaciones de los artrópodos y además son necesarios para el desarrollo de métodos de muestreo y para la construcción de modelos (Southwood, 1978).

En campo abierto, la propagación de las especies comienza lentamente al principio, teniendo su origen en las malas hierbas de las lindes de las plantaciones, que pueden actuar como huésped de la plaga (Genung y Janes 1975). Normalmente, el viento influirá en la tasa y dirección de la dispersión desde el foco, siendo la densidad mayor en el punto de origen y disminuirá generalmente a medida que aumente la distancia. (Parrella, 1987)

En invernadero, donde el viento no interviene, la distancia media recorrida por la hembra fue mayor que la recorrida por el macho. Además la densidad de los machos decreció más rápidamente que la de las hembras con la distancia. Los machos tenían una distribución ligeramente más agregativa que las hembras. (Jones y Parrella, 1986)

El adulto de *L. trifolii* comenzó su actividad en las primeras horas de la mañana y fue máxima al mediodía (Parrella *et al.*, 1981). La altura de vuelo preferida por los adultos en crisantemo fue la franja de 20 cm por encima de la planta (Prieto y Chacón de Ulloa, 1980); sin embargo, en tomate *L. trifolii* se capturó más frecuentemente a 28 cm del suelo que en la zona alta de la planta (Zehnder y Trumble, 1983).

En melón entutorado, los adultos de *L. bryoniae* son más activos en la parte baja de la planta cercana al suelo, aunque algunos pueden volar a largas distancias arrastrados por los vientos dominantes. La máxima actividad diaria del adulto se registró entre las 10 y las 12 horas y entre las 14 y las 16 horas durante el invierno (Cheng, 1994a)

El movimiento y dispersión de adultos de *Liriomyza* quedó afectado cuando las plantas de tomate y calabacín se recubrieron con papel de aluminio, lo que condujo a una reducción de la infestación, presumiblemente porque actuó como repelente de los adultos (Parrella, 1987). Los insecticidas también pueden actuar como repelentes de los adultos, aunque la efectividad varía con el compuesto químico y el método de aplicación (Robb y Parrella, 1985). Los ensayos realizados por Hannna *et al.*, 1987 en judía indicaron que la frecuencia de aplicación del permethrin no influye en la dispersión de adultos de *L. sativae*.

*L. trifolii* y *L. bryoniae* son especies polivoltinas, por lo que en todo momento se puede encontrar cualquier estadio en la planta. Se observó la existencia en las hojas viejas de larvas de 3ª edad y pupas, mientras en las jóvenes se observaron picaduras, huevos, larvas de 1ª edad y adultos de *L. trifolii*. (Sánchez Pulido, 1986).

La población de *L. trifolii* en pimiento presentó una distribución agregativa, aunque al comienzo las larvas parecen distribuirse de forma regular. El espacio limitado para la puesta en las primeras fases del cultivo estimularía al adulto a que tuviera un comportamiento más regular en la puesta (Chandler y Gilstrap, 1986). En ensayos con crisantemo, apio y tomate, se observó también que las larvas y pupas de *L. trifolii* tienen generalmente una distribución agregativa (Parrella, 1987; Foster, 1986).

La distribución de las picaduras de alimentación y de puesta realizadas por *L. trifolii* varía con la planta huésped. Así, en judía las picaduras se distribuyeron uniformemente en la cara superior, aunque tuvieron preferencia por el ápice y los bordes de la hoja (Peña, 1986).

En gypsophila, las picaduras de *L. trifolii* aparecieron en ambos lados de la hoja, pero la mayoría se encontraron en el tercer distal de la parte superior de la hoja (Elferen Van y Yathom, 1989).

En melón rastrero se observó que, antes de que las plantas cubran totalmente el suelo, existe una relación positiva entre el número de larvas vivas de *L. trifolii* y el tamaño de la hoja, y además la densidad de las larvas fue mayor en

las hojas de la base que en las de la parte distal de planta (Lynch y Johnson, 1987).

### III.3. Comportamiento biológico de las especies

#### *Liriomyza trifolii*

Cuando la hembra adulta comienza a producir las picaduras en las hojas lo primero que se observa, sobre cualquier hospedador, es una inclinación del abdomen para colocar el ovopositor perpendicularmente a la superficie de la hoja. Éste contacta con la hoja, con una serie de rápidos empujes, y una vez que ha penetrado en la superficie, estos empujes se hacen más lentos y más pausados. En este punto la hembra daña las células de mesófilo de la hoja creando uno de los dos tipos diferentes de picaduras: picaduras de alimentación y picaduras de puesta (Parrella, 1987).

Las picaduras de alimentación son circulares, y de ellas extrae los líquidos exudados por la planta, las de puesta, en cambio, tienen forma alargada o tubular, debido a que una vez que la hembra ha introducido su ovopositor en la hoja, lo dispone paralelo a la superficie y así deposita el huevo. (Peña, 1986).

Con independencia del tipo de picadura, la hembra siempre vuelve a ella para alimentarse, por ello todas las picaduras pueden ser consideradas picaduras de alimentación (Bethke y Parrella, 1985). Dado que los machos no son capaces de realizar estas picaduras, aprovechan las realizadas por las hembras para alimentarse (Parrella, et al., 1981; Peña, 1986).

*L. trifolii* realiza numerosas picaduras de forma dispersa, la mayoría en el haz, muy raramente en el envés (Peña, 1986). El tamaño de la picadura varía con el tamaño de la hembra adulta (Parrella, 1987).

Durante el proceso de oviposición, la hembra pone los huevos de forma individual, aunque a menudo estén próximos unos a otros. Hace previamente una perforación, con el oviscapto, en el tejido de empalizada de la hoja y paralelamente a la superficie de ésta, y deposita en cada perforación un huevo (Parrella, 1987).

El adulto hembra pone una media de 17 huevos al día, aproximadamente 250 huevos durante su ciclo de vida. Alrededor del 15 % de las picaduras de alimentación corresponden a la puesta de huevos, aunque esto varía con la temperatura, edad de la hembra y madurez de la hoja. (Parrella et al., 1981).

El huevo a medida que se desarrolla se vuelve opaco y gradualmente se puede distinguir el esqueleto céfalofaríngeo de color oscuro. (Parrella, 1987)

Todos los estadios larvarios se desarrollan dentro de la hoja. Después de la eclosión, cuando la larva sale del huevo comienza a devorar incesantemente el parénquima en empalizada de la hoja, abriendo de esta forma una mina que crece en anchura y longitud (Peña, 1986). La larva se alimenta tanto de día como de noche, excepto durante los procesos de muda (Minkenberg, 1988a)

Las diferentes especies de *Liriomyza* se nutren de secciones específicas del mesófilo de la hoja, así *L. trifolii* parece que se siente más atraída por el tejido en empalizada del mesófilo (Parrella, 1987).

La larva no es capaz de salir de la hoja y entrar en una nueva hoja (Dimetry, 1971; Peña, 1986; Parrella, 1987). Sólo hay una larva en cada mina. Dentro de las minas se ven los excrementos, gránulos negros, que se sitúan en una o dos hileras (Dimetry, 1971; Peña, 1986).

Con un simple cuentahilos se distinguen en su extremidad las piezas bucales. Si la larva está en plena actividad las piezas estarán en constante movimiento. Cuando la larva está muerta no sucede lo anterior y se vuelve de una coloración que varía de negruzca a marrón oscuro (Estrada, 1986).

Cuando termina su desarrollo, que lo completa entre 5 y 7 días (Parrella *et al.*, 1981), practica una incisión semicircular en la hoja, y en las primeras horas de la mañana sale al exterior (Peña, 1986). El periodo entre la emergencia de la larva de la hoja y la formación de la pupa es lo que se considera como el estado de prepupa. La duración de esta fase puede variar de 2 a 4 horas (Leibee, 1984) o puede permanecer hasta seis horas en este estado, bien en la superficie de la hoja o en la del peciolo. (Peña, 1986).

El proceso de pupación incluye una contracción marcada de la larva, sin ningún recubrimiento aparente de su cutícula. Gradualmente se acorta y engruesa, comenzando a oscurecerse hasta alcanzar la típica forma de pupa (Dimetry, 1971)

Durante el desarrollo de esta fase, no se percibe ninguna parte del cuerpo del imago, sólo cuando está próximo a emerger, se transparenta y permite ver los ojos, quetas, patas y alas del futuro imago. La pupa puede quedar adherida a la hoja (en el punto final de la galería) o caer al suelo. (Peña, 1986).

Si la pupa está viva, al aplastarla soltará un líquido amarillo. Cuando están

vacías tienen un aspecto traslúcido y de consistencia seca (Estrada, 1986).

La duración del estado de pupa varía inversamente con la temperatura, pero al menos el 50% del tiempo del desarrollo del individuo la pasa en este estadio (Parrella, 1987)

Cuando el desarrollo pupal se ha completado, el animal bombea hemolinfa a la ampolla frontal o ptilino, la cual ejerce presión sobre el pupario hasta romperlo por la línea de menor resistencia. Tras la salida del adulto, la ampolla frontal se retrae y queda como la "cicatriz frontal", en la base de la frente (Peña, 1986). El último estadio larvario queda en el pupario después de la emergencia como una membrana blanca y seca (Dimetry, 1971).

Los estudios en *Liriomyza pictella* (Thomson) sobre proporción de sexos de adultos emergidos de las pupas, indicaron una razón de 1:1 (Oatman y Michelbacher, 1958), o ligeramente mayor para las hembras de *Liriomyza langei* Frick (Aguilera, 1972). La temperatura y la humedad influyeron en el porcentaje de emergencia de adultos (Dimetry, 1971).

Los adultos tienen fototropismo positivo y, por ello, según se liberan del pupario se acercan a la luz para desplegar sus alas, en lo cual invierten 20 minutos. Una hora más tarde están completamente esclerotizados y con colores definitivos. Veinticuatro horas después de la eclosión, los adultos ya son sexualmente maduros (Peña, 1986).

La mayoría de los adultos copulan pronto después de la emergencia, casi todas las hembras tienen una cópula dentro de las primeras 24 horas (Parrella *et al.*, 1983). El periodo de tiempo entre la emergencia del adulto y el acoplamiento (periodo precópula) es inversamente proporcional a la temperatura (Dimetry, 1971). Los sexos pueden permanecer acoplados durante diez minutos, pero lo normal es entre 30 minutos y una hora (Peña, 1986). En *Liriomyza pictella* se ha observado que tanto las hembras como los machos se acoplan más de una vez y la hembra necesita múltiples acoplamientos para una producción máxima de huevos (Oatman y Michelbacher, 1958). El acoplamiento puede observarse en cualquier momento del día, pero generalmente ocurre durante las primeras horas de la mañana (Dimetry, 1971).

Durante la cópula, el macho adopta una posición a lo largo de la hembra, con un ángulo aproximadamente de 45° sobre su cuerpo. Ocasionalmente, el acoplamiento ocurre de forma frontal. En la posición más típica, las patas delanteras del macho se clavan en el mesotórax de la hembra, las medias en el abdomen y las posteriores se extienden sobre las alas de la hembra. Las alas del

macho están normalmente colgadas sobre el cuerpo. En la cópula, el macho lleva su abdomen hacia delante y desciende hasta conectar con la genitalia de la hembra, mientras que las patas posteriores del macho descansan en el substrato. Esta posición es mantenida durante toda la cópula (Parrella, 1987).

El periodo de preoviposición esta influenciado por el tipo de alimento, temperatura y humedad (Dimetry, 1971). Puede extenderse hasta cinco días después de la emergencia del adulto. En condiciones de laboratorio y de invernadero, las hembras comenzaron la puesta dentro de las 24 a 48 horas después de la emergencia (Parrella et al., 1983).

La duración del periodo de puesta puede estar condicionada por la clase de comida, de forma que adultos que se alimentaron de una solución con azúcar tuvieron un periodo de puesta más largo comparado con otros adultos que se alimentaron de miel, o de una mezcla de alimentos bajo las mismas condiciones (Dimetry, 1971)

La alimentación y puesta de los adultos parece que ocurre principalmente por la mañana, y su frecuencia está positivamente correlacionada con la temperatura (Fagoonee y Toory, 1994). La capacidad de puesta de huevos varia considerablemente dentro del género *Liriomyza* (Parrella, 1987). La hembra generalmente pone la mayoría de los huevos entre el cuarto y el décimo día de su vida adulta, dependiendo de la temperatura (Parrella, 1984).

La longevidad de los adultos en condiciones de laboratorio es de 15-20 días para las hembras y de 10-15 días para los machos. La longevidad generalmente decrece con las altas temperaturas y la presencia de una fuente adicional de comida la incrementa de forma drástica (Parrella, 1987)

### ***Liriomyza bryoniae***

Previamente a la puesta, las hembras realizan numerosas picaduras de alimentación tanto en cotiledones como en hojas pequeñas (Spencer, 1973). Las hembras se alimentan del mesófilo de la hoja, raspándola y abriendo una picadura de alimentación con su ovopositor e ingiriendo el fluido (Minkenberg y Van Lenteren, 1986).

Las picaduras de alimentación son redondas mientras que las de huevos ovales (Minkenberg y Van Lenteren, 1986). Los huevos los depositan fundamentalmente sobre el haz de la hoja; si bien, en algunas ocasiones, los depositan en el envés (Spencer, 1973).

La duración de la fase larvaria oscila entre 7 y 13 días, durante los cuales se alimenta del parénquima foliar, originando una mina característica, que rellena con sus excrementos (Spencer, 1973). Si el cotiledón o la hoja joven sobre la que se alimenta es de pequeño tamaño y ofrece escaso alimento, la larva puede moverse hacia el tallo a través del peciolo y entrar en una segunda incluso en una tercera hoja, pero la larva es incapaz de salir de la mina y penetrar en otra hoja desde fuera (Spencer, 1973).

Antes de la pupación, la larva realiza un corte semicircular característico en la superficie del haz de la hoja permaneciendo dentro de la mina más de una hora, y a continuación normalmente cae al suelo donde completa su desarrollo. En ocasiones, se observa que la pupa queda adherida a la superficie superior o inferior de la hoja pupando en ella, aunque esto es excepcional (Spencer, 1973).

La duración de esta fase varía considerablemente con la generación. En generaciones normales de primavera y verano es aproximadamente de 3 semanas. En generaciones muy tempranas (Febrero/Marzo) los adultos emergen solo después de 5 o 9 semanas (Spencer, 1973). Durante el otoño y el invierno pocos adultos emergen, las bajas temperaturas y el corto fotoperiodo podrían ser los responsables (Minkenberg y Van Lenteren, 1986). Según Spencer (1973), con la última generación del otoño, entra en diapausa hasta la siguiente primavera, para Minkenberg y Van Lenteren (1986) no está claro si esto es una diapausa o retardo del desarrollo.

La relación de sexos en condiciones de cría en laboratorio es de 1:1, aproximadamente el 30% de los adultos machos emergen del pupario, normalmente un día antes que las hembras (Minkenberg y Van Lenteren 1986).

Antes de la cópula, tanto hembras como machos inclinan rítmicamente sus patas y vibran sus alas, a continuación el macho se monta sobre el abdomen de la hembra, separando sus alas y agarrándose al tórax. El abdomen del macho está adelantado para conectar con los órganos copulatorios. Durante la cópula, la hembra permanece inmóvil (Minkenberg y Van Lenteren, 1986).

La cópula es prolongada, aproximadamente entre 6 y 31 minutos. Las hembras no fecundadas no tienen capacidad de ovopositar y tienen una vida media más larga que las hembras acopladas (Minkenberg y Van Lenteren, 1986).

La longevidad de los machos en condiciones de laboratorio fue menor de tres días y la de las hembras entre 3 y 12 días con una media de 7.65 días (Cheng, 1994a). Con una fuente de alimento alternativa como agua azucarada, miel o flores de tomate, ningún macho vivió más de 3 días (Minkenberg y Van

Lenteren, 1986).

#### III.4. Factores bióticos

La planta huésped puede tener una gran influencia en el desarrollo de las poblaciones de las especies de minador y en la de sus enemigos naturales, así como en la interacción entre ambas.

La base de la preferencia por una determinada planta hospedadora podría ser genética (Parrella, 1987)

Una forma de determinar qué hospedador es el más adecuado es comparar el crecimiento, supervivencia, puesta y alimentación de la especie en distintos hospedantes.

Los datos de las tablas III.1, III.2, III.3, III.4 y III.5 muestran la variabilidad de las especies *L. trifolii* y *L. bryoniae*, con relación a estas características, en las diferentes plantas huésped.

Las leguminosas (judías) son más adecuadas que las compuestas (crisantemo) para el desarrollo de *L. trifolii* (Miller y Isger, 1985), sin embargo esto entra en contradicción con el número de géneros de leguminosas y de compuestas en las que está presente esta especie.

Debido a que la larva no puede salir de una hoja y entrar en otra, la elección final del hospedador depende de la puesta que realizó la hembra adulta. Aunque ésta exhibió distintas preferencias por las posibles hospedadores, el mecanismo de alimentación y puesta es el mismo con independencia de la planta huésped. (Parrella, 1987).

En ensayos con macetas realizados en crisantemo, apio y tomate, con la especie *L. trifolii*, los dos primeros fueron huéspedes más favorables que el tomate, en éste el número de picaduras y huevos fueron significativamente menores y las hembras tuvieron menor tiempo de supervivencia (Parrella et al., 1983).

En campo, *L. trifolii* presentó una preferencia por el apio frente a plantas adyacentes de tomate (Zehnder y Trumble, 1984a 1984c).

En ensayos de laboratorio, cuando se comparó el desarrollo de esta especie en tomate y en tres plantas huésped de malas hierbas, se observó que *L.*

*trifolii* ovopositó con buen éxito en todas las especies, sin embargo las hembras depositaron más huevos en tomate que en los demás hospedadores. No se encontraron diferencias significativas entre las especies con respecto a la eclosión, porcentaje de pupación y peso de la pupa (Zoebisch *et al.*, 1984).

Si existen otros huéspedes alternativos disponibles, el pimiento no fue un huésped preferido por *L. trifolii* (Chandler y Chandler, 1988).

También pueden existir diferencias en algunos parámetros demográficos de los minadores dentro de variedades de una misma especie. Los ensayos realizados con la especie *L. trifolii* por Bethke *et al.* (1987) con diferentes variedades de tomate y con distintos regímenes de fertilización dieron diferencias en el porcentaje de supervivencia de la larva y la pupa, así como en el tamaño de la pupa. En ensayos con diferentes variedades de lechuga, también se encontraron diferencias en cuanto al número de picaduras, pupas y supervivencia del adulto (Nagata *et al.*, 1998). El desarrollo de *L. bryoniae* estuvo limitado por varios factores, dependiendo significativamente de la variedad (Ushchekov, 1991).

La distribución y densidad de tricomas en las hojas de las plantas huésped pueden actuar en general como una defensa contra insectos plaga y por tanto disminuir la susceptibilidad de la planta frente al hospedador. Así en ensayos con hojas de judía (*Phaseolus vulgaris*), la incidencia de adultos de *L. trifolii* capturados estuvo directamente relacionada con la densidad de tricomas y con su distribución dentro de la hoja, reduciendo la longevidad de la hembra, ya que se produjo una menor alimentación y por tanto menor puesta (Quiring *et al.*, 1992)

El contenido fenolítico y el valor nutricional de la planta huésped también influyeron en la selección del hospedador (Fagoonee y Toory, 1983; Malais y Ravensberg, 1991)

Los cambios fisiológicos en la planta también incidieron en el comportamiento de puesta de la hembra (Chandler y Gilstrap, 1986). El número de picaduras de alimentación y de oviposición dependerá de la densidad del insecto, del tiempo de exposición y del área foliar de la planta huésped. Así, en un huésped con una área foliar pequeña puede producirse un problema de competencia intraespecífica entre las larvas y por tanto influir en la calidad o vigor de los adultos. La oviposición constante de la hembra en la hoja crea un problema de falta de alimento para el desarrollo de la mina y por tanto para la viabilidad de la larva. Además las larvas en estas condiciones pueden ser de menor tamaño y con menos éxito de pupación que en ausencia de competencia. Los adultos emergidos en condiciones de competencia fueron más pequeños y menos vigorosos (Parrella, 1983a)

### III.5. Factores abióticos

Existen varios factores de tipo abiótico que pueden influir, algunos de forma importante, en el desarrollo y reproducción de *L. trifolii* y *L. bryoniae*.

Uno de los factores de mayor importancia es la temperatura. Ambas especies son poiquilotérmicas y por tanto su metabolismo dependerá sustancialmente de la temperatura ambiental. Influye en todas las fases: eclosión del huevo, larvas, pupa y longevidad de los adultos así como en la alimentación, periodo de preoviposición, oviposición, y fecundidad.

Se han realizado estudios por diversos autores para estudiar la influencia de la temperatura en el desarrollo de estas especies. En la tabla III.1 se expone el tiempo de desarrollo de *L. trifolii* a diferentes temperaturas y con distintos hospedadores. En la tabla III.2, aparece el tiempo de desarrollo de *L. bryoniae* a diferentes temperaturas en cultivo de tomate como planta huésped.

En todos los estadios el tiempo de desarrollo es inversamente proporcional a la temperatura, aunque a partir de los 25 °C, la variación térmica se hace sentir con menor intensidad, especialmente en los estados de huevo y larva. Según Leibee (1984), esto se debe al efecto amortiguador que provoca el hecho de que ambos estadios se desarrollen en el interior de la hoja, la cual puede suavizar parcialmente los cambios de temperatura por el efecto de la evaporación

La duración del estado de huevo disminuye cuando aumenta la temperatura. En *L. trifolii*, la duración de este estadio en judía fue de 4.9, 3.2, 1.8 y 4.9 días a 20 °C, 25 °C, 30° C y 35°C respectivamente (Dimetry, 1971), también en judía los ensayos de laboratorio realizados por Lanzoni et al., 2002 estimaron la duración de este estadio en 6.3, 3.6, 2.1 y 1.6 días a 15 °C, 20 °C, 25 °C y 30 °C respectivamente; en apio la duración fue de 10, 4, 2, 2, 2 días a 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C y 35 °C respectivamente (Leibee, 1984) y en tomate, la duración del estadio de huevo fue de 6.6, 3.1 y 2.7 días a 15 °C, 20 °C y 25 °C respectivamente (Minkenberg, 1988a). Para la especie *L. bryoniae*, el tiempo de desarrollo para el huevo en cultivo de tomate fue de 6.1, 4.2, y 3.0 días a 15 °C, 20 °C y 25 °C respectivamente (Minkenberg y Helderman, 1990).

El tiempo de desarrollo de las larvas también disminuye cuando aumenta la temperatura. En judía, en los ensayos realizados por Lanzoni et al. (2002), *L. trifolii* tuvo una duración mínima de 4.4 días a 35 °C y la máxima de 10.4 a 20 °C (Dimetry, 1971) y de 14.3, 6.7, 4.6 y 3.6 días a 15 °C, 20 °C, 25 °C y 30 °C respectivamente; mientras que en apio la duración mínima fue de 5.3 días a 35 °C y la máxima de 26 días a 15 °C (Leibee, 1984). Los ensayos en laboratorio

realizados con *L. trifolii* en tomate por Schuster y Patel (1985) dieron una duración de 10.1, 7.1, 4.4, y 3.5 días a 15.6°C, 21.1°C, 26.7°C y 32.2°C respectivamente. Mientras que en invernadero, donde la humedad relativa estuvo en torno al 80 % y la temperatura media fue de 27.6 °C, con fluctuaciones desde una media de las máximas de 31.9 °C a una media de las mínimas de 27.7 °C, el tiempo medio de desarrollo de la larva fue de 4.1 días. También en tomate, Minkenberg (1988a) estimó la duración de las tres fases larvarias de *L. trifolii*, así la duración del primer estadio fue de 3.3, 2.8 y 1.4 días a 15 °C, 20 °C y 25 °C respectivamente; la del segundo estadio fue de 3.7, 2.1, y 1.4 días a 15 °C, 20 °C y 25 °C respectivamente y por último la duración del tercer estadio fue de 3.7, 2.3 y 1.8 días a 15 °C, 20 °C y 25 °C respectivamente.

Los ensayos realizados por Minkenberg y Helderman (1990) con la especie *L. bryoniae* en cultivo de tomate, mostraron para la larva de primer estadio una duración de 4.6, 3.3, 1.4 días a 15 °C, 20 °C y 25 °C respectivamente; para la de segundo estadio 3.7, 2.5, 2.0 día a 15 °C, 20 °C y 25 °C y para el tercer estadio 4.0, 2.7, 1.6 día a 15 °C, 20 °C y 25 °C respectivamente.

La mortalidad en los distintos estadios larvarios de *L. trifolii* no muestra una relación consistente con la temperatura. La mortalidad más alta se dio en la primera fase larvaria, luego en la intermedia y menor en la última. Del rango de temperaturas ensayadas, la máxima mortalidad se produjo a 15°C con un 73% (Minkenberg, 1988a). En la especie *L. bryoniae*, la mortalidad más alta se produjo también en el primer estadio y fue a la temperatura de 15°C donde también se dio la máxima mortalidad con un 80 % (Minkenberg y Helderman, 1990). Sin embargo comparando el porcentaje de mortalidad en los tres estadios larvarios entre ambas especies, *L. trifolii* presenta mayor valor en los estadios inmaduros que *L. bryoniae* (Minkenberg y Helderman, 1990)

En tomate, para la especie *L. trifolii*, Minkenberg (1988a) estableció una correlación entre la edad de la hoja y el tiempo de desarrollo de la larva, con un desarrollo más rápido en las hojas bajas que en las hojas superiores de la planta.

La duración del estado prepupal fue también inversamente proporcional a la temperatura y además muy corto, sólo dura unas horas. Para *L. trifolii*, en apio, el máximo tiempo de duración fue de 4.98 horas a 20 °C (Leibee, 1984). En tomate la duración fue de 3.3 horas a 15 °C y de menos de 2 horas a 25 °C (Minkenberg, 1988a). Este corto periodo de prepupa podría contribuir a la supervivencia del minador por la reducción del tiempo de exposición a posibles depredadores. Por otra parte, como la larva tanto en laboratorio como en campo, sale de la mina por la mañana, un corto periodo de prepupa podría permitir al

minador encontrar el lugar adecuado para pupar antes de que se exponga al sol del mediodía y pueda producirse una posible desecación. (Leibee, 1984)

Existen diferencias en la duración del estado de pupa entre invierno y verano (Dimetry, 1971). El tiempo de desarrollo disminuye cuando la temperatura se incrementa. En apio, la duración de esta fase para la especie *L. trifolii*, fue de 28.3, 8.4, 6.8 y 6.7 días a 15 °C, 25 °C, 30 °C y 35 °C respectivamente, hasta un umbral de 30 °C, ya que el tiempo de desarrollo a 30 °C y a 35 °C es el mismo (Leibee, 1984). En judía la duración media fue de 12.7, 9 y 6.9 días a 20 °C, 25 °C y 30 °C respectivamente (Dimetry, 1971). En tomate, el estadio de pupa tuvo una duración de 26.8, 15.0, y 9.3 días a 15 °C, 20 °C y 25 °C respectivamente (Minkenberg, 1988a)

En *L. bryoniae*, la duración del estado de pupa en tomate fue de 22.2, 19.9, 9.2 días a 15 °C, 20 °C y 25 °C respectivamente (Minkenberg y Helderman, 1990).

En relación a *L. trifolii*, *L. bryoniae* requirió más tiempo para el desarrollo de la larva pero menos para el desarrollo de la pupa (Minkenberg, 1988a). Sin embargo, dentro del estado larvario, el tiempo de desarrollo para cada estadio, fue altamente variable para ambas especies (Minkenberg y Helderman, 1990).

En el caso de *L. trifolii*, el umbral superior de la temperatura estuvo alrededor de 33-37 °C (Leibee, 1984; Vercambre, 1980), mientras que el umbral inferior tanto para el desarrollo como para la puesta fue cercano a 10 °C (Leibee, 1984; Parrella, 1984). La temperatura óptima de desarrollo, definida como aquella temperatura con mayor tasa de desarrollo y menor tasa de mortalidad, estuvo próxima a 25 °C (Minkenberg y Van Lenteren, 1986).

Para *L. bryoniae*, el umbral inferior de desarrollo en tomate fue algo superior a 8 °C (Minkenberg y Helderman, 1990), el umbral superior en cultivo de melón estuvo entre 30-35 °C (Saito, 1988). La temperatura óptima, aquella de máxima tasa de desarrollo y mínima mortalidad fue de 25 °C (Minkenberg y Helderman, 1990).

En la tabla III.3 se muestran los umbrales de desarrollo de los estadios de huevo, larva y pupa de *L. trifolii* obtenidas en ensayos de laboratorio en distintas plantas huésped. Las diferencias que se aprecian en los datos pueden ser debidas a las distintas condiciones en las que se desarrollaron los experimentos (por ejemplo la densidad de larvas en la cría), a las diferentes plantas huésped y cultivares utilizados, e incluso a las distintas cepas de *L. trifolii*.

El umbral de desarrollo para las distintas fases del ciclo de vida de la especie *L. bryoniae* en cultivo de tomate aparece en la tabla III.4 (Minkenberg y Helderman, 1990).

Existe otra serie de procesos en los que la temperatura interviene de forma importante. El porcentaje de emergencia de *L. trifolii* varía con la temperatura. En apio, los porcentajes fueron de 80.0% , 83.3%, 86.7 %, 83.3 % y 9.4 % a 15 °C, 20 °C, 25 °C, 30 °C y 35 °C respectivamente, disminuyendo drásticamente por encima de los 30 °C (Leibee, 1984). En judía, no existió emergencia a temperaturas por debajo de 8 °C y por encima de 35 °C, la máxima emergencia ocurrió a 20 °C con un 91-100 % (Dimetry, 1971). En crisantemo, el porcentaje de emergencia fue de 61%, 75 %, y 74 % a 20 °C, 25 °C, y 30 °C respectivamente (Miller y Isger, 1985).

El periodo de preoviposición se ve afectado por las diferentes condiciones de temperatura y humedad a lo largo del año. Una alta temperatura y una baja humedad relativa provocaron una significativa disminución en la duración de este periodo (Dimetry, 1971 Minkenberg, 1988a).

La alimentación está también influenciada por la temperatura. En crisantemo, el número de picaduras de *L. trifolii*, se mantuvo similar en un rango entre 21 °C y 32 °C con 1253 y 1448 picaduras respectivamente, disminuyendo significativamente por debajo y por encima de ese rango con 283.9 y 154.5 picaduras a 15 °C y 32 °C respectivamente (Parrella, 1984).

Para la especie *L. trifolii*, la actividad alimentaria de la hembra dependió de la edad de la misma y se incrementó bruscamente durante los primeros días de su vida, siendo máximo entre el segundo y el cuarto día, para luego declinar con la edad (Minkenberg, 1988a).

En la tabla III.5, se ofrecen los valores de longevidad y fecundidad de *L. trifolii* a temperaturas constantes. La fecundidad aumenta con el incremento de temperatura, aunque a partir de los 35 °C empieza a disminuir. El umbral superior de puesta fue cercano a 40 °C (Minkenberg y Van Lenteren, 1986). Se observó que cuando las temperaturas fueron menores de 15 °C, y por tanto cercanas al umbral inferior de actividad de *L. trifolii*, la tasa de oviposición disminuyó considerablemente. En crisantemo, por debajo de 10 °C no se produjo ningún huevo, esta temperatura podría considerarse como el umbral mínimo de oviposición (Parrella, 1984).

Se han realizado ensayos, en los que se observó una estrecha relación entre el porcentaje de oviposición acumulado y los °C.día. Sobre la base de estos

datos es posible predecir cuándo y cuánto la hembra ovopositará. En tomate Minkenberg, (1988a), estimó que el 90 % de toda la oviposición de *L. trifolii* ocurrió dentro de los primeros 115 °C.día de la vida del adulto, lo cual es considerablemente menor que lo estimado por Parrella (1984) en crisantemo, donde el 90 % de toda la oviposición ocurrió dentro de los 550 °C.día.

Para *L. bryoniae* en tomate, la fecundidad media de la hembra varió con la temperatura, siendo de 92 huevos a 15 °C, 144 huevos a 20 °C y 163 huevos a 25 °C. El umbral de temperatura para la oviposición estimado en tomate fue de 10.9 °C, más del 80 % de toda la oviposición ocurrió dentro de los primeros 100 °C.día (Minkenberg y Helderman, 1990). Resultados similares se obtuvieron para *L. trifolii* en tomate (Minkenberg, 1988a) aunque la fecundidad total es más alta para *L. bryoniae* (Minkenberg y Helderman, 1990). La fecundidad de *L. bryoniae* en tomate fue ligeramente más alta que en melón (Saito, 1988).

La longevidad también varía con la temperatura, disminuyendo con el aumento de ésta. Ambos sexos tienen máxima longevidad en invierno y mínima en verano. La hembra de *L. trifolii* vivió más que el macho con una diferencia de 8 días a 20 °C (Dimetry, 1971). En crisantemo, a 37.8 °C el tiempo de vida de *L. trifolii* se redujo a 3 días (Parrella, 1984), en apio a 13 días a 35 °C (Leibee, 1984), y en tomate a 6.5, 14.4 y 5.6 días a 15 °C, 20 °C y 25 °C respectivamente (Minkenberg, 1988a) y a 3.5 días a 32 °C (Zoebisch et al, 1992).

En *L. bryoniae*, la longevidad está inversamente correlacionada con la temperatura. En cultivo de tomate, las hembras vivieron una media de aproximadamente una semana a 25 °C y casi dos semanas a 15 °C (Minkenberg y Helderman, 1990).

Una fuente adicional de comida para los adultos, como azúcar o miel, aumentó la fecundidad y longevidad de *L. trifolii* (Dimetry, 1971; Vercambre, 1980).

Otro factor como el nitrógeno puede influir en el tiempo de desarrollo de la plaga. Así en los ensayos efectuados en judía por Kaneshiro y Johnson (1996), se observaron diferencias en el tiempo de desarrollo de machos de *L. trifolii* a diferentes niveles de nitrógeno en hoja de judía. Aunque el peso de las pupas obtenidas a partir de larvas de *L. trifolii* criadas en hojas con varios niveles de nitrógeno incrementaron significativamente con el incremento de nitrógeno, la fecundidad no se vio significativamente afectada por el nitrógeno en las hojas donde las hembras hicieron la puesta.

Tabla III.1. Tiempo medio de desarrollo (días) de *L. trifolii* a temperaturas constantes.

Planta Huésped	Temperatura °C													Referencia
	14.6	15	16	17	18	20	22	25	26	26.5	30	31	35	
<i>Lycopersicum esculatum</i> Mill Cv. Moneydor (tomate)	--	44.0	--	--	--	24.6	--	16.6	--	--	--	--	--	Minkenber, 1988a
<i>Apium graveolum</i> Cv. Florida 2-14 (apio)	--	64.0	--	--	--	30.0	--	18.7	--	--	16.0	--	14.0	Leibee, 1984
<i>Chrysanthemum morifolium</i> Cv. Fandango (crisantemo)	--	--	50.8	--	39.2	29.6	--	--	18.6	--	14.4	--	--	Miller y Isger, 1985
<i>Phaseolus vulgaris</i> cv. Boby (judía)	47.3	--	--	34.0	--	--	20.2	--	--	15.5	--	13.3	--	Peña, 1985a

Tabla III.2. Tiempo medio de desarrollo (días) de *L. bryoniae* a temperaturas constantes.

Planta Huésped	Temperatura °C				Referencia
	15	20	22	25	
<i>Lycopersicum esculatum</i> Mill Cv. Moneydor (tomate)	40	20	--	17	Linden, 1983
<i>Lycopersicum esculatum</i> Mill Cv. Moneydor (tomate)	--	--	19.6		Hendrikse et al., 1980
<i>Lycopersicum esculatum</i> Mill Cv. Moneydor (tomate)	40.6	26.5	--	17.1	Minkenber y Helderman, 1990

Tabla III.3. Umbral de desarrollo (°C) para huevo, larva y pupa de *L. trifolii*.

Planta huésped	Huevo	Larva	Pupa	Referencia
<i>Apium graveolium</i> cv. Florida	12.8	8.4	10.3	Leibee, 1984
<i>Lycopersicum esculentum</i> cv. Moneydor	6.9	--	10.0	Minkenberg, 1988a
<i>Lycopersicum esculentum</i> Cv. Hayslip	9.5	8.3	--	Zoebisch et al, 1992
<i>Lycopersicum esculentum</i> cv. Walter	--	7.8	--	Schuster y Patel, 1985
<i>Phaseolus vulgaris</i> cv. Origen cubano	14.0	13.8	13.6	Heyer y Richter, 1990
<i>Phaseolus vulgaris</i> cv. Boby	4.5	6.8	9.7	Peña, 1985a
<i>Dendrathera</i> sp.	--	--	10.4	Miller y Isger, 1985

Tabla III.4. Umbral de desarrollo (°C) para huevo, larva y pupa de *L. bryoniae*.

<i>Lycopersicum esculentum</i> cv. Moneydor (Minkenberg y Helderman, 1990)	
Huevo	5.8
1 <sup>er</sup> estadio larvario	11.7
2 <sup>do</sup> estadio larvario	2.1
3 <sup>er</sup> estadio larvario	10.2
Total larva	8.8
Pupa	8.2

Tabla III.5. Longevidad (días) y número medio de huevos por hembra (a) (huevos viables) de *L. trifolii* a temperaturas constantes.

Planta Huésped	Temperatura °C											Referencia	
	13.9	15	15.6	20	21.1	25	26.7	30	32	32.5	35		37.8
<i>Chrysanthemum morifolium</i> cv. White Hurricane	--	--	16.7 (42)	--	14.6 (234)	--	12.8 (279)	--	--	12.3 (189)	--	3.1 (1)	Parrella, 1984
<i>Lycopersicum esculentum</i> Millcv. Moneydor	--	6.5 (5)	--	14.4 (79)	--	5.6 (59)	--	--	--	--	--	--	Minkenberg, 1988a
<i>L. esculentum</i> Mill Cv. Hayslip	9.0 (15.6)	--	--	7.5 (48)	--	5.0 (64.2)	--	--	3.5 (537)	--	--	--	Zoebisch et al, 1992
<i>Apium graveolium</i> cv. Florida 2-14	--	27.7 (24)	--	28.3 (182)	--	16.8 (288)	--	14.6 (406)	--	--	13.0 (240)	--	Leibee, 1984
<i>Vicia faba</i> (haba)	--	--	--	-- (164)	--	-- (96)	--	-- (59.5)	--	--	--	--	Dimetry, 1971

a: en paréntesis

--: no se dispone del dato

En los ensayos realizados por Minkenberg (1988a) con *L. trifolii* se estimó que la temperatura óptima para el crecimiento de la población fue próxima a 25 °C, con una tasa intrínseca de desarrollo ( $r_m$ ) de 0.12 y un tiempo de generación de 24 días. Para *L. bryoniae*, Minkenberg y Helderman (1990) estimaron también que la temperatura óptima de desarrollo está en 25 °C con una tasa intrínseca de desarrollo ( $r_m$ ) de 0.18 y un tiempo de generación de 22 días.

Cuando a *L. bryoniae* se le sometió a un régimen alternativo de temperaturas, entre 16-22 °C, ( Minkenberg y Helderman, 1990) se observó un efecto negativo tanto en la tasa intrínseca de desarrollo, reproducción neta y tiempo de generación en comparación con una temperatura constante. Puesto que la alimentación y la oviposición ocurren casi exclusivamente durante el día se piensa que los procesos fisiológicos relacionados con la digestión de la comida y la maduración de los huevos ocurren principalmente por la noche y por tanto más lentos bajo un régimen alternativo de temperatura. (Minkenberg y Helderman, 1990). También la reproducción de *L. trifolii* bajo un régimen de temperatura fluctuante fue menor comparado con una temperatura constante, y por tanto, esto revela que no responde rápidamente a los cambios de temperatura (Minkenberg, 1988a). De forma que el efecto negativo de temperaturas fluctuantes en el funcionamiento de estos Agromícidos en tomate sugiere que las predicciones basadas en temperaturas constantes pueden sobrestimar la reproducción en campo (Minkenberg y Helderman, 1990)

El trabajo llevado a cabo por Minkenberg y Helderman (1990), comparando ambas especies en tomate, indicaron que *L. trifolii* exhibe umbrales de temperatura más altos tanto para el desarrollo (9.1 frente a 8.1) como para la oviposición (12.6 frente a 10.9) que *L. bryoniae*. A temperaturas intermedias (20-25 °C), *L. trifolii* se desarrolló más rápidamente que *L. bryoniae*, pero presentó una alta mortalidad de inmaduros y una baja fecundidad, como resultado la tasa de crecimiento de *L. bryoniae* fue mayor que la de *L. trifolii* en tomate. Esta observación es consistente, con la importancia de *L. bryoniae* como plaga en tomate en invernadero de los países escandinavos y del oeste de Europa. Sin embargo estudios con *L. trifolii* en otras plantas huésped (Parrella, 1984; Leibe, 1984) y su importancia como plaga del tomate en países mediterráneos, indicaron que la temperatura óptima para el crecimiento de las poblaciones de *L. trifolii* está probablemente entre 25-30 °C. Por tanto a altas temperaturas, se espera que *L. trifolii* se desarrolle mejor que *L. bryoniae* en tomate (Minkenberg y Helderman, 1990).

Otros factores como la humedad relativa y la luz puede influir en el desarrollo de las especies pero de forma menos importante.

La humedad relativa, salvo en condiciones de extrema humedad o sequía de la planta huésped, no afecta ni a los huevos, larvas y adultos. El gran número de picaduras de alimentación que realiza la hembra adulta en condiciones de alta temperatura es probablemente debido a la necesidad de tomar más agua. Por el contrario, el estado de pupa si fue sensible a los cambios de humedad relativa. Dimetry (1971) estudió el porcentaje de emergencia de pupas de la especie *L. trifolii* a diferentes temperaturas y humedades relativas, obteniendo diferencias significativas en ambos parámetros. Los datos quedan reflejados en la tabla III.6.

Tabla III.6. % de emergencia de pupas de *L. trifolii* a diferente  $T^a$  y HR.

HR(%)	Temperatura °C			
	8	20	25	30
35	0	40	36	--
75	0	58	54	10
81	0	75	67	38
92	0	98	90	51
100	0	100	88	46

A medida que aumenta la temperatura, el porcentaje de emergencia disminuye sea cual fuere la humedad relativa. La máxima emergencia (100 %) se produjo a una HR del 100 % y con una temperatura de 20 °C. En general y salvo para el estadio de pupa, la humedad parece que no juega un papel importante en el crecimiento de las poblaciones de *L. trifolii* (Minkenberg y Van Lenteren, 1986).

Se han realizado algunos trabajos para comprobar el efecto de la intensidad y duración de la luz en el desarrollo de *L. trifolii*. Los minadores presentan una respuesta fotopositiva. Los adultos no se alimentaron ni ovopositaron en la oscuridad (Minkenberg, 1988a). La luz podría influir en la dispersión de los adultos de la especie, por tanto son necesarios más trabajos en este sentido para conocer mejor el tipo de distribución de *L. trifolii* y los cambios que se pueden producir en ésta debidos a diferente intensidad luminosa (Minkenberg y Van Lenteren, 1986).

### III.6. Pérdidas y daños ocasionados

Los daños ocasionados por *L. trifolii* y *L. bryoniae* pueden ser directos e indirectos.

Los directos son los producidos por las picaduras de alimentación que realizan en las hojas las hembras adultas. Éstas con su oviscapto perforan la epidermis, preferentemente del haz, dejando un fino punteado, reconocible por su color claro, traslúcido, redondeado y de unos 0.3 mm de diámetro cada picadura. Los puntos están bien definidos y poseen un pequeño orificio que los diferencia de daños similares de otros insectos. El ataque comienza sobre los cotiledones, por lo que los daños son especialmente visibles desde los semilleros (Sánchez Pulido, 1986).

Otros daños directos son los que ocasiona la actividad alimentaria de las larvas en las hojas. Se alimentan del parénquima foliar y en su recorrido realizan unas galerías o minas, de color claro al principio y que luego se oscurecen a medida que el tejido afectado se seca (Sánchez Pulido, 1986). Su acción minadora en la hoja destruye parte de la masa foliar, disminuyendo en algunos casos considerablemente la actividad fotosintética (Minkenberg y Van Lenteren, 1986).

En ataques muy intensos las hojas se desecaron y cayeron prematuramente (Minkenberg y Van Lenteren, 1986). Si esto sucede en plantas jóvenes y en semilleros, se puede retrasar e incluso comprometer el futuro desarrollo de la plantación. El nervio principal así como los nervios secundarios son respetados en el caso de un ataque débil o mediano. (Audemar y D'Aguilar, 1969)

En ensayos con melón tipo "cantaloup", *L. trifolii* provocó daños, durante las 3-4 primeras semanas después del trasplante, en los cotiledones y en las primeras hojas verdaderas. Aunque el número acumulado de galerías aumentó gradualmente durante el periodo de cultivo, esto no se corresponde con un incremento del daño en la planta. Los daños ocasionados por patógenos en las hojas tuvieron un efecto limitante en la población del minador (Chandler y Thomas, 1983).

En apio, el daño ocasionado por la alimentación de la hembra adulta de *L. trifolii* y por las galerías desarrollada por la larva redujo significativamente la capacidad fotosintética de la planta. Una sola hembra de *L. trifolii* disminuyó de forma significativa la conductancia estomática y del mesófilo, así como la transpiración y la fotosíntesis. (Trumble *et al.*, 1985)

En tomate, una alta densidad de picaduras en la hoja de adultos de *L. trifolii* también provocó una reducción de la tasa fotosintética y de la conductancia estomática y del mesófilo (Parrella *et al.*, 1985). En los ensayos realizados por Johnson *et al.* (1983), también en tomate pero con la *L. sativae* se observó que la tasa fotosintética de las hojas minadas se reducía en un 62% comparada con aquellas hojas que no presentaban daños, e incluso esta importante reducción de la tasa fotosintética se producía a bajos niveles de daño en la hoja, pero no pudieron establecer una relación entre la reducción de la tasa fotosintética debido al daño provocado por el minador y la pérdida de cosecha.

Los daños de *L. bryoniae* son muy importantes tanto en tomate como en cucurbitáceas, ya sea en invernadero o al aire libre. Cuando el número de galerías por hoja es muy elevado ( más de 10 ) se produjo un amarilleamiento de la misma y su posterior desecación (Spencer, 1973)

En caso de ataques muy intensos de *L. bryoniae*, las larvas produjeron minas irregulares en toda la superficie de la hoja. Cuanto mayor fue el número de minas sobre la superficie atacada, éstas se hicieron extraordinariamente sinuosas. (Jiménez y Moreno, 1994)

En planta de tomate con daños muy graves de *L. bryoniae*, las larvas se alimentaron de los cotiledones y hojas jóvenes, produciendo un debilitamiento e incluso la destrucción total de la planta. La destrucción del tejido externo de los cotiledones perjudicó el desarrollo normal de la planta. Debido a la eliminación de colénquima, la planta fue incapaz de tomar el fosfato por las raíces y la pérdida adicional de una gran parte del parénquima de la parte rugosa de la hoja, inmovilizó prácticamente la asimilación. (Spencer, 1973).

Audemar y D'Aguilar (1969) observaron con la especie *L. bryoniae*. que los tejidos de las hojas jóvenes reaccionaron al ataque del minador, haciéndose más espesos y firmes en el área que más o menos envuelve a la mina. Esta reacción causó daños diferentes según la planta huésped y no estuvo directamente relacionada con el daño de la larva. La deshidratación de numerosas hojas, pudo influir en la marchitez de los frutos.

Los daños indirectos los ocasionan los hongos o bacterias que penetran en las heridas producidas por las picaduras de alimentación de las hembras adultas. En experimentos en laboratorio, se observó que hojas de melón expuestas a hembras de *L. trifolii*, antes de ser inoculadas con *Alternaria cucumerina*, presentaban un incremento significativo de la incidencia de *Alternaria* en las hojas que ya estaban dañadas por la plaga. El número de lesiones aumentó con el

número de hembras de *L. trifolii* presentes, con el tiempo de exposición y con el incremento de las horas de humedad en la hoja (Chandler y Thomas, 1991).

La transmisión de virus por adultos de *Liriomyza* spp. ha sido demostrada por Costa *et al* (1958) (virus del mosaico del tabaco y de la haba) y por Zitter y Tsai (1977) (virus del mosaico del apio y la sandía).

Los daños también pueden ser cuantitativos, disminución del rendimiento, y cualitativos, depreciación comercial (en caso de flor cortada y plantas ornamentales). El daño cuantitativo es debido a la disminución de la asimilación fotosintética, como consecuencia de la destrucción de los cloroplastos. El daño cualitativo se refiere a aquellas especies florales u ornamentales que disminuyen su valor comercial cuando sus hojas presentan picaduras y galerías. Esto se agrava en las especies que son exportadas a países que tienen establecidas normas de cuarentena, como los nórdicos (Miller, 1978)

Se han realizado pocos trabajos para establecer el umbral económico, lo cual supone un freno a la hora de tomar decisiones óptimas para el control de la plaga. No obstante, esta falta de investigación en este campo está en cierto modo justificada por la dificultad que encierra en vegetales la obtención de umbrales (Minkenberg y Van Lenteren, 1986). La relación entre la población de la plaga, el daño en la hoja y la reducción de la cosecha está influenciada por un conjunto de factores, tales como, las fechas de inicio y final de cultivo, las prácticas culturales - con especial incidencia de la fertilización (Harbaugh *et al.*, 1983) - y la susceptibilidad de la planta huésped.

En ensayos realizados con *L. trifolii* para valorar el efecto del daño de la larva en la producción y calidad comercial del apio, se comprobó que una cantidad sustancial de plaga podía ser tolerada por las plantas sin que existiera una reducción significativa ni en la tasa de crecimiento ni en la producción. El apio debería ser protegido del daño del minador sólo durante el último mes de cultivo para prevenir las pérdidas por falta de la calidad exigida por el mercado. El control debería ser extremadamente efectivo durante el tiempo en que se produjera fruto comercial (Foster y Sánchez, 1988).

En otro ensayo en invernadero con tomate, plantas con seis hojas, sin floración y a su inicio, fueron expuestas a adultos de *L. trifolii* para valorar si afectaban al tamaño y al número de frutos desarrollados en la primera inflorescencia, observándose que no se producía una reducción significativa ni en el tamaño ni en el número de frutos comerciales (Keularts y Lindquist, 1987).

Ledieu y Helyer (1985) comprobaron en tomate, que la pérdida de cosecha producida como consecuencia de la infección de minador (especie *L. bryoniae*), no solo dependió de la severidad del daño, sino de la proximidad de la hoja afectada al fruto, cuando éste se encontraba en un estado intermedio de desarrollo. Así, si el daño en las hojas adyacentes al racimo alcanza 30 minas por hoja, en el momento en el que el fruto está en la mitad de su desarrollo, se produce un 10% de pérdida de cosecha. Se observó que el efecto directo de las prácticas culturales en la producción fue más importante que el efecto indirecto que provocó el daño del minador.

En ensayos con *L. bryoniae* en melón, se observó que, cuando el daño en la hoja no excedía de un 20% de su total, la producción y calidad del fruto no resultaron mermadas. Si las plantas se afectaron antes de la formación del fruto, se produjo una reducción de la producción significativamente mayor que si lo fueron durante el periodo de crecimiento del fruto. El control de la plaga debería ejercerse desde el inicio de la plantación hasta que el fruto se encuentre a mitad de su desarrollo (Cheng, 1994b)

En tomate se intentó establecer una correlación entre el daño provocado por *L. trifolii* y la pérdida de cosecha, mediante la incorporación predeterminada de umbral de daño dentro de un plan secuencial de muestreo, pero finalmente los datos no se consideraron fiables (Wolfenbarger y Wolfenbarger, 1966).

### **III.7. Métodos de control**

#### **III.7.1. Preventivos y culturales**

Las medidas preventivas y culturales pueden servir para retrasar la aparición y propagación de la plaga en el cultivo, pero no son suficientes para el control de la población.

En principio, y como medida primordial, se deberá partir de material vegetal sano. Para ello es indispensable la inspección en semillero y el máximo control de las plagas antes del trasplante, para impedir que la propia planta se convierta en un foco inicial de propagación de la plaga.

En cultivos de invernadero con cubiertas plásticas, la colocación de mallas en las bandas y cumbreiras, y el mantenimiento del plástico en perfectas condiciones obstaculizará la entrada de adultos desde el exterior.

La eliminación de malas hierbas hospedantes, tanto dentro como fuera del invernadero, evitará que existan focos cercanos.

Durante el cultivo, será conveniente proteger los primeros estadios vegetativos de la planta, así como quitar las hojas con galerías ocupadas por larvas vivas, siempre y cuando la plaga no esté muy extendida y la vegetación de la planta permita esta poda.

Una medida importante es la destrucción de los restos de cosecha después de finalizado el cultivo, con lo que se eliminarán algunos focos importantes de infestación.

Una vez arrancada la plantación, una buena desinfección de suelo contribuirá a destruir una cantidad importante de adultos y en especial de pupas, que, al ser un estadio muy resistente, puede permanecer enterrada en el suelo sin sufrir deterioro alguno.

Otra medida aconsejada es la de interrumpir el ciclo de vida de la plaga, dejando de sembrar los cultivos sensibles durante algún tiempo.

Se han realizado algunos ensayos con *L. trifolii* en los que se han utilizado cultivos trampas, como otro método de control de la plaga. Herbert *et al.* (1984) intercalaron plantas de judías como cultivo trampa entre plantas de crisantemos, y lograron reducir el daño que *L. trifolii* ocasiona a este cultivo.

Las manipulaciones de la humedad relativa y del sustrato han sido también estudiadas como posibles medidas para controlar la plaga. Keularts y Lindquist (1989) observaron una mortalidad máxima de las prepupas y pupas de *L. trifolii* en un rango de humedad relativa entre el 20 % y 50 %, y además que la emergencia de adultos se redujo significativamente cuando el grosor de la arena fue mayor de 200 mm.

Otros métodos, como la protección del cultivo con cubiertas plásticas o mallas de diferentes tipos y tamaños, fueron también ensayadas como medida de control de la plaga. Así, en experimentos donde se evaluó la supervivencia de prepupas y pupas colocando una cubierta de polietileno blanco en el suelo, humedecida de forma periódica mediante riego por aspersión, se observó que la

población de minador en tomate fue significativamente menor que en los tratamientos sin cubierta (Keularts y Lindquist, 1989). Los ensayos efectuados en los cultivos de col y lechuga (Ester, 1993; Ester *et al.* 1994) mostraron que la colocación de mallas, aunque ejercieron una buena protección del cultivo frente a los daños del minador, la calidad de la cosecha obtenida fue insuficiente y además supuso un gasto económico importante. Su utilización sería rentable si se produjera un incremento claro de la calidad y cantidad del fruto comercializable

Las experiencias con microtúneles de mallas como alternativa de control frente a la aplicación de insecticidas para el control de *L. trifolii*, resultaron significativamente más eficientes, incrementándose además los porcentajes de parasitismo natural (Hernández-García *et al.*, 1999).

### III.7.2. Control químico

Hasta el momento, el control de *Liriomyza* se ha realizado mediante la lucha química. Sin embargo el control de la plaga con insecticidas es generalmente complicado debido a la biología del insecto: tiempo de desarrollo muy rápido, alta movilidad y pequeño tamaño de los adultos, la mayor parte del estadio de pupa ocurre en el suelo, una gran capacidad de reproducción y además los estadios de huevo y de larva están muy protegidos por el tejido de la hoja (Parrella, 1987).

La aplicación de insecticidas ha sido normalmente la responsable de la explosión de la plaga, debido a que los insecticidas usados son a menudo más tóxicos para el complejo parasitario que actúa sobre los minadores que para los propios minadores (Oatman y Kennedy, 1976). Otra posible razón de esta explosión de la plaga es que los minadores que reciben una dosis subletal de insecticida pueden estar estimulados fisiológicamente y esto puede causar más daño. Esta teoría está sin comprobar y no todas las dosis subletales de los insecticidas son estimulantes (Parrella, 1987).

Existe abundante bibliografía sobre la eficacia de diferentes materias activas sobre *Liriomyza* spp (Hayslip, 1961; Hussey *et al.*, 1975; Levins *et al.*, 1975; Schuster *et al.*, 1976; Parrella *et al.*, 1982a; Falcon *et al.*, 1983; Peña y Rodríguez, 1984; Robb y Parrella, 1985; Peña, 1985b; Schreiner *et al.*, 1986; Yathom *et al.*, 1988; Lindquist y Casey, 1990; Lee, 1990a; Saito *et al.*, 1992; Staay, 1992; Fang Minnan, 1994; Ozawa *et al.*, 1998; Paradikovic, 1998; Patel *et al.*, 1998). La eficacia, en los estudios anteriores, se ha valorado mediante

diferentes parámetros, tales como, efecto en la producción, efecto ovicida y larvicida, o en las alteraciones de los mecanismos de alimentación y oviposición.

Estos últimos años, también se han realizado ensayos para valorar la nueva generación de insecticidas, los llamados reguladores de crecimiento (IGR) (Parrella, 1982; Robb y Parrella, 1984). Se caracterizan porque tienen un único modo de acción, frecuentemente selectivo, no persisten en el medio ambiente, tienen baja toxicidad para mamíferos y son potencialmente compatibles con los enemigos naturales.

Entre estos nuevos insecticidas, son la ciromazina y la abamectina los que actualmente se emplean con mayor asiduidad en cultivos hortícolas y florales, con buenos resultados por lo general.

La ciromazina actúa como un regulador de crecimiento, específicamente como un inhibidor de quitina, impidiendo a la larva desarrollar una nueva cutícula, con lo cual no puede realizar el proceso de muda, muriendo antes de completar su desarrollo. Se han realizado algunos estudios con la especie *L. trifolii* para comprobar su eficacia contra la plaga y comparándola con otros insecticidas (Patel, et al., 1998) aunque su utilización dentro de un programa de control integrado, es discutible, debido a su acción negativa sobre determinados parasitoides del minador (Schuster y Everett, 1983; Trumble, 1985a; Hara, 1986; Trumble, 1990). Para autores como Veire (1991) su uso sí es compatible con la introducción de parasitoides himenópteros en programas de control integrado.

La abamectina es un insecticida/acaricida producido por *Streptomyces avermitilis*. Es un producto que tiene una buena persistencia, inhibe la oviposición, tiene efecto ovicida y mata las larvas durante su eclosión y desarrollo. La inhibición en la puesta es debido a la parálisis, por interferencia con la comunicación muscular nerviosa, en el órgano ovopositor de la hembra (Schuster y Everett, 1983). Todos los ensayos con *L. trifolii* para valorar su efectividad contra la plaga, lo muestran como un compuesto muy efectivo para el control de minadores, sobre todo por su acción sobre huevos y larvas. (Schuster y Taylor, 1987, 1988; Parrella et al., 1988; Cox et al., 1995). Su utilización en programas de control integrado es discutible. Los ensayos realizados en apio por Trumble, (1985a, 1990) lo consideran como adecuado para su uso en programas de control integrado contra *L. trifolii*. Otros autores (Weintraub y Ghorowitz, 1998), observaron, también en cultivo de apio, que la aplicación de abamectina para el control de *L. huidobrensis* disminuye significativamente la población del parasitoide *D. isaea*.

Otro insecticida actual procede de un extracto de semillas del árbol Neem (*Azadirachta indica* A. Juss; Fam: Melianaceas) y puede ser considerado como un medio alternativo de control del minador. Se le considera un insecticida natural y se han realizado algunos estudios en los que se ha valorado su uso principalmente como repelente a la alimentación y oviposición de los adultos de *L. trifolii* (Webb *et al.*, 1983; Stein y Parrella, 1985), y también su efecto subletal sobre la fecundidad y longevidad de la especie (Parkman y Pienkowski, 1990). Sin embargo, los ensayos realizados por Patanik (1997), en los que se valoró la eficacia de diferentes formulaciones del Neem frente a *L. trifolii* en tomate, indicaron que las producciones obtenidas en las parcelas tratadas con el insecticida natural fueron más bajas que en las parcelas no tratadas, sugiriendo un posible efecto adverso en la formación del fruto.

En general, para el control del minador se suelen aplicar un número elevado de tratamientos de una forma indiscriminada, sin cumplir en ocasiones con los plazos de seguridad e incluso utilizando productos no autorizados en hortícolas. Todo esto trae como consecuencia, además de los grandes gastos que suponen los tratamientos, un alto nivel de residuos en los productos cosechados y el riesgo de aumentar la resistencia de la plaga a los insecticidas. (Sánchez-Pulido, 1986)

Una importante característica de las especies de *Liriomyza*, es su capacidad para desarrollar resistencias a insecticidas. Según Leibe (1981), el tiempo de vida efectivo de un insecticida es de tres años. Precisamente esta resistencia ha sido la responsable del fallo del control de esta plaga durante años (Parrella y Keil, 1984). Por otra parte el uso de insecticidas no selectivos ha contribuido también a la propagación de la especie, ya que muchos de sus parasitoides son susceptibles a estos insecticidas (Genung y Janes, 1975).

El desarrollo de resistencias de *L. trifolii* a una amplia gama de insecticidas (organoclorados, organofosforados, carbamatos, piretroides) está bien documentada (Parrella *et al.*, 1984; Trumble, 1985b; Keil y Parrella, 1990; Macdonald, 1991). Además, estas poblaciones resistentes ya se han establecido en muchas partes del mundo, como sucedió en Hawaii (Hara, 1986) y en Francia (Vercambre, 1980)

Se han sugerido varios factores para intentar explicar, por qué *L. trifolii* desarrolla resistencias a insecticidas más rápidamente que otras especies de *Liriomyza*. Por una parte el potencial reproductor de esta especie es aproximadamente 3 veces mayor que el de otras especies del mismo género de

importancia económica (Parrella y Keil, 1984). Además *L. trifolii* aparece en cultivos de invernadero tales como *chrysanthemum*, donde la inmigración de individuos susceptibles es baja y la aplicación de pesticidas es masiva y más frecuente que en cultivos en campo abierto (Parrella et al., 1984).

Mason et al. (1989) describieron un modelo de simulación genérico del desarrollo de resistencia a piretroides en *Liriomyza*. Este modelo explica que ni la alta fecundidad de la especie, ni una baja inmigración parecen ser factores suficientes para el rápido desarrollo de resistencias en *L. trifolii*. En cambio una aplicación masiva de insecticidas y una mayor frecuencia de aplicación en cultivos de invernadero son factores que contribuyen a que las resistencias se desarrollen más rápidamente en la especie. Por tanto una reducción de uno o ambos factores podría retrasar la aparición de las mismas.

Una forma de reducir el número de aplicaciones de insecticidas será mediante tratamientos basados en umbrales económicos y no en los que sólo se hace una rotación de materias activas en función de un calendario (Mason et al., 1989). La rotación de pesticidas para prevenir resistencias únicamente es aplicable a insectos que no desarrollan resistencias a otra materia activa. Debido al largo historial de exposición a pesticidas que tiene *L. trifolii*, esta estrategia no tendría éxito (Parrella y Trumble, 1989)

La utilización de umbrales económicos como parte de un programa de control integrado de plagas puede llegar a reducir bastante el número de insecticidas aplicados para el control de la plaga del minador en algunos cultivos (Mason et al., 1989).

Por último, se pueden dar una serie de recomendaciones generales para una máxima eficacia en la aplicación de los insecticidas (Parrella y Robb, 1982b):

- Realizar las aplicaciones por la mañana (antes de la diez), ya que es cuando la hembra está ovopositando, las larvas emergen de las hojas y caen para pupar en el suelo y los adultos emergen de las pupas

- Aplicar el insecticida por todo el perímetro de la planta, ya que está más infectado que el interior, de esta forma se obtendrá una mayor eficacia.

- Los insecticidas aplicados en pulverización serán más efectivos contra las larvas y tendrán un efecto limitante sobre los adultos.

- No existe ningún producto capaz de controlar eficazmente la plaga en todos sus estadios, por tanto el principal problema en la aplicación de los tratamientos es el momento óptimo de su realización. Por ello es aconsejable utilizar un sistema de seguimiento de la plaga (como pueden ser las trampas cromotrópicas)

- La aplicación de insecticidas para el control del minador en plantas en las que la plaga no está presente es un gasto inútil de dinero y puede crear problemas posteriores.

### III.7.3. Control biológico

La aplicación de programas de control biológico contra plagas de Agromícidos es limitada, sin embargo algunas investigaciones han alcanzado éxito en casos aislados (Spencer, 1973).

El control natural de las poblaciones de *Liriomyza* por un número importante de especies de enemigos naturales sucede con frecuencia en el campo. Esto incrementará la probabilidad de encontrar, entre esas especies, la fauna auxiliar más eficiente contra estos minadores (Minkerberg y Lenteren Van, 1986).

Debido a la progresiva resistencia que los Agromícidos han ido adquiriendo a los insecticidas, y particularmente las especies polífagas, *L. trifolii*, *L. bryoniae* y *L. sativae*, se han realizado prospecciones en Europa y América, buscando un enemigo natural que realice un buen control. El o los entomófagos propuestos deben cumplir una serie de requisitos (Peña, 1986):

1. Fácil aclimatación al medio natural de la plaga.
2. Mayor fecundidad que la plaga.
3. Ciclo de vida más corto.
4. Alta capacidad de exploración.
5. Facilidad para diferenciar larvas parasitadas de las que no lo están.
6. Poca tendencia a la emigración mientras la planta huésped supere el nivel de daño (buen control a bajas densidades).
7. Puesta de un solo huevo por huésped.
8. Bajo costo de producción en masa.
9. Resistencia al transporte.

Existe una amplia bibliografía en la que se evalúan diferentes enemigos naturales como agentes de control biológico, en distintos cultivos hortícolas y plantas ornamentales, tanto para *L. trifolii* (Parrella, 1983b; Peña, 1983; Parrella *et al.*, 1987; Johnson, 1987; Peña, 1988; Heinz *et al.*, 1988; Cabiza *et al.*, 1993; Scholz-Döbelin, 1997) como para *L. bryoniae* (Zucchi y Lenteren, 1978; Woet y

Linden, 1982; Woet y Linden, 1983; Nedstam, 1983; Westerman y Minkenberg, 1986; Ushchekov, 1994; Ushchekov *et al.*, 1994; Schelt y Altena, 1997).

En general ejercen un buen control, encontrándose altos porcentajes de parasitismo en determinadas épocas del año. No obstante la necesidad de realizar aplicaciones de insecticidas en determinados momentos cuando el parasitoide no ejerce un buen control, o aplicaciones dirigidas a otras plagas y enfermedades, que puedan tener un efecto negativo sobre el parasitoide, impiden que el control biológico sea realmente efectivo como único método.

Por el contrario su utilización dentro de un programa de control integrado, donde la suelta de organismos beneficiosos se compagina con la aplicación de pesticidas, podría llegar a tener éxito.

### III.7.3.1. Parasitoides

#### *L. trifolii*

En la Tabla III.7 se da una relación de las diferentes especies parásitas de *L. trifolii*. La presencia de estas especies varía en los distintos cultivos y áreas geográficas. La mayoría pertenecen al orden Hymenóptera y dentro de este a la familia Eulophidae y Braconidae.

De los parasitoides de *L. trifolii*, deben destacarse las tres especies neárticas *Diglyphus begini*, *D. intermedius* y *Chrysocharis parksi*, de las cuales se han realizado diversos estudios de control biológico y resistencia a insecticidas (Parrella *et al.*, 1989; Masón y Johnson, 1988; Patel y Schuster, 1991; Spollen *et al.*, 1995).

#### *Diglyphus begini* (Ashmead 1904)

Es una especie neártica y neotropical. Se considera un parasitoide facultativo gregario. Es la especie de su género más abundante en Canadá y oeste de Estado Unidos. Ha sido mencionada como parasitoide de *L. trifolii* en crisantemo (Prieto y Chacón de Ulloa, 1980; Parrella *et al.*, 1982b) y de *L. trifolii* y *L. sativae* en tomate y apio (Zehnder y Trumble, 1984a).

#### *Diglyphus intermedius* (Girault 1916)

Es también una especie de origen neártica y neotropical. Aunque generalmente aparece en solitario, ocasionalmente es gregaria. Esta especie

utiliza los tres estadios larvarios de su hospedador para alimentarse y el tercero para la oviposición. El parasitoide tiene tres estadios larvarios distinguibles por la longitud de las mandíbulas. El tiempo de desarrollo más corto fue de 9 días a 27°C (Minkenberg y Lenteren, 1986)

En Florida, es uno de los más abundantes de *L. sativae*, en cultivo de tomate (Poe *et al.*, 1978; Schuster y Wharton, 1993). En California, *D. intermedius* es hoy día menos abundante en tomate (Oatman y Kennedy, 1976) y muestra una clara preferencia por apio infectado por *L. trifolii* (Zehnder y Trumble, 1984a).

#### *Chrysocharis parksi* Crawford 1912

Es de distribución neártica. Su coloración es verde-azulada, muy parecida a la de *Diglyphus isaea*, aunque sus patas son blancas. La hembra tiene un tamaño de 1.4-1.5 mm de longitud, mientras que el macho mide 1.3-1.4 mm. Son fácilmente distinguibles por la forma del abdomen. Es un endoparasitoide, la hembra inyecta el huevo en el tercer estadio de la larva huésped. Ésta es capaz de pupar normalmente y el adulto parasitoide emerge del pupario. Las pupas parasitadas se diferencian de las que no lo están por su color negro (Minkenberg y Lenteren, 1986). El tiempo medio de desarrollo en *L. trifolii* es de 23, 14, 14 días a 21.1°C, 26.7°C y 32.2°C respectivamente (Christie, y Parrella, 1987). El tiempo de desarrollo desde huevo hasta adulto es aproximadamente el mismo que el del huésped. Este inconveniente se puede obviar gracia a su fácil producción en masa. Al igual que *Diglyphus*, *C. parksi* se alimenta del huésped matando más cantidad que la necesaria para el desarrollo de la progenie (Parrella *et al.*, 1982b).

En California, en cultivo de alfalfa, *C. parksi* ocurre de forma moderada y sólo durante la primera parte del cultivo (Jensen y Koehler, 1970). En Florida, la presencia de *C. parksi* es insignificante (Poe *et al.*, 1978). Sin embargo Zehnder y Trumble (1984a) encontraron que *C. parksi* fue el parasitoide predominante en tomate en la mitad de la campaña.

#### *L. bryoniae*

En la tabla III.8 aparece la relación de las diferentes especies parásitas de *L. bryoniae*. La mayoría son de origen paleártico y pertenecen a la familias Braconidae y Eulophidae.

De todos los parasitoides de este minador deben destacarse por su importancia como agentes de control biológico, las tres especies paleárticas *Opius papilles* Wesmael, *Dacnusa sibírica* Telenga, y *Diglyphus isaea* (Walker).

### *Opius papilles* Wesmael 1835

Este parasitoide himenóptero pertenece a la familia Braconidae. Es un endoparasitoide solitario de *L. bryoniae*.

El dimorfismo sexual no es muy acusado en esta especie, las hembras son generalmente más largas que los machos y con el abdomen más corto y ancho. EL pterostigma de la hembra es transparente o marrón claro y estrecho, mientras que en el macho es negro o marrón oscuro y más ancho (Zucchi y Lenteren, 1978).

El huevo de *O. papilles* recién puesto es gris transparente, largo y ligeramente globoso, con la superficie lisa. Las larvas son de color amarillo grisáceo con grandes ganchos bucales de color marrón rojizo y cabeza roma (Malais y Ravensberg, 1991)

Su comportamiento de búsqueda es el siguiente: al principio la hembra revolotea alrededor de la hoja y después de pararse en ella, empieza a buscar con su antena por la superficie de la hoja y pica rítmicamente con su ovopositor, hasta localizar la posición de la larva. Cuando la localiza, inserta su ovopositor en ella, de forma que o bien la rechaza o bien inserta el huevo. (Hendrikse y Zucchi, 1979). La hembra ovoposita en todos los estadios larvarios del hospedador. El parasitoide adulto emerge del puparium del hospedador y escapa haciendo un agujero con sus mandíbulas (Minkerberg y Lenteren, 1986).

El desarrollo total dura 18.3 días a 22 °C, siendo la longevidad de 8.7 días y la fecundidad de 89.3 huevos. Su desarrollo se realiza en dos días menos que la plaga (Hendrikse, 1983).

Nunca se ha observado depredación y es capaz de distinguir plantas infectadas de *L. bryoniae* de las que no lo están, así como diferenciar larvas parasitadas de las que no lo están (Hendrikse *et al.*, 1980)

### *Dacnusa sibírica* Telenga 1934

Pertenece a la familia Alysiinae (Braconidae) y tiene una distribución paleártica: Europa y Siberia

Es un endoparasitoide solitario, de color marrón-negro y de tamaño pequeño (2-3 mm de longitud), con una larga y flexible antena, de igual longitud que su cuerpo (Wardlow, 1985). Los dos sexos pueden diferenciarse por el color

del pterostigma del ala, que es de color negro en los machos y de color gris en las hembras.

Los huevos son más o menos ovales (2 veces más largos que anchos). Al poco tiempo después de la oviposición, los huevos muestran algo blanco en su interior, pero pronto se hinchan y se vuelven traslúcidos. La hembra puede depositar más de un huevo por larva de minador pero siempre se desarrolla una sola larva de *Dacnusa*. Antes de que la larva eclosiona del huevo, el embrión de *D. sibírica* se curva dentro del huevo (Linden y Achterberc, 1989).

Las larvas son traslúcidas y algunas veces de color blanco. Presentan un punto en la cabeza y mandíbulas rojas (Linden y Achterberc, 1989). Todos los estadios larvarios son aceptados por *D. sibírica* para la oviposición, aunque la hembra prefiera las minas más largas con larvas más viejas (Hendrikse *et al.*, 1980).

La larva parasitada del minador no muere, sino que se sigue alimentando. El primer estadio larvario de *D. sibírica* tiene lugar en la larva de minador, pasando al segundo estadio cuando la larva de minador empieza pupar. Los diferentes estadios de *D. sibírica* no se pueden observar sin incisión en la larva o en la pupa del minador. En la pupa también sucede el tercer estadio y su estadio pupal. Todo el desarrollo del parasitoide tiene lugar en el interior del hospedador, incluido el estado pupal. El adulto emerge de la pupa del hospedador en el suelo (Minkerberg y Lenteren, 1986).

El comportamiento de *D. sibírica* es similar al de *O. papilles*, aunque su frecuencia de picaduras en la hoja y la mina es mayor. La cópula entre los adultos se realiza en sólo 1 ó 2 minutos. (Minkerberg y Lenteren, 1986)

A 22 °C, el desarrollo total se produce en 15.7 días, la longevidad media es de 6.1 días y la fecundidad es de 72 huevos (Hendrikse, 1983). Los ensayos realizados en tomate por Minkerberg (1990) mostraron que *D. sibírica* es efectiva desde el comienzo de la estación hasta Julio, con una temperatura media que varió entre 15 °C y 20 °C. La fecundidad y longevidad disminuyó cuando se incrementó la temperatura, pero no difirió significativamente entre 20 y 25 °C. Su tasa de crecimiento disminuyó cuando se incrementó la temperatura. Por tanto, *D. sibírica* es menos efectiva a altas temperaturas para el control biológico de *L. bryoniae* en tomate.

Se ha observado que *D. sibírica* no es capaz de distinguir, a cierta distancia, plantas infectadas con *L. bryoniae* de plantas que no lo están. Nunca se ha observado que *D. sibírica* sea capaz de depredar la larva del hospedador. Sí

es capaz de distinguir larvas parasitadas de las que no lo están. También es capaz de distinguir una hoja que previamente ha visitado de otra que no (Hendrikse *et al.*, 1980).

En los climas templados *D. sibírica* inverna en las pupas del minador y puede aparecer al mismo tiempo que su huésped en los invernaderos (Linden y Achterberg, 1989).

Aunque aparece de forma natural en invernadero, el parasitismo natural, pocas veces es suficiente. Su utilización dentro de un programa de control integrado puede ser eficiente dentro de determinadas condiciones, ya que a altas temperaturas disminuye tanto su longevidad como su fecundidad; sin embargo presenta como ventajas que puede ser introducido en varios cultivos tanto hortícolas como ornamentales, que parasita las tres especies más comunes de minador, y que presenta una buena parasitación a temperaturas bajas y un buen comportamiento de búsqueda, también en caso de infecciones incipientes.

#### *Diglyphus isaea* Walker 1838

Parasitoide himenóptero, que pertenece a la familia Eulophidae. Es un ectoparasitoide facultativo gregario, de origen paleártico.

Está estrechamente emparentado genéticamente con la especie *D. intermedius* y el aislamiento reproductivo no es completo. Al aislamiento reproductivo habría que añadir el geográfico, ya que mientras que *D. isaea* se encuentra en Europa, *D. intermedius* sólo está en norte América (Gordh y Hendrickson, 1979).

El cuerpo del adulto es de color verde oscuro y con reflejos metálicos. Las patas son del mismo color del cuerpo, pero con áreas amarillas en las proximidades de las articulaciones. Los machos son más pequeños que las hembras y el fleco marginal que posee el ala anterior es más largo, también se pueden diferenciar por la coloración de la tibia del último par de patas. Su longitud varía de 0.9 a 2 mm (Peña, 1983; Benuzzi y Raboni, 1992).

Los huevos son de color blanco brillante, semitransparentes, cilíndricos, alargados y ligeramente curvados. Su tamaño es de 0.3 mm de longitud y de 0.08-0.1 mm de ancho (Minkerberg y Lenteren, 1986; Peña, 1983).

Se distinguen tres estadios larvarios, que sólo pueden diferenciarse por la forma y el tamaño de las mandíbulas. Al principio son de color blanco, y progresivamente cambian de color hasta volverse amarillos (Peña, 1983).

Aunque parasita los tres estadios larvarios, tiene preferencia por las larvas de segundo o tercer estadio. En la oviposición, la hembra palpa la mina cuidadosamente en busca de la larva huésped. A continuación, introduce su ovopositor y la paraliza, insertando un huevo a través de la hoja, colocándolo adyacente al hospedador. Deposita un huevo, y en ocasiones de 2 a 5, dentro del hospedador, o a cierta distancia de él (Peña, 1983; Minkenberg y Lenteren, 1986). Los ensayos realizados por Beitia *et al.* (1994) mostraron auto-superparasitismo por parte de *D. isaea*, es decir la hembra puede realizar la puesta en un hospedador ya parasitado por ella misma. Parece que no existe preferencia por el lugar de colocación del huevo. Se conoce poco sobre la fecundidad de *D. isaea*, pero la hembra probablemente pone alrededor de 60 huevos durante su vida (Wardlow, 1985).

El huevo eclosiona en dos días, y la larva pasa por tres estadios en los siguientes seis días. Antes de abandonar la fase larvaria, la de tercer estadio consolida la cámara pupal dentro de la mina. Mediante la producción de excrementos construye en su derredor de 6 a 8 pilares verticales de color negro, que mantienen separada las paredes de la mina, probablemente para protegerse de la posible desecación de la hoja. Estos pilares meconiales permanecen en la mina y son usados como indicadores del grado de parasitación (Wardlow, 1985).

Al principio la pupa o ninfa es de color verde claro con ojos rosados, cuando madura adquiere una coloración negra metálica y los ojos se vuelven rojos (Peña, 1983). Tiene una longitud de aproximadamente 1.5 mm (Minkenberg y Lenteren, 1986). El adulto emerge a través de un agujero que mastica en la hoja. Es un insecto muy fuerte y puede ser que esta especie pase el invierno en estado adulto (Drea *et al.*, 1982).

Cuando el ectoparasitoide se desarrolla, el hospedador se vuelve flácido y de color marrón oscuro a negro y es rápidamente distinguible a través de la epidermis de la hoja. Algunas especies de endoparasitoides dentro del hospedador son matadas por el ataque de la hembra de *D. isaea*. (Drea *et al.*, 1982)

El adulto de *D. isaea*, no sólo se alimenta de sustancias vegetales, sino que la hembra pica reiteradamente a la larva de minador y absorbe sus jugos hasta producirle la muerte. El origen de este proceder está en la necesidad que tiene el insecto de obtener proteínas para los procesos de vitelogénesis. Sobre la larva no deja ni huevo ni señal de que la muerte haya sido producida por *D. isaea*. Provoca una depredación casi en el mismo porcentaje que la de parasitación. (Peña, 1988; Minkenberg y Lenteren, 1986).

La temperatura y el sexo influyen significativamente en el tiempo de desarrollo y en la longitud de la pupa de *D. isaea* tanto si *L. trifolii* como *L. bryoniae* actúan como huésped. El desarrollo de huevo a adultos en *L. trifolii* como hospedador fue aproximadamente 2.5 veces más rápido a 25 °C que a 15 °C. El tiempo de desarrollo de huevo a adulto fue de 10.5 y de 10.3 días para las hembras y los machos respectivamente a 25 °C, de 16.6 día para las hembras y 15.8 días para los machos a 20 °C, mientras que a 15 °C fue de 26.0 días para las hembras y 26.8 días para los machos. En *L. bryoniae* como hospedador, *D. isaea* también se desarrolló más rápidamente a 25 °C que a 15 °C. El tiempo de desarrollo de huevo a adulto fue para las hembras de 9.8 días y para los machos de 9.7 días a 25 °C, y de 25.5 días para las hembras de 23.4 días para los machos a 15 °C. A ambas temperaturas (25 °C y 15 °C), *D. isaea* se desarrolló más rápidamente en *L. bryoniae* que en *L. trifolii*, en consecuencia *L. bryoniae* actuó como mejor huésped para el desarrollo del parasitoide que *L. trifolii* a ambas temperaturas. En ambas especies, los machos tuvieron un tiempo de desarrollo más corto y un tamaño de pupa menor que las hembras (Minkenberg, 1989).

Su utilización dentro de un programa de control integrado presenta varias ventajas, es aplicable en varios cultivos, parasita las tres especies más comunes del minador, su población tiene una tasa de desarrollo más rápida que la de la plaga, la actividad alimentaria de la larva parasitada se detiene enseguida evitando la progresión del daño, sus larvas y pupas son bien visibles y además también se alimenta del hospedador. Son varios los trabajos en los que se pone de manifiesto su eficacia como parasitoide para el control del minador (Ulubilir, y Sekeroglu, 1997 Ozawa et al., 1999).

### III.7.3.2. Depredadores

Los minadores pueden servir de alimento a insectos depredadores, tales como hormigas y chinches. Los adultos pueden ser matados por especies de dípteros como *Drapetis subaenescens* (Collin), *Tachydromia annulata* Fallen y *Coenosia attenuata* (Zetterstedt) (Freidberg y Gijswijt, 1983).

Prieto y Chacón de Ulloa (1980), observaron tres depredadores de *L. trifolii*. Dos de ellos se alimentan de adultos de minador, el primero pertenece al orden Diptera, familia Dolichopodidae y el segundo es un arácnido de la familia Oxyopidae. El tercer depredador es una hormiga de la subfamilia Ponerinae, que se alimenta de las larvas cuando éstas salen de la hoja y caen al suelo para pupar.

Algunos estudios biológicos se han realizado con la chinche del tomate *Cyrtopeltis modestus* (Hemiptera: Miridae) (Parrella y Bethke, 1982a). Es un depredador facultativo de minadores. En California es considerada como una plaga secundaria del tomate, ya que al principio se alimenta de los tallos del tomate y sólo en los últimos estadios utiliza los minadores como fuente de alimento. La chinche inmoviliza la larva y succiona su contenido. Aunque existen datos sobre su comportamiento, son necesarios más estudios para considerarlo como un buen agente de control biológico de minadores (Parrella *et al.*, 1982b)

### III.7.3.3. Patógenos

Otra posibilidad para el control de minadores es la utilización de nemátodos. La especie *Neoplectana carpocapsae* (Weiser) puede ser efectiva contra estadios de minador que ocurren en el suelo, atacándolos de dos formas: después de que la larva madure y caiga al suelo a pupar y en estado adulto después de su emergencia (Parrella *et al.*, 1982b).

Se han realizado ensayos de laboratorio con otro nemátodo, *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) para comprobar su efectividad sobre *L. trifolii*, obteniéndose buenos resultados en el porcentaje de mortalidad que el nemátodo provoca sobre la plaga (Harris *et al.*, 1990; Broadbent y Olthof, 1995).

En crisantemo, para el control de *L. trifolii* se han utilizado de forma conjunta el nemátodo , *Steinernema carpocapsae* (Weiser) y el parasitoide *D. begini*. Los resultados indican que la utilización de ambos agentes fue adecuada para el control del minador (Sher *et al.*, 2000)

También, en los ensayos realizados por Willian y Macdonald (1995) y Willian y Walters (2000) con el nemátodo *Steinernema feltiae* para el control de *L. bryoniae* y *L. huidobrensis*, se observó un reducción significativa en la supervivencia de larvas de los minadores.

Por otra parte, varias especies de hongos entomopatógenos han sido valoradas contra *L. bryoniae*. *Paecilomyces lilacinus* y *Metarhizium anisopliae* fueron los más efectivos, reduciendo la emergencia de adultos del suelo entre un 70-94 % y 60-88 % respectivamente, comparado con el tratamiento control (Borisov y Ushchekov, 1997).

Tabla III.7. Relación de parasitoides de *L. trifolii*.

Familia	Especie	Distribución	Referencia
Braconidae	<i>Opius dimidiatus</i> (Ashmead)	Neártica	Lindquist y Casey, 1983
	<i>Opius dissitus</i> Muesebeck	Neártica	Johnson, 1987
	<i>Opius concolor</i>	Paleártica	Alcázar et al., 2000
	<i>Chorebus misella</i> (Marshall)	Paleártica	Minkenberg y Van Lenteren, 1986
	<i>Dacnusa sibirica</i> Tengs	Paleártica	Lyon, 1984; Alcázar et al., 2000
	<i>D. maculipes</i> Thomson	Paleártica	Spencer, 1973
Cynipidae	<i>Cothonaspis pacifica</i> Yoshimoto	Neártica	Johnson, 1987
	<i>Ganaspidium hunteri</i> (Crawford)	Neártica	Johnson, 1987
Eulophidae	<i>Chrysocharis ainsliei</i> Crawford	Neártica	Johnson et al., 1980
	<i>C. caribea</i> Boucek	Neotropical	Minkenberg y Van Lenteren, 1986
	<i>C. parksi</i> Crawford	Neártica	Johnson et al., 1980 Johnson, 1987
	<i>Chrysonotomyia formosa</i> Westwood	Neártica	Genung y Jane, 1975; Alcázar et al., 2000
	<i>C. punctiventris</i> (Crawford)	Neártica	Johnson et al., 1980; Johnson, 1987; Johnson y Hara, 1987
	<i>Cirrospilus vittatus</i> (Walker)	Neártica	Cabello et al., 1994; Alcázar et al., 2000
	<i>Closterocerus</i> sp.	Neártica	Prieto y Chacón de Ulloa, 1980
	<i>C. purpureus</i> (Howard)	Neotropical	Minkenberg y Van Lenteren, 1986
	<i>C. cinctipennis</i> (Ashmead)	Neártica	Chandler, 1982
	<i>Diglyphus isaea</i> (Walker)	Paleártica	Lyon, 1984; Hara, 1986; Alcázar et al., 2000
	<i>D. begini</i> (Ashmead)	Neártica	Parrella et al., 1982b; Trumble y Nakakihara, 1983; Johnson y Hara, 1987.
	<i>D. intermedius</i> (Girault)	Neártica	Parrella et al., 1982b; Trumble y Nakakihara, 1983.
	<i>D. crassinervis</i> Erdos	Paleártica	Freidberg y Gijswijt, 1983; Alcázar et al., 2000
	<i>D. chabrias</i> (Walker)	Paleártica	Cabello et al., 1994; Alcázar et al., 2000
	<i>D. poppoea</i> (Walker)	Paleártica	Alcázar et al., 2000
	<i>D. minoeus</i> (Walker)	Paleártica	Alcázar et al., 2000
	<i>D. websteri</i> (Crawford)	Paleártica	Minkenberg y Van Lenteren, 1986
	<i>D. pulchripes</i> (Crawford)	Neártica	Mcclanchan, 1977
	<i>Hemiptarsenus semialbiclava</i> (Girault)	Etiópica	Johnson, 1987
	<i>H. zilahisebessi</i> Erdös	Paleártica	Cabello et al., 1994
	<i>H. varicornis</i> (Girault)	Neártica	Cabello et al., 1994
	<i>Zagrammosoma americanum</i> (Girault)	Neártica	Chandler, 1982
	<i>Mirzagrammosoma lineaticeps</i> (Girault.)	Neártica	Stegmaier, 1972
<i>Prigalio flavipes</i> (Ashmead)	Neártica	Mcclanchan, 1977	
<i>P. soemius</i> (Walker)	Neártica	Minkenberg y Van Lenteren, 1986	
Pteromalidae	<i>Halticoptera circulus</i> (Walker)	Neártica	Trumble y Nakakihara, 1983; Genung y Jane, 1975 Johnson y Hara, 1987
	<i>H. crius</i> (Walker)	Paleártica	Minkenberg y Van Lenteren, 1986
	<i>H. patellana</i> (Dalman)	Neártica	Stegmaier, 1972

Tabla III.8. Relación de parasitoides de *L. bryoniae*.

Familia	Especie	Distribución	Referencia
Braconidae	<i>Opius papilles</i> Wesmael	Paleártica	Spencer, 1973
	<i>Opius concolor</i> Szépligeti	Paleártica	Alcázar et al., 2000
	<i>Opius phaseoli</i> Fischer	Paleártica	Lee et al., 1989; Lee, 1990b
	<i>Dacnusa hospita</i> (Föster)	Paleártica	Spencer, 1973
	<i>Dacnusa sibírica</i> Telenga	Paleártica	Spencer, 1973; Alcázar et al., 2000
	<i>D. aerolaris</i> (Nees)	Paleártica	Minkenberg y Van Lenteren, 1986
	<i>D. maculipes</i> Thomson	Paleártica	Spencer, 1973
	<i>Chorebus daimenes</i> (Nixon)	Paleártica	Spencer, 1973
Eulophidae	<i>Chrysocharis pubicorni</i> (Zetterstedt)	Paleártica	Spencer, 1973
	<i>Chrysocharis pentheus</i> (Walker)	Paleártica	Lee, 1990b
	<i>C. parksi</i> Crawford	Neártica	Westerman y Minkenberg, 1986
	<i>Chrysonotomyia formosa</i> Westwood	Neártica	Cabello et al., 1994; Alcázar et al., 2000
	<i>Cirrospilus vittatus</i> (Walker)	Paleártica	Alcázar et al., 2000
	<i>Diglyphus isaea</i> (Walker)	Paleártica	Minkenberg y Van Lenteren, 1986; Alcázar et al., 2000
	<i>D. minoeus</i> (Walker)	Paleártica	Alcázar et al., 2000
	<i>D. crassinervis</i> Erdos	Paleártica	Alcázar et al., 2000
	<i>D. poppoea</i> (Walker)	Paleártica	Alcázar et al., 2000
	<i>D. chabrias</i> (Walker)	Neártica	Cabello et al., 1994b; Alcázar et al., 2000
	<i>Hemiptarsenus zilahisebessi</i> Erdös	Paleártica	Spencer, 1973; Alcázar et al., 2000
	<i>H. semialbiclava</i> (Girault)	Paleártica	Alcázar et al., 2000
	<i>H. zanglerii</i> (Erdos)	Paleártica	Alcázar et al., 2000
	<i>H. varicornis</i>	Neártica	Cabello et al., 1994
	<i>Pediobius acantha</i> (Walker)	Paleártica	Spencer, 1973
	<i>Pnigalio soemius</i> (Walker)	Neártica	Minkenberg y Van Lenteren, 1986
	Pteromalidae	<i>Halticoptera crius</i> (Walker)	Paleártica
<i>Halticoptera circulus</i> (Walker)		Neártica	Lee et al., 1989; Lee, 1990b
<i>Cyrtogaster vulgaris</i> Walker		Paleártica	Minkenberg y Van Lenteren, 1986

### III.7.4. Control por mejora genética

Otra medida es la utilización de variedades resistentes. Los ensayos realizados por Erb *et al.* (1993) en los que se valoró la resistencia de diferentes híbridos interespecíficos de tomate a la especie de minador *L. trifolii*, indicaron que dos de los híbridos interespecíficos ensayados (*Lycopersicon pennellii* Correl: ICR.13 X LA1735 y ICR.13 X LA16) tuvieron altos niveles de resistencia ya que una segunda generación del minador no fue capaz de manifestarse en estos híbridos.

Se han realizado ensayos con diferentes variedades de *Chrysanthemum morifolium* y con *Chrysanthemum pacificum* para valorar su resistencia frente al ataque de *L. trifolii*. Los resultados indican que el nivel de alimentación y la oviposición varía entre genotipos. Estas diferencias se ponen claramente de manifiesto en el porcentaje de larvas que alcanzan el estado de pupa. Así, en la variedad más susceptible de *C. morifolium* se alcanza hasta un 97 % de larvas que llegan a pupar, frente al 1% que aparece en la variedad más resistente. *C. pacificum* presenta una gran resistencia con relación a la tasa de supervivencia de las larvas que fue de 12 %, 2 % y 0 % respectivamente en los tres años consecutivos de experimentos (Jong y Vrie, 1987)

Nandihalli *et al.* (1995) ensayaron 11 genotipos de calabaza (*Luffa acutangula*) para valorar su resistencia a *L. trifolii*. De todos ellos, sólo tres (Deodurg Loca, Poona Local y Raichur Local 2) fueron clasificados como resistentes a *L. trifolii* basándose en los pocos daños en hoja y en la buena producción

Distintas especies de apio fueron ensayadas para valorar su resistencia a *L. trifolii* (Trumble *et al.*, 1990). Ésta se alimentó más, produjo más descendencia y tuvo una mayor productividad de pupas y adultos en la variedad más extensamente cultivada ("Tall Utah" 52-70R) de la especie *Apium graveolens* L. El efecto fue intermedio en otras tres variedades derivadas de la especie *Apium chilense* Hook and Arn. Solo la especie en *Apium nodiflorum* (L.) Lag. no permitió la supervivencia más allá del estadio larvario.

### III.7.5. Otras medidas de control alternativas

#### III.7.5.1. Trampas cromotrópicas

Las trampas adhesivas de color amarillo son utilizadas para la captura de adultos de *L. trifolii* y *L. bryoniae*, aunque no son suficientes para disminuir la

población de minadores, ni mucho menos como único método para controlar la plaga.

No ha sido posible relacionar el número de adultos recogidos en estas placas adhesivas con el de adultos presentes en el invernadero; sin embargo sí pueden ser utilizadas para la detección inicial de la plaga, particularmente con la ayuda de las que están situadas en las zonas de posible entrada de adultos en el invernadero (Parrella *et al.*, 1981).

Pueden considerarse como un método complementario de control y seguimiento de la plaga durante el cultivo. El único inconveniente que presentan es que, al no ser específicas, pueden capturar también enemigos naturales (D'Aguilar *et al.*, 1980). Como método de captura para ayudar en el conocimiento de la biocenosis, tanto en lo que se refiere a determinados insectos plaga como a enemigos naturales, resultan bastante útiles (Robin y Mitchell, 1987)

Se han realizado diversos estudios utilizando placas adhesivas amarillas de diferentes tamaños y formas, variando el lugar de colocación y la intensidad del color. En ensayos con diferentes cultivos como pimiento, melón y alfalfa, se determinó la preferencia de *L. trifolii* por placas de diferente forma (cuadrada, rectangular, triangular y circular) no encontrándose diferencias significativas en el número de adultos capturados en ellas. Se observó que se capturaba un número significativamente mayor de machos que de hembras en todas las placas. Esto podría ser un indicativo de la proporción de sexos en el momento del ensayo o de que los machos exhiben de forma rutinaria mayor respuesta al color que las hembras (Chandler, 1981).

En experimentos en los que se utilizaron placas de diferentes intensidades de reflectancia (opaca, traslúcida, y traslúcida fluorescente), colocadas tanto en campo abierto como en invernadero, se observó que la opaca fue la que capturó mayor número de adultos de *L. trifolii*, ya que es la que presentaba un amarillo más brillante. Sin embargo, en invernadero sería más adecuado utilizar placas con una alta reflectancia del ultravioleta ya que no reducen la eficacia de atracción comparada con la trampa opaca (Chandler, 1981).

Otros estudios en pimiento, para observar la actividad del vuelo de los adultos de *L. trifolii*, con relación al lugar de colocación de las trampas amarillas, dieron como resultado que la mayoría de los adultos se capturaron usando placas colocadas a 30 cm por encima del suelo (Chandler, 1985).

En tomate, utilizando placas adhesivas para el estudio de la actividad del vuelo de *L. trifolii*, se observó que la mayoría de los minadores es atrapada entre

las 7 y las 11 horas y muy pocos entre las 20 y las 7 horas del día siguiente, capturándose mayor proporción de machos que de hembras. Esto puede ser debido o bien a que los machos se dedican a visitar un mayor número de hojas, en busca de comida, o que las hembras emplean más tiempo en la hoja durante la oviposición (Zehnder y Trumble, 1984b).

También han sido ensayados diferentes tamaños de placa, no encontrándose diferencias significativas en placas con tamaños comprendidos entre 100 y 400 cm<sup>2</sup>, mientras que con placas de mayor tamaño (961 cm<sup>2</sup>), el número de adultos de *L. trifolii* atrapados fue significativamente menor. Un gran tamaño de placa puede influir negativamente en la atracción de las moscas, ya que una placa mayor no incrementa necesariamente la eficiencia (Chandler, 1987).

En otros ensayos en crisantemo, se utilizaron placas colocadas de forma horizontal y vertical y se comprobó que en ambas posiciones se reduce el daño foliar hasta un 50%, pero las horizontales son menos prácticas que las verticales ya que implican más trabajo en su colocación (Herbert *et al.*, 1984).

Las trampas cromotrópicas han sido utilizadas también para la captura de adultos de *L. trifolii* en la realización de ensayos de resistencia de la especie a diferentes insecticidas (Haynes *et al.*, 1986; Sanderson *et al.*, 1989)

### III.7.5.2. Cubiertas fotoselectivas

Los insectos perciben las señales luminosas mediante sus ojos compuestos, los cuales están conectados con los centros visuales del cerebro, donde las señales se procesan y se traducen posteriormente en las reacciones del comportamiento motor. La anatomía y la fisiología del ojo compuesto están adaptadas para detectar la luz UV pura o la luz UV combinada con la luz visible. La parte UV del espectro luminoso desempeña un importante papel en el comportamiento ecológico de los insectos, incluyendo la orientación, la navegación, la alimentación y la interacción entre sexos (Lapidot *et al.*, 2002)

Actualmente, existen, para invernaderos, en el mercado cubiertas plásticas y mallas de protección llamadas fotoselectivas que bloquean ciertas longitudes de onda dentro del espectro UV (280-390 nm) y que pueden actuar como barreras ópticas frente a insectos plaga, interfiriendo en la visión del insecto y afectando la capacidad de orientarse hacia el cultivo .

La manipulación de la visión UV de los insectos mediante materiales de

revestimiento de los invernaderos que bloquean la luz UV, está previniendo la inmigración de una amplia gama de plagas insectos (mosca blanca, áfidos, trips y minadores). El uso de los plásticos absorbentes de la luz UV como cubiertas para invernaderos ha reducido de forma drástica la extensión de las enfermedades virales propagadas por los insectos (Lapidot *et al.*, 2002)

En los ensayos realizados por Antignus *et al.* (1996) en tomate y pepino en invernadero se ensayaron cubiertas de invernadero con bloqueo UV frente a otras cubiertas de diferentes materiales, evaluando su efecto en la incidencia del virus de la cuchara (TYLCV), de minadores (*L. trifolii*), trips (*F. occidentalis*) y mosca blanca (*B. tabaci*). Las cubiertas con bloqueo UV tuvieron un efecto impresionante, reduciendo enormemente la población de las plagas consideradas claves en el invernadero y consecuentemente reduciendo la incidencia de las enfermedades virales causadas por estos insectos.

En otros experimentos realizados sobre hierbas aromáticas (Antignus *et al.*, 1997) cultivadas en túneles comerciales de acceso directo (5x50m), se observó que las capturas de adultos de minadores de hoja (*L. trifolii*) en los túneles plantados con menta y recubiertos con pantallas convencionales varió entre 75 y 220 por trampa, mientras que debajo de las películas con bloqueo UV, el número de minadores atrapados osciló de 10 a 45 por trampa. Al llegar la cosecha, el cultivo bajo la película convencional no era comercializable debido a los graves daños ocasionados por los minadores, en comparación con el cultivo bajo cubierta con bloqueo UV que no se había visto afectado.

En otros ensayos también efectuados por Antignus *et al.* (1998) se comprobó la eficacia de pantallas de malla con propiedades absorbentes en la escala de los UV-A y los UV-b (pantallas bionet) frente a mallas convencionales del mismo tamaño para evaluar su capacidad de protección frente a insectos plagas y la aparición de virus. La pantalla bionet con tamaño 20 X 10 hilos.cm<sup>-2</sup> fue significativamente más efectiva que la malla convencional del mismo tamaño en la protección de las plantaciones de tomate frente a minadores (*L. trifolii*).

### III.7.6. Post-recolección

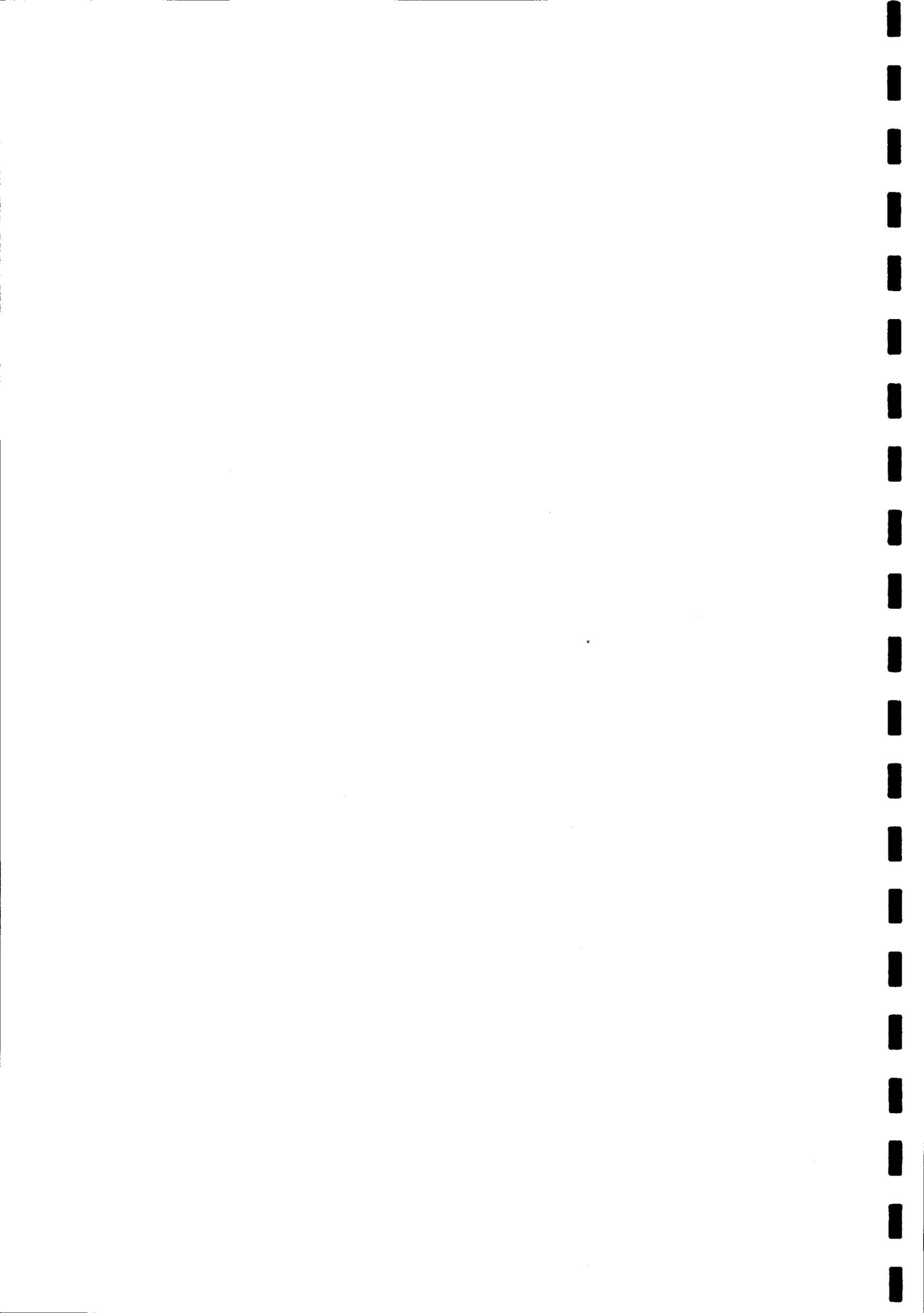
Hay una serie de medidas de control post-cosecha, que pueden ser utilizadas en hortalizas y plantas ornamentales destinadas a la exportación, para impedir la propagación de la especie. Aunque *L. trifolii* es bastante resistente al frío, una de estas medidas es precisamente el almacenamiento en frío (Miller, 1978). El estado pupal es el más resistente de todos, por lo que no debe estar presente en las partidas que van a someterse a dicho procedimiento. El adulto

sobrevive en un almacén en frío a 4.5 °C durante 8 semanas, mientras que todos los estadios larvarios mueren después de dos semanas a 0 °C. (Sánchez-Pulido, 1986)

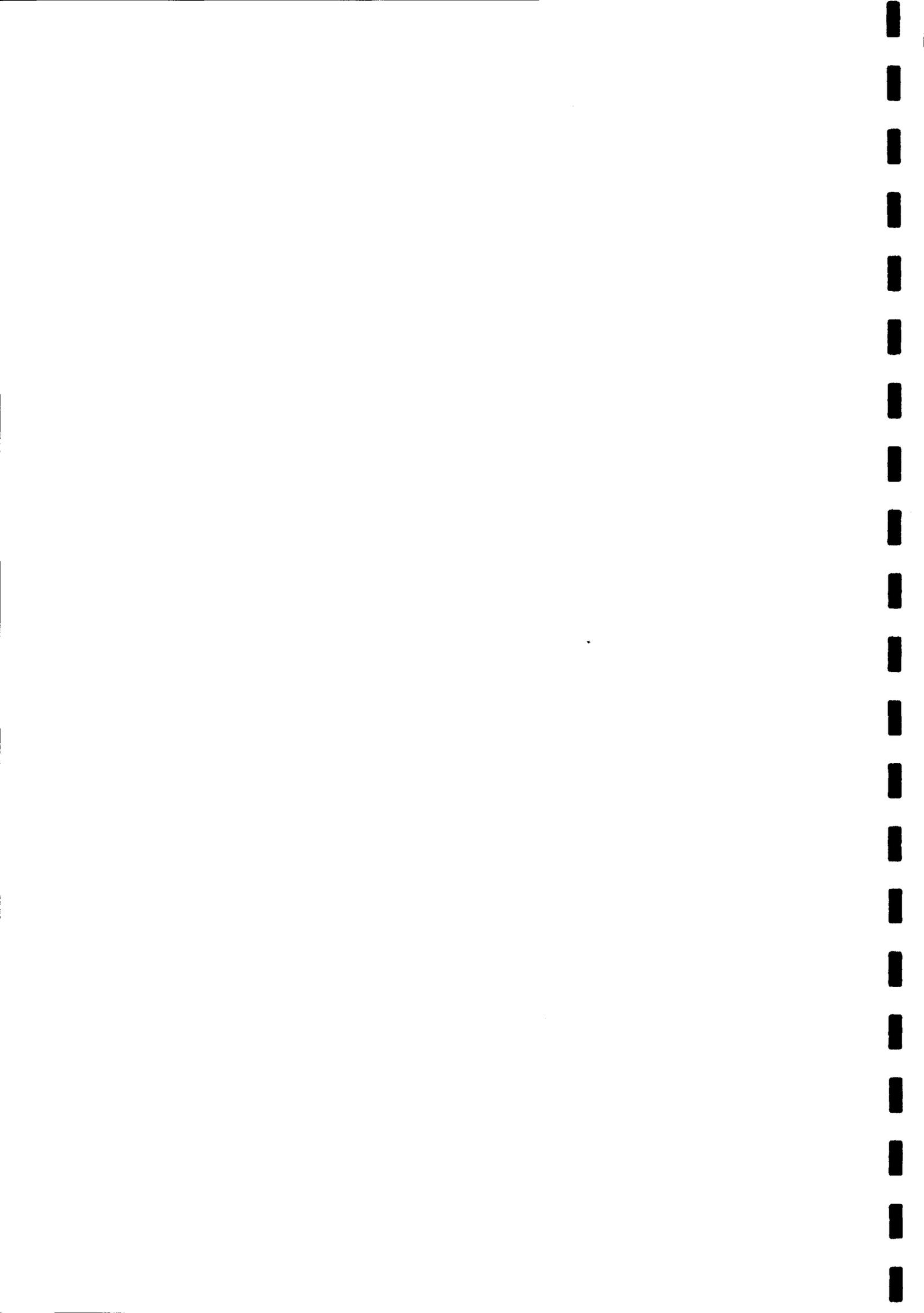
*L. trifolii* necesita al menos 16 días para que surta efecto el almacenamiento en frío de partidas de apio. En estas mismas condiciones de almacenamiento, si no hay pupas entre sus folíolos, mueren los huevos, larvas de 1ª y 2ª y la prepupas, mientras que se resisten algunas larvas de 3ª y pupas (Leibee, 1985).

EPPO (OEPP/EPPO, 1990) recomienda que todo el material vegetal (excepto semillas) de apio, pepino, melón, lechuga y tomate y todo el material (excepto semilla y plantas en maceta) de *Capsicum*, crisantemos, gerberas, gypsophila y *Senecio* híbrido, procedentes de países donde la plaga este presente, deberán ser inspeccionadas al menos una vez al mes, durante los tres primeros, y comprobar que están libres del fitoparásito o que han sido tratadas por algún método de los recomendados. Se deberá expedir un certificado fitosanitario para flor cortada y vegetales de hoja.

La utilización de la radiación gamma ha sido ensayada como método de control en gypsophila sobre estados inmaduros de *L. trifolii*. Una dosis de radiación entre 2000-1000 Gy provoca la muerte en todo los estadios. A dosis menores entre 750-25 Gy, hay una supervivencia de larvas a pupas aunque este número se reduce y la mayoría no llegan a alcanzar el estado adulto. Los huevos y las prepupas son los estados más susceptibles a esta radiación. La sensibilidad de las larvas decrece a medida que pasan de un estadio a otro y la sensibilidad de las pupas decrecen a medida que van madurando (Yathom *et al.*, 1990).



**IV. IDENTIFICACIÓN DE MINADORES EN  
PLANTACIONES DE MELÓN Y TOMATE.**



#### IV. IDENTIFICACIÓN DE MINADORES EN PLANTACIONES DE MELÓN Y TOMATE.

##### IV.1. INTRODUCCIÓN

###### IV.1.1. Especies de minadores a escala mundial en melón y tomate

A los insectos del orden Díptera, familia Agromyzidae, se les conoce vulgarmente con el nombre de "minadores" o "submarinos". Sus larvas se desarrollan en el interior de las hojas, produciendo daños en la estructura foliar, ya que realizan galerías o minas, e incluso taladran los tallos. Constituyen una de las plagas más importantes en los cultivos hortícolas protegidos. Las especies identificadas hasta la fecha han sido: *Liriomyza trifolii* (Burgess), *L. bryoniae* (Kaltenbach), *L. huidobrensis* (Blanchard) y *L. strigata* (Meigen).

El encuadre taxonómico de estas especies es el siguiente:

ORDEN: *DIPTERA*  
SUBORDEN: *CYCLORRHAPHA*  
SUPERFAMILIA: *AGROMYZOIDEA*  
FAMILIA: *AGROMYZIDAE*

Este estudio se centrará sobre *L. trifolii* y *L. bryoniae*, que son las especies predominantes en los cultivos protegidos de melón y tomate de la provincia de Almería.

Debido a la escasa información que existe sobre *L. bryoniae*, la mayor parte de las referencias bibliográficas versarán sobre *L. trifolii*.

###### ***Liriomyza trifolii* (Burgess).**

*L. trifolii* es una especie de origen neártico y neotropical. Fue descrita en 1880 por Burgess que la denominó *Oscinis trifolii*, al encontrarla sobre trébol (*Trifolium repens* L.) en Columbia (EEUU), pero no es hasta 1.925 cuando se incluye en el género *Liriomyza* por Meiyere.

El holotipo se perdió, lo cual llevó a la confusión del status de esta especie que se emparentó con otra del género *Liriomyza* Mik. (Parrella y Keil, 1984). Spencer (1965), designó un nuevo neotipo y clarificó la situación para distinguir las especies mediante la estructura de la genitalia del macho. A pesar de esto, la identificación de este género permaneció confusa, particularmente debido a la

aparición de varias especies en una misma planta hospedadora (ejemplos en Lindquist y Casey, 1983; Chandler y Thomas, 1983).

Los sinónimos empleados con esta especie han sido los siguientes:

*Oscinis trifolii* Burgess, 1880  
*Liriomyza trifolii* de Meijere, 1925  
*Liriomyza allivora* Frick, 1955

La diferenciación de *L. trifolii* de otras especies de *Liriomyza* también es posible mediante gel de electroforesis (Menken y Ulenberg, 1983; Zehnder *et al.*, 1983)

### ***Liriomyza bryoniae* (Kaltenbach)**

Esta especie de minador, *L. bryoniae* (Kaltenbach, 1958), fue descrita en principio como *Agromyza bryoniae* y pertenece también al género *Liriomyza* Milk (Spencer, 1973). Es conocida como el minador del tomate.

Los sinónimos de esta especie son:

*Liriomyza solani* Hering, 1927  
*Liriomyza citrulli* Rohdendorf, 1950

## **IV.1.2. Características morfológicas de *L. trifolii* y *L. bryoniae***

### ***L. trifolii***

#### **Morfología**

El huevo tiene forma oval, con superficie lisa y brillante, alargado por un extremo y por el otro ovalado. El color es blanco crema y ligeramente traslúcido al principio (semi - transparente), virando con el desarrollo del embrión a blanco transparente. El tamaño del huevo es de 0.2-0.3 x 0.10-0.15 mm (EPPO, 1984). El huevo aumenta su tamaño después de la puesta. Esto se cree que es debido a la inhibición de los fluidos de los tejidos de la planta. En caso de que la situación del huevo sea cercana a la epidermis, puede observarse un abombamiento del tejido (Dimetry, 1971).

Las larvas son de forma cilíndrica, alargadas, lateralmente comprimidas, ápodas y acéfalas, con sistema respiratorio anfinéustico (Peña, 1986). Realizan

cuatro mudas durante su desarrollo y poseen cuatro estadios. El cuarto ( prepupa) ocurre entre la pupación (salida de la larva de la hoja para iniciar el proceso de pupación) y formación de la pupa, (Parrella, 1987). Este cuarto estadio es raramente admitido por la mayoría de los autores, quienes sólo definen tres estadios (Dimetry, 1971; Peña, 1986).

La diferenciación entre los estadios larvarios es complicada debido a la carencia de criterios adecuados para el reconocimiento de los caracteres indicadores de cada uno de ellos (Peña, 1986). Tauber y Tauber (1968) citan para *Phytomyza lanati* (Díptera: Agromyzidae) que la observación de las mandíbulas negras esclerotizadas que se dejan dentro de la mina después de cada muda pueden ser usadas para distinguir la duración de cada estadio, ya que hay distintos tamaños de mandíbula para cada estadio larvario.

En cuanto al tamaño, para algunos autores, las larvas pueden alcanzar entre 2.5 a 2.7 mm de longitud (Dimetry, 1971), mientras que para otros llegan hasta 3 mm cuando están completamente desarrolladas (EPPO, 1984)

El color de las larvas del primer estadio (después de la eclosión del huevo) es más claro (transparente), virando más tarde a amarillo pálido - naranja. El último es de color amarillo - anaranjado (Minkenberg y Van Lenteren, 1986).

La larva tiene dos espiráculos anteriores y dos posteriores. Los primeros, o protorácicos, poseen siete u ocho poros, los posteriores están situados en el ultimo segmento abdominal, con forma como de triple cono. Cada espiráculo posterior está abierto por tres poros. Cada poro está localizado en el ápice de cada cono. Ambos espiráculos, anteriores y posteriores, son sésiles (Peña, 1986). El esqueleto céfalofaríngeal está compuesto de tres partes; las mandíbulas que son negras, con un par de dientes cada una en forma de pico de loro, una varilla esclerotizada denominada esclerito labial, con la que se articula la mandíbula y un esclerito faríngeal o fragma paraclipeal dividido en un proceso ventral y otro dorsal, este ultimo ligeramente mas largo y oscuro (Peña, 1986; Dimetry, 1971)

La pupa tiene forma oval rectangular, y es algo más estrecha en los extremos, semejando a un pequeño tonel. Inicialmente es de color amarillo pajizo, cambiando a marrón conforme avanza el desarrollo. Sus dimensiones son 1.5 – 2.3 mm de largo y 0.5 – 0.8 mm de ancho (D'aguilar, y Martínez, 1979; Arzone, 1979; Dimetry, 1971; Prieto, y Chacon de Ulloa, 1980). El tamaño está positivamente correlacionado con el vigor del adulto (Parrella, 1987)

Las pupas de los machos son significativamente más pequeñas que las de las hembras. A 20 °C el tamaño de la pupa del macho es 1.53 mm y la de la

hembra de 1.71 mm, a 19.5 °C la pupa del macho mide 1.58 mm y la de la hembra 1.73 mm. No se ha encontrado una correlación entre el tiempo de desarrollo de un individuo y la longitud de la pupa (Minkenberg, 1988a).

Las paredes están fuertemente quitinizadas gracias a la protección que le brinda la última exuvia larvaria (pupario) y está marcada por once segmentos, cada uno de los cuales posee una fila de papilas. De su fase larvaria conserva adherido al pupario el esqueleto céfalofaríngeo y sendos pares de espiráculos en los extremos de su cuerpo (Peña, 1986).

El adulto presenta la apariencia de una diminuta mosca doméstica de 1.4 – 2.3 mm de longitud, con una coloración característica negra y amarilla. La cabeza es amarilla con occipital negro; antenas, patas y escutelo amarillos, tórax gris-negruzco con manchas amarillas próximas al escutelo, abdomen amarillo claro con estrías oscuras al dorso larga (Sánchez Pulido, 1986).

El macho tiene la cara dorsal del abdomen de color amarillo y negro en bandas alternas transversales, variables de unos individuos a otros, en el abdomen de la hembra se observa una mancha amarilla más pronunciada (Estrada, 1986). La hembra es de tamaño algo mayor y en general es más robusta que el macho, y emerge de una pupa más grande (Parrella, 1987), siendo posible, gracias a su oviscapto, ser diferenciada del macho con la ayuda de un simple binocular. En la hembra la extremidad abdominal termina en un tubo cónico (ovopositor) retráctil y de color negro, en el caso del macho termina en una especie de bola (hipopigio) más o menos truncada. (D'aguilar, y Martínez, 1979; Arzone, 1979; EPPO, 1984; Dimetry, 1971; Martínez, 1984; Prieto, y Chacon de Ulloa, 1980).

Las alas son hialinas, tienen un nervio transverso posterior y otro costal que constituye el borde del ala, siendo espeso hasta su cuarto nervio longitudinal. También tienen dos manchas amarillo brillantes sobre la parte dorsal justo detrás del origen de las alas (Sánchez Pulido, 1986). La longitud del ala en la hembra es de 1615 micras, en el macho son algo más cortas 1412.5 micras (Peña, 1986).

Las galerías son generalmente largas, estrechas, de forma lineal o sinuosa, ligeramente ensanchadas en su extremo final, repartidas en todos los sentidos sobre el limbo de la hoja, pero su forma puede variar sensiblemente con el número de larvas presentes en la hoja y con la planta huésped (EPPO, 1984; Sánchez Pulido, 1986; Peña 1986). Así en *Phaseolus vulgaris*, puede haber minas lineales y circulares simultáneamente en la misma hoja (Peña, 1986).

## ***L. bryoniae***

### **Morfología**

El huevo de es de color blanco opaco (crema), oval (elipsoidal), con un tamaño aproximado de 0.12-0.15 mm x 0.25-0.27 mm (Minkenberg y Van Lenteren, 1986; Malais y Ranvensberg, 1991).

El tamaño medio de la puesta es de 104 huevos, a un ritmo de 7 a 15 huevos por día. Estos huevos eclosionan a temperaturas normales, (entorno a los 20°C ) tras 4 u 8 días de desarrollo (Spencer, 1973).

Tiene tres estadios larvarios, que pueden diferenciarse por el tamaño de las mandíbulas esclerotizadas (Minkenberg y Van Lenteren, 1986). El primer estadio alcanza un tamaño de 0.5-0.57 mm de longitud con una longitud de mandíbulas de 95 $\mu$ . El segundo estadio larvario tiene un tamaño de 1.0-1.55 mm y la longitud de las mandíbulas es de 188 $\mu$ . En el último estadio la larva presenta un tamaño de 2.5-3 mm de longitud, siendo las mandíbulas de 323 $\mu$ . Los espiráculos posteriores de la larva tiene cada uno una elipse con 7-12 poros. (Spencer, 1973; Minkenberg y Van Lenteren, 1986).

La larva tiene un color blanquecino en sus primeros estadios y en el último (o estadios más maduros), aparece de color amarillo en su parte anterior y de color blanco en la posterior, lo cual marca la diferencia con la larva enteramente amarilla de *L. trifolii* (Minkenberg y Van Lenteren, 1986).

La pupa alcanza un tamaño de 0.9 x 2 mm. El color de la pupa varía de amarillo oro a marrón oscuro, o incluso negro (Minkenberg y Van Lenteren, 1986).

El adulto es una pequeña mosca con un tamaño de 1.5 mm para los machos y de 2.0-3.3 mm para las hembras. Las setas verticales, tanto externas como internas de la cabeza se disponen sobre fondo amarillo. La zona frontal es amarilla brillante, con órbitas ligeramente diferenciadas. El mesonoto en gran parte es negro brillante, aunque en algunas zonas tiene una tonalidad más mate. La mesopleura es de color amarillo, normalmente con pequeñas barras negras en el margen inferior. El abdomen cuenta con terguitos amarillos laterales y amarillos estrechos en el margen posterior. En las patas, el fémur en gran parte es de color amarillo brillante pero con estrías de tamaño variable de color parduzco. El ala tiene una longitud de 1.75-2.1 mm. (Spencer, 1973).

Las galerías pueden ser lineales, tortuosas e irregularmente repartidas por la superficie de la hoja. La forma variará también en función de la planta huésped.

y de la densidad de larvas que se desarrollen en la hoja (Martínez, 1984).

#### **IV.2. MATERIALES Y MÉTODOS**

De las parcelas de tomate y de melón, donde se hicieron las observaciones, se tomaron muestras periódicas para, por una parte, identificar la especie presente en el cultivo y por otra para intentar determinar una serie de características externas que nos permitieran diferenciar, de forma sencilla y rápida, las dos especies de minador, sin tener que recurrir a la genitalia del macho. Las muestras fueron las siguientes:

- Adultos hembras y machos de las dos especies, capturados vivos mediante un aparato con mecanismo de succión.
- Muestras de hojas con presencia de larvas de diferente estadio, a las que se les permitió evolucionar en una cámara de ambiente controlado a 25 °C hasta la emergencia de adultos.
- Hojas con presencia de picaduras de alimentación y larvas, para la identificación de huevos y larvas de las dos especies de minador.
- Hojas con galerías de las dos especies de minador.

Todas las muestras fueron examinadas bajo lupa binocular (Modelo Nikon-SM7-U).

Las características observadas en los adultos fueron:

- Coloración general del adulto
- Setas verticales externas e internas de la cabeza
- Bandas del abdomen
- Tamaño y forma del ala
- Genitalias de machos. Se realizó la digestión de éstas mediante un breve calentamiento en hidróxido potásico al 20%, con posterior lavado con agua destilada, y finalmente se montaron en líquido de Hoyer entre porta y cubre para su observación en microscopio (Modelo Kyowa-Melilux-12)

En los huevos y larvas se observaron la coloración y la forma.

Para la determinación clara de la forma y color de los estadios de huevo, larva y pupa de cada especie, éstas se criaron en jaulones de 63.5 x 60 x 100cm. La planta huésped utilizada para el desarrollo de las poblaciones fueron plantas de judía de mata baja de la variedad Strike. En cada maceta (14 cm de diámetro) se sembraron dos semillas, colocando inicialmente 10 macetas en el interior del

jaulón que posteriormente fueron renovándose. El jaulón se dejó a las condiciones ambientales del laboratorio (alrededor de 25 °C) y con un fotoperiodo de 16 D:8N. Cuando las plantas habían desarrollado de 4 a 5 hojas, 10 parejas de cada especie fueron soltadas en el interior del jaulón. A medida que las especies de minador se desarrollaron, se recogieron muestras de hojas para la observación de los diferentes estadios.

### IV.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las especies de minador identificadas en el cultivo de melón y tomate fueron *L. bryoniae* y *L. trifolii*. Aunque ambas pueden atacar a los dos cultivos, se observó que *L. bryoniae* fue la especie predominante en melón y *L. trifolii* en tomate.

La identificación de las cuatro especies de *Liriomyza* (*L. trifolii*, *L. bryoniae*, *L. huidobrensis* y *L. strigata*), presentes como plagas en los cultivos hortícolas, puede realizarse con el máximo de fiabilidad examinando la genitalia del macho adulto (Spencer, 1973). Esta técnica permite diferenciar claramente *L. trifolii* (Figura IV.1 y IV.3) de *L. bryoniae* (Figura IV.2 y IV.4).

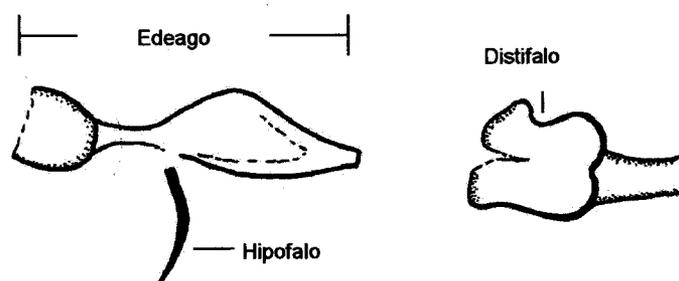


Fig. 1. Genitalia de *L. trifolii*

Figura IV.1 *L. trifolii*: Edeago del macho con un distifalo amplio y constreñido apicalmente, hipofalo largo. (Spencer, 1973).

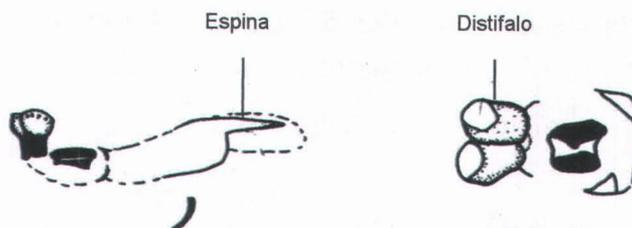
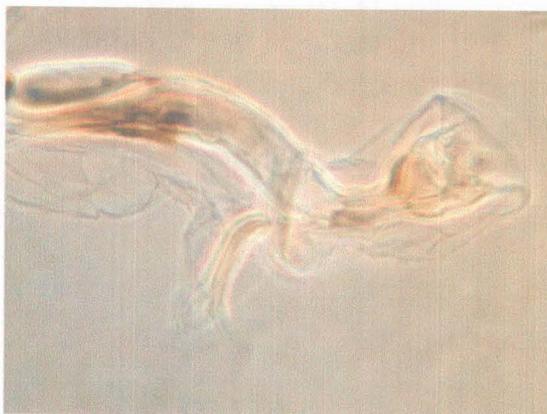
Fig. 2. Genitalia de *L. bryoniae*

Figura IV.2 *L. bryoniae*: Edeago del macho con dos lóbulos claramente visibles en el distifalo, basifalo con una espina. (Spencer, 1973).

Figura IV.3 Genitalia de *L. trifolii*.Figura IV.4 Genitalia de *L. bryoniae*.

Otra característica morfológica externa del adulto que permite clasificar en dos grupos las cuatro especies de minador, es la disposición de las setas verticales externas e internas de la cabeza (Spencer, 1973):

- Setas verticales externas e internas sobre fondo oscuro

ambas sobre fondo oscuro.....*L. huidobrensis*

al menos las externas sobre fondo oscuro.....*L. strigata*

- Setas verticales externas e internas sobre fondo claro

..... *L. trifolii* (Figura IV.5 y IV 6)

..... *L. bryoniae* (Figura IV .5 y IV .7)



Figura IV.5 Setas verticales externas e internas sobre fondo claro. *L. trifolii* (izq.)  
*L. bryoniae* (der.)



Figura IV.6 Detalle de cabeza de  
*L. trifolii*



Figura IV.7 Detalle de cabeza de  
*L. bryoniae*

En las muestras tomadas en las parcelas, se observó una serie de características que nos permitió diferenciar fácilmente con la lupa, o cuentahilos, las dos especies, sin tener que recurrir a técnicas de laboratorio más complicadas, como la ya comentada de la genitalia del macho.

En el estado adulto es donde se pueden apreciar más fácilmente las diferencias entre ambas especies, en los estadios de huevo y larva al ser fases más protegidas resulta más complicado establecer criterios claros que las diferencien.

En general, el adulto de *L. bryoniae* es de mayor tamaño que el de *L. trifolii*, aunque el tamaño en ocasiones dependerá de factores, tales como, el huésped vegetal y la competencia intraespecífica por la fuente de alimento (Parrella, 1983a).

Una primera característica que las diferencia es la coloración del adulto. El de *L. trifolii* tiene una coloración amarilla fuerte, a diferencia del de *L. bryoniae*, que presenta una coloración amarilla pálida apreciable claramente a la lupa (Figura IV.8).



Figura IV.8 Coloración de hembras de *L. trifolii* y *L. bryoniae*

Otra característica que las diferencia es la coloración de los terguitos del abdomen. Tanto en el adulto hembra como en el macho de *L. trifolii* se observa claramente que las franjas oscuras en algunos terguitos del abdomen presentan una discontinuidad en su punto central. Esta discontinuidad se observa siempre en el primer y cuarto terguito, y a veces en el tercero, además está mucho más acentuada en el macho que en la hembra. En todos los casos, la franja oscura del 5 terguito es pequeña, siendo la parte amarilla más extensa. El macho puede presentar dos coloraciones, una más clara y otra más oscura, más parecida a la hembra (Figura IV. 9, IV.11 y IV.13 ).

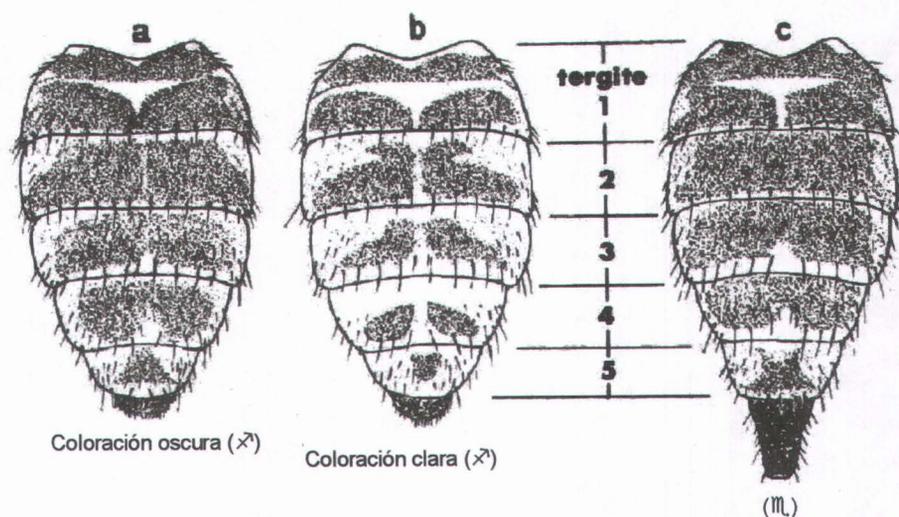


Figura IV.9 Vista dorsal del abdomen de *L. trifolii* (Martínez, 1984).

Por el contrario en la especie *L. bryoniae*, las franjas oscuras de los terguitos del abdomen aparecen de forma continua tanto en el macho como en la hembra, aunque el primer terguito presenta en su margen anterior una pequeña discontinuidad en su punto central, generalmente poco visible (Figura IV.10, IV.12 y IV.14).

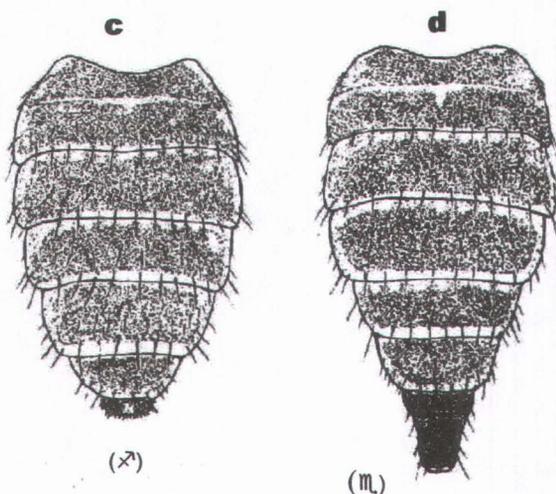


Figura IV.10 Vista dorsal del abdomen de *L. bryoniae* (Martínez, 1984).



Figura IV.11 Franjas discontinuas ( $M_1$  de *L. trifolii*)



Figura IV.12 Franjas continuas ( $M_1$  de *L. bryoniae*)



Figura IV.13 Franjas discontinuas ( $\times 2$  de *L. trifolii*)



Figura IV.14 Franjas continuas ( $\times 2$  de *L. bryoniae*)

Por el tamaño del ala también es fácil diferenciar las dos especies de minador. En general, el ala de *L. bryoniae* es mayor que la de *L. trifolii* (Figuras IV.15 y IV.16), siendo la celda discal claramente más grande en *L. bryoniae* que en *L. trifolii* (Figura IV.17)

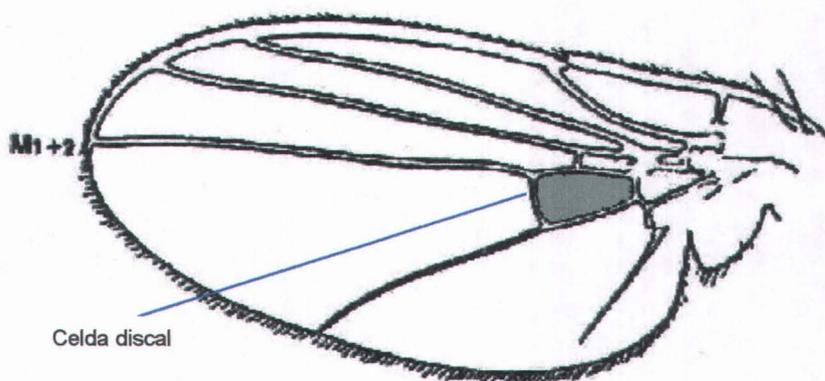


Figura IV.15 Ala de *L. trifolii* (Wang y Lin, 1988)

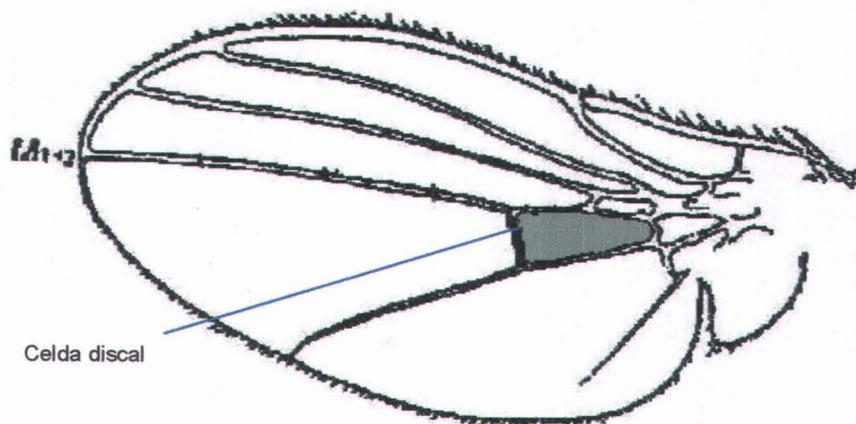


Figura IV.16 Ala de *L. bryoniae* (Wang y Lin, 1988)

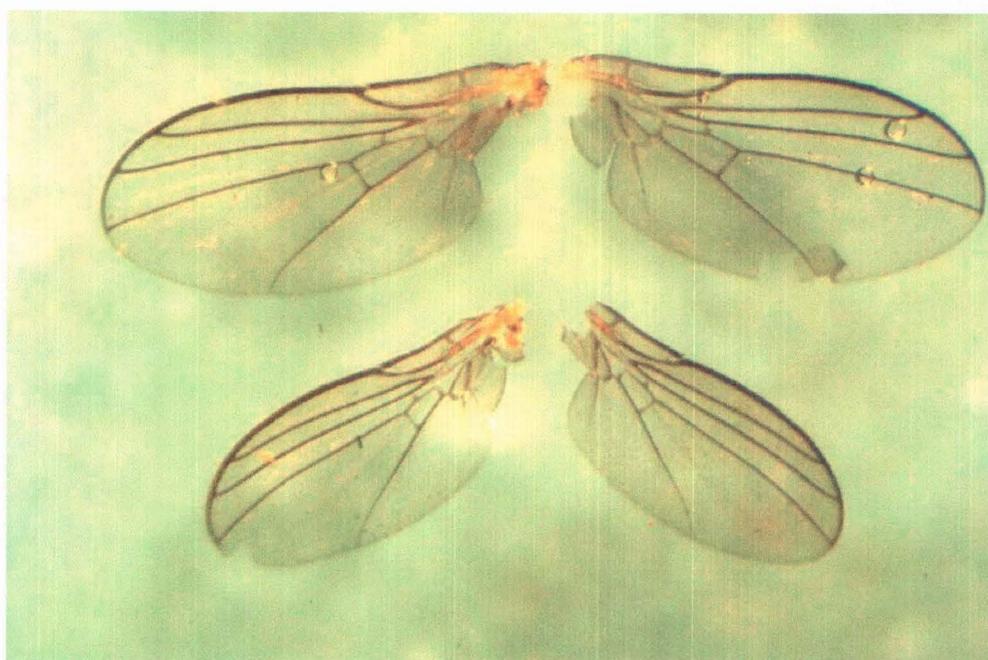


Figura IV.17 Ala de *L. bryoniae* (sup.) y *L. trifolii* (inf.)

En la fase de huevo es muy difícil distinguir, mediante caracteres morfológicos, las dos especies de minador. Las picaduras de alimentación y de puesta son muy similares. Incluso bajo la lupa binocular, el tamaño, color y forma del huevo son muy parecidos (Figuras IV.18 y IV.19)

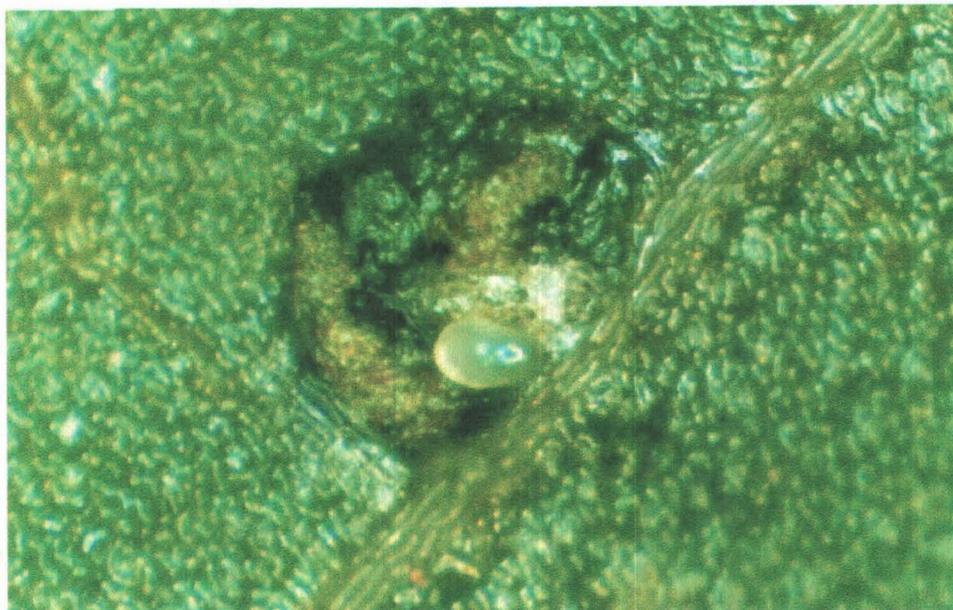


Figura IV.18 Huevo de *L. trifolii*.

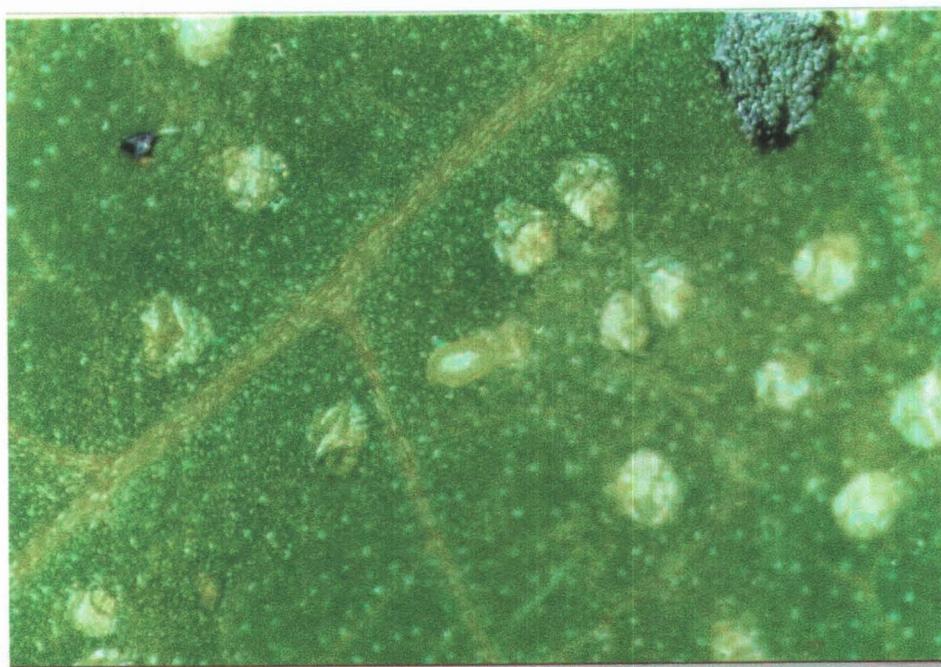


Figura IV.19 Picaduras de alimentación y huevo de *L. bryoniae*.

Las tres fases larvarias por las que pasa el minador son difíciles de distinguir unas de otras con exactitud incluso dentro de una misma especie. Sin embargo, se observaron diferencias en la coloración de la larva de tercer estadio

(considerando a ésta como la de mayor tamaño) entre las dos especies de *Liriomyza*.

La larva de *L. trifolii* presenta una coloración enteramente amarilla (Figura IV.20) mientras que la larva de *L. bryoniae* aparece de color amarillo en su parte anterior y de color blanco en su parte posterior (Figura IV.21 y IV.22).



Figura IV.20 Larva de 3<sup>er</sup> estadio de *L. trifolii*.



Figura IV.21 Larva de 3<sup>era</sup> de *L. bryoniae*.



Figura IV.22 Larvas de 3<sup>era</sup> de *L. bryoniae*.

La coloración de las pupas nos permite en ocasiones diferenciar a las dos especies. Sin embargo debido a que dependiendo del grado de madurez, pueden presentar una coloración más clara o más oscura, no se puede considerar un criterio claro para diferenciarlas.

Así la pupa de *L. trifolii* presenta una coloración que varía de amarillo pajizo a marrón conforme avanza en su desarrollo (Figura IV.23 y IV.24), mientras que la pupa de *L. bryoniae* varía de amarillo oro a marrón oscuro e incluso negro. (Figura IV.25. IV.26 y IV.27).



Figura IV.23 Pupas de *L. trifolii*.



Figura IV.24 Pupa de *L. trifolii*.



Figura IV.25 Pupas de *L. bryoniae*.



Figura IV.26 Pupa de *L. bryoniae*.



Figura IV.27 Pupa de *L. bryoniae*.

Por el tipo de galería que desarrolla la especie es posible también determinar cuál es la especie de *Liriomyza*, aunque sea algo variable dependiendo de la forma y tamaño de la planta huésped. También una alta

densidad de población presente en el cultivo dará lugar a una competencia por la fuente de alimento que influirá el desarrollo de la mina.

*L. trifolii* desarrolla un tipo de galería por lo general estrecha, alargada y sinuosa, que puede iniciarse en cualquier lugar, tanto en el borde como en la parte interna del limbo de la hoja. Su recorrido es indiscriminado y cuando la densidad de larvas en la hoja es baja, aparece generalmente de forma aislada (Figuras IV.28, IV.29 y IV. 30). Por el contrario, cuando la densidad de larvas es muy alta en la hoja, la forma, tamaño y recorrido de la mina es muy variada (Figura IV.31)



Figura IV.28 Galerías de *L. trifolii*.  
(Berenjena)



Figura IV.29 Galerías de *L. trifolii*.  
(Tomate)



Figura IV.30 Galerías de *L. trifolii*  
(Judía baja densidad)



Figura IV.31 Galerías de *L. trifolii*.  
(Judía alta densidad)

Las galerías que desarrolla *L. bryoniae*, por lo general son más anchas que las de *L. trifolii*, su recorrido puede ser tanto lineal como tortuoso. En algunas

plantas huésped no es fácil distinguirlas de las *L. trifolii* pues los recorridos son muy similares. En el cultivo de melón se caracterizan fundamentalmente porque las realiza de forma paralela al nervio principal o nervios secundarios de la hoja. La mina la suelen iniciar en el punto de inserción del peciolo con el limbo de la hoja. (Fig. IV.32 y IV. 33).

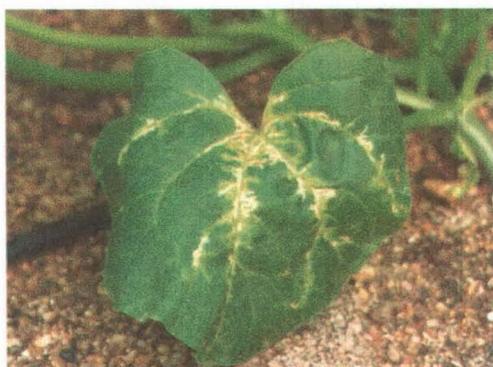


Figura IV.32 Galerías de *L. bryoniae*  
(Melón)

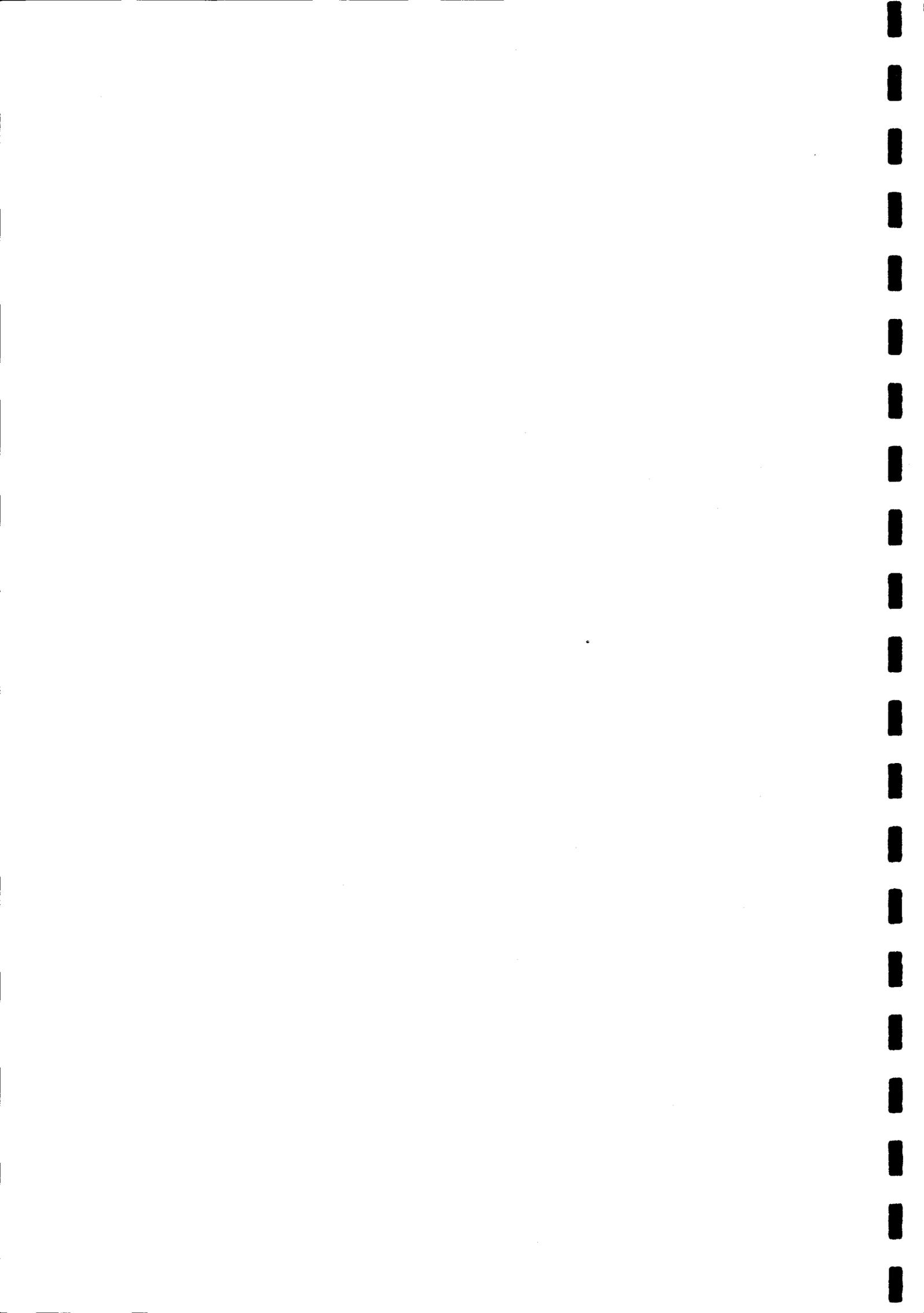


Figura IV.33 Galerías de *L. bryoniae*  
(Melón)

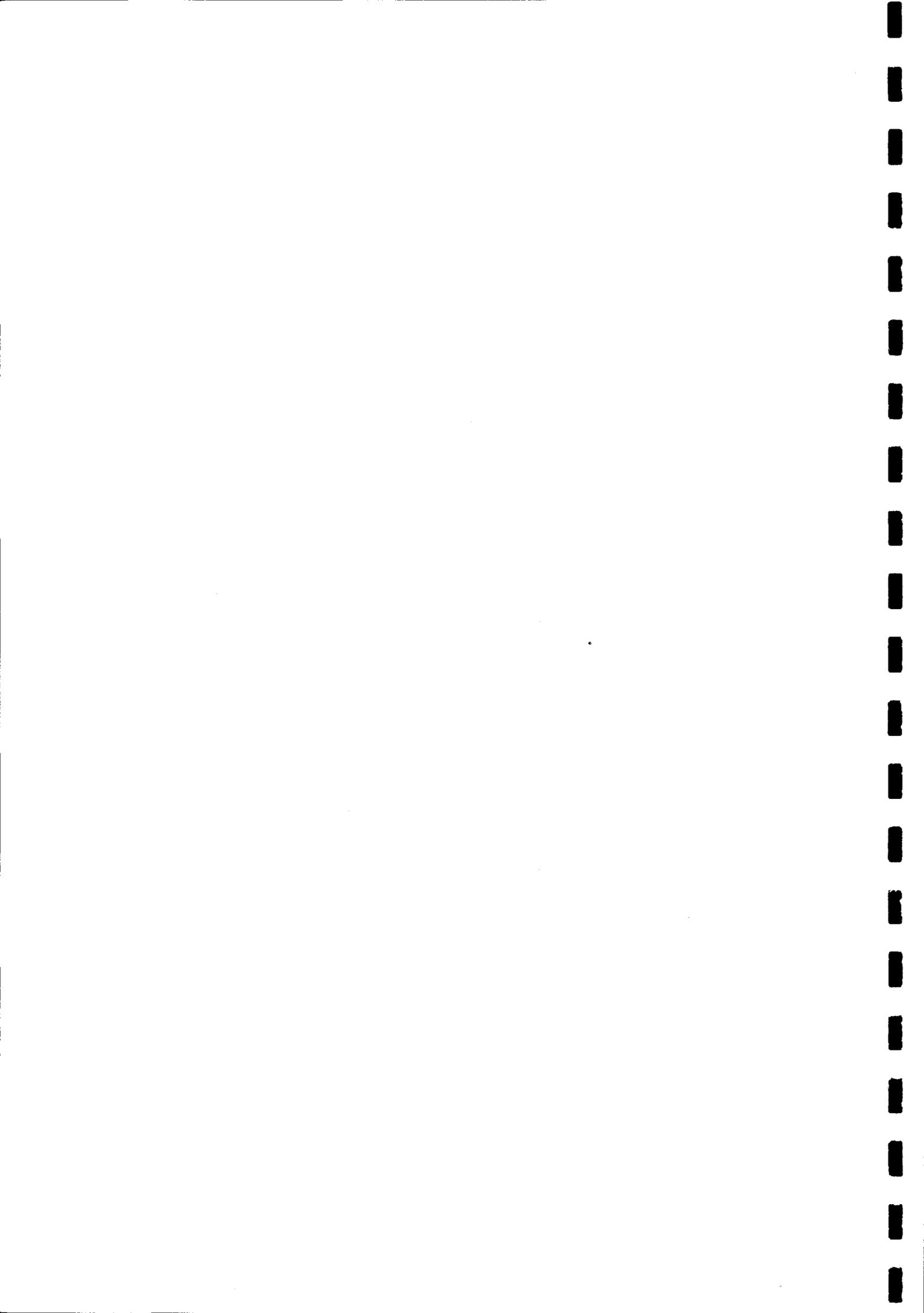
De las características anteriormente expuestas, las que se refieren al estado adulto de la especie, son las que nos permitirán diferenciar más fácilmente y con más claridad las dos especies de *Liriomyza*.

Existen pocos trabajos en los que se hayan estudiado conjuntamente ambas especies y en los que se den unos criterios sencillos para identificarlas de una forma rápida. *L. bryoniae*, es una especie exclusivamente paleártica, y existe una escasa bibliografía sobre ella, lo cual podría interpretarse como que es una especie de poca importancia económica. Sin embargo, esto podría ser debido al hecho de que la especie *L. trifolii*, aunque de origen neártico y neotropical, ha tenido una rápida dispersión, de forma que hoy día es una especie cosmopolita, muy polífaga y sobre todo con una alta capacidad para desarrollar resistencias. La importancia económica que ha llegado a alcanzar ha dado lugar a que la mayor parte de los trabajos e investigaciones con relación a las especies de *Liriomyza* se hayan centrado en *L. trifolii*.

En algunos trabajos suelen compararse las especies de *Liriomyza* presentes en los cultivos hortícolas, basándose fundamentalmente en la genitalia del macho que es el criterio establecido más claro para su identificación (Pascual et al., 1992; Cabello y Belda, 1992; Cabello et al., 1993).



**V. IDENTIFICACIÓN EN ALMERÍA DE PLANTAS  
HUÉSPEDES DE MINADORES.**



## V. IDENTIFICACIÓN EN ALMERÍA DE PLANTAS HUÉSPEDES DE MINADORES

### V.1. INTRODUCCIÓN

#### V.1.1. Huéspedes vegetales a escala mundial

*L. trifolii* es una de las pocas especies verdaderamente polífagas de la familia Agromizidae, aunque, como ya se comentó anteriormente, el nombre de "*trifolii*" proceda de su relación con las leguminosas, y más concretamente con *Trifolium repens*, donde Burgess en 1879 encontró el holotipo (Burgess, 1880). Los datos indican que las compuestas son el hospedador más favorable, encontrándose en 27 de sus géneros, lo cual representa el 40% del número total de los que pueden ser plantas huésped de esta especie; mientras que en las leguminosas se han encontrado en 10 géneros, lo que supone un 15% (Minkenberg y Van Lenteren, 1986).

Esta especie minadora ataca tanto a planta ornamental, como a cultivos y malas hierbas. A continuación se da una relación de familias y especies en las que puede estar presente, y que han sido citadas por los autores Spencer (1973), Powell (1981), Vercambre (1980), EPPO (1984), Peña (1986), Hernández-García et al. (1999).

Amarantaceae: *Amaranthus retroflexus*, *Amaranthus palmeri*, *Amaranthus viridis*.

Campanulaceae: *Wahlenbergia lobelioides*.

Chenopodiaceae: *Beta patularia*, *Beta vulgaris* L (remolacha), *Chenopodium album* (cenizo), Spinaciae olerácea (espinaca).

Caryophyllaceae: *Gypsophila paniculata*, *Silene vulgaris*.

Compositae: *Ageratum conyzoides*, *Bellis perennis* (margarita menor), *Bidens pilosa*, *Bidens alba*, *Caléndula officinalis* (caléndula), *Centaurea cyanus* (azulejo), *Chrysanthemum frutescens*, *Cirsium* sp. (cardo), *Dahlia* sp., *Dendrathermun* "híbrido", *Erigeron canadensis*, *Galinsoga* sp, *Gerbera jasmesonii*, *Gnaphalium luteumalbum*, *Helianthus annuus*, *Lactuca sativa* (lechuga), *Melanthus annus*, *Phagnalon saxatile*, *Senecio jacobaea*, *Senecio vulgaris* (hierba cana), *Sonchus asper* (cerraja), *Sonchus gummiifer*, *Sonchus oleraceus* (cerrajón), *Spilanthies acmella*, *Taraxacum officinalis* (diente de león), *Tagetes patula* (caléndula francesa), *Zinnia* sp.

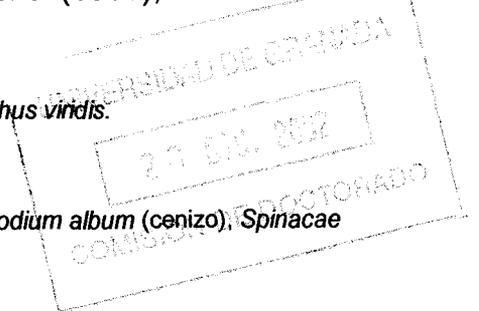
Convolvulaceae: *Ipomatea batata* (batata).

Cruciferae: *Brassica chinensis*, *Brassica juncea*, *Brassica oleracea* (col), *Brassica pekinensis*, *Capsela bursa-pastori* (zurrón de pastor), *Hirschfeldia incana*, *Lepidium virginicum*, *Raphanus sativus* (rábano).

Cucurbitaceae: *Citrullus vulgaris*, *Cucumis melo* (melón), *Cucumis sativus* (pepino), *Cucurbita pepo* (calabaza), *Cucurbita máxima*, *Sechium edule*.

Euphorbiaceae: *Ricinus communis* (ricino).

Labiatae: *Salvia splendens*.



Leguminosae: *Cicer arietinum* (garbanzo), *Lathyrus odoratus*, *Medicago sativa* (alfalfa), *Phaseolus vulgaris* (judías), *Phaseolus coccineus* (judía pinta), *Phaseolus lanatus*, *Pisum sativum* (guisante), *Scorpiurus muricatus*, *Trifolium repens* (trébol), *Vicia faba* (habas), *Vigna sinensis*.

Liliaceae: *Allium cepae* (cebolla), *Allium porrum*, *Allium sativum* (ajo), *Allium schoenoprasum* (cebollino francés).

Malvaceae: *Gossypium* sp., *Hibiscus esculentus*, *Malva neglecta*.

Papaveraceae: *Papaver somniferum*, *Papaver rhoeas*.

Plantaginaceae: *Plantago lanceolata* (llantén menor).

Plumbaginaceae: *Statice* "hibrido".

Polomoniaceae: *Pholox* sp.

Polygonaceae: *Rumex lunaria*.

Ranunculaceae: *Ranunculus repens* (botón de oro).

Rosaceae: *Crataegus monogyna* (majuelo).

Scrophulariaceae: *Anthirrhinum majus* (boca de dragón), *Misophates oronithium*.

Solanaceae: *Capsicum annuum* (pimiento), *Lycopersicum esculentum* (tomate), *Physalis pubescens*, *Solanum melongena* (berenjena), *Solanum nigrum* (tomatillos del diablo), *Solanum nodiflorum*, *Solanum tuberosum* (patata), *Solanum dulcamara* (uvas del diablo).

Tropaeolaceae: *Tropaeolum major* (capuchina), *Tropaeolum peregrinum* (enredadera canaria).

Umbelliferae: *Apium graveolens* (apio), *Coriandrum sativum* (cilantro), *Daucus carota* (zanahoria), *Petroselinum sativum* (perejil), *Pastinaca sativa* (chirivía).

Urticaceae: *Parietaria muralis*.

Valerianaceae: *Centratus ruber* (lila de España).

Verbenaceae: *Lantana camara* (maestrante de Brasil), *Verbena officinalis* (verbena).

Zygophyllaceae: *Tribulus terrestris* (abrojo).

*L. bryoniae* es considerada también como una especie altamente polífaga y de gran importancia económica en cultivos como tomate, sandía, melón, pepino y lechuga. Su excepcional polifagia, hace de ella una plaga potencialmente peligrosa para otros cultivos (Minkenberg y Van Lenteren, 1986)

Esta especie aparece en muchas plantas huéspedes, aproximadamente en 35 familias (Spencer, 1973). A continuación se da una lista de las familias y especies en las que puede estar presente y que han sido citadas por los autores Spencer (1973), Lee et al. (1990)

Acanthaceae; Amaranthaceae; Basellaceae; Bignoniaceae.

Capparaceae; Caryophyllaceae; Campanulaceae; Convolvulaceae.

Cruciferae: *Brassica oleracea*.

Compositae: *Latuca sativa*.

Cucurbitaceae: *Citrullus vulgaris*, Shrad. (sandía), *Citrullus lanatus*, *Cucumis melo* (melón), *C. melo* var. *aegyptiacus* Sick, *Cucumis sativus* (pepino), *Cucurbita pepo*.

Dipsacaceae, Euphorbiaceae, Gentianaceae, Hydrophyllaceae.

Labiatae; Leguminosaceae; Linaceae; Loasaceae, Malvaceae; Nolanaceae.

Papaveraceae; Papilionaceae; Pedeliaceae; Polemoniaceae; Polygonaceae; Primulaceae.

Resedaceae; Sapindaceae; Scrophulariaceae.

Solanaceae: *Lycopersicum esculentum* L. (tomate).

Tropaeolaceae; Umbelliferae; Valerianaceae; Verbenaceae; Violaceae.

## V.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Se realizó un muestreo de flora adventicia en diferentes términos municipales de la provincia de Almería para tratar de identificar posibles plantas huésped del minador.

De cada planta silvestre se recogieron los siguientes datos: término municipal, localización, ya fuera dentro del invernadero o al aire libre. Con respecto al minador los datos tomados fueron presencia de galerías, larvas, picaduras y adultos e identificación de la especie, en el caso de recoger de la planta huésped adultos o larvas, éstas últimas se dejaron evolucionar en cámara de ambiente controlado (T: 25 °C y fotoperiodo 16L: 8N) hasta su transformación en adultos.

## V.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Tabla V.1 se recogen las diferentes plantas silvestres que se identificaron como huéspedes de minador, ya sean por la presencia de adultos, larvas, galerías o picaduras de alimentación.

Varias de las plantas huéspedes identificadas han sido citadas también por otros autores, así de la familia Amaranthaceae, la especie *Amaranthus viridis* ha sido identificada por Prieto y Chacón de Ulloa (1980), aunque sólo la cita como huésped de *Liriomyza* sp. sin determinar que especie de minador aparece. En este estudio, esta planta silvestre fue localizada dentro del invernadero y sobre ella se identificaron picaduras y adultos de *L. bryoniae*.

Otra especie como *Solanum nigrum* ha sido también citada por otros autores (Powell, 1981 Peña, 1986) como planta huésped para *L. trifolii*. En nuestro estudio, *Solanum nigrum* fue encontrada tanto dentro del invernadero

como al aire libre con presencia de picaduras y adultos, identificándose las dos especies, *L. trifolii* y *L. bryoniae*. Otras especies citadas han sido *Sonchus asper* (Peña, 1986), *Sonchus oleráceus* (Peña, 1986; Hernández-García *et al.*, 1999) y *Ricinus communis* (Figuras V.1 y V.2) (Peña, 1986) todas ellas como plantas huéspedes de *L. trifolii*. De las tres especies, sólo en *Sonchus oleraceus* se pudo determinar *L. bryoniae*, observándose tanto galerías como picaduras y adultos.

Entre las especies identificadas que no han sido citadas por ningún autor dentro de la bibliografía consultada aparecen: *Aster squamatus*, *Chenopodium murale* (Figuras V.3 y V.4), *Chenopodium vulvaria*, *Heliotropium europaeum*, *Malva parviflora*, *Mercurialis annua*, , *Reichardia tingitana*, *Urtica urens* (Figuras V.5 y V.6).

En los ensayos realizados por Chandler y Chandler (1988), se evaluó la preferencia de *L. trifolii* por cuatro especies comunes de malas hierbas (*Parthenium hysterophorus*, *Amaranthus palmeri*, *Helianthus annuus* y *Portulaca olerácea*) como huéspedes alternativos al pimiento (*Capsicum annum*). Tanto *P. hysterophorus* como *A. palmeri* fueron significativamente más atractivas para *L. trifolii* que el pimiento en cuanto a la alimentación, oviposición y en el número de larvas desarrolladas por cm<sup>2</sup> de área foliar. *H. annuus* tuvo una preferencia similar a la del pimiento, mientras que *P. olerácea* no fue planta huésped de *L. trifolii*.

En ensayos de laboratorio, cuando se comparó la oviposición y el desarrollo de *L. trifolii* en tomate (*Lycopersicon esculentum*) y en cuatro especies de malas hierbas (*Solanum nodiflorum*, *Bidens alba*, *Physalis pubescens*, *Amaranthus viridis*) se observó que *L. trifolii* ovopositó con buen éxito en todas las especies, excepto en *A. viridis*, sin embargo las hembras expuestas simultáneamente a todas las especies depositaron más huevos en tomate que en los demás hospedadores. (Zoebisch *et al.*, 1984).

En el estudio realizado por Chandler y Chandler (1988), anteriormente citado, se concluye que el pimiento no es huésped preferente para *L. trifolii*, si otras plantas huésped están disponibles, y que el uso de plantas silvestres como posibles cultivos trampas para minadores pueden suministrar una alternativa en el manejo para el control del minador en pimiento. Sin embargo, de los resultados obtenidos en tomate, Zoebisch *et al.* (1984) establecieron que antes de que esta técnica pueda ser recomendada, es importante conocer las condiciones de desarrollo de la especie de minador en cada huésped vegetal.

Como se observa en la tabla V.1, en algunas de las plantas identificadas sólo se observaron adultos y picaduras de alimentación, lo cual puede indicar que esas especies sirven como fuente de alimento para los adultos, pero no actúan

como buenos huéspedes para su desarrollo y reproducción. Por tanto es probable que la mayoría de las plantas huéspedes actúen como reservorio para la plaga ante la ausencia de huéspedes alternativos, sobre los que tiene preferencia tanto para alimentarse como para desarrollarse. La relación entre la planta huésped y el minador es bastante complicada. Es difícil establecer cuál de los factores como la intensidad de luz, atracción química o algún nutriente está principalmente implicado en la selección del huésped por el minador, y a lo que parece todos ellos tienen su importancia (Fagoonee y Toory, 1983).

Como ya se indicó en el Capítulo III, entre las medidas preventivas y culturales que pueden servir para retrasar la aparición y propagación de la plaga en el cultivo, se recomienda la eliminación de malas hierbas hospedantes, tanto dentro como fuera del invernadero, para evitar que existan focos cercanos.

No obstante, la presencia de estas plantas es discutible. Por una parte, si la plaga sólo se está controlando con productos químicos, que afectarán en general a la entomofauna, es lógico que las malezas cercanas al cultivo se constituyan un reservorio del insecto dañino y por consiguiente deberán eliminarse (Prieto y Chacón de Ulloa, 1980). Por otra, en un manejo integrado de plagas, donde el control biológico jugaría un papel primordial, las malezas además de ser huésped de las plagas, servirían también de reservorio a los enemigos naturales que emigrarán al cultivo posteriormente (Zoebisch *et al.*, 1984). En este caso, las plantas hospedantes, reservorio de plaga y de la fauna beneficiosa, se deberían controlar más bien que destruir totalmente (Prieto y Chacón de Ulloa, 1980).

Tabla V.1 Relación de plantas huéspedes de minador identificadas en la provincia de Almería.

IDENTIFICACION	TERMINO MUNICIPAL	LOCALIZACION	MINADOR					
			GALERÍAS	LARVAS	PICADURAS	ADULTOS	ESPECIE	
<i>Amaranthus</i> sp. ( <u>Amarantaceae</u> )	Vícar	Aire libre	X					
<i>Amaranthus viridis</i> L. ( <u>Amarantaceae</u> )	La Mojonera	Invernadero			X	X		<i>L. bryoniae</i>
<i>Apium graveolens</i> L. ( <u>Umbelliferae</u> )	Puebla de Vícar	Invernadero	X	X	X			<i>L. trifolii</i>
<i>Aster squamatus</i> S. ( <u>Compositae</u> )	La Mojonera	Invernadero	X		X	X		<i>L. bryoniae</i>
<i>Chenopodium murale</i> L. ( <u>Chenopodiaceae</u> )	La Mojonera	Invernadero			X	X		<i>L. bryoniae</i>
<i>Chenopodium vulvaria</i> L. ( <u>Chenopodiaceae</u> )	La Mojonera	Invernadero			X	X		
<i>Gerbera jamesonii</i> ( <u>Compositae</u> )	La Mojonera	Invernadero	X	X	X	X		<i>L. trifolii</i>
<i>Heliotropium europaeum</i> L. ( <u>Boraginaceae</u> )	La Mojonera	Aire libre		X				
	San Agustín	Aire libre	X	X				<i>L. trifolii</i> ; <i>L. bryoniae</i>
<i>Malva parviflora</i> L. ( <u>Malvaceae</u> )	La Mojonera	Invernadero			X	X		<i>L. bryoniae</i>
		Aire libre						
<i>Mercurialis annua</i> L. ( <u>Euphorbiaceae</u> )	Vícar	Aire libre	X	X				
<i>Reichardia tingitana</i> L. ( <u>Compositae</u> )	La Mojonera	Invernadero	X	X				<i>L. bryoniae</i>
<i>Ricinus communis</i> L. ( <u>Euphorbiaceae</u> )	La Mojonera	Aire libre	X					
<i>Solanum nigrum</i> L. ( <u>Solanaceae</u> )	La Mojonera	Invernadero			X	X		<i>L. trifolii</i> ; <i>L. bryoniae</i>
	Vícar	Aire libre						
<i>Sonchus asper</i> L. ( <u>Compositae</u> )	La Mojonera	Invernadero			X	X		
<i>Sonchus oleráceus</i> L. ( <u>Compositae</u> )	La Mojonera	Invernadero	X		X	X		<i>L. bryoniae</i>
<i>Urtica urens</i> L. ( <u>Urticaceae</u> )	La Mojonera	Invernadero			X	X		<i>L. bryoniae</i>
<i>Vicia faba</i> l. ( <u>Leguminosae</u> )	Roquetas de Mar Puebla de Vícar	Aire libre			X	X		<i>L. trifolii</i> ; <i>L. bryoniae</i>
<i>Zinnia elegans</i> ( <u>Compositae</u> )	La Mojonera	Invernadero				X		<i>L. trifolii</i> ; <i>L. bryoniae</i>



Figura V.1. *Ricinus communis* L.



Figura V.2. *Ricinus communis* L.  
(Detalle galerías)



Figura V.3. *Chenopodium murale* L.



Figura V.4. *Chenopodium murale* L.  
(Picaduras)



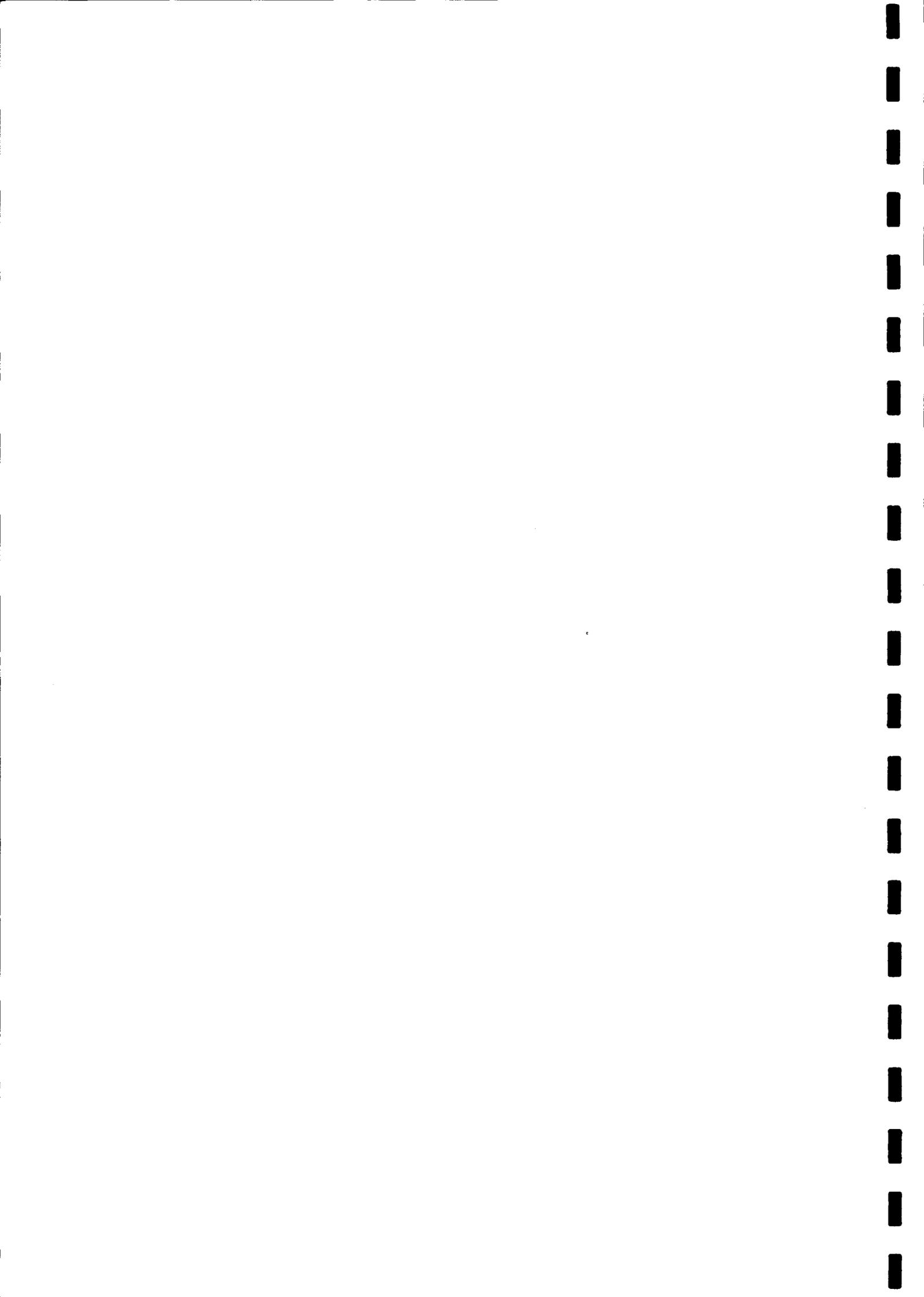
Figura V.5. *Urtica urens* L.



Figura V.6. *Urtica urens* L. (adulto)



**VI. COLONIZACIÓN DE MELÓN Y TOMATE POR LAS  
ESPECIES.**



## VI. COLONIZACIÓN DE MELÓN Y TOMATE POR LAS ESPECIES

### VI.1. INTRODUCCIÓN

En los estudios realizados con las especies de artrópodos, que alcanzan la categoría de plaga, ha primado la estimación de parámetros que permitieran definir y pronosticar la evolución de su población en función del tiempo, o en función de algún factor abiótico asociado a él, como suele ser la temperatura y/o la HR. Como parámetro esencial en esa evolución se ha considerado la intensidad de la población, medida en la mayoría de las ocasiones mediante una densidad media, que se expresa como número de individuos por una unidad de muestreo convenientemente elegida, y que, según el hábitat de la especie estudiada, se ha optado normalmente por escogerla entre una unidad de superficie/volumen de suelo, o un órgano vegetal representativo (foliolo, hoja, tallo). De este tipo de estudios existen ejemplos innumerables en la literatura, y para comprobarlo basta con repasar alguno de los textos más representativos de métodos ecológicos (Krebs, 1989; Southwood, 1978).

Estos estudios que tienen su campo de aplicación concreto, tal como se indicó en el párrafo anterior, y que permiten predecir la cuantía de las futuras poblaciones, ofrecen amplias lagunas cuando a través de ellos se intenta relacionar intensidad de la población de especies polivoltinas, sin acción directa sobre los órganos comercializables de la planta, y los posibles efectos en las producciones. Esto es debido a dos factores fundamentales. En primer lugar el valor puntual de la intensidad en uno, o en varios momentos, no es suficiente para explicar el detrimento productivo, ya que la plaga se mantiene durante un período de tiempo a niveles variables y para estimar su efecto es indudable que se tendría que utilizar una medida que fuera capaz de representar, con las debidas garantías, esa presión a que se encuentra sometido el cultivo por la plaga durante su período de permanencia sobre él. En segundo lugar, la intensidad valora la densidad media, pero no el grado de dispersión de la plaga. Es evidente que, para una misma densidad, el número, o la proporción, de plantas afectadas, no siempre será el mismo; es decir, el índice de colonización que presente la plaga sobre el cultivo variará y de acuerdo con él así será posteriormente la respuesta productiva del cultivo.

En epidemiología estos temas ya se abordaron de forma conjunta en la década de los setenta. Waggoner (1986) muestra cómo se adoptó finalmente la medida denominada AUDPC ("Area under the Disease Progress Curve"), que consiste en la integral de la proporción de órganos enfermos durante el período sintomático de la enfermedad. Con este sistema se resolvieron al mismo tiempo los problemas que planteaban los dos factores antes reseñados.

También en los trabajos referidos a ecología de artrópodos, resultó evidente la necesidad de encontrar fórmulas que permitieran relacionar aquellas plagas, con acción indirecta sobre las producciones, con las pérdidas que originaban. Ruppel (1983) utilizó el concepto de Insecto-día como un índice en protección vegetal con un significado similar al AUDPC; pero en este caso no se pretendía incluir el efecto de la colonización, sino únicamente comprobar como afectaban, a las producciones, las sucesivas densidades que, en el transcurso del tiempo, había de un determinado estadio del artrópodo. Smith *et al.* (1984) efectuaron una recopilación de los diferentes métodos utilizados, tanto en plagas como en enfermedades, dentro de los cuales se incluye el aquí comentado. Entre ellos se encuentran los propuestos para pulgones de los cereales (Rabbinge y Mantel, 1981) y para la araña roja de los frutales (Rabbinge, 1985). Además existen otros ejemplos, especialmente en estudios de las pérdidas originadas por ácaros (Welter *et al.*, 1984; Hoy, 1985) en los que también se hace uso de la unidad de medida mencionada, en este caso Acaro.día.

En agromicidos se utilizó una medida con características similares a la anterior, el total acumulado de galerías, con la que se intentó estimar el daño foliar (Chandler y Thomas, 1983). En cuanto a las especies de moscas blancas detectadas en los invernaderos de Almería, de *T. vaporariorum*, existe alguna documentación sobre la utilización de este método. Johnson *et al.* (1992) lo aplicaron en tomate, mientras que Rumei y Liying (1991) mejoraron los resultados al emplear como unidad la Biomasa.día de la totalidad de los estados inmaduros presentes. En cambio, en *B. tabaci* no existe constancia escrita de que haya sido tratada con esta metodología, y sí, por contra, de acuerdo con la ya comentada de intentar la búsqueda de relaciones entre densidades medias y producciones (Riley y Palumbo, 1995 a y b), o entre incidencias puntuales y producciones (Costa *et al.*, 1994); con resultados en ambos casos, como eran de esperar, claramente desalentadores, tal como lo demuestran los bajos Coeficientes de Determinación ( $r^2$ ) obtenidos en los modelos de regresión que estimaron.

En los casos anteriores de artrópodos no ha existido la intención de estudiar la colonización del fitoparásito, tal como se ha estado realizando en epidemiología. Moreno *et al.* (1994b) desarrollaron para las plagas el concepto de AUDPC; bautizándole con el nombre de la unidad con la cual se mide, Incidencia.día (*Inc.día*), en el que el término Incidencia (*Inc*) equivale a la proporción de plantas, o de un determinado órgano de la misma, con la presencia, o bien de algún miembro de la especie, o bien de daños ocasionados por ella. De este modo se equipararon en denominación las abundantes medidas de superficie, comprendida bajo curvas, y utilizadas hasta el momento, tales como, °C.día, Ácaro.día o Biomasa.día. En lo sucesivo se ha optado por utilizar este nombre, que expresa con mayor sencillez el concepto que encierra.

Si los ejemplos de colonización han quedado prácticamente circunscritos a los patógenos, de la caracterización de esa colonización en la literatura consultada no se ha preocupado, que se sepa, nadie, cuando precisamente éste es un aspecto de considerable importancia en protección vegetal. Este tema debe abordar dos puntos esenciales, a saber, las relaciones funcionales y la dinámica determinística del proceso.

#### **VI.1.1. Estimación de parámetros colonizadores. Diseño muestral.**

La estimación correcta y fiable de cualquier variable con la que se pretenda cuantificar fenómenos no cabe duda que es de vital importancia. En entomología aplicada se ha avanzado sobremanera en los conocimientos y aplicación de diversas técnicas de muestreo para estimar densidad de la población (Southwood, 1978; Pedigo y Buntin, 1994), pero en cambio no se han desarrollado métodos para valorar la *Inc*. Para indagar en esta faceta hay que recurrir obligatoriamente a la epidemiología cuantitativa, que es la disciplina que actualmente está fijando las bases científicas para la estimación de la *Inc* (Hughes y Madden, 1993; Madden, 1994; Hughes *et al.*, 1996; Madden y Hughes, 1999a y b).

Los tres pilares básicos que sustentan el diseño muestral son la unidad de muestreo, la técnica de muestreo y el tamaño de la muestra. La elección de la unidad de muestreo con la que estimar la *Inc* en cultivos hortícolas diferirá según sea el efecto que produzca el fitoparásito. Si afecta a la totalidad de la planta, como es el caso de las virosis y el de las micosis vasculares, o cuando la planta es pequeña y compacta como sucede en algunas especies (lechuga, col china, apio), obligatoriamente será la planta la unidad mínima que se tendrá que escoger. Si, en cambio, afecta a órganos concretos, tales como, hojas, frutos o brotes, lo normal es elegir el órgano afectado como la unidad mínima.

La técnica de muestreo que se elija dependerá del objetivo que se intente conseguir con el muestreo. Hay dos objetivos amplios que abarcan la práctica totalidad de las situaciones (Nyrop y Binns, 1991). Con el primero se pretenden obtener estimaciones con una precisión previamente fijada y ése es el motivo de que se le conozca con el nombre de "objetivo estimación". Con el segundo la intención es la de conocer si el valor estimado es inferior o superior a uno determinado y recibe el nombre de "objetivo clasificación", ya que en definitiva lo que se intenta es incluir a la población en una de las dos regiones que separa el valor crítico. Este último objetivo se enmarca principalmente dentro de la optimización del manejo de plagas y enfermedades.

Si se hace referencia al primer objetivo antes citado, en epidemiología, para estimar la *Inc* de plantas enfermas, se ha optado por el muestreo por conglomerados. Esta técnica de muestreo consiste en reticular la parcela de tal modo que cada celda de la retícula contenga el mismo número de plantas. En este tipo de muestreo se eligen al azar celdas (unidades de muestreo) y se observan en ellas el número de plantas enfermas, para finalmente expresar la *Inc* en cada celda por la proporción de las afectadas que contiene (Hughes *et al.*, 1996; Madden y Hughes, 1999b).

En los casos de plagas y enfermedades de partes aéreas de los cultivos hortícolas bajo plástico adquiere mayor importancia la estimación de la *Inc* de órganos afectados. Por desgracia existe muy poca documentación sobre este tema y en las ocasiones en que se ha abordado se ha tendido a la utilización de muestreos polietápicos (Duthie *et al.*, 1991; Moreno, 1997). Aunque, como ya se ha comentado, en los cultivos protegidos tiene más interés la *Inc* de órganos, se debe reseñar que en la actualidad existen métodos que permiten estimarla en función de la *Inc* de las plantas, tanto para distribuciones binomiales como beta-binomiales (Madden y Hughes, 1999a).

En cuanto a las técnicas de muestreo más adecuadas para abordar el "objetivo clasificación", existe una extensa tradición en entomología aplicada con el uso de los muestreos secuenciales (Krebs, 1989; Moreno, 1994a). Estos muestreos tienen la virtud de no requerir el conocimiento previo del tamaño de la muestra, ya que a medida que se observa cada muestra se sabe de inmediato si hay que continuar o no el muestreo. Esta experiencia ha sido recogida por la epidemiología, para la aplicación a la *Inc*, con notable eficiencia, y además ha desarrollado métodos para su extensión a la distribución beta-binomial, con la obtención tanto de las imprescindibles ecuaciones de las líneas de parada, como de las curvas de características operativas y de las del número medio de muestras. Esta distribución beta-binomial se ha constatado que es de gran utilidad en los planes secuenciales en los que interviene la *Inc* de plantas enfermas (Madden y Hughes, 1999b), y para facilitar su uso existe una aplicación informática de ajuste a los datos (Madden, 1994).

El tamaño de la muestra ha sido el cuello de botella en los estudios que estaban incluidos dentro del llamado "objetivo estimación". Es comprensible esta situación ya que el tamaño dependerá de la variabilidad de los datos, y ésta se conocerá una vez se haya realizado el muestreo y no antes. Para superar esta dificultad intrínseca en el diseño muestral, en entomología aplicada se ha avanzado con el estudio de planes, basados en el parámetro conocido como <<mean crowding>>, o índice de agregatividad de Lloyd (Lloyd, 1967), mediante los cuales es posible conocer de forma secuencial cuando la estimación alcanza

el nivel de precisión deseado (Kuno, 1969). Aunque este método también se ha aplicado con la *Inc* en epidemiología (Strandberg, 1973; Boivin y Sauriol, 1984) no ha tenido una aceptación generalizada. Hay otro sistema, aplicable al muestreo bietápico en entomología, que contiene cartas de intersección con las que, también secuencialmente, se determina el momento en el que se consigue la precisión requerida (Moreno, 1985).

Empleando los mismos principios que sustentan el método basado en el ya citado <<mean crowding>>, se ha elaborado un plan secuencial de muestreo con el que estimar la *Inc* de plantas enfermas (Madden y Hughes, 1999b). Con este método se parte de la ley potencial binaria, que afirma que la varianza muestral observada ( $v$ ) es una función potencial de la varianza teórica ( $v_r$ ), obtenida directamente de la distribución binomial. Su expresión logarítmica sería, en consecuencia, de la forma:  $\text{Log}(v)=\text{Log}(A)+b\text{Log}(v_r)$ , en la que  $A$  y  $b$  son valores que con anterioridad se han tenido que estimar. Si se sustituye  $v_r$  por su valor, la anterior ecuación se convertirá en:  $\text{Log}(v)=\text{Log}(A)+b\text{Log}[p(1-p)/n]$ , siendo  $p$  la proporción de plantas enfermas. Por lo tanto, la famosa ley potencial de Taylor sería un caso particular de esta ley. Si junto con la ecuación anterior se supone que los datos se ajustan a una distribución beta-binomial, el plan secuencial de muestreo se elaboraría con facilidad.

Si se hace referencia en concreto a los planes de muestreo de los artrópodos plagas de los cultivos protegidos, se comprueba que existe una información escasa, representativa de la escasa, también, investigación desarrollada en este campo. En *Liriomyza* spp., según las referencias, los parámetros estimados han cubierto desde la densidad de larvas vivas y de minas (Heinz y Chaney, 1995) hasta la de adultos capturados en trampas amarillas y de pupas recogidas en bandejas (Zehnder y Trumble, 1985). En los dos casos anteriores los planes de muestreo estuvieron basados en la ley de Taylor. Otra técnica utilizada para estimar la densidad media de larvas en plantaciones de sandía fue la estratificada por tamaño de hoja, que ofreció mejores resultados que la aleatoria (Lynch y Johnson, 1987).

En cuanto al objetivo de clasificación se han utilizado en alguna ocasión los planes secuenciales. En crisantemo se desarrolló un plan de este tipo para los adultos de *L. trifolii* capturados en placas amarillas engomadas. Se comprobó que la observación de sólo el 18% de las placas durante el cultivo fue suficiente para alcanzar el nivel de precisión fijado (Parrella y Jones, 1985). En tomate, también se han utilizado las placas para el desarrollo de un plan secuencial de muestreo y son consideradas como una adecuada herramienta para el muestreo de adultos

de *L. trifolii* en una gran variedad de sistemas de cultivo con un mínimo de tiempo y esfuerzo (Zehnder y Trumble, 1985).

En relación con *Bemisia tabaci*, lamentablemente no existe en la literatura consultada información relativa a estudios sobre diseños muestrales aplicables a los cultivos hortícolas protegidos. En cambio, sí existen artículos dedicados al muestreo en plantaciones de algodón, tanto para estimar densidades (Renou y Chenet, 1988; Butler *et al.*, 1989; Naranjo y Flint, 1994; Naranjo *et al.*, 1995; Naranjo y Flint, 1995; Naranjo *et al.*, 1997) como para desarrollar, dentro del objetivo clasificación, planes secuenciales binomiales (Naranjo *et al.*, 1997). Además también se han elaborado métodos para detectar y valorar la superficie afectada de parcelas de algodón por *B. tabaci* a través de la videografía aérea con infrarrojos (Everitt *et al.*, 1996). Otros estudios se han realizado en cultivos como el tomate al aire libre, donde se calculó el número mínimo de muestras para estimar la densidad de la población de los diferentes estadios (Schuster, 1998). En plantaciones de melón de tipo "cantaloup", plantado al aire libre, se desarrollaron planes secuenciales binomiales (Tonhasca Jr., 1994), se compararon diferentes métodos de muestreo (Palumbo *et al.*, 1995) y se han elaborado planes, con la aplicación de la ley de Taylor, para estimar densidades con un nivel previamente fijado de precisión (Gould y Naranjo, 1999).

En lo que concierne a la tradicional mosca de los invernaderos, *Trialeurodes vaporariorum* (Westw.), los estudios sobre el muestreo en invernaderos no han sido muy numerosos. En los primeros trabajos conocidos se coincide en señalar que la densidad media de pupas o adultos por planta fue imposible estimarla con suficiente fiabilidad, a no ser que se observasen todas las plantas del invernadero (Lenteren *et al.*, 1976; Eggenkamp-Rotteveel Mansveld *et al.*, 1978; Ekbom, 1980; Eggenkamp-Rotteveel Mansveld *et al.*, 1982; Xu Rumei, 1982). Como consecuencia de este fracaso, en años posteriores se utilizó en tomate una unidad básica de menor tamaño, el foliolo, con la que, y a través de un muestreo trietápico, se consiguieron resultados más esperanzadores (Yano, 1987). También para esta especie se han elaborado planes secuenciales binomiales (Martin y Dale, 1989).

Para otras plagas de cultivos protegidos la información también es escasa. Para *Frankliniella* spp. se elaboraron planes de muestreo, con niveles fijos de precisión, estimados con la ayuda de la ley de Taylor (Steiner, 1990; Salguero *et al.*, 1994). En Almería se han utilizado muestreos bietápicos para estimar la *Inc* de plagas y enfermedades en cultivos hortícolas bajo plástico (Moreno, 1997).

### VI.1.2. Modelos. Progresión de Incidencia.día.

Existe entre los investigadores una tendencia casi unánime de clasificar los modelos según ciertos criterios (France y Thornley, 1984; McKinion, 1992; Brown y Rothery, 1994). Uno de ellos es si el modelo incorpora o no el tiempo de forma explícita, lo que originará los tipos dinámicos o estáticos respectivamente.

Otro criterio se corresponde con el diferente enfoque con el que se puede abordar la confección de los modelos, lo que producirá dos tipos generales, los mecanísticos o jerárquicos y los descriptivos. En los primeros, los parámetros tienen significado biológico y su buen funcionamiento y fiabilidad en su aplicación dependen, en gran medida, de estos parámetros, que periódicamente han de ser estimados obligatoriamente en campo. Esta estimación es una rémora en nuestro caso particular, y por ello estos modelos tendrían cabida dentro de un capítulo de simulación para investigar las consecuencias de diversas hipótesis de partida, pero no dentro de un plan de Protección Fitosanitaria Integrada, ya que en él la economía de medios y de tiempo marcan la pauta decisiva para adoptar el método más adecuado (Fleming, 1983; Berger y Jones, 1985; Rabbinge *et al.*, 1993).

Los descriptivos utilizan esencialmente modelos empíricos de tipo estadístico, en los que no se pretende, como en los anteriores, ofrecer una interpretación matemática al proceso biológico estudiado; sino antes bien se intenta comprobar, mediante modelos de regresión, la bondad de ajuste de los datos a una serie de variables explicativas (Coakley *et al.*, 1982; Evans *et al.*, 1992), con el fin de utilizarlos en la predicción de los futuros valores de las densidades de las poblaciones. Estas variables suelen ser en su mayoría de tipo climático y en consecuencia estos modelos podrán ser utilizados con facilidad en los programas de control fitosanitario.

Otro tipo de modelo, en el que por regla general se dan cita los dos anteriores, se fundamenta en los métodos propuestos por la Dinámica de Sistemas (Wit y Goudriaan, 1978; Ferrari, 1978; Aracil, 1983). Según ésta, la estructura del modelo es jerárquica, mientras que para la predicción de la mayoría de las variables de estado del sistema se utilizan modelos estadísticos empíricos, previamente obtenidos (Termorshuizen y Rouse, 1993; Berger *et al.*, 1995; Luo *et al.*, 1997). Estos modelos, al igual que los anteriores, tienen validez para ser utilizados en los programas de protección fitosanitaria, ya que sus parámetros en su mayoría son climáticos y por tanto de muy fácil obtención.

Es dentro de este tipo de modelos, donde mayores avances se están produciendo, ya que con ellos es posible alcanzar la comprensión integral de los procesos implicados en la producción. Es evidente que cualquier plantación forma un sistema, ya que sus componentes están interrelacionados (Csáki, 1985). Además, como todo sistema, presenta una estructura jerárquica, compuesta por subsistemas autónomos (Dent y Blackie, 1979). Ante la constatación de que una acción sobre un componente puede originar cambios en otro u otros, y que estos cambios pueden producir retroalimentaciones entre algunos de los componentes, se llega a la conclusión de que para conocer la respuesta del sistema a cualquier modificación sería necesario modelizar el sistema en su conjunto, con la utilización de los niveles jerárquicos que se considerasen oportunos. Los primeros intentos de desarrollar modelos en los que se incluyesen diferentes aspectos fisiológicos de las plantas datan de 1961 (Gates, 1980), en que se elaboraron modelos parciales destinados a simular la fotosíntesis de una hoja. Durante los años siguientes se fueron conjuntando paulatinamente los resultados que se conseguían en nuevos estudios fisiológicos, hasta desembocar en uno de los modelos pioneros, BACROS, en la simulación del crecimiento de los cultivos (Wit, 1978). En este modelo, en el que compartieron espacio el método mecanístico con el descriptivo, se partió de la hipótesis de que el suministro de agua y nutrientes era el óptimo y de que no existían plagas, enfermedades y malas hierbas que afectasen a la plantación.

Con estos modelos del crecimiento de los cultivos se ha conseguido explicar, comprender y profundizar en cómo los procesos biofísicos actúan en la fisiología de la planta e investigar cómo influyen, en ese crecimiento, las posibles variaciones en los valores de los parámetros. Ejemplos de estos modelos son, entre otros, HORTISIM, desarrollado para cultivos de invernadero, mecanístico y que funciona a nivel jerárquico de órgano (Cohen y Gijzen, 1998; Gijzen *et al.*, 1998); SUCROS 1 y 2, de aplicación en trigo, ambos mecanísticos y con el ecosistema de nivel (Bouman *et al.*, 1996); CottonPlus, de uso en algodón, compuesto de sistema experto y modelo, este último de tipo conjunto mecanístico y descriptivo, y con el ecosistema de nivel (Lemmon y Chuk, 1998); y OWSimu, aplicable a más de una docena de cultivos y adventicias en las condiciones de Illinois y construido de forma descriptiva (Pan *et al.*, 2000).

El siguiente paso consistió en formular modelos con los que se predijesen las producciones. De esta forma surgieron los modelos productivos, fundamentales para abordar con criterios científicos las medidas tácticas y estratégicas más idóneas. De éstos por el momento existen pocos ejemplos. Algunos de ellos son, GLYCIM desarrollado para soja, mecanístico y con el

organismo como nivel jerárquico (Acock y Trent, 1991); GOSSYM/COMAX para algodón, en el que se conjugan modelo y sistema experto, mecanístico y con el ecosistema como nivel (Baker et al., 1983); y el grupo CROPGRO, desarrollado para leguminosas de grano, que comprende SOYGRO para soja, BEANGRO para judía y PNUTGRO para cacahuete, todos ellos son mecanísticos, y toman ecosistema y organismo como niveles (Hoogenboom et al., 1992). La mayoría de los modelos, tanto de crecimiento como productivos, están recogidos en un Registro de Modelos Ecológicos, al que se puede acceder a través de Internet en la dirección: [http://www.wiz.uni-kassel.de/model\\_db/models.html](http://www.wiz.uni-kassel.de/model_db/models.html).

Todos estos modelos parten de la hipótesis de que no hay presencia de agentes nocivos que puedan dañar a la plantación. El planteamiento posterior, en consecuencia, ha sido, y continúa siendo, el intento de inclusión del efecto de las plagas y enfermedades en la plantación. No cabe duda que la construcción de estos modelos es compleja y por ello en la actualidad existen pocos de este tipo (Pinnchmidt et al., 1995; Kropff et al., 1995).

Es comprensible que no todos los modelos sean útiles en todos los casos y circunstancias. No será el mismo tipo de modelo el que se emplee para examinar las consecuencias de una determinada mejora genética, que el que se utilice para realizar un adecuado manejo del cultivo, y también diferirá del que se use para adoptar medidas de alcance político (Boote et al., 1996).

Los modelos anteriores, que intentan reflejar y valorar el efecto de las plagas en las producciones, son los que se deben desarrollar dentro del ámbito del manejo integrado de la producción. No obstante, existen también multitud de modelos de los diferentes subsistemas. Si se hace referencia en exclusiva a las plagas más importantes de los cultivos hortícolas protegidos, como ejemplo se pueden citar, en *Trialeurodes vaporariorum* los que relacionan el huésped y el parasitoide *Encarsia formosa* (Yamamura y Yano, 1988; Hulspas-Jordaan y Lenteren, 1989; Yano et al., 1989a; Yano et al., 1989b; Yano, 1989a; Yano, 1989b; Roermund et al., 1997). También existen modelos para simular las dinámicas poblacionales de *Bemisia tabaci* en diferentes condiciones (Arx et al., 1983; Brewster et al., 1997).

Otro criterio de clasificación de los modelos consiste en considerar cuál es el tipo de proceso que se desea modelar, continuo o discreto en el tiempo. Si las poblaciones estuvieran estructuradas de tal forma que se pudieran distinguir y diferenciar en ellas diferentes fases (edades, tamaños o estadios) y se deseara proyectar la población en el tiempo, entonces, en el caso de los modelos mecanísticos, habría que recurrir a diferentes métodos de obtención de modelos según que estas fases fueran discretas o continuas. En el caso de que tanto el

proceso como las fases fueran discretos, el método sugerido sería el aportado por los modelos matriciales; en cambio, si ambos son continuos habría que utilizar las ecuaciones en diferencias parciales. Cuando el tiempo es continuo y la fase discreta, las ecuaciones diferenciales, con retraso incluido, serían las elegidas; mientras que en el último caso, tiempo discreto y fase continua se tendrían que emplear las ecuaciones integro-diferencias (Caswell, 2001).

Otro criterio se basa en la comprobación de si el modelo contiene o no algunos elementos aleatorios con sus correspondientes distribuciones de probabilidad. En el primer caso el modelo es estocástico y sus predicciones no serán unas cantidades determinadas y perfectamente definidas, sino que vendrán acompañadas de su función de densidad o de distribución. El segundo tipo de modelo será el denominado determinístico.

Por último, cuando el objetivo de los modelos se centra en la toma de decisiones, los modelos se clasifican en tácticos, estratégicos y de política agraria (Dent, 1991). Los primeros enmarcan su actividad en proporcionar soluciones a los problemas que diariamente se presentan en una plantación en concreto, y que lógicamente no serán extrapolables a otras plantaciones. Los segundos dan respuesta a cuáles serán las operaciones más idóneas que se deben realizar para que la actividad productiva sea rentable a largo plazo. Dentro de éstas se incluyen algunas como, tipo de invernadero a instalar, sistema de cultivo (suelo o substrato), variedades, aporte calorífico y de CO<sub>2</sub>, sistema de riego, y tantas otras de las que dependerá en gran parte el futuro de la explotación. Los últimos sirven para explorar las consecuencias que determinadas actuaciones pueden desencadenar en el ámbito regional, nacional e internacional. En el apartado correspondiente a la Toma de Decisiones se tratarán con más detenimiento los modelos tácticos.

Los modelos de progresión de *Inc* en epidemiología son abundantes, no así en entomología, y pueden quedar encuadrados en cualquiera de los citados anteriormente. Aunque existen pocos casos concretos de modelos de la progresión de *Inc.día* (Luo *et al.*, 1997; Moreno, 1997), esto no representa mayor inconveniente ya que de los modelos de *Inc* se pueden deducir fácilmente los de *Inc.día*.

### VI.1.3. Relaciones funcionales.

Este punto está relacionado con aquellas funciones que desde un punto de vista conjunto, biológico y matemático, mejor se adapta a la progresión de la *Inc.día*. Con ayuda de cualquiera de esas funciones será posible desarrollar

métodos que permitan estimar los períodos en que se alcancen valores críticos de la *Inc.* día para las plantaciones (Moreno *et al.*, 1994b). En la literatura existen abundantes funciones para la caracterización del proceso. Entre ellas, caben destacarse la monomolecular y las sigmoidales, de amplio uso en diferentes áreas de la Biología (Zadoks y Schein, 1979; Hunt, 1982; Brown y Rothery, 1993); así como la suma de algunas de ellas (Amorim *et al.*, 1993 ; Hau *et al.*, 1993; González y Moreno, 1996a y b).

#### VI.1.4. Dinámica determinística del sistema.

Este punto tiene por finalidad averiguar cuál es el destino final hacia el que se dirige el proceso colonizador, a través del análisis de los factores endógenos y exógenos que actúan sobre el sistema. Es indudable que uno de los puntos de mayor transcendencia para el porvenir de la parcela es la estimación del rango de los valores que las sucesivas *Inc* alcanzarán en el futuro. Si esto se consiguiera estaríamos en condiciones, con la suficiente antelación, de adoptar las medidas necesarias, en el caso de que las *Inc* futuras no estuvieran dentro de las permisibles, que paliaran la situación a la que se vería abocada de forma irremediable la parcela.

Un método que se podría aplicar a estos casos sería alguno de los que se desarrollan en un área muy importante de la Estadística conocida como Series Temporales o Cronológicas (Chatfield, 1982). Es evidente que los procesos epidémicos están enmarcados y, aún más, definidos por el transcurrir del tiempo; y cuando el tiempo, no sólo como tal sino como depositario de todas las acciones que se suceden en él, es un componente esencial del proceso, desde ese mismo momento los métodos que estas Series aportan deberán ser tenidos en cuenta y valorados en su justa medida. Aunque los resultados que se obtengan con su utilización sean específicos para cada serie y de ningún modo sean extrapolables a otras series afines, es indudable que este sistema se ha convertido en una herramienta muy poderosa para complementar el conocimiento y valoración de los procesos respectivos.

Por desgracia el avance en esta materia se ha centrado principalmente en los temas económicos, físicos, demográficos humanos e industriales y ha dejado huérfana a ramas tan importantes en Ecología como el estudio y modelización de las fluctuaciones poblacionales, con lo cual el abandono se ha hecho también extensivo, a aspectos ecológicos relacionados con la progresión de las plagas y enfermedades de nuestros cultivos.

Si se hace historia, el primer impulso a la utilización de las Series Temporales, en estos aspectos ecológicos, se produjo cuando se intentaron abordar los estudios de las fluctuaciones de las poblaciones animales, y surgió como consecuencia de la confrontación, que aún hoy perdura (Berryman, 1991; Wolda, 1989), entre dos teorías opuestas, aquélla que propugnaba que las poblaciones se regulaban por factores dependientes de la densidad, y la que por el contrario afirmaba que los factores reguladores eran independientes de la densidad (Nicholson, 1954; Andrewartha y Birch, 1954). Los que intentaron demostrar la validez de la primera teoría recurrieron a las Series Temporales con la utilización de modelos lineales, que aún hoy siguen siendo empleados.

Como estos modelos lineales no respondían adecuadamente a la complejidad de la dinámica poblacional, se detectó la necesidad de operar con modelos no lineales (May, 1974; Schaffer, 1985). Después de estos esporádicos intentos, en 1992 Turchin y Taylor (1992) fueron los primeros que, tras una indagación previa tanto en los trabajos ecológicos ya citados, como en los de tipo general de series temporales (Box y Draper, 1987), presentaron un método de análisis específico para las propiamente ecológicas, referido a la reconstrucción de las dinámicas determinísticas del sistema. La comprobación del método la realizaron empleando los censos anuales de 14 insectos en su mayoría forestales y los de 22 vertebrados. Además el método posee la gran virtud de adaptarse a las características particulares de estas series, que por regla general son de duración bastante más corta que las típicas que existen en otras ramas. La importancia de estos aspectos quedó patente en el Symposium que The Society of Population Ecology japonesa celebró en Octubre de 1995, en el que una de sus sesiones estuvo dedicada a la exposición de las nuevas tendencias en el estudio de aspectos relacionados con las fluctuaciones poblacionales. En una de las conferencias P. Turchin indicó los avances que ha experimentado el método al que antes se hizo referencia (Turchin, 1996). Además como consecuencia de un taller de trabajo posterior apareció un libro que recogió una puesta al día de los conocimientos de las dinámicas no lineales (Perry *et al.* eds, 2000).

El método citado de P. Turchin abre nuevas vías para la profundización en ámbitos poco investigados de la progresión de plagas y enfermedades y cuenta además con la ayuda inapreciable para su uso de una aplicación informática (Millstein y Turkin, 1994). En este trabajo se incorpora este método a las series temporales de la *Inc* constituidas por observaciones semanales, con lo cual se da un paso más al aplicar el método en los casos en que la periodicidad de la observación no sea anual, tal como es la norma en este tipo de series.

## VI.2. MATERIALES Y MÉTODOS

### VI.2.1. Cultivos y caracterización de las parcelas

Las observaciones se realizaron en plantaciones comerciales de tomate y de melón rastrero, distribuidas entre la zona de poniente y la de levante de la provincia del Almería. Se utilizaron dos tipos de parcelas, unas conducidas directamente por el agricultor, a las que en lo sucesivo se denominarán de control químico (CQ), y otras dirigidas con un criterio restrictivo en el uso de productos químicos y en las que se usaron además agentes biológicos. Estas últimas recibirán, a partir de ahora, el nombre parcelas de control integrado (CI).

Los invernaderos eran de tipo parral, con superficies comprendidas entre 2500 Y 4500 m<sup>2</sup> en melón y 2300 y 11000 en tomate, con el clásico suelo enarenado, con estructura plana o a dos aguas. Las técnicas de cultivo y la fertirrigación fueron las habituales de cada cultivo y de la zona.

Las Tablas VI.1 y VI.2 recogen las características más importantes de las parcelas, tanto de melón como de tomate.

*Tabla VI.1.- Características de las parcelas de melón.*

MUNICIPIO/ PRIMAVERA	TIPO	VARIEDAD	CONTROL	F.INICIO	F.FINAL	DENSIDAD (plts/m <sup>2</sup> )	SUPERFICIE. (m <sup>2</sup> )
NIJAR - 93	GALIA	MELINA ARANA	INTEGRADO	22/01/93	22/06/93	0.78	2500
NIJAR - 93	CHARENTAIS	JERAC	QUÍMICO	8/02/93	03/06/93	0.70	4000
NIJAR - 94	CHARENTAIS	CLIPPER	INTEGRADO	7/01/94	03/06/94	0.88	4500
NIJAR - 94	CHARENTAIS	CLIPPER	QUÍMICO	11/02/94	24/06/94	0.74	4400
NIJAR - 95	GALIA	ARAVA	INTEGRADO	6/03/95	13/06/95	0.82	3300
NIJAR - 96	GALIA	MELINA	INTEGRADO	11/01/96	17/06/96	0.96	4000
NIJAR - 96	CHARENTAIS	CLIPPER	QUÍMICO	9/01/96	4/06/96	0.85	3000

Tabla VI.2.- Características de las parcelas de Tomate.

MUNICIPIO	OTOÑO	VARIEDAD	CONTROL	F.INICIO	F.FINAL	DENSIDAD (plts.m <sup>-2</sup> )	SUPERFICIE. (m <sup>2</sup> )
ROQUETAS	93	DANIELA	INTEGRADO	4/09/93	9/06/94	1.4	3800
ROQUETAS	93	DANIELA	QUÍMICO	25/09/93	10/05/94	1.7	11000
LA CAÑADA	93	BUFALO	INTEGRADO	27/08/93	13/04/94	1.4	2300
ROQUETAS	94	RAMY G.C. 784	INTEGRADO	13/08/94	18/03/95	1.6	3800
ROQUETAS	94	RAMY G.C. 784	QUÍMICO	22/08/94	26/03/95	1.2	2700
NIJAR	94	DANIELA	INTEGRADO	22/09/94	30/03/95	1.4	4000
NIJAR	94	DANIELA	QUÍMICO	17/09/94	30/03/95	1.3	4650
ROQUETAS	95	DANIELA	INTEGRADO 1	3/09/95	4/06/96	1.2	3800
ROQUETAS	95	DANIELA	INTEGRADO 2	6/10/95	14/06/96	1.4	5000
ROQUETAS	95	DANIELA	QUÍMICO	3/09/95	4/06/96	1.4	5200
LA CAÑADA	95	DANIELA	INTEGRADO	15/09/95	8/05/96	1.7	3000
LA CAÑADA	95	DANIELA	QUÍMICO	17/09/95	15/04/96	1.2	3300

En las parcelas de CI se exigió el cumplimiento de una serie de requisitos higiénico - sanitarios:

- Plástico de la cubierta y de los laterales del invernadero en buen estado.
- Mallas en bandas y ventanas.
- Dejar transcurrir el máximo tiempo posible entre la retirada del cultivo anterior y la nueva plantación.
- Suelo libre, previo a la plantación, de vegetación espontánea y de restos de cultivos anteriores.
- Estructura del invernadero que ofrezca garantías, antes de la nueva plantación, de no albergar representantes de las especies plaga más comunes.

- Plántulas, utilizadas en los trasplantes, cuya perfecta sanidad haya sido garantizada mediante análisis patológicos previos, o que en su caso procedan de semilleros que aporten el pasaporte fitosanitario.
- No se asociarán otras especies vegetales en las mismas parcelas.
- Durante el cultivo, los invernaderos se mantendrán libres de malas hierbas, tanto en su interior como en su exterior.

Además durante el cultivo, en cada parcela de CI se realizaron las siguientes actuaciones:

- Previo al trasplante, análisis físico-químico del suelo y químico del agua.
- Análisis patológico del agua de riego.
- Análisis periódicos de suelo y hoja, con el fin de conocer el estado nutricional de la plantación y aportar en consecuencia las medidas correctoras que se estimaran más oportunas.
- Recogida de datos periódicos, facilitados por el agricultor, concernientes al fertirriego, a la polinización, a los tratamientos fitosanitarios, a la producción del cultivo y al resto de labores culturales que hubiera efectuado durante el período.
- Recogida de muestras de insectos, ácaros y nemátodos, y plantas con síntomas de enfermedades, para su posterior identificación en laboratorios especializados.
- Utilización de trampas de feromonas para el seguimiento de las especies de noctuidos más comunes en estos cultivos: *Spodoptera* sp., *Heliothis* sp. y *Cryodeixis* sp.
- Para comprobar las primeras apariciones de minador, pulgón y mosca blanca se utilizaron trampas adhesivas amarillas, y para las de trips, trampas azules. Además estas trampas sirvieron de complemento para el control de estas plagas.
- Seltas de parasitoides y depredadores comerciales para el control de determinadas plagas.
- Análisis de residuos en cada recogida de frutos.

- Toma periódica de muestras de material vegetal, para estimar el porcentaje de parasitismo sobre determinadas especies, como minador y mosca blanca.
- Utilización, entre los productos fitosanitarios autorizados en el cultivo, de aquéllos con especificidad para el fitoparásito, que además muestren compatibilidad y sean respetuosos con la fauna auxiliar, y que al mismo tiempo cumplan los plazos de seguridad.
- Colocación en cada invernadero de un termohigrógrafo a una altura de 50 cm del suelo, protegido de la radiación directa y con una buena ventilación.

Todos estos seguimientos y análisis sirvieron para obtener un conocimiento, lo más amplio posible, de las condiciones en las que se encontraba la plantación en cada momento.

## **VI.2.2. Colonización de los cultivos**

### **VI.2.2.1. Estimación de la Incidencia**

#### **VI.2.2.1.1. Diseño muestral**

En la mayoría de los invernaderos, su eje longitudinal está orientado en la dirección este - oeste, lo cual origina una diferencia de temperatura entre la zona norte y sur. Algo parecido ocurre con la humedad relativa respecto a la orientación este - oeste. Estas diferencias climáticas tienen una clara repercusión en la mayor o menor incidencia de la mayoría de los fitoparásitos. Por este motivo se creyó conveniente dividir el invernadero en cuatro sectores correspondientes a las combinaciones de cada una de las dos zonas (Norte y Sur) con cada una de las dos orientaciones (Este y Oeste). Esta división facilitó la ejecución de la técnica de muestreo utilizada, la bietápica, donde la Unidad Primaria (UP) de muestreo sería el Sector y la Secundaria (US) la Hoja.

Como el número de UPs fue pequeño (4 sectores), se prefirió que la fracción de muestreo de estas unidades fuese 1. El tamaño de la muestra de USs por sector se determinó previamente en muestreos pilotos. De ellos se dedujo que con 24 hojas por sector sería suficiente para alcanzar una fiabilidad aceptable ( $CV \leq 0.15$ ) en la mayoría de las ocasiones. Con infecciones bajas se usaron también 24 hojas, aunque el CV superase al establecido; situación que se consideró lógica y normal, pero sin mayor trascendencia para el estudio ya que el error absoluto de la estimación se mantuvo dentro de unos márgenes aceptables.

Las observaciones en cada invernadero se realizaron con una periodicidad semanal, cubriendo desde la semana posterior al transplante hasta la retirada del cultivo. Para estimar la *Inc* de picaduras se eligió una hoja al azar en la zona de la planta que todavía no contuviera galerías. En el caso de que la hoja presentase picaduras del minador se le asignó un valor 1 de *Inc*, en caso contrario el valor asignado fue 0. Para galerías se utilizó la zona restante de la planta, y para la valoración de su *Inc* se siguió un criterio similar al aplicado en picaduras.

**VI.2.2.1.2. Análisis de datos**

Una vez realizado cada muestreo, se estimó la *Inc* media de la parcela, y los parámetros necesarios para estimar el Intervalo de Confianza de la estimación y el Coeficiente de Variación. Esto se realizó con la ayuda de un programa desarrollado por R. Moreno en Basic (Moreno, 1994a y 1997). Las expresiones con las que se calculan estos valores son las siguientes:

Tabla VI.3. Estimación de parámetros.

PARÁMETROS	ESTIMADORES
Media General	$y = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_j} y_{ij}}{mn} = \frac{\sum_{i=1}^n \bar{y}_i}{n}$
Intervarianza	$ms_b^2 = m \frac{\sum_{i=1}^n (\bar{y}_i - \bar{y})^2}{n - 1}$
Intravarianza	$s_w^2 = \frac{\sum_{i=1}^n s^2 w_i}{n} = \frac{\sum_{ij} (y_{ij} - \bar{y}_i)^2}{n}$
Varianza General	$s^2 = s_b^2 + s_w^2 - \frac{s_w^2(1 - f_2)}{m}$
Varianza de $\bar{y}$	$VM = \frac{1 - f_1}{n} s_b^2 + \frac{f_1(1 - f_2)}{m} s_w^2$
Coef. De Variación	$CV = \frac{\sqrt{VM}}{y}$
Inter. De confianza	$y \pm \sqrt{VM}$

Donde:

$n$  = nº de UP muestreadas

$m$  = nº de US muestreadas en cada unidad primaria

$f_1 = n / N$  (fracción de muestreo de UP). Siendo  $N$  = nº total de UP

$f_2 = m / M$  (fracción de muestreo de US). Siendo  $M$  = nº total de US en cada UP

$s_b^2$  = valor que mide la variabilidad entre las unidades de mayor tamaño

$s_w^2$  = valor que mide la variabilidad entre cada una de las unidades menores

dentro de cada unidad mayor.

$s^2$  = valor que mide la variabilidad entre el total de las unidades de menor tamaño.

$\bar{y}_i$  = media/hoja que tiene la planta  $i$  de las  $n$  muestreadas

$\bar{y}$  = media/hoja en el total de la muestra

Una vez efectuadas las estimaciones de la *Inc* media y los errores de estimación, el programa antes citado también calculó la *I.dia* correspondiente a la semana en curso. El método usado para efectuar este cálculo fue el de la regla trapezoidal:

$$Inc.dia_0 = \frac{Inc_{-1} + Inc_0}{2} n$$

en la que  $n$  son los días transcurridos entre dos muestreos sucesivos, el subíndice  $0$  corresponde a la semana del muestreo y el  $-1$  al de la semana anterior.

Además, este programa generaba el total de *Inc.día* que se había producido desde la fecha de aparición de las picaduras hasta la semana actual.

De las bandas del termohigrógrafo se extrajo la información diaria siguiente:

Referentes a la temperatura:

T max (0-12): Temperatura máxima entre 0 y 12 horas.

T min (0-12): Temperatura mínima entre 0 y 12 horas.

T max (12-24): Temperatura máxima entre 12 y 24 horas.

T min (12-24): Temperatura mínima entre 12 y 24 horas.

Referentes a la humedad relativa (HR):

HR50: Horas con  $HR \leq 50 \%$

HR5090: Horas con  $50 \% < HR \leq 90 \%$

HR90: Horas con  $HR > 90 \%$

Los datos de temperatura extraídos sirvieron para calcular diariamente los °C.día. De los abundantes métodos existentes para realizar este cálculo, se eligió el siguiente (Osborne, 1981):

$$^{\circ}\text{C.día} = \frac{\frac{T_{\max}(0-12) + T_{\min}(0-12)}{2} + \frac{T_{\max}(12-24) + T_{\min}(12-24)}{2}}{2} - TU$$

donde TU es la temperatura umbral por debajo de la cual se detiene el desarrollo. El valor utilizado ha sido 10.5 °C (Miller y Isger, 1985).

Siempre que la fracción, que aparece como primer término en la expresión de los °C.día, sea menor que TU, los °C.día se consideran como cero.

Los °C.día totales se contabilizaron sumando los que se produjeron desde la semana anterior a la que se detectaron las primeras picaduras, hasta la semana anterior del muestreo en curso.

Como la respuesta de los minadores a los cambios climáticos no suele ser instantánea, de los datos de °C.día y de horas de HR se dedujeron otros con los que poder tener en cuenta esta circunstancia, como son los °C.día hasta 2 ó 3 semanas antes del último muestreo. Algo similar se efectuó también para la HR.

## VI.2.2.2. Progresión de la Incidencia.día

### VI.2.2.2.1. Modelos

Se desarrollaron modelos sencillos de predicción, de tipo descriptivo, de la progresión de *I.día*. Para ello se hizo uso de los de regresión lineal múltiple. La misión que se les encomendó a estos modelos fue la de predecir los valores que poseería la *I.día* una o dos semanas después de la que estuviera en curso.

Las variables que se utilizaron en la confección de los modelos fueron las siguientes:

SEM - Semana cronológica

SIP - Semanas transcurridas desde el inicio de la plantación

SCI - Semanas transcurridas desde el comienzo de la *Inc* de picaduras

IN - *Inc* en la semana en curso ( t )

IN1 - *Inc* en la semana t-1

IN2 - *Inc* en la semana t-2

AID - *I.día* en la semana t

AID1 - *I.día* en la semana t-1

AID2 - *I.día* en la semana t-2

IDIN - *I.día* inicial, correspondiente a la primera semana de presencia del minador.

ID - *I.día* hasta la semana en curso ( t ). Se calcula mediante la expresión:

$$\sum_{i=1}^t AIDi$$

ID1 - *l.día* hasta la semana t-1. Se calcula mediante la expresión:

$$\sum_{i=1}^{t-1} AIDi$$

ID2 - *l.día* hasta la semana t-2. Se calcula mediante la expresión:

$$\sum_{i=1}^{t-2} AIDi$$

IDMD - *l.día* media. Se calcula mediante la expresión: ID\*SCI<sup>-1</sup>

AGD - °C.día en la semana t

AGD1 - °C.día en la semana t-1

AGD2 - °C.día en la semana t-2

AGD3 - °C.día en la semana t-3

GD - °C.día hasta la semana en curso ( t ). Se calcula mediante la expresión:

$$\sum_{i=1}^t AGDi$$

La semana inicial que se utiliza para calcular esta variable y las dos siguientes es la anterior a la de aparición de picaduras.

GD1 - °C.día hasta la semana t-1. Se calcula mediante la expresión:

$$\sum_{i=1}^{t-1} AGDi$$

GD2 - °C.día hasta la semana t-2. Se calcula mediante la expresión:

$$\sum_{i=1}^{t-2} AGDi$$

GD21 - Se calcula como AGD1 + AGD2

GD22 - Se calcula como AGD2 + AGD3

AHR\*\* - Nª horas de humedad relativa (HR\*\* contiene tres variables, correspondientes a cada uno de los tres rangos utilizados de HR: <50; 50 a 90; >90)

AHR\*\*1 - HR\*\* en la semana t-1

AHR\*\*2 - HR\*\* en la semana t-2

AHR\*\*3 - HR\*\* en la semana t-3

HR\*\*21 - Se calcula como AHR1 + AHR2

HR\*\*22 - Se calcula como AHR2 + AHR3

A estas variables hay que añadir las correspondientes transformadas por Ln. Estas nuevas variables reciben el nombre de la primitiva anteponiéndole la letra L.

Las variables dependientes utilizadas en los modelos fueron IDMD y LIDMD. La obtención de *l.día* a partir de estos valores es inmediata.

Con el fin de desarrollar modelos con un campo amplio de aplicación, para cada especie hortícola estudiada, se analizaron conjuntamente, especie por especie, los datos del total de las parcelas de CI plantadas con ella. Los modelos se obtuvieron con ayuda del programa informático estadístico Statistix v. 3.5 y

siempre, claro está, se eligieron las variables explicativas que resultaron significativas ( $P < 0.05$ ).

#### VI.2.2.2.2. Relaciones funcionales

Uno de los factores esenciales para predecir a largo plazo la semana en la que se alcanzará un determinado valor de *l.día*, reside en el conocimiento de la función que mejor se ajuste a la progresión de esa medida del ataque. Las funciones comprobadas en este estudio fueron la logística y la Gompertz. Si se demostrase que en todas y cada una de las parcelas la progresión se explica por uno cualquiera de esos modelos, entonces se podría predecir fácilmente la semana en que se alcanzaría un determinado valor de la *l.día*. La deducción de las expresiones que realizarían estas predicciones se ofrece a continuación.

En el caso de la función Gompertz, el modelo general tiene la forma:

$$y = Ce^{C_1 e^{-rt}}$$

La asíntota ( $t \rightarrow \infty$ ) será:

$$y_{\text{máx}} = C$$

Luego a  $\frac{y}{y_{\text{máx}}} = p$  se le puede considerar como la proporción de valor

alcanzado en el tiempo sobre el máximo posible. La expresión inicial se convertirá en :

$$p = e^{C_1 e^{-rt}}$$

Los valores de  $p$  en el inicio ( $t_0$ ) y en otro momento cualquiera ( $t_n$ ) serán, una vez tomados previamente logaritmos de las inversas de  $p$ , los siguientes:

$$L \frac{1}{p_0} = -C_1 e^{-rt_0}$$

$$L \frac{1}{p_n} = -C_1 e^{-rt_n}$$

Si se dividen ambas expresiones se obtendrá:

$$\frac{L \frac{1}{p_0}}{L \frac{1}{p_n}} = e^{r(t_n - t_0)}$$

Si de nuevo se toman logaritmos, quedará:

$$r(t_n - t_0) = L\left(L\left(\frac{1}{p_0}\right)\right) - L\left(L\left(\frac{1}{p_n}\right)\right)$$

El valor  $-L\left(L\left(\frac{1}{p}\right)\right)$  es conocido como Gompit, de donde la expresión anterior

tomaría la forma:

$$r(t_n - t_0) = GOMPIT(t_n) - GOMPIT(t_0)$$

Si suponemos que  $t_n$  corresponde a una fecha conocida, y por lo tanto  $y_n$  es conocido,  $r$  se podría estimar como:

$$r_n = \frac{GOMPIT(t_n) - GOMPIT(t_0)}{t_n - t_0}$$

De aquí se deduce que el tiempo que tardará en alcanzarse un valor  $p_u$ , correspondiente a un determinado  $y_u$ , se estimará mediante la expresión:

$$(t_u - t_0) = \frac{GOMPIT(t_u) - GOMPIT(t_0)}{r_n}$$

En el caso de la función logística, el modelo general es:

$$y = \frac{C}{1 + e^{C_1 - rt}}$$

La asíntota ( $t \rightarrow \infty$ ) será:

$$y_{\text{máx}} = C$$

Luego a  $\frac{y}{y_{\text{máx}}} = p$  se le puede considerar, al igual que en el modelo anterior,

como la proporción de valor alcanzado en el tiempo  $t$  sobre el máximo posible. La expresión inicial se convertirá en:

$$p = \frac{1}{1 + e^{C_1 - rt}}$$

Los valores de  $p$  en el inicio ( $t_0$ ) y en otro momento cualquiera ( $t_n$ ) serán, una vez tomados previamente logaritmos:

$$L\left(\frac{1}{p_0} - 1\right) = C_1 - rt_0$$

$$L\left(\frac{1}{p_n} - 1\right) = C_1 - rt_n$$

Restando ambas expresiones quedará:

$$L\left(\frac{1}{p_0} - 1\right) - L\left(\frac{1}{p_n} - 1\right) = r(t_n - t_0)$$

o lo que es lo mismo:

$$L\left(\frac{p_n}{1-p_n}\right) - L\left(\frac{p_0}{1-p_0}\right) = r(t_n - t_0)$$

El valor  $L\left(\frac{p}{1-p}\right)$  es conocido como Logit, por lo que la expresión anterior

podría quedar como:

$$r(t_n - t_0) = \text{LOGIT}(t_n) - \text{LOGIT}(t_0)$$

Si suponemos que  $t_n$  corresponde a una fecha conocida, y por lo tanto  $y_n$  es conocido,  $r$  se podría estimar como:

$$r_n = \frac{\text{LOGIT}(t_n) - \text{LOGIT}(t_0)}{t_n - t_0}$$

Luego el tiempo que tardará en alcanzarse un valor  $p_u$ , correspondiente a un determinado  $y_u$ , se estimará mediante la expresión:

$$(t_u - t_0) = \frac{\text{LOGIT}(t_u) - \text{LOGIT}(t_0)}{r_n}$$

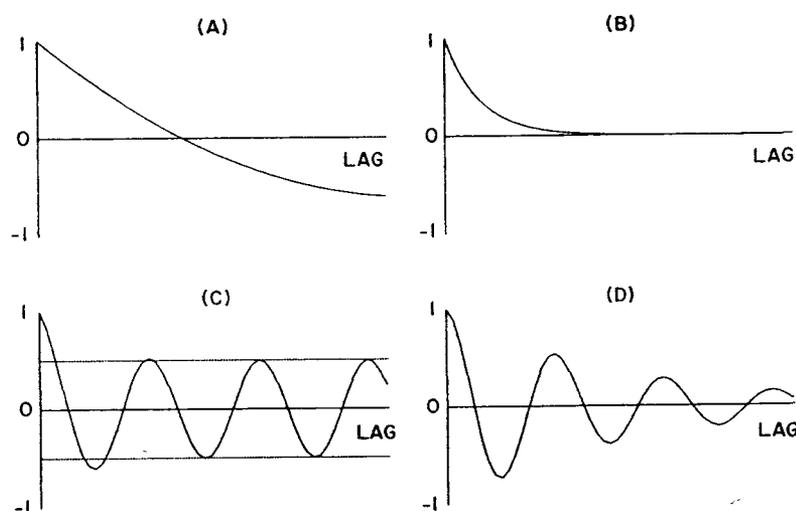
En ambos modelos la  $I.día$  corresponderá al valor que se ha denominado anteriormente  $y$ . Antes de aplicar las expresiones habrá que especificar una  $(I.día)_{máx}$ , que de antemano no será conocida, pero que con la experiencia que se haya acumulado de estudios anteriores no será difícil hacerlo. Además existe la posibilidad, según varíen las condiciones de la parcela, de variar también esos valores máximos.

Con este método será posible predecir cada semana, a partir de la tercera desde la aparición de picaduras, aquella en que se alcanzará el umbral previamente estipulado. Para que la precisión de la predicción sea mayor, a los datos semanales que existan hasta la semana en curso, se les añadirán los de las dos semanas siguientes, que se estimarán con la ayuda de los modelos descriptivos elaborados previamente, según se explicó en el apartado anterior.

#### VI.2.2.3. Dinámica determinística del sistema

Para realizar este tipo de análisis se necesitarían al menos 10 observaciones desde que se advierta la presencia inicial del fitoparásito en la plantación. En el caso de cultivos efímeros, que apenas duran tres o cuatro meses, como sucede con el melón, o en el de plagas o enfermedades con una escasa presencia temporal en las plantaciones, la previsión del camino por el que transcurrirá la plantación y su destino final podrán poseer importancia teórica; pero desde el punto de vista práctico de actuación, para atajar posibles desvíos no deseables, no presenta interés, ya que el tiempo de que se dispondría para maniobrar con eficacia sería mínimo. Por ello, en estos casos lo importante es averiguar cuál fue el comportamiento de los factores endógenos y exógenos en cada una de las plantaciones y valorar su acción, con el fin de comprender y mejorar en el futuro nuestras decisiones.

Para desarrollar modelos de la acción de los factores endógenos es imprescindible que el proceso representado por la serie sea estacionario. Un proceso se dice que es de esta naturaleza cuando fluctúa alrededor de valores medios constantes, manteniendo varianzas también constantes (Turchin y Taylor, 1992). Una herramienta muy útil que se utiliza para comprobar si se cumple el anterior requerimiento es la función de autocorrelación, también llamado correlograma. El proceso será estacionario cuando esta función tiende a cero a medida que se incrementa el orden de la autocorrelación. En la Fig. VI.1 se representan algunas de las funciones teóricas. Las B y D son típicas de procesos estacionarios. En la primera de ellas se alcanza el cero de forma exponencial, mientras que en la segunda se logra de forma monotónica y oscilatoria. En cambio las funciones A y C son representativas de procesos no estacionarios.



**Figura VI.1.** Funciones de autocorrelación (según Turchin y Taylor, 1992)

Las principales causas que originan procesos no estacionarios son, en primer lugar, la inexistencia de regulación dependiente de la densidad, lo que conduce a correlogramas similares al A.

Otra de las causas es la estacionalidad de los datos provocada por los cambios climáticos que se producen durante el año, y que dará lugar a correlogramas como el del tipo C. En cultivos perennes, un método, con el que se evitan los problemas que genera la posible estacionalidad, consiste en estudiar sólo las fluctuaciones interanuales de las poblaciones. En el caso del melón y tomate, al tener un ciclo de cultivo muy corto, la estacionalidad no se presentará.

Otra causa, la de mayor importancia en las especies estudiadas, es la tendencia de los datos. Esta tendencia surge como consecuencia de una variación de la población en respuesta a un determinado estímulo climático. La forma típica de obtener una tendencia en estado puro es mediante la introducción en una cámara de cultivo, a condiciones ambientales previamente fijadas, del soporte vegetal correspondiente. Tras su posterior inoculación, la población del fitoparásito experimentará una variación gradual, como resultado de las condiciones climáticas a las que se encuentra sometido. El correlograma que se obtendría con la presencia de tendencia sería del tipo A.

Para poder utilizar la aplicación informática, ya citada en el capítulo anterior, y que analizará la dinámica del proceso, éste debió de ser estacionario, es decir se tuvo que eliminar la tendencia, cuando ésta existió. Como esta

aplicación trabaja con los datos transformados logarítmicamente, la citada eliminación se ejecutó sobre estos datos y no sobre los originales. Para quitar la tendencia, los transformados se ajustaron a una función polinomial, como máximo de tercer grado. Una vez realizado, a estos datos se les sustrajo el valor correspondiente de la función; con lo cual se obtuvieron unos valores que después de ser sometidos al antilogaritmo dieron como resultado los definitivos. A éstos se les estimó el correlograma, y cuando se confirmó la desaparición de la tendencia, ya fue posible analizarlos, con las debidas garantías, utilizando la aplicación informática.

Los valores definitivos contienen información sobre el efecto de los factores endógenos y exógenos. Los primeros son aquéllos que establecen una acción recíproca con el sistema a través de realimentaciones de mayor o menor complejidad, tal como sucede con los enemigos naturales. Los segundos ejercen una acción unívoca hacia el sistema, e incluyen perturbaciones de todo tipo, tanto climáticas como humanas. Además de estos factores, los datos reflejarán también los errores de observación en campo y de estimación de los modelos.

De forma sucinta se puede indicar que el análisis de los datos que realiza la aplicación consta de cuatro pasos consecutivos. El primero de ellos está circunscrito a la caracterización de la dinámica propia del sistema mediante la utilización de herramientas muy útiles; entre las que cabe destacar la representación gráfica en el tiempo de los datos observados, el gráfico de fase en el que se representan las poblaciones  $N_t$  en abscisas y  $N_{t+1}$  en ordenadas, y el correlograma. Del correlograma ya se ha indicado la importancia que posee para detectar tendencias. Con el gráfico de fase es posible, por ejemplo, constatar la presencia de regulaciones en las poblaciones por enemigos naturales, ya que en estos casos la curva muestra órbitas circulares en el sentido de las agujas de un reloj alrededor de un punto.

El segundo de los pasos consiste en ajustar las dinámicas endógenas con el método de las superficies de respuesta, que en esencia es una aproximación polinomial a los datos. Para ello y con el fin de facilitar el cálculo, en lugar de ajustar el valor  $N_t$  de la población se utiliza la tasa de variación,  $r_t = \ln(N_t/N_{t-1})$ , que en su forma funcional para el ajuste sería:

$$r_t = P_q(X, Y, \dots, Z) + \varepsilon_t = P_q(N_{t-1}^{\theta_1}, N_{t-2}^{\theta_2}, \dots, N_{t-d}^{\theta_d}) + \varepsilon_t$$

Donde,  $P_q$  indica que el polinomio es de grado  $q$  y  $d$  es el número de observaciones anteriores que se han de retener para explicar la tasa de variación en la semana en curso, y que será un fiel reflejo del efecto que la acción de los factores

endógenos en fechas previas tiene sobre la población actual.  $\varepsilon_t$  representa el efecto del componente exógeno y de los posibles errores de observación.  $\theta_i$  son los exponentes de la transformación potencial a la que se someten los datos. Los valores  $q$  y  $d$  tienen que ser previamente estimados. También se ha de determinar cuál será el intervalo de tiempo ( $\tau$ ) que se utilizará para analizar los datos (cada semana, cada dos semanas, ....), ya que si existiera redundancia en esos datos y se tomaran semanalmente los resultados del análisis serían incorrectos.

Como ejemplo, el modelo que correspondería a un grado  $q=2$  y a una dimensión  $d=2$  tendría la siguiente expresión:

$$r_t = a_0 + a_1X + a_2Y + a_{11}X^2 + a_{22}Y^2 + a_{12}XY + \varepsilon_t$$

El tercer paso trata de la selección del modelo, estimando sus parámetros de modo que se obtenga el mejor ajuste. Por último, la aplicación caracteriza las dinámicas que proporciona el modelo elegido mediante su exponente dominante de Lyapunov (EL), de tal modo que valores negativos del mismo significarán que el sistema tiene un punto, o un ciclo límite de equilibrio, lo que demostraría la estabilidad del sistema. Si el exponente es igual a cero la línea del gráfico de fase tenderá a instalarse sobre una elipse, y el comportamiento del sistema será en este caso casi - periódico. A medida que este exponente adquiera valores positivos cada vez más altos, el sistema poseerá un comportamiento más caótico, o, lo que es lo mismo, que a pequeñas variaciones de las condiciones iniciales las trayectorias que seguiría el sistema en cada caso serían completamente diferentes. En este caso el gráfico de fase, o bien puede constar de varios conjuntos de trayectorias, independientes entre sí, que conducirán a un comportamiento periódico, o bien, en casos con una fuerte componente caótica, estar formado de una nube aleatoria de puntos.

Por otra parte, en la estimación del modelo aparecen otros parámetros que permitirán comprender con mayor profundidad la explicación que ofrece el modelo del sistema. Entre ellos se encuentra la desviación típica residual ( $\sigma$ ), que es debida a los factores exógenos y con la que se podrán simular los efectos de perturbaciones extrañas en el modelo, con tal de añadirle valores aleatorios pertenecientes a una distribución log-normal de media 1 y de varianza  $\sigma^2$ . Otro parámetro ( $\gamma$ ) que mide la fiabilidad de la predicción con el modelo se consigue calculando la suma media de cuadrados de desviaciones entre los valores predichos y los reales dividida por la varianza de la predicción.

### VI.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### VI.3.1. Gestión agronómica de las plantaciones

Aunque en este estudio se generó una abundante información sobre aspectos, tales como, situación química de suelo y planta, aportes nutritivos e hídricos realizados, así como sobre apariciones de síntomas asociados a deficiencias de macro y oligoelementos y a fisiopatías, en este apartado se ha preferido referirse únicamente al manejo concreto de los problemas estrictamente fitosanitarios de las plantaciones.

##### VI.3.1.1. Melón

En la Tabla VI.4 aparece un resumen de lo sucedido en cada parcela, donde figuran: fitoparásitos presentes, control químico realizado (nº de tratamientos y nº de productos), sueltas de enemigos naturales, y producción obtenida.

Tabla VI.4. Resumen de la gestión agronómica de las parcelas de melón

PARCELA	FITOPARASITOS	C.QUÍMICO Tr./Pr.	.SUELTA ENEM.	PRODUCCIÓN. Kg.m <sup>-2</sup>
NJ 93 - CI	Minador/Araña roja/Trips/Pulgón/ Oidio/Mildiu	9/6	4 Nc/3Ol 3Ds+Di/ 6Ac/6Aa/ 3Pp (focos)	4.1
NJ 93 - CQ	Minador/Trips/ M. blanca/ Araña roja/Oruga/Oidio/ Mildiu	6/11	-----	2.7
NJ 94 - CI	Minador/Trips/ Araña roja/ Oidio/Cribado	15/7	2Nc/2Ol 1Di+Ds/2Pp	2.1
NJ 94 - CQ	M. blanca/Trips/ Minador/Oidio	8/6		4.36
NJ 95 - CI	M.blanca/Trips/ Minador/Araña roja/Pulgón/Oidio	6/7	4Ac/4Aa 4Di/3Pp	3.55
NJ 96 - CI	Minador/Araña roja/Trips/Pulgón /Oidio	5/5	2Ds+Di/4Di/ 3Ac/3Aa	4.25
NJ 96 - CQ	Minador/Pulgón Oruga/Oidio/ Mildiu/Nemátodos	9/7	-----	1.58

Nc: *Neoseiulus cucumeris*  
Di: *Diglyphus isaea*  
Pp: *Phytoseiulus permisilis*

Ol: *Orius laevigatus*  
Ac: *Aphidius colemani*  
Tr/Pr.: nº tratamientos/nº productos

Ds: *Dacnusa sibirica*  
Aa: *Aphidoletes aphidimiza*

Como norma general, en todas las campañas, la incidencia de mosca blanca fue baja, por lo que no se necesitaron aplicaciones químicas, salvo en la parcela de CQ de la campaña 93. En las plantaciones NJ93-CI y NJ95-CI se identificaron las dos especies, *B. tabaci* y *T. vaporariorum*, en el resto de años y parcelas la especie predominante fue *B. tabaci*. También se detectó la presencia numerosa de parasitoides y depredadores autóctonos, pertenecientes a las especies: *Eretmocerus mundus*, *Encarsia transvena*, *Encarsia formosa*, y *Cyrtopeltis tenuis*.

En las experiencias de control integrado llevadas a cabo en la provincia de Cádiz en cultivo de melón entutorado de la variedad Galia (Baraja *et al*, 1997), se realizaron introducciones de *E. formosa* para el control de *B. tabaci*, sin embargo la suelta de este parasitoide no fue efectiva, lo que obligó a realizar dos tratamientos químicos en dos semanas consecutivas. En uno de los conteos efectuados, se detectó la presencia de forma natural del parasitoide *E. mundus*. En los Reglamentos Específicos de Producción Integrada para cultivo de melón de la Junta de Andalucía (BOJA nº10 (pp.1540-1553) de 25 de Enero de 2001 se recomienda para el control de esta plaga la introducción de *E. formosa*, *E. eremicus*, *E. mundus* y *Macrolophus caliginosus*, así como el uso de las materias activas buprofezin, azadiractin y otro insecticida de origen biológico, *Beauveria bassiana*.

La especie de minador identificada fue *L. bryoniae*. En las parcelas de CI la incidencia fue media-alta, y para su control se realizaron sueltas de *Diglyphus isaea* + *Dacnusa sibirica*. Cuando esta medida no fue suficiente, se aplicaron ciromazina 75% y abamectina 1.8%. En las parcelas de CQ los tratamientos mantuvieron las poblaciones de esta plaga a densidades bajas.

Baraja *et al*. (1997) realizaron experimentos de control integrado, controlando el minador con dos introducciones de *D. isaea*. La primera la hicieron cuando observaron las primeras picaduras de alimentación o minas, y la segunda diez días más tarde. A las tres semanas de la primera introducción se observó que la mayoría de las larvas del minador estaban parasitadas, destacando la gran adaptación y desarrollo de este parasitoide, ya que las galerías solamente afectaron a las hojas basales de la planta. Por otro lado, para melón, el Reglamento Específico recomienda contra esta plaga la colocación de placas cromotrópicas amarillas, la suelta de *D. isaea* como agente de control biológico y el uso de las materias activas ciromazina, azadiractin y abamectina, esta última de forma restringida.

La presencia de araña roja se localizó en algunas zonas de los invernaderos, aun así los tratamientos se realizaron tanto en los focos como de

forma generalizada. Se hicieron sueltas de *Phytoseiulus persimilis*, aunque en general no actuó con la eficacia esperada. Las especies de araña roja identificadas fueron *Tetranychus urticae* y *Tetranychus turkestanii*, y también lo fue el depredador natural *Amblyseius californicus*.

Baraja et al. (1997) también ha realizado sueltas de *P. persimilis* para el control de araña roja, en el momento en el que los conteos semanales mostraron un aumento progresivo de la plaga, Sin embargo se tuvo que dar un tratamiento químico para frenar el avance del ácaro, ya que el fitoseido no fue capaz de adaptarse con rapidez y actuar con eficacia. En cuanto al ya citado Reglamento Específico, este recomienda la suelta de *P. persimilis* y *Neoseiulus californicus* para el control biológico de esta plaga y varios acaricidas, algunos con uso restringido.

La especie de trips identificada fue *Frankliniella occidentalis*. Para su control se hicieron sueltas de *Neoseiulus cucumeris* y *Orius laevigatus*, y en algunas parcelas se aplicaron tratamientos químicos. Se detectó la presencia de depredadores autóctonos, las especies identificadas fueron *Neoseiulus barkeri*, *Orius albidipennis* y *Orius laevigatus*, estos dos últimos más frecuentes en flor.

El, ya varias veces citado, Reglamento Específico recomienda contra este trips la suelta de varias especies de *Orius*, *O. laevigatus*, *O. albidipennis*, *O. majusculus*, además de *Neoseiulus cucumeris*. Sólo recomienda algunas materias activas pero con uso restringido. En las experiencias de Baraja et al. (1997) el control de trips se realizó con *O. Laevigatus*, que se distribuyó por todo el invernadero cuando aparecieron las primeras flores. A las tres semanas de la suelta ya se observó la eficacia de este depredador en el control de la plaga.

El pulgón prácticamente no tuvo *Inc.* Se hicieron sueltas de *Aphidius colemani* y *Aphidoletes aphidimiza*. La especie identificada fue *Aphis gossypii*. Los enemigos naturales identificados fueron *Aphidius* sp., *Aphidoletes* sp., *Scymnus* sp., *Coccinella* sp., *Chrysopa* sp., y *Adonia variegata*.

En cuanto a lepidópteros no hubo presencia destacable en las plantaciones. Las especies capturadas en las trampas con feromonas fueron *Spodoptera exigua* y *Crysoideixis chalcites*.

Con relación a las enfermedades, las más importantes fueron oídio y mildiu. En la parcela NJ94 CI apareció el virus del cribado del melón (MNSV), que a pesar de afectar al 40% de plantas, no tuvo incidencia sobre la plantación, debido a que el melón era tipo "Charentais, más resistente a esta enfermedad.

En las parcelas de CQ, en general, se han dado más tratamientos con más productos que en las parcelas de CI, aunque estas diferencias fueron pequeñas. En la mayoría de las parcelas de control integrado los tratamientos se dirigieron contra enfermedades como oídio o mildium. Muestra de ello es cómo en la parcela NJ94-CI de los 15 tratamientos realizados, 10 se dieron para el control de oídio.

Las producciones variaron según el tipo de melón, fueron en general más altas para los de tipo "Galia", entre 3.5 - 4.2 kg.m<sup>-2</sup>, que para los "Charentais". Las producciones en este último tipo variaron entre 1.6 - 2.7 kg.m<sup>2</sup>, excepto en la parcela de control químico de la primavera 94, donde la producción alcanzó los 4.4 kg.m<sup>-2</sup>.

### VI.3.1.2. Tomate

Un resumen de la presencia de distintos fitoparásitos, actuaciones más significativas con relación al control químico y biológico, así como la producción en Kg.m<sup>-2</sup> quedan expuestos en la Tabla VI.5. En este caso se optó por incluir también la producción en kg.m<sup>-2</sup>.mes<sup>-1</sup>, que reflejará de una forma más real la capacidad productiva de la parcela, al tener en cuenta la duración del cultivo.

Tabla VI.5. Resumen de la gestión agronómica de las parcelas de tomate

MUNICIPIO/ OTOÑO	CONTROL	FITOPARASITOS	C.QUÍMICO Tr./Pr.	SUELTA ENEM. NAT.	PRODUC.	
					Kg.m <sup>-2</sup>	Kg.m <sup>-2</sup> . mes <sup>-1</sup> . Mes
ROQUETAS 93/94 (RQ 93/94)	Integrado (CI)	M.Blanca/Minador Arañeroja/Trips Pulgón/Oruga Oidio/Mildiu Botrytis/Alternaria	15/21	10 Ef 4Di+Ds	8.7	0.97
ROQUETAS 93/94 (RQ 93/94)	Químico (CQ)	M.Blanca/Minador Trips/Araña roja Oruga/Pulgón Oidio/Mildiu Botrytis/Alternaria	16/24	---	7.5	1.00
LA CAÑADA 93/94 (CÑ 93/94)	Integrado (CI)	M.Blanca/Minador Araña roja/Oruga Vasates/Nemátod. Pulgón/Trips Oidio/Alternaria Virus PVY	9/2	10 Ef/1Pp	6.1	0.81

Tabla VI.5. Continuación

MUNICIPIO/ OTOÑO	CONTROL	FITOPARASITOS	C.QUÍMICO Tr./Pr.	SUELTA ENEM. NAT	PRODUC.	
					Kg.m <sup>-2</sup>	Kg.m <sup>-2</sup> . mes <sup>-1</sup>
ROQUETAS 94/95 (RQ 94/95)	Integrado (CI)	M.blanca/Minador Araña roja/Oruga Vasates/Trips Pulgón/Botrytis Oidio/Alternaria Bacteria/Virus Bronceado (TSWV)	8/7	4Di/3Pp	7.9	1.13
ROQUETAS 94/95 (RQ 94/95)	Químico (CQ)	M. blanca/Minador Oruga/Trips Botrytis/Oidio Virus Bronceado (TSWV)	12/13	---	9.3	
NIJAR 94/95 (NJ 94/95)	Integrado (CI)	M.blanca/Minador Oruga/Trips Pulgón/Botrytis Oidio/ Virus Bronceado (TSWV)	8/9	---	5.5	0.88
NIJAR 94/95 (NJ 94/95)	Químico (CQ)	M.blanca/Minador Orugas/Pulgón Botrytis/Oidio	12/16	---	6.8	1.05
ROQUETAS 95/96 (RQ 95/96)	Integrado-1 (CI1)	M.blanca/Pulgón Vasates/Oidio Botrytis/Alternaria Mildiu	15/21	4 Di 1Am/1Aa	11	1.22
ROQUETAS 95/96 (RQ 95/96)	Integrado-2 (CI2)	M.blanca/Minador Vasates/Trips Pulgón/Orugas Nemátodo/Botrytis Mildiu/Bacterias	17/28	4 Di 1Am/1Aa	15.7	1.90
ROQUETAS 95/96 (RQ 95/96)	Químico (CQ)	M.blanca/Minador Botrytis/Alternaria Bacterias	11/26	---	10.5	1.17
LA CAÑADA 95/96 (CÑ 95/96)	Integrado (CI)	Minador/Pulgón Orugas/Oidio Botrytis/Nemátodo	11/13	2Di/2Pp 1Am/1Aa	10.1	1.31
LA CAÑADA 95/96 (CÑ 95/96)	Químico (CQ)	Orugas/Oidio Alternaria	8/18	---	--	--

Ef: *Encarsia formosa*  
Am: *Aphidius matricariaei*  
Pp: *Phytoseiulus permisilis*

Ds: *Dacnusa sibirica*  
Aa: *Aphidoletes aphidimiza*  
Tr/Pr: n° tratamientos/n° productos

Di: *Diglyphus isaea*

Se identificaron las especies de mosca blanca *B. tabaci* y *T. vaporariorum*. La especie predominante fue la primera, aunque en algunas parcelas (RQ94/95-CI, NJ94/95-CI RQ95/96-CI1 y CÑ95/96-CI) apareció de forma anecdótica *T.*

*vaporariourm*. Hubo presencia de parasitoides autóctonos pertenecientes al género *Eretmocerus*. La incidencia de cada una de estas especies de mosca fue desigual, tanto en las distintas campañas como en las diferentes parcelas. En el otoño del 93 se realizaron sueltas de *E. formosa*. En la mayoría de las parcelas de CI no se aplicaron tratamientos químicos contra esta plaga, a diferencia de lo sucedido en las parcelas de CQ.

El programa de control integrado para cultivo de tomate protegido que se ha venido desarrollando en la Comunidad Autónoma de Cataluña desde 1989 hasta 1998 recomendaba para el control de mosca blanca (*T. vaporariorum*) la liberación inoculativa de *E. formosa* (Alomar *et al.*, 1992). Sin embargo en los años 90 se empezó a observar la presencia de importantes poblaciones naturales del parasitoide exótico *E. pergandiella*, que colonizó espontáneamente los invernaderos, e interfirió con *E. formosa*. El grado de parasitismo de *E. formosa* observado a partir del establecimiento de *E. pergandiella* fue muy inferior al observado en campañas anteriores. Por esta razón, hoy en día *E. formosa* no se está utilizando para el control de la mosca blanca de los invernaderos. En su sustitución, en tomate de primavera en invernadero se utiliza la liberación inoculativa de adultos y ninfas de *M. caliginous*, especie depredadora más abundante en esta zona, que coloniza tanto los cultivos de invernadero como los de aire libre. En el ciclo de otoño, la estrategia de control se basa en la conservación de las poblaciones naturales de este enemigo natural y sólo se libera artificialmente el depredador en algunos invernaderos donde la colonización es insuficiente (Gabarra, 2002).

En Cádiz, Baraja y González (1998), en tomate de otoño, realizaron introducciones del depredador *M. caliginosus* para el control de *B. tabaci*, especie que fue la predominante, a la dosis de 1 individuo por m<sup>2</sup>, repitiendo a las dos semanas. Sin embargo, las observaciones realizadas en los muestreos semanales indicaron que el control de la mosca blanca se debió a la presencia de un insecto auxiliar autóctono, *Cyrtopeltis tenuis*, chinche depredadora que se sitúa principalmente en los brotes nuevos de la planta, y que fue capaz de mantener, desde el principio hasta el final, un nivel de población que no afectó a las plantas en su desarrollo habitual.

En general la incidencia de minador fue baja, por lo cual no fueron necesarios los tratamientos insecticidas, salvo en las parcelas de CQ donde se aplicaron tratamientos con ciromazina y abamectina. En las de CI se realizaron sueltas de *D. isaea*. Estas introducciones, junto con el parasitismo natural, se mostraron suficientes para controlar esta plaga. La especie identificada fue *L. trifolii* (Burges). Aparecieron los parasitoides naturales *Diglyphus* spp, *Chrysonotmyia formosa* (Westwood) y *Hemiptarsenus zihalisebessi* Erdos.

La estrategia de manejo del minador en el programa de control integrado para tomate, desarrollado en Cataluña (Alomar *et al.*, 1992), se basa en la introducción del parasitoide *D. isaea*, cuando se estime que el parasitismo natural no será suficientemente eficaz. En el momento en que se observen las primeras minas se comprobará si las larvas están parasitadas y en qué grado, si no lo están o el parasitismo es menor del 10% se procederá a la introducción de *D. isaea*, en una proporción variable según el ataque estimado de minador y el parasitismo natural observado. En las parcelas en las que se aplicó esta estrategia, sólo en aquellas donde el parasitismo natural fue bajo se realizaron sueltas de *D. isaea*, en el resto, a pesar de que en algunas la población de minador fue importante, no fue necesario hacer introducciones debido al elevado parasitismo natural existente.

También en las experiencias de Cádiz (Baraja y González, 1998) en tomate de otoño, se realizaron introducciones de *D. isaea* para el control del minador. Los resultados de estos ensayos no sólo indican un buen control de la plaga por este parasitoide, sino la buena adaptación de esta especie y su rápida capacidad de desarrollo, pues a las cinco semanas de la introducción se observó un abundante vuelo de adultos del insecto dentro del invernadero.

Se identificaron las especies de lepidópteros, *Heliothis armigera*, *Helicoverpa peltigera*, *Spodoptera exigua*, *Spodoptera littoralis*, *Crysoideixis chalcites*, *Agrotis graslini*, *Agrotis sp.*, que se capturaron con trampas de feromonas sexuales. Aunque la incidencia y los daños ocasionados por estas plagas fueron leves, en algunas parcelas de CI se aplicó *Bacillus thuringiensis*. En las de CQ se dieron más tratamientos y utilizando más de un producto.

El control integrado de lepidópteros dentro del Reglamento Específico de Producción Integrada para tomate de la Junta de Andalucía (BOJA nº10 (pp. 1506-1539) de 25 de Enero de 2001) especifica la colocación de malla en los invernaderos para evitar la entrada de adultos, y la de trampas de feromonas específicas, sueltas de *Trichogramma evanescens*, así como la utilización del insecticida biológico *Bacillus thuringiensis*, pudiéndose emplear otros insecticidas específicos cuando este último no sea satisfactorio. El control natural de las larvas es escaso, con la presencia de pocas especies de parasitoides y una escasa acción de depredadores generalistas (principalmente *Orius*) (Belda, 2002). Actualmente se han iniciado los estudios para comprobar la posibilidad del control de larvas en invernadero con sueltas del himenóptero parasitoide *Cotesia marginiventris* (Urbaneja *et al.*, 2001)

Los pulgones tuvieron poca incidencia en las plantaciones, las especies detectadas fueron *Myzus persicae*, *Aphis gossypii*, *Aphis fabae*. Se realizaron sueltas para su control en las parcelas RQ95/96-CI1, RQ95/96-CI2 y CÑ95/96-CI con *Aphidoletes aphidimyza* y *Aphidius matricariae*, en las parcelas RQ93/94-CI y CÑ93/94-CI estas especies aparecieron de forma espontánea.

El control de pulgón en los programas de control integrado de tomate del Noreste de la península se basa mayoritariamente en la aplicación de insecticidas selectivos, especialmente durante el ciclo de primavera que resulta ser el más afectado por los pulgones. Además, existen abundantes poblaciones naturales de parasitoides y depredadores, como *A. aphidimyza*, que ejercen un buen control natural. El tratamiento por focos con afidas específicos y la presencia de los enemigos naturales en las plantas menos afectadas controlan definitivamente la plaga (Gabarra, 2002). En el ya citado Reglamento Específico de la Junta de Andalucía, se recomienda para el control de pulgón la colocación de trampas cromotrópicas amarillas, la suelta de *Aphidius colemani* y *Aphidoletes aphidimyza*, y la utilización de varias materias activas con uso restringido.

La incidencia de araña roja, cuya especie identificada fue *Tetranychus urticae* (Koch), también fue prácticamente nula. En las parcelas CÑ93/94-CI, RQ94/95-CI y CÑ95/96-CI se realizaron sueltas de *P. persimilis*. Se detectó la presencia de forma natural del ácaro depredador *Neoseiulus californicus* en la parcela RQ94/95-CI.

Para el control integrado de esta plaga, el mencionado Reglamento recomienda la suelta de *P. persimilis* y *Neoseiulus californicus* y la utilización de varios acaricidas, tratando a ser posible por focos. Hay que hacer mención, que en el año 1995 en Valencia se detectó la presencia de una nueva especie, identificada como la araña roja del tomate *Tetranychus evansis* Baker y Pritchard (Ferragut y Escudero, 1999), que fue observada en todo el litoral mediterráneo, incluida la provincia de Almería. Ensayos recientes indican que los fitoseidos más utilizados para el control de *T. urticae* son incapaces de desarrollarse de forma adecuada cuando se alimentan de *T. evansis*. La existencia de varias especies diferentes podría suponer un obstáculo en el desarrollo de una estrategia de control de las arañas rojas, ya que la presencia en el cultivo de diferentes organismos con distintos comportamientos, además de la ineficacia, sobre esta última especie introducida, de la fauna auxiliar más utilizada, puede llevar a un erróneo control de la plaga (Ferragut y Escudero, 2002)

La especie de trips identificada fue *Frankliniella occidentalis*, su presencia en las plantaciones fue escasa, aparecieron algunas plantas con virus del bronceado (TSWV), aunque de manera puntual. No se realizó ninguna suelta de

insectos auxiliares para su control. Los tratamientos insecticidas dirigidos para esta plaga fueron muy escasos, salvo en la parcela de RQ93/94-CQ y en la parcela de control integrado de RQ95/96-CI2 donde, hacia mitad del cultivo, se dio un tratamiento al observarse daños en fruto.

El tantas veces citado Reglamento Específico recomienda, para el control de trips, la colocación de trampas cromotrópicas azules, sueltas de *M. caliginosus* y, en cuanto a las materias activas, se permite el uso de formetanato y metiocarb pero de forma restringida.

Por último, cabe destacar la presencia de nemátodos, identificados como *Meloidogyne* sp., en pequeños focos de algunas parcelas de CI. Las enfermedades de mayor incidencia fueron botrytis y oídio, en algunas parcelas se detectó la presencia de mildiu, alternaria y síntomas en tallo de bacterias, identificadas como *Erwinia caratovora*. Para su control, en la mayoría de ellas, se aplicaron tratamientos químicos.

Las producciones variaron según campañas, y de una parcela a otra. El rango productivo estuvo comprendido entre 0.81-1.90 kg.m<sup>-2</sup>.mes<sup>-1</sup>. Algunas parcelas tuvieron una producción bastante baja en relación con las demás. La parcela NJ94/95-CI tuvo un ataque muy grave de botrytis, que ocasionó una importante pérdida de plantas (aproximadamente el 8.1% del total de la plantación), esto unido a las deficientes condiciones del invernadero, como poca ventilación, acumulación de humedad y un mal manejo del cultivo (podas a destiempo, acumulación de restos vegetales en los pasillos, ausencia de limpieza de órganos afectados, caída de tutores al suelo), dio lugar a la obtención de producciones más bajas. También en la parcela de la CÑ93/94-CI se obtuvieron producciones muy inferiores a la media, debido a un ataque intenso de nemátodos que afectó a un gran número de plantas.

### **VI.3.2. Incidencia en las plantaciones**

#### **VI.3.2.1. Melón**

En la Figura VI.2 aparecen las incidencias de picaduras y de galerías en las parcelas de CI, correspondientes a las campañas de primavera de los años 1993, 94, 95 y 96. En la Figura VI.3 lo están las parcelas de CQ. Las estimaciones de *Inc* se acompañan en los gráficos con su precisión ( $\pm$ ES).

La introducción de parasitoides se representa con flecha de color verde, y la intervención química, dirigida específicamente contra minadores, con flecha roja.

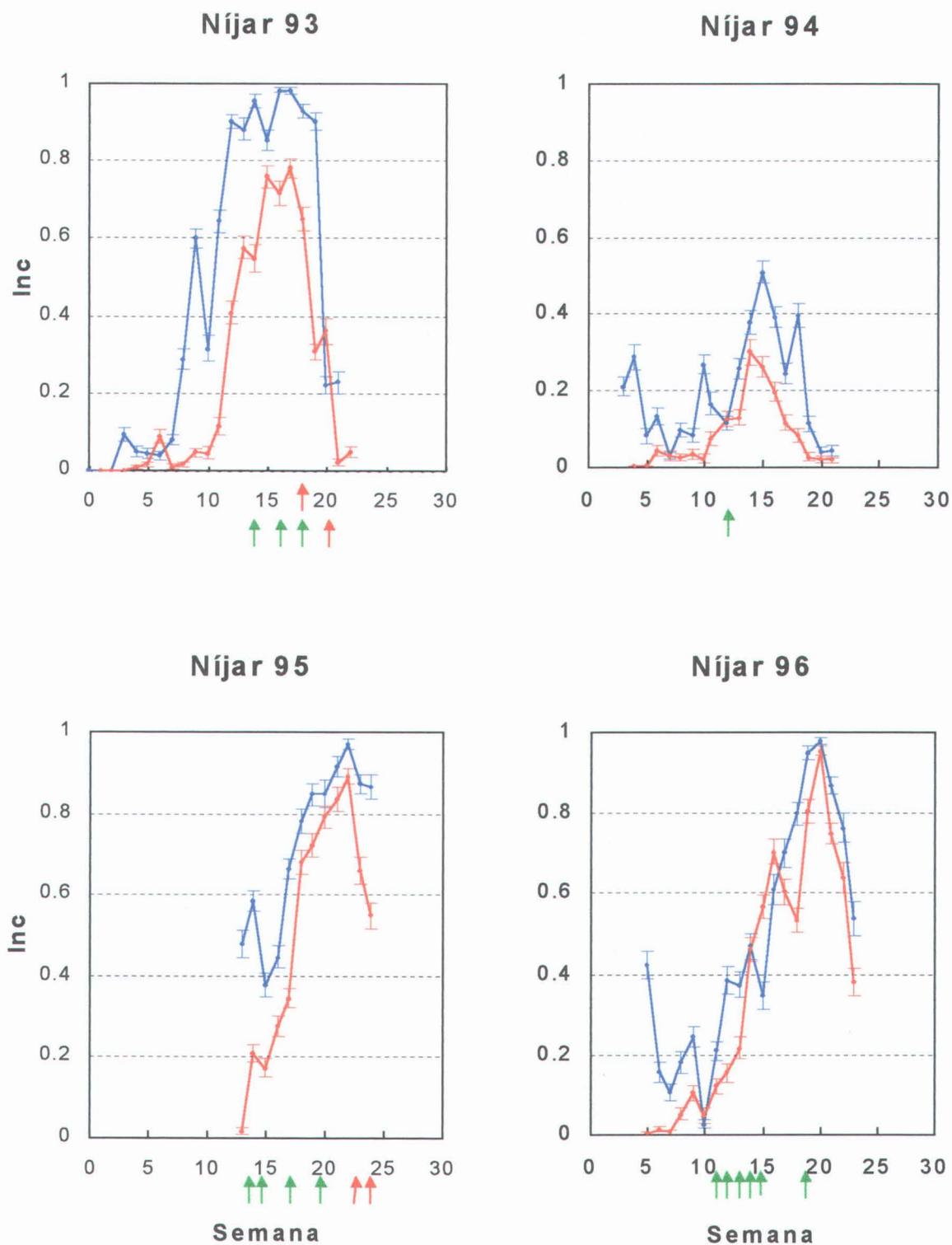


Figura VI.2. Incidencia de Picaduras (—) y Galerías (—) de las parcelas de control integrado de melón.

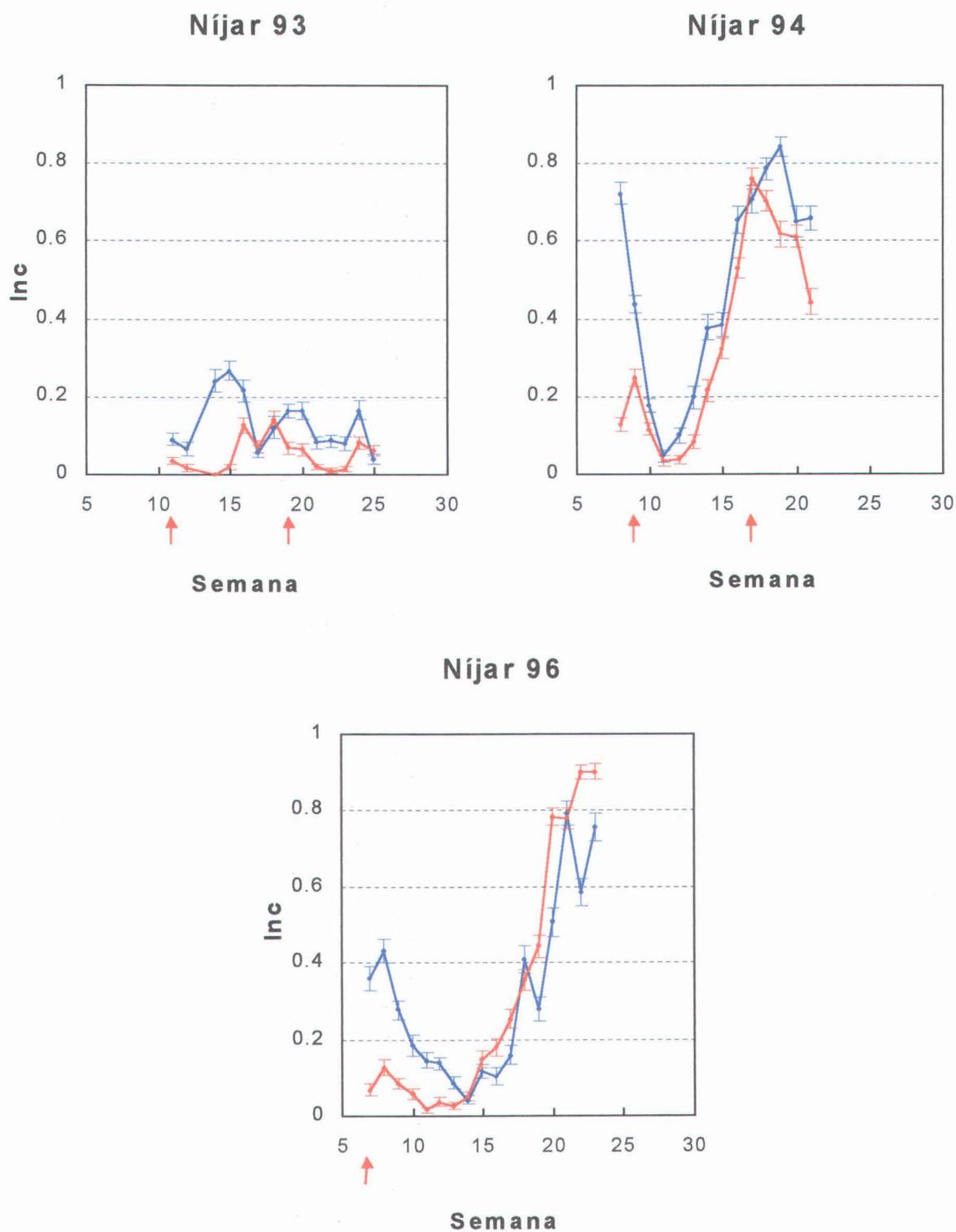


Figura VI.3. Incidencia de Picaduras (—) y Galerías (—) de las parcelas de control químico de melón.

En los gráficos se observa que, en la mayoría de las parcelas de CI, la *Inc* de galerías y picaduras de la especie de minador predominante, *L. bryoniae*, alcanza valores cercanos al 100%. Estos altos valores de *Inc* coinciden con el periodo en que el cultivo se encuentra en pleno periodo productivo, con lo que el efecto perjudicial queda minimizado.

En todas las parcelas de control integrado se realizaron sueltas de parasitoides (*D. sibírica* + *D. isaea*). En las parcelas de CI del 93 y 95, además de las introducciones de parasitoides se aplicaron dos tratamientos con ciromazina. Los tratamientos en el 95, como se observa en la Figura correspondiente, se efectuaron en la fase final del cultivo, con el ánimo de mantener la plantación en las mejores condiciones posibles antes de proceder a la última recolección. En el 94 y 96, sólo se realizaron sueltas de parasitoides.

En las parcelas de CQ, el control de la plaga se realizó exclusivamente con abamectina, a pesar de lo cual en las primaveras del 94 y 96 se alcanzaron valores de *Inc* del 80%. Los tratamientos se aplicaron a principio y a mediados del periodo de cultivo.

En cultivos de ciclo muy corto, como lo es el melón, el minador es una plaga que puede ocasionar daños importantes cuando se producen ataques intensos al inicio de las plantaciones. En estos casos, se eliminará un porcentaje elevado de masa foliar, con su consiguiente repercusión en el deterioro del desarrollo vegetativo y consecuentemente productivo de la plantación, y sin que haya prácticamente tiempo para la recuperación. Es importante controlar la plaga desde el inicio del cultivo y los resultados indican que la introducción de parasitoides en los momentos adecuados puede convertirse en una buena medida de control, sin necesidad de aportes químicos.

En las parcelas de CI se percibe, en las dos o tres semanas finales del cultivo, un brusco descenso de las *Inc* de picaduras y galerías. Este hecho se debió al precario estado vegetativo en el que se encontraban en esos momentos las plantaciones, con la mayoría de las hojas necróticas, lo que impidió la puesta y la evolución larvaria del minador.

En cambio en las de CQ, especialmente en la del 96, la tendencia es a incrementarse esas *Inc*, lo que refleja que la plantación, aún en esas fechas tardías, mantuvo un vigor vegetativo importante. Esto, sin duda, fue debido principalmente al control químico más exhaustivo que se realizó en estas plantaciones, lo que mantuvo en mejores condiciones vegetativas las plantaciones.

Este hecho se puede corroborar en las Figuras VI.4 y VI.5, en las que se representan las *I.día* de las parcelas de CI y de CQ respectivamente. En las de CI se observa cómo las curvas de *I.día* poseen una tendencia sigmoïdal, demostración del descenso paulatino de las *Inc* en las fases finales del cultivo, mientras que en las de CQ esa tendencia es exponencial.

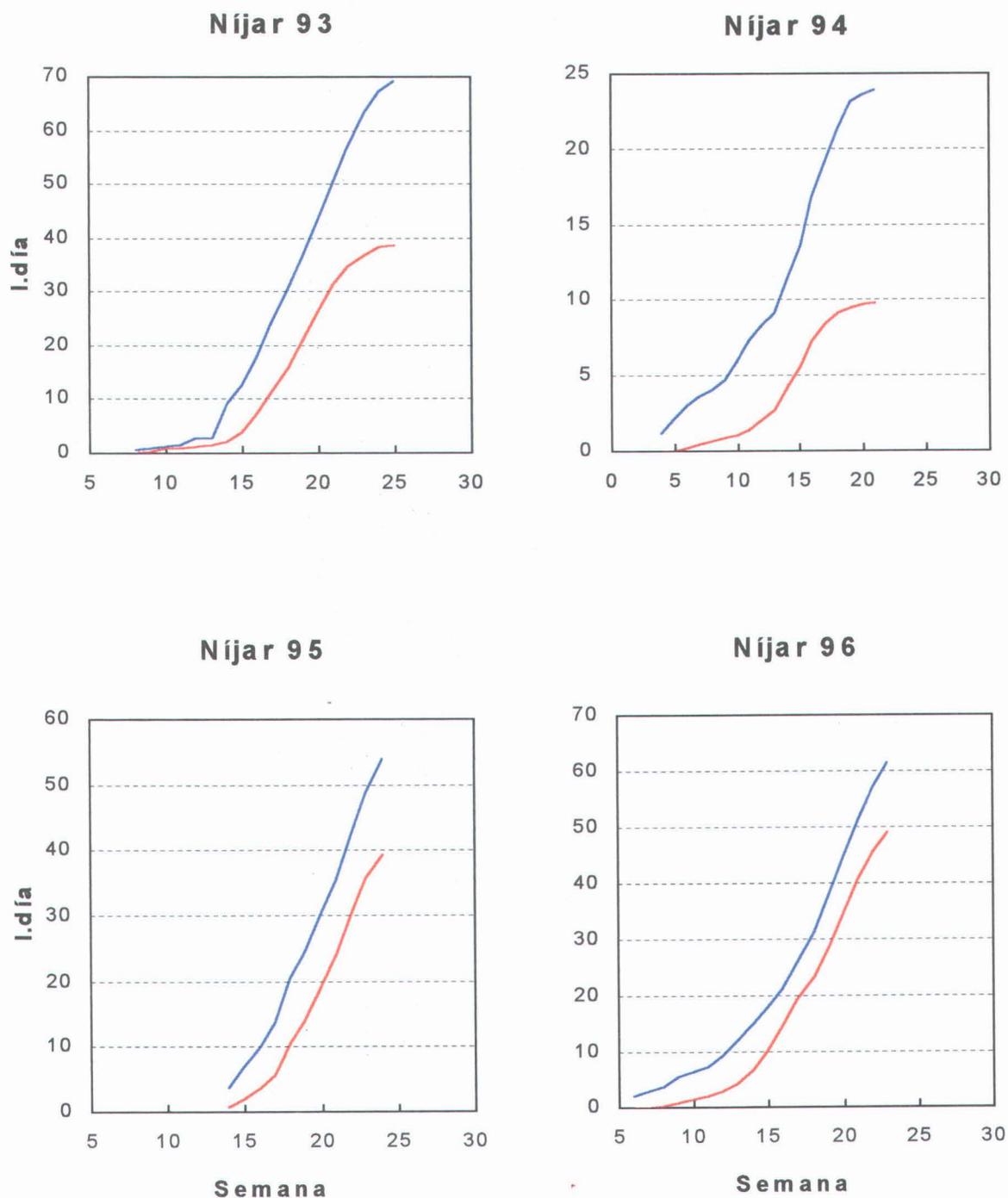


Figura VI.4. *I.día* de Picaduras (—) y Galerías (—) de las parcelas de control integrado de melón.

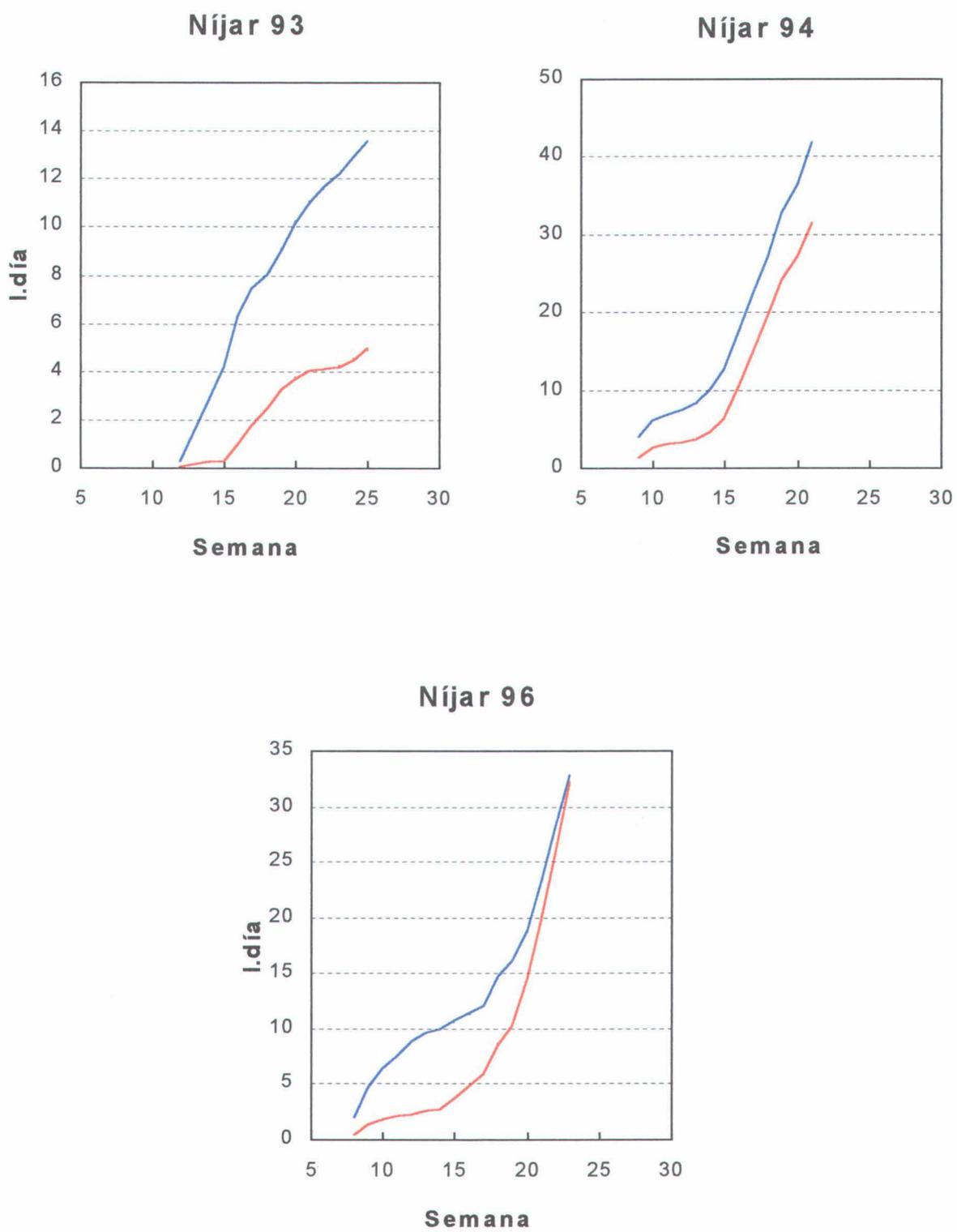


Figura VI.5. I.día de Picadas (—) y Galerías (—) de las parcelas de control químico de melón.

Por otro lado, en estas Figuras se vislumbra una posible mayor atracción del minador por las hojas del melón tipo Galia que por las de Charentais. Las parcelas plantadas con este último tipo, las tres de CQ y la NJ 94-CI, muestran una visible menor *I.día* final de picaduras que las plantadas con Galia, lo cual induce a pensar en esa diferente atracción que uno y otro tipo de melón ejerce sobre el minador. Es evidente que ésta es una hipótesis que habría que confirmar, y que, en caso de hacerse, se podría utilizar a la *I.día*, en vista de estos resultados, como parámetro de referencia para diferenciar esas posibles atracciones.

El mayor o menor éxito en el paso de picaduras (huevos) a galerías (larvas) dependerá de varios factores. Unos serán climáticos, otros estarán ligados a la variedad de melón y al estado fenológico del cultivo, otros más responderán a las competencias entre artrópodos plaga por el mismo hábitat, o bien las que se establezcan entre ellos y los agentes patógenos, y por último estarán aquellos relacionados con la eficacia de los tratamientos insecticidas. La concurrencia de todos estos factores en la plantación dará lugar a un incremento o a un descenso en el número de galerías. Una forma de visualizar los resultados se logrará con la representación de la razón de *I.día* (picaduras) / *I.día* (galerías).

En las Figuras VI.6 y VI.7 se ha representado esta razón para las parcelas de CI y de CQ respectivamente. Valores muy altos de esta razón significarían que existieron condiciones adversas para el desarrollo inicial larvario, mientras que valores próximos a la unidad pondrían de manifiesto que la intervención de los factores, antes mencionados, fue escasa. En el trayecto final del cultivo se contemplan unos valores bajos de la razón, próximos a dos y hasta uno en un caso, en todas las parcelas, exceptuando la NJ 93-CQ con cifras cercanas a tres. Esta realidad permite que se realice una valoración negativa del efecto que abamectina tuvo, en las parcelas de CQ, sobre huevo y larva recién emergida, antes de que ella pudiera desarrollar una galería perceptible. Este hecho entra en colisión con los estudios realizados, que demostraron una excelente eficacia de este insecticida como ovicida y larvicida de *L. trifolii* (Schuster y Taylor, 1987, 1988; Parrella *et al.*, 1988; Cox *et al.*, 1995).

Por último, un aspecto que se tomó en consideración fue la posibilidad de contar con la alternativa de utilizar la *I.día* de picaduras, en lugar de la de galerías, como índice para determinar la necesidad de adoptar medidas fitosanitarias en las parcelas. Las Figuras dedicadas a representar la *I.día* conjunta de picaduras y galerías en cada una de las campañas son ilustrativas, en principio, de la dificultad de encontrar una relación funcional entre ambas *Inc.* Se ha intentado elaborar un modelo de regresión, lineal o no, que relacionase la *I.día* de galerías con la de picaduras y en la que interviniesen variables climáticas, que fueron las únicas que pudimos controlar. Los resultados obtenidos no merecen ser expuestos, porque los coeficientes de determinación obtenidos no superaron 0.30.

Esto demuestra que ni la *I.día* de picaduras ni el factor climático son suficientes, por sí solos, para explicar convenientemente la variabilidad de la *I.día* de galerías. Sin duda, el resto de los factores, antes mencionados, deben tener una influencia decisiva en la explicación de esa variabilidad. La conclusión es que habrá que usar obligatoriamente la *I.día* de galerías en los procesos de toma de decisiones.

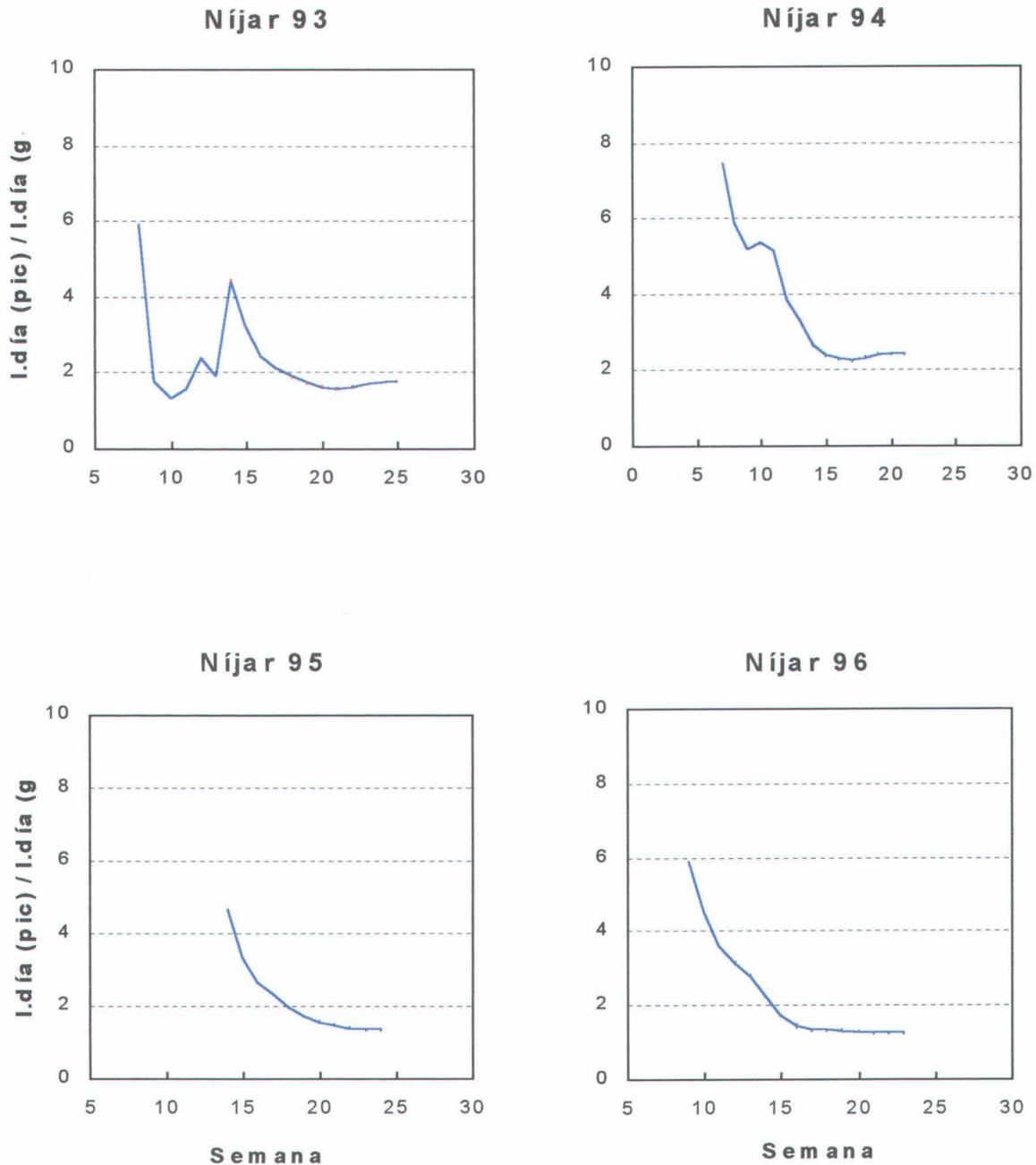


Figura VI.6. Razón *I.día* (Picaduras) / *I.día* (Galerías) de las parcelas de control integrado de melón.

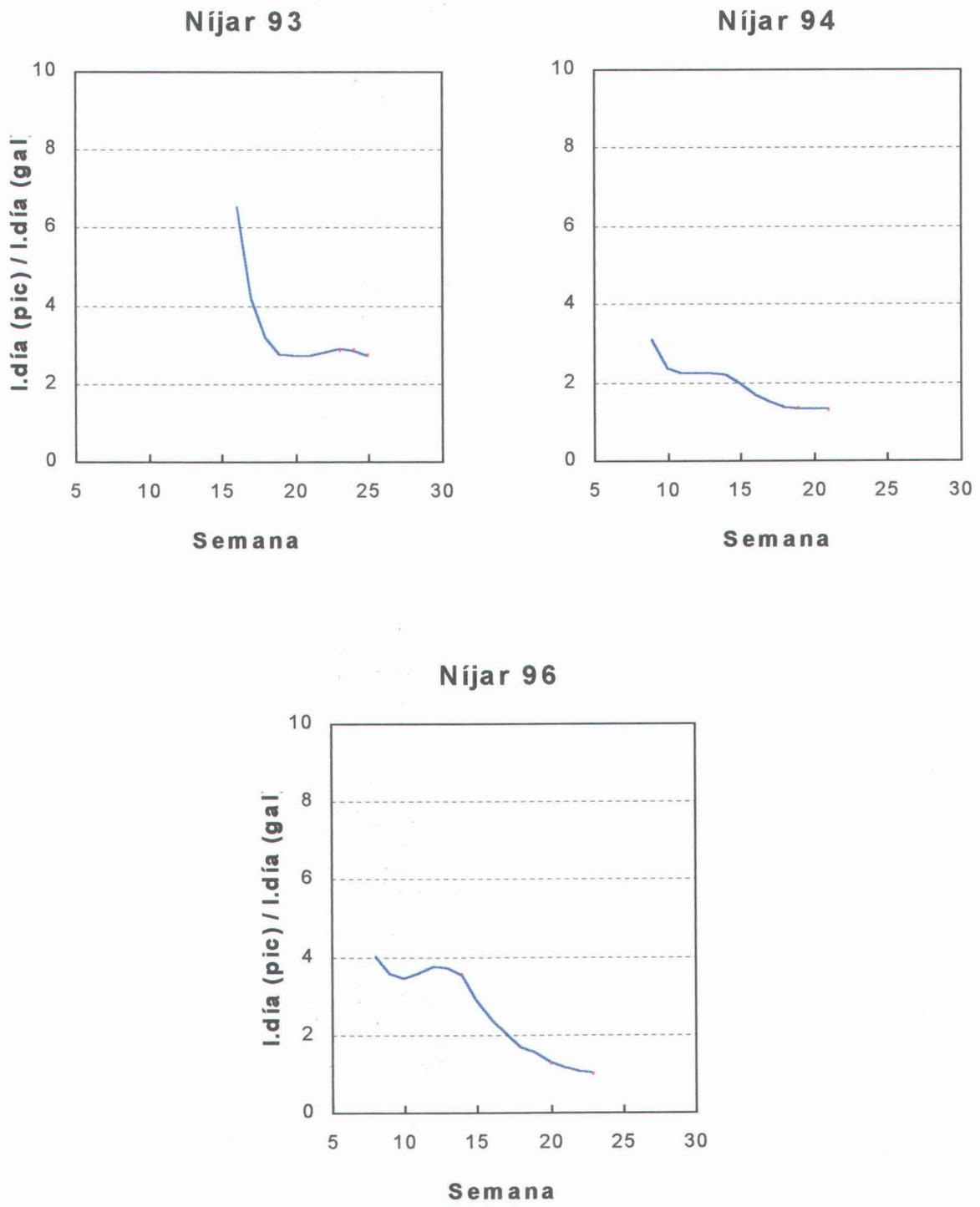


Figura VI.7. Razón I.día (Picaduras) / I.día (Galerías) de las parcelas de control químico de melón.

### VI.3.2.2. Tomate

En todas las parcelas de CI, el control del minador se realizó exclusivamente con sueltas de parasitoides (*D. sibirica* + *D. isaea*). Por el contrario, en la mayoría de las parcelas de CQ se efectuaron varias aplicaciones para su control durante el cultivo.

La *Inc* de picaduras y de galerías en las parcelas de CI y CQ, de las campañas 93/94 y 94/95, se encuentran representadas en las Figuras VI.8 y VI.9 respectivamente. En la Figura VI.10 aparece la *Inc* de galerías de las parcelas de la campaña 95/96, tanto para CI como para CQ. En esta última campaña sólo se observó la *Inc* de galerías. Las estimaciones de *Inc* se acompañan en los gráficos con su precisión ( $\pm ES$ ).

La introducción de parasitoides se representa con flecha de color verde, y la intervención química, dirigida específicamente contra minadores, con flecha roja

Al contrario que en el melón, el descenso de la *Inc* de picaduras y de galerías en las fases finales del cultivo no fue tan brusco y se realizó de una forma progresiva. Esto fue debido a que el deterioro vegetativo del tomate de otoño no fue tan rápido como en el melón de primavera, lo que favoreció la desaparición gradual de las picaduras en las plantaciones de tomate. En cuanto a diferencias, en este aspecto, entre CI y CQ no se aprecian en las Figuras detalles destacables.

Este descenso paulatino de las *Inc*, en especial las de picaduras, se observa con mayor claridad en los gráficos de *I.día* para CI y CQ, que se han recogido en las Figuras VI.11 y VI.12 respectivamente. Sólo se han representado las campañas 93/94 y 94/95. La 95/96 no se ha tenido en cuenta en esta representación, ya que sólo se poseían datos de galerías y no de picaduras. En las Figuras se contempla el carácter sigmoidal de las curvas de picaduras, lo que entraña una lenta desaparición de las mismas en las últimas etapas del cultivo. Lo mismo sucede con las galerías de las de CI de RQ 93/94 y RQ 94/95, en el resto de las parcelas la práctica nulidad de galerías impide efectuar valoraciones sobre este aspecto.

En cuanto a la transformación de *Inc* de picaduras en la de galerías, las Figuras VI.13 y VI.14 muestran los resultados conseguidos. El comportamiento en las parcelas de RQ de CI (93/94 y 94/95) fue similar a las plantaciones de melón, con cifras que no superaron tres, lo que demuestra que no existieron factores muy restrictivos a la evolución inicial del minador. Por el contrario, en el resto de las parcelas tanto de CI como de CQ no se produjeron valores inferiores a cinco.

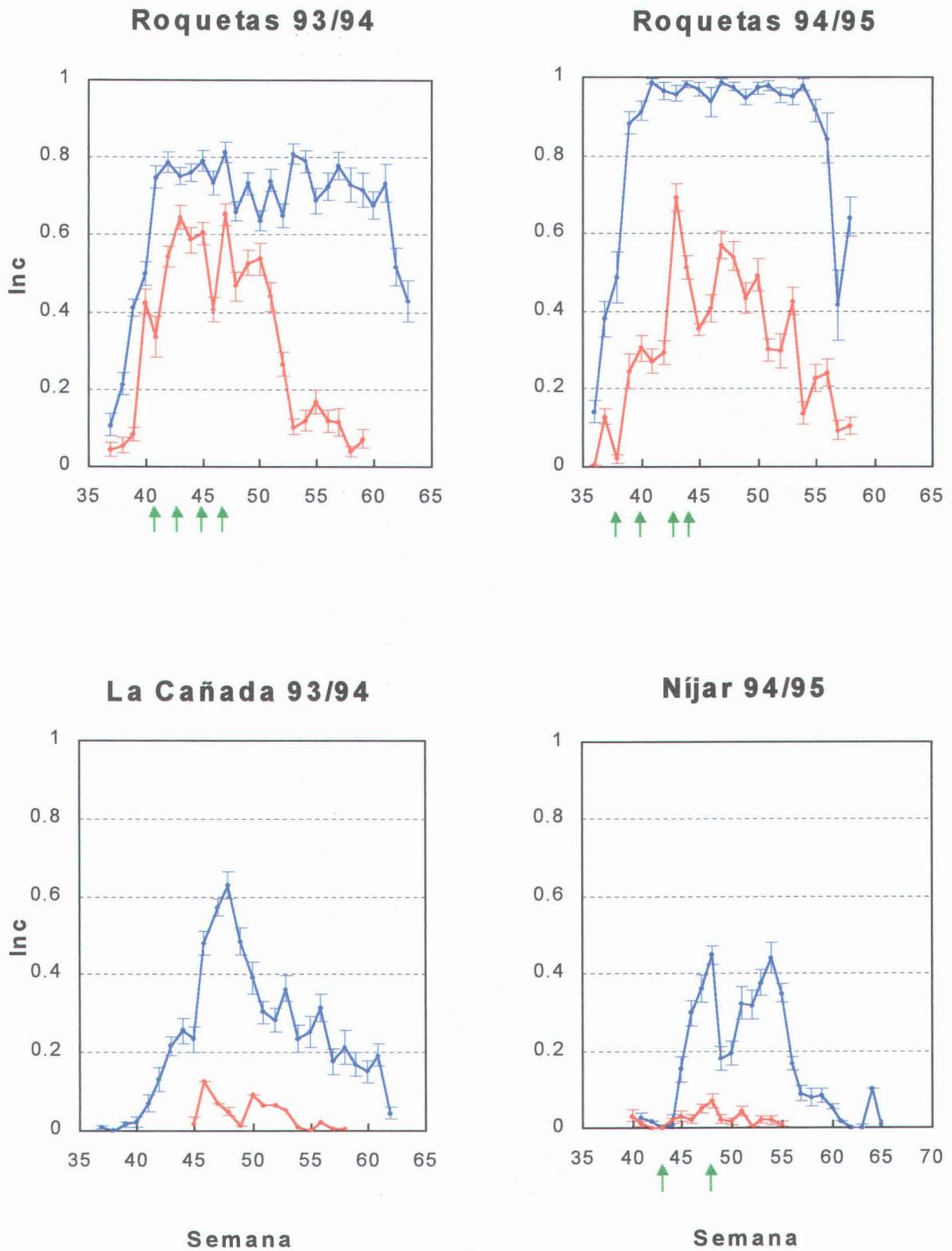


Figura VI.8. Incidencia de Picaduras (—) y Galerías (—) de las parcelas de control integrado de tomate de las campañas 93/94 y 94/95.

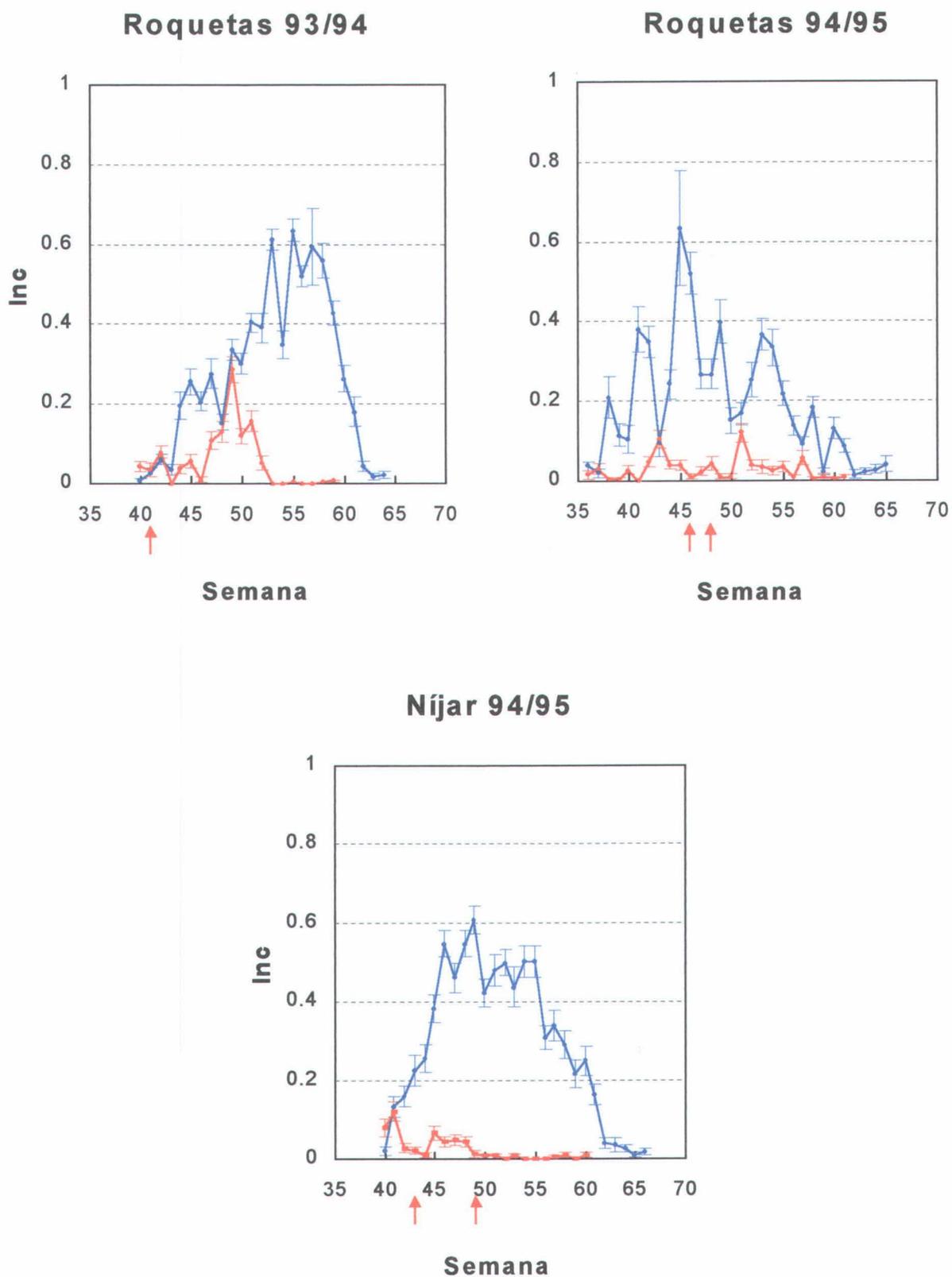


Figura VI.9. Incidencia de Picaduras (—) y Galerías (—) de las parcelas de control químico de tomate de la campaña 93/94 y 94/95.

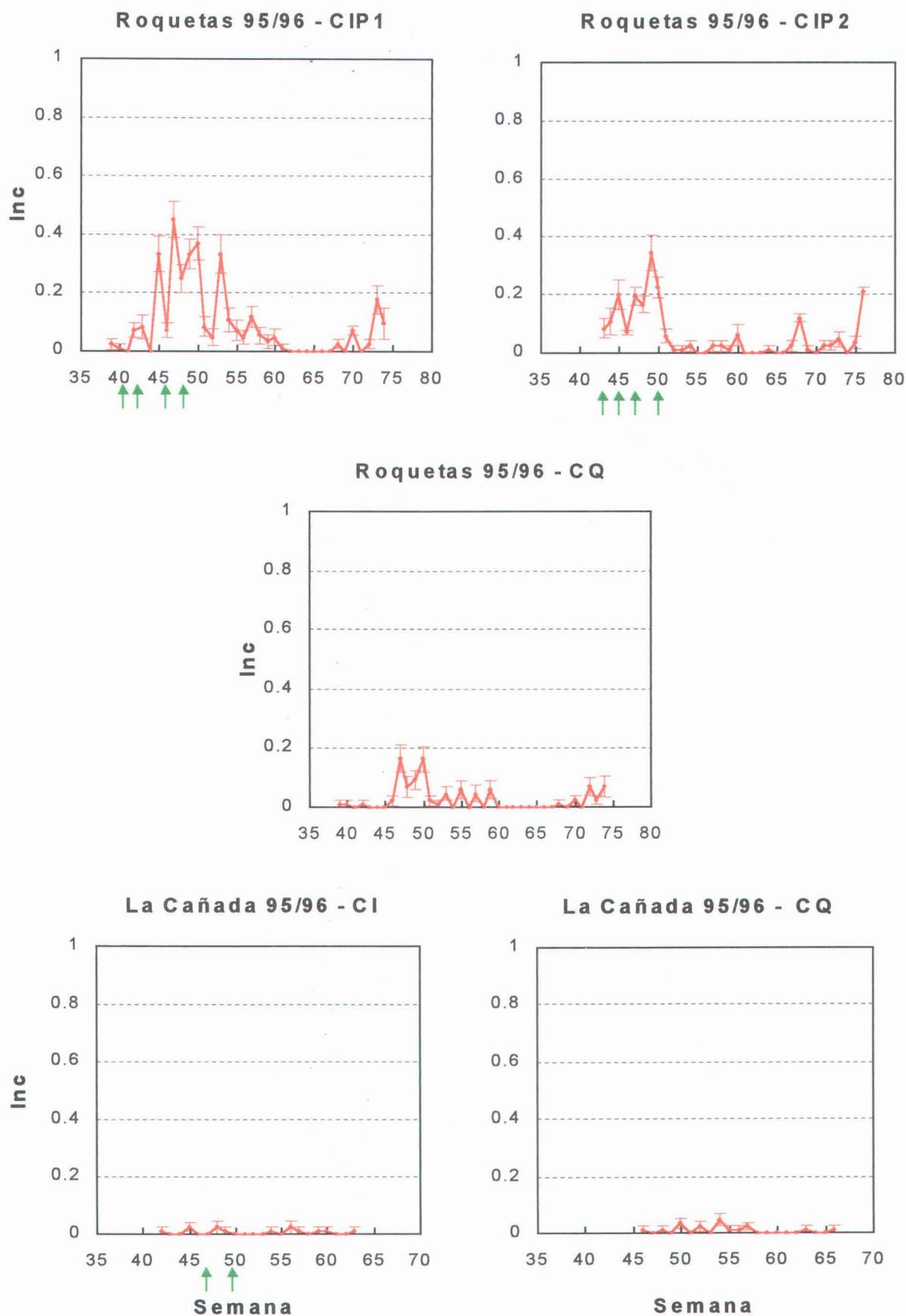


Figura VI.10. Incidencia de Galerías ( — ) de las parcelas de control integrado y químico de tomate de la campaña 95/96.

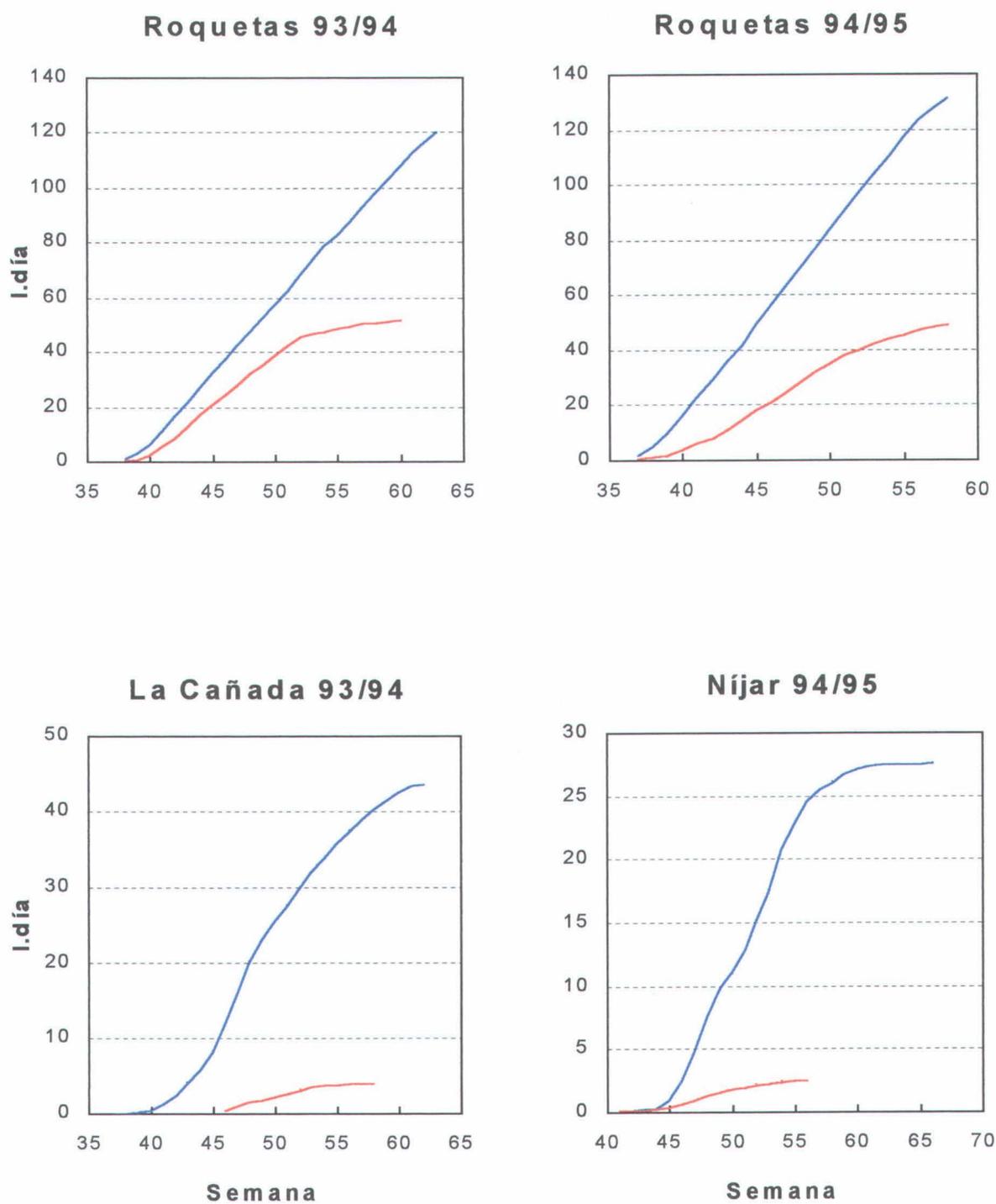


Figura VI.11. I.día de Picaduras (—) y Galerías (—) de las parcelas de control integrado de tomate de las campañas 93/94 y 94/95.

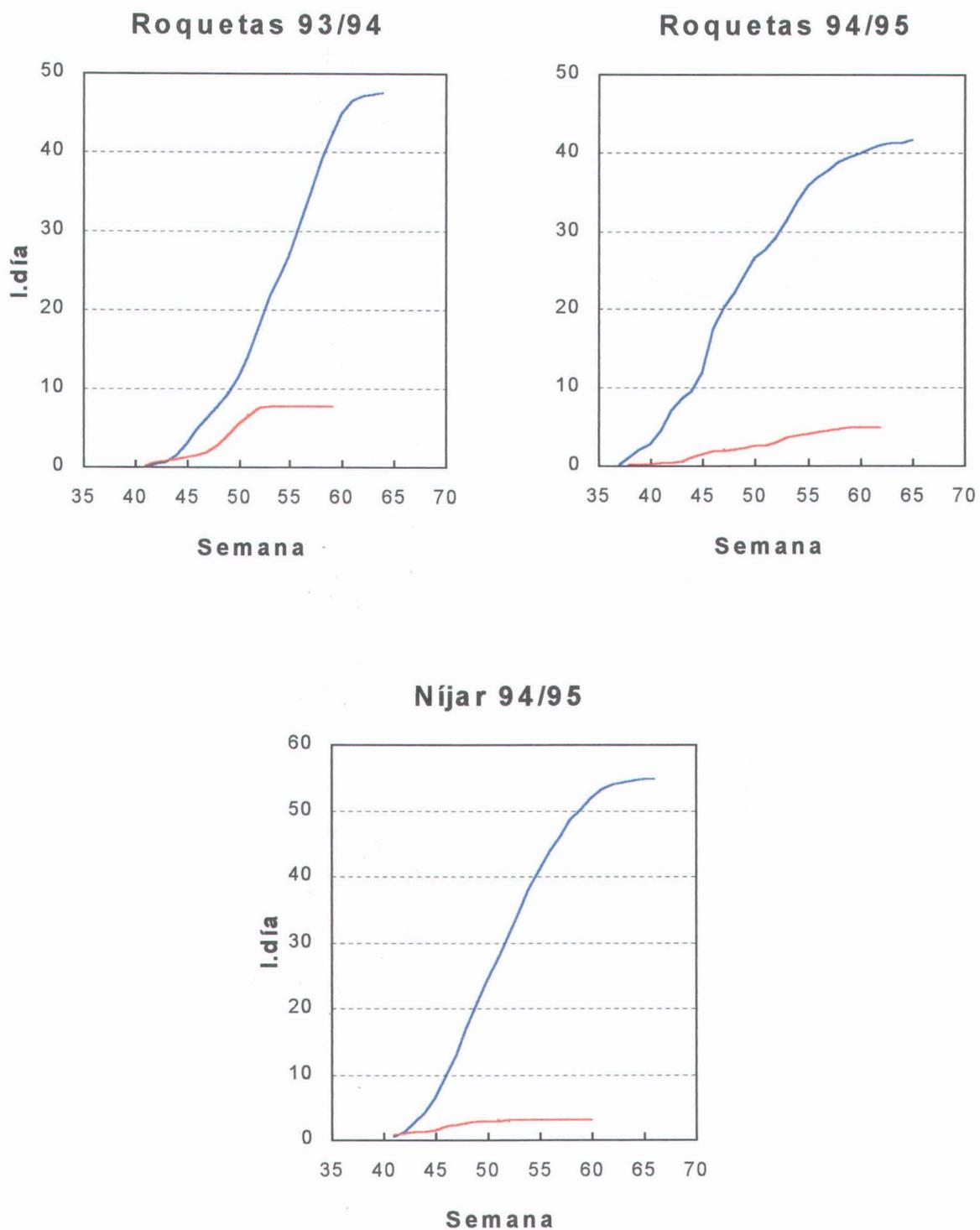


Figura VI.12. I.día de Picaduras (—) y Galerías (—) de las parcelas de control químico de tomate de las campañas 93/94 y 94/95.

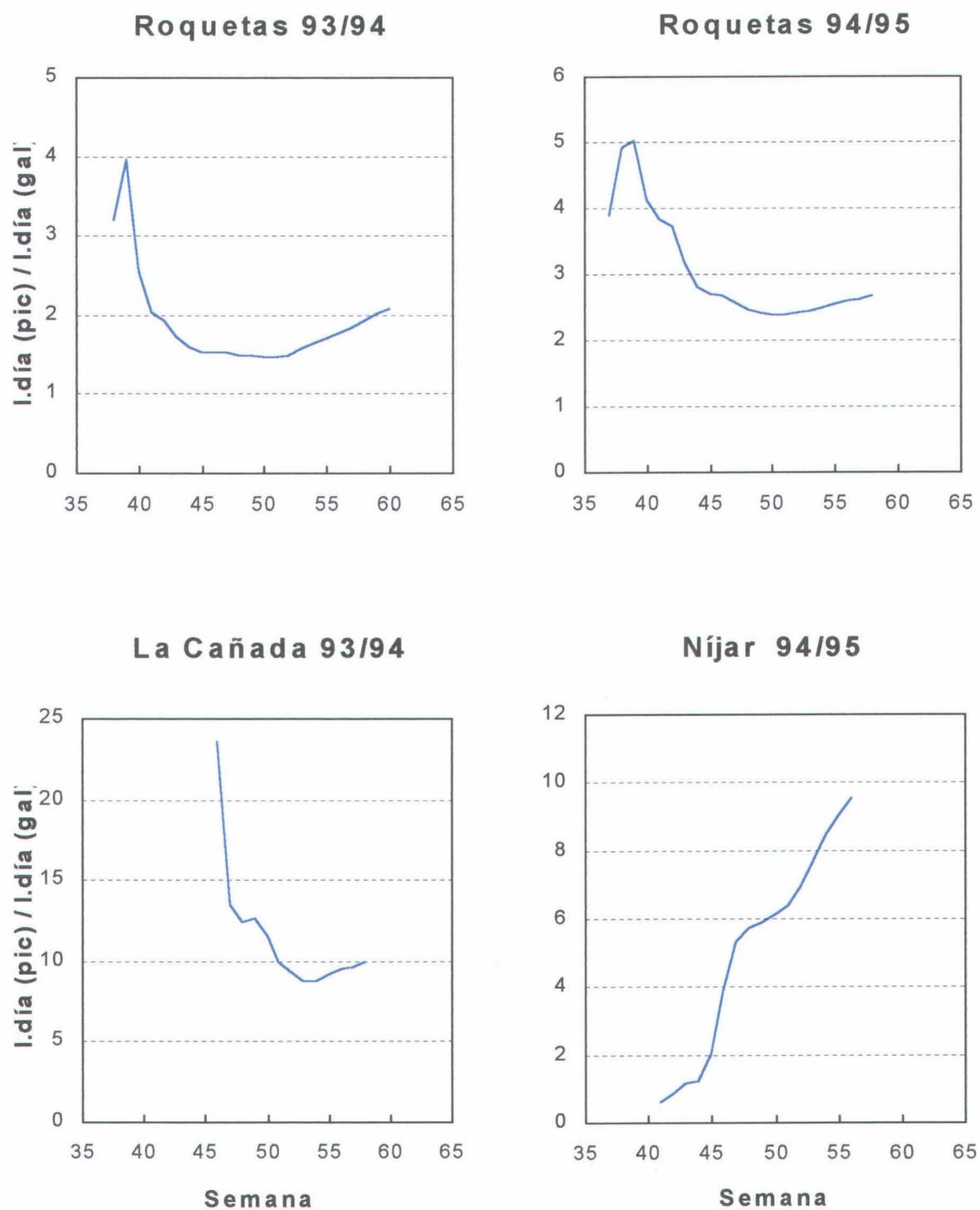


Figura VI.13. Razón I.día (Picaduras) / I.día (Galerías) de las parcelas de control integrado de tomate de las campañas 93/94 y 94/95.

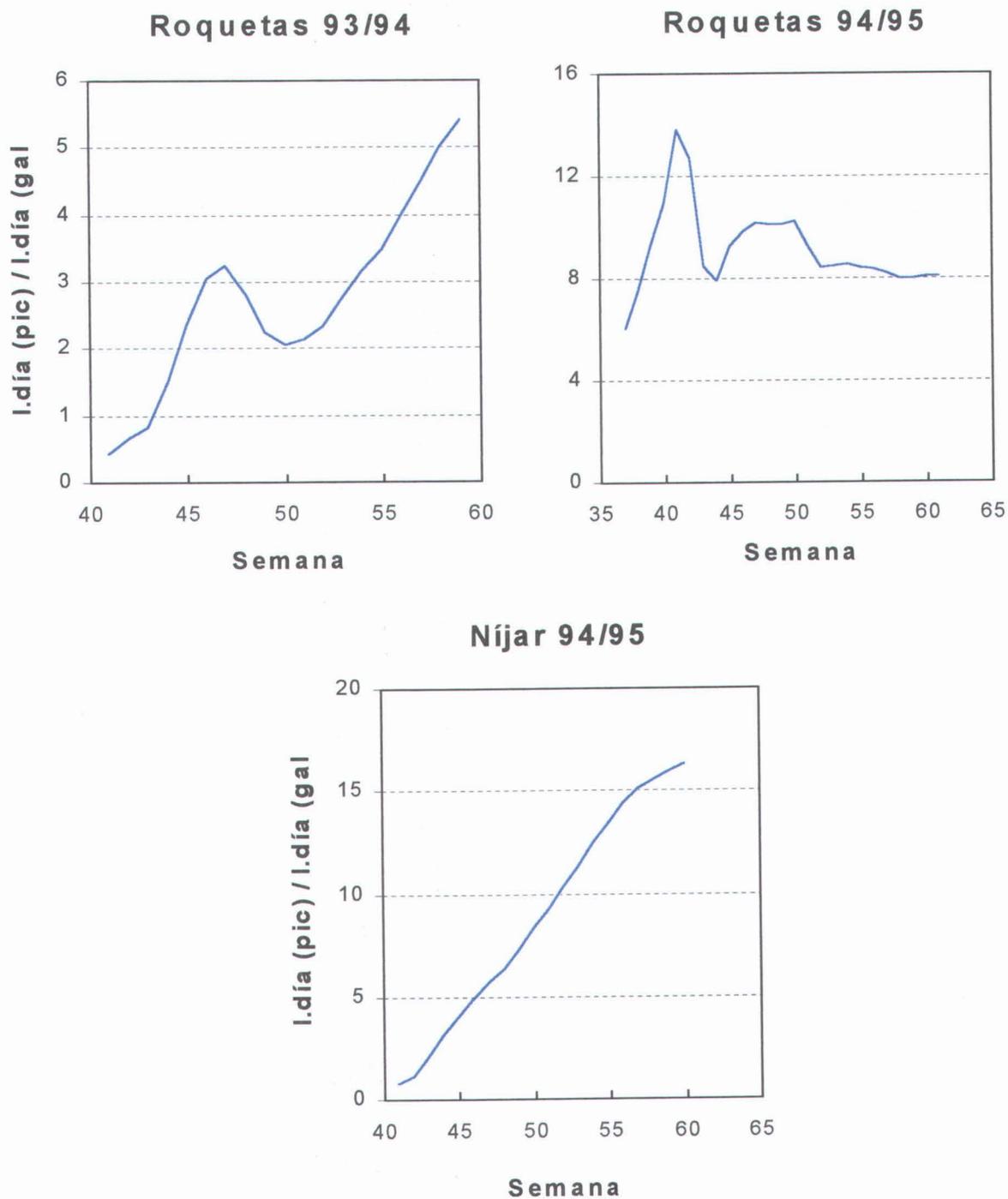


Figura VI.14. Razón I.día (Picaduras) / I.día (Galerías) de las parcelas de control químico de tomate de las campañas 93/94 y 94/95.

Estas diferencias no pueden ser atribuidas a la variedad, porque una, como Daniela, tanto estuvo en los dos tipos de control como en las diferentes localidades. Ni tampoco se pueden justificar por aspectos climáticos, ni en las parcelas de CQ por la aplicación de productos diferentes a los que se utilizaron en melón. Han sido otros factores, a los aquí consignados, los que han debido contribuir a provocar esas diferencias.

Esta diversidad de comportamientos de las *I.día* de picaduras y galerías, impidió también, en el caso del tomate, el establecimiento de alguna relación aceptable entre las dos *I.día*. Una vez más ha quedado patente que para poder alcanzar alguna solución en este sentido será necesaria la intervención de factores adicionales a los aquí utilizados, *I.día* picaduras y climáticos.

### VI.3.3. Progresión de *I.día*. Modelos

A continuación se presentan los modelos obtenidos para picaduras y galerías, tanto para melón como para tomate. En cada uno de estos supuestos hay dos modelos en función de los datos de una o dos semanas anteriores a la que se predice. El modelo elegido, entre IDMD y LIDMD, recayó en aquel que tuvo un mayor coeficiente de determinación ( $r^2$ ) y se destaca con un asterisco (\*) colocado antes del número de orden del modelo. En las expresiones de los modelos las variables explicativas aparecen colocadas en orden, de acuerdo con su aporte al modelo, de mayor a menor.

#### VI.3.3.1. Melón

##### Picaduras:

Estimación de *I.día* de la semana t en función de los resultados de la t-1:

$$\text{* (1) IDMD} = 0.01828 + 0.03763 * \text{ID1} + 0.38915 * \text{IDIN} + 1.28732 * \text{IN1} - 0.000128 * \text{GD21}$$

$$(F=224.65; P<10^{-4}; r^2=0.941)$$

$$\text{(2) LIDMD} = 0.09424 + 0.43312 * \text{LID1} + 0.16024 * \text{IDIN} - 0.14068 * \text{LGD21} + 0.15035 * \text{LIN1}$$

$$(F=202.25; P<10^{-4}; r^2=0.935)$$

Estimación de *I.día* de la semana t en función de los resultados de la t-2:

$$\text{* (3) IDMD} = 0.05312 + 0.37895 * \text{IDIN} + 2.08074 * \text{IN2} + 0.02363 * \text{ID2} - 0.00014 * \text{GD22}$$

$$(F=190.16; P<10^{-4}; r^2=0.936)$$

$$(4) \text{ LIDMD} = 0.90641 + 0.35141 * \text{LID2} + 0.26137 * \text{LIN2} - 0.17479 * \text{LGD22} + 0.16418 * \text{LIDIN}$$

$$(F=152.24; P<10^{-4}; r^2=0.921)$$

#### Galerías:

Estimación de *l.día* de la semana t en función de los resultados de la t-1:

$$*(5) \text{ IDMD} = -0.54110 + 0.04190 * \text{ID1} + 1.05367 * \text{IDIN} + 0.92984 * \text{IN1} + 0.10927 * \text{LGD1} - 0.00007 * \text{GD21}$$

$$(F=923.95; P<10^{-4}; r^2=0.988)$$

$$(6) \text{ LIDMD} = -3.79872 + 0.18780 * \text{LIDIN} + 0.30256 * \text{LIN1} + 0.78713 * \text{LGD1} - 0.01468 * \text{ID1} - 0.13219 * \text{LGD21}$$

$$(F=227.99; P<10^{-4}; r^2=0.954)$$

Estimación de *l.día* de la semana t en función de los resultados de la t-2:

$$*(7) \text{ IDMD} = -0.91424 + 1.17015 * \text{IDIN} + 0.03053 * \text{ID2} + 1.26394 * \text{IN2} + 0.19198 * \text{LGD2} - 0.00015 * \text{GD22}$$

$$(F=608.67; P<10^{-4}; r^2=0.984)$$

$$(8) \text{ LIDMD} = -1.78593 + 0.33113 * \text{LIN2} + 0.15333 * \text{LIDIN} + 0.56303 * \text{LGD2} - 0.20393 * \text{LGD22} + 0.01210 * \text{ID2}$$

$$(F=186.18; P<10^{-4}; r^2=0.948)$$

En las Figuras VI.15 y VI.16 se representan las estimaciones, obtenidas con los modelos elegidos, para *l.día* de picaduras y galerías respectivamente. Todos los modelos han explicado la evolución de la *l.día*, tanto de picaduras como de galerías, de forma satisfactoria. En ellos se contempla una aparición reiterativa *l.día* inicial y de variables asociadas a la integral térmica (°C.día). La primera variable citada muestra la importancia de la colonización inicial sobre el devenir de los minadores en la plantación. La influencia de la temperatura en *l.día* media era de esperar y no supone nada más que la confirmación del efecto que sobre la evolución de las poblaciones de artrópodos tiene este factor climático clave.

En cuanto a picaduras, en la Figura correspondiente se observa que el ajuste subestima el valor real en el caso de NJ93 y NJ95, salvo en NJ 96, mientras que en NJ94 se produce una oscilación permanente de los valores estimados alrededor de los reales. En galerías el ajuste proporcionado por los

modelos seleccionados es francamente óptimo, tal como se puede comprobar en la Figura VI.16.

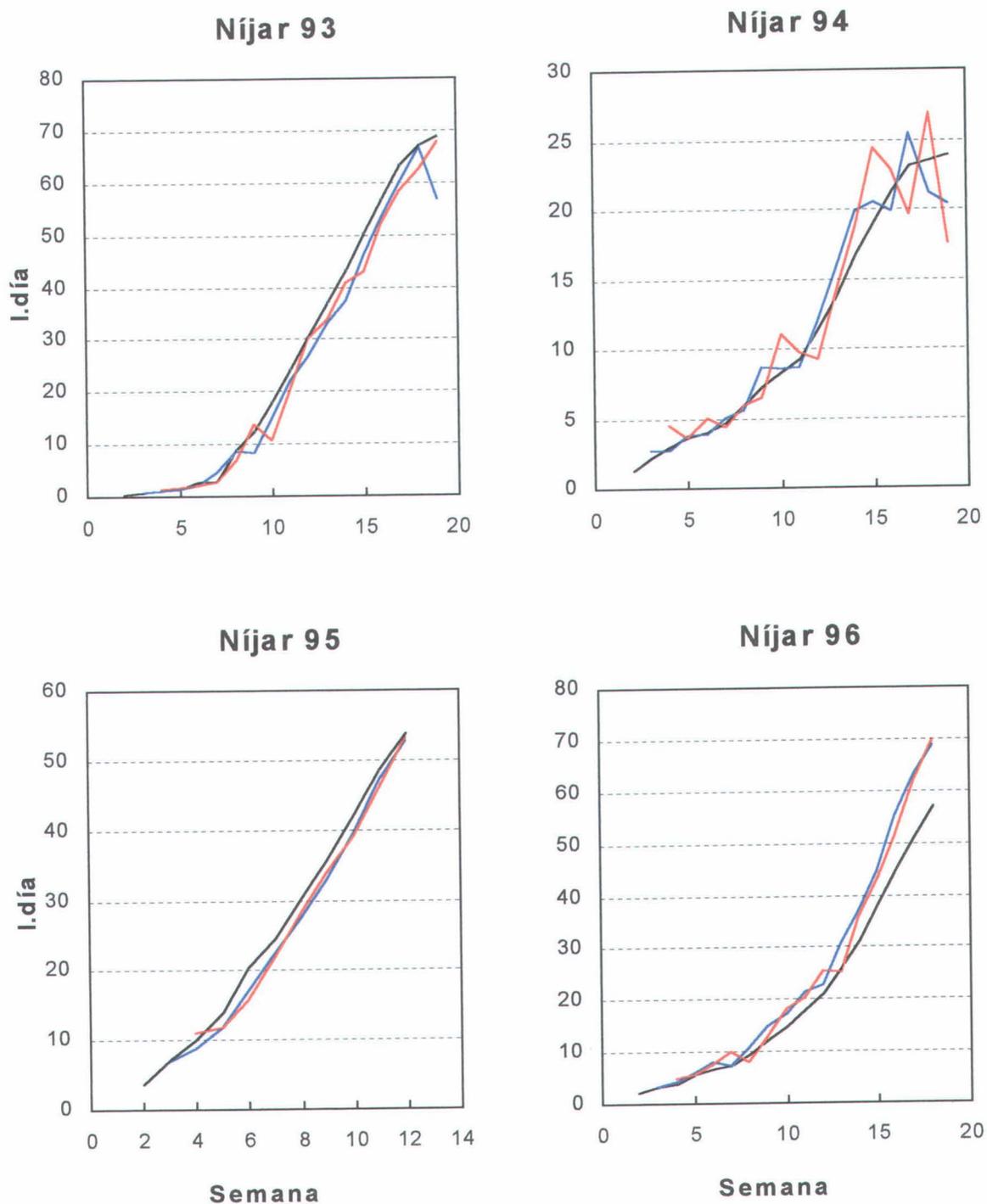


Figura VI.15. Estimación de I.día de Picaduras (----) con el modelo (1) para  $t-1$  (—) y con el modelo (3) para  $t-2$  (—) para las parcelas de control integrado de melón.

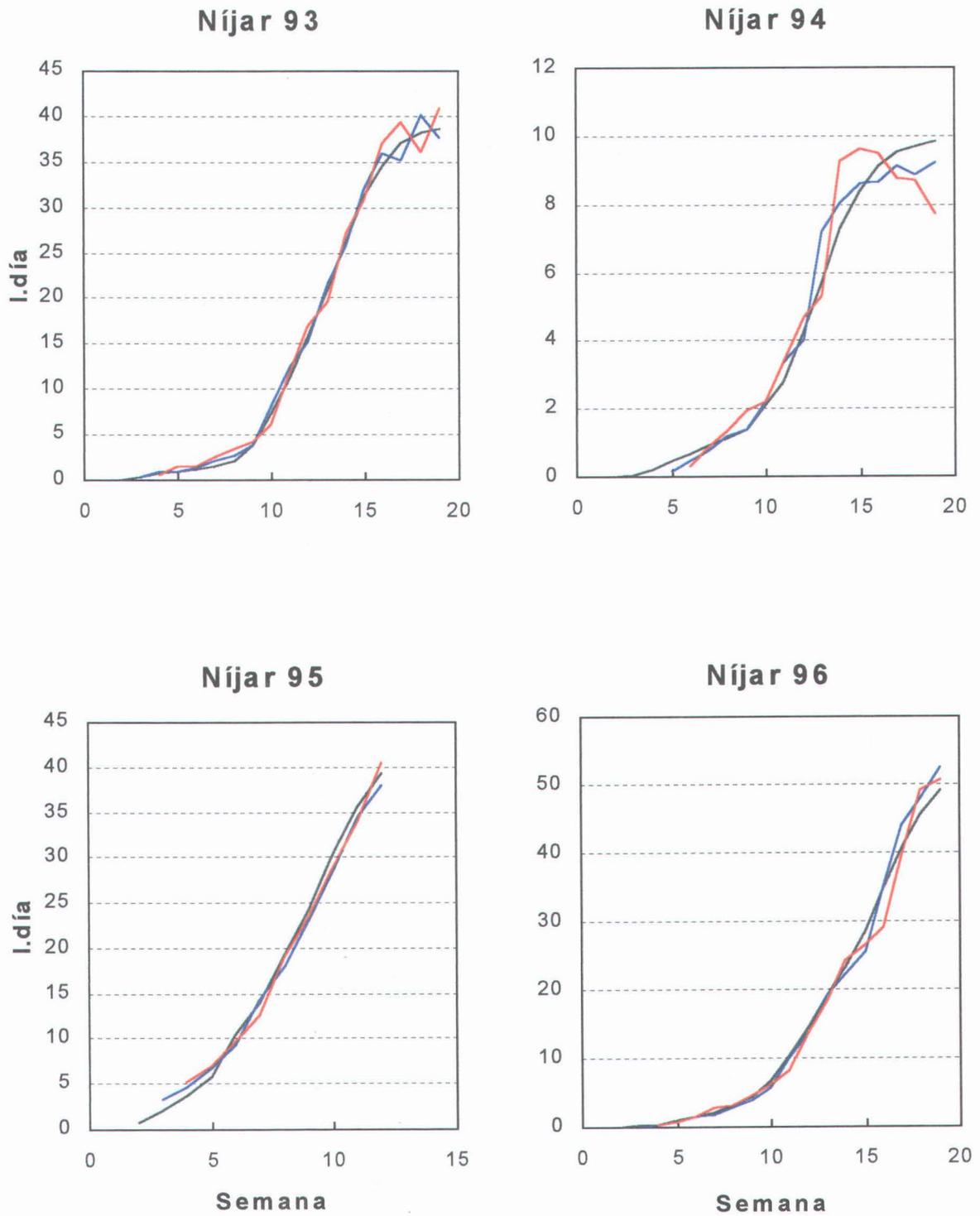


Figura VI.16. Estimación de I.día de Galerías (----) con el modelo (5) para  $t-1$  (---) y con el modelo (7) para  $t-2$  (—) para las parcelas de control integrado de melón.

### VI.3.3.2. Tomate

#### Picaduras:

Estimación de *I.día* de la semana t en función de los resultados de la t-1:

$$*(9) \text{ IDMD} = 0.13107 + 2.99624 * \text{IN1} + 0.02417 * \text{ID1} + 0.33318 * \text{IDIN} - 0.0001297 * \text{GD21}$$

$$(F=685.29; P < 10^{-4}; r^2=0.968)$$

$$(10) \text{ LIDMD} = -1.26177 + 0.50011 * \text{LID1} + 0.27293 * \text{IN1} + 0.07881 * \text{LIDIN} + 0.21511 * \text{LGD21}$$

$$(F=549.04; P < 10^{-4}; r^2=0.963)$$

Estimación de *I.día* de la semana t en función de los resultados de la t-2:

$$* (11) \text{ IDMD} = 0.20608 + 3.40222 * \text{IN2} + 0.01892 * \text{ID2} + 0.35311 * \text{IDIN}$$

$$(F=772.15; P < 10^{-4}; r^2=0.964)$$

$$(12) \text{ LIDMD} = -1.11028 + 0.42769 * \text{LID2} + 0.29078 * \text{LIN2} + 0.07467 * \text{LIDIN} + 0.25417 * \text{LGD22}$$

$$(F=256.57; P < 10^{-4}; r^2=0.927)$$

#### Galerías:

Estimación de *I.día* de la semana t en función de los resultados de la t-1:

$$*(13) \text{ IDMD} = 0.38563 + 0.04510 * \text{ID1} + 2.21568 * \text{IN1} - 0.000415 * \text{GD1} + 0.05347 * \text{LIDIN}$$

$$(F=1025.57; P < 10^{-4}; r^2=0.964)$$

$$(14) \text{ LIDMD} = 0.09585 + 0.58853 * \text{LID1} + 0.32286 * \text{LIN1} - 0.0007765 * \text{GD1} + 0.19249 * \text{LIDIN}$$

$$(F=457.45; P < 10^{-4}; r^2=0.94)$$

Estimación de *I.día* de la semana *t* en función de los resultados de la *t-2*:

$$*(15) \text{ IDMD} = 0.41436 + 0.04123 * \text{ID2} + 2.50554 * \text{IN2} - 0.0003806 * \text{GD2} + 0.06157 * \text{LIDIN}$$

$$(F=620.87; P<10^{-4}; r^2=0.945)$$

$$(16) \text{ LIDMD} = 2.06726 + 0.50057 * \text{LID2} + 0.35444 * \text{LIN2} - 0.34136 * \text{LGD2} + 0.22452 * \text{LIDIN}$$

$$(F=230.41; P<10^{-4}; r^2=0.892)$$

En las Figuras VI.17 VI.18 y VI.19 se representan las estimaciones, obtenidas con los modelos elegidos, de *I.día* de picaduras (primera Figura) y de galerías (dos Figuras restantes). Al igual que en melón, los modelos elaborados muestran ajustes totalmente aceptables, y además se vuelve a repetir que *I.día* inicial y °C.día poseen una influencia muy importante en la explicación de la progresión de la *I.día* media. No obstante, la repercusión en tomate de *I.día* inicial suele ser menor que en melón. Se debe destacar además, que las variables explicativas asociadas a °C.día en los modelos de picaduras son las que corresponden a la suma de las dos semanas anteriores (GD21, GD22), mientras que para galerías son las sumas desde el inicio de las picaduras (GD1, GD2).

Con relación a las picaduras, en la Figura VI.17 se aprecia que las estimaciones presentan fluctuaciones, bastante acusadas en algunos casos (véase CÑ 93-94), alrededor de los valores reales. No obstante, se pueden considerar como aceptables estas estimaciones. En cuanto a las galerías, en las dos Figuras (VI.18 y VI.19), destinadas a la representación de las estimaciones, existen dos bloques de parcelas bien diferenciados, uno el que posee una *I.día* final superior a 10 y otro el que lo tiene inferior. En este último caso las diferencias entre valores estimados y reales son mínimas y por tanto los modelos se comportan con exactitud. En el primer bloque especificado, se observan fluctuaciones similares a las ya indicadas para las picaduras, pero que no desvirtúan la bondad de los ajustes. Desde un punto de vista práctico, en el momento de diseñar el programa informático, habrá que prestar especial atención a posibles infravaloraciones. Para evitar estos casos se tendrá que arbitrar algún mecanismo de detección y compensación que corrija este posible déficit.

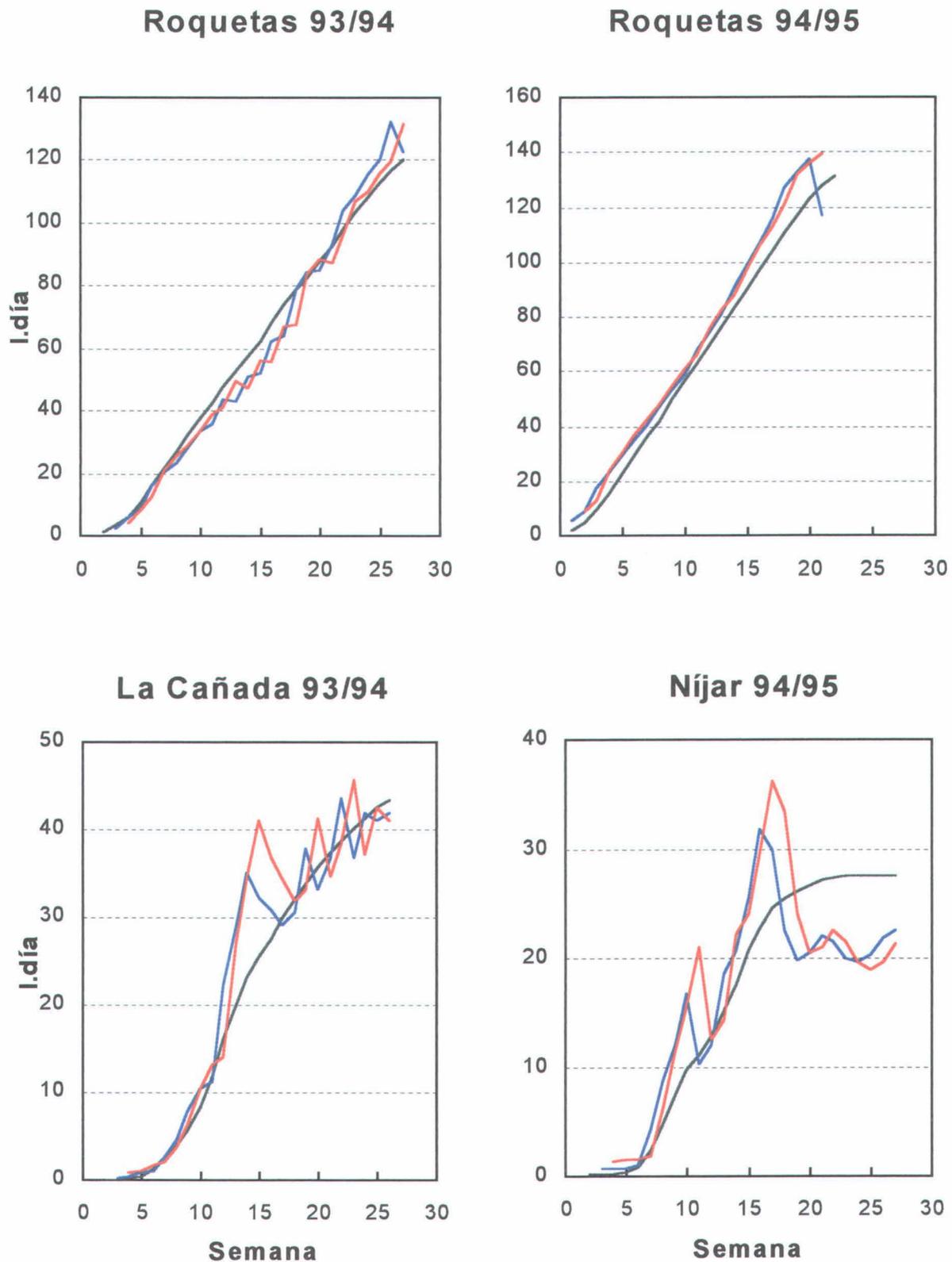


Figura VI.17. Estimación de I.día de Picaduras (-----) con el modelo (9) para t-1 (—) y con el modelo (11) para t-2 (—) para las parcelas de control integrado de tomate de las campañas 93/94 y 94/95.

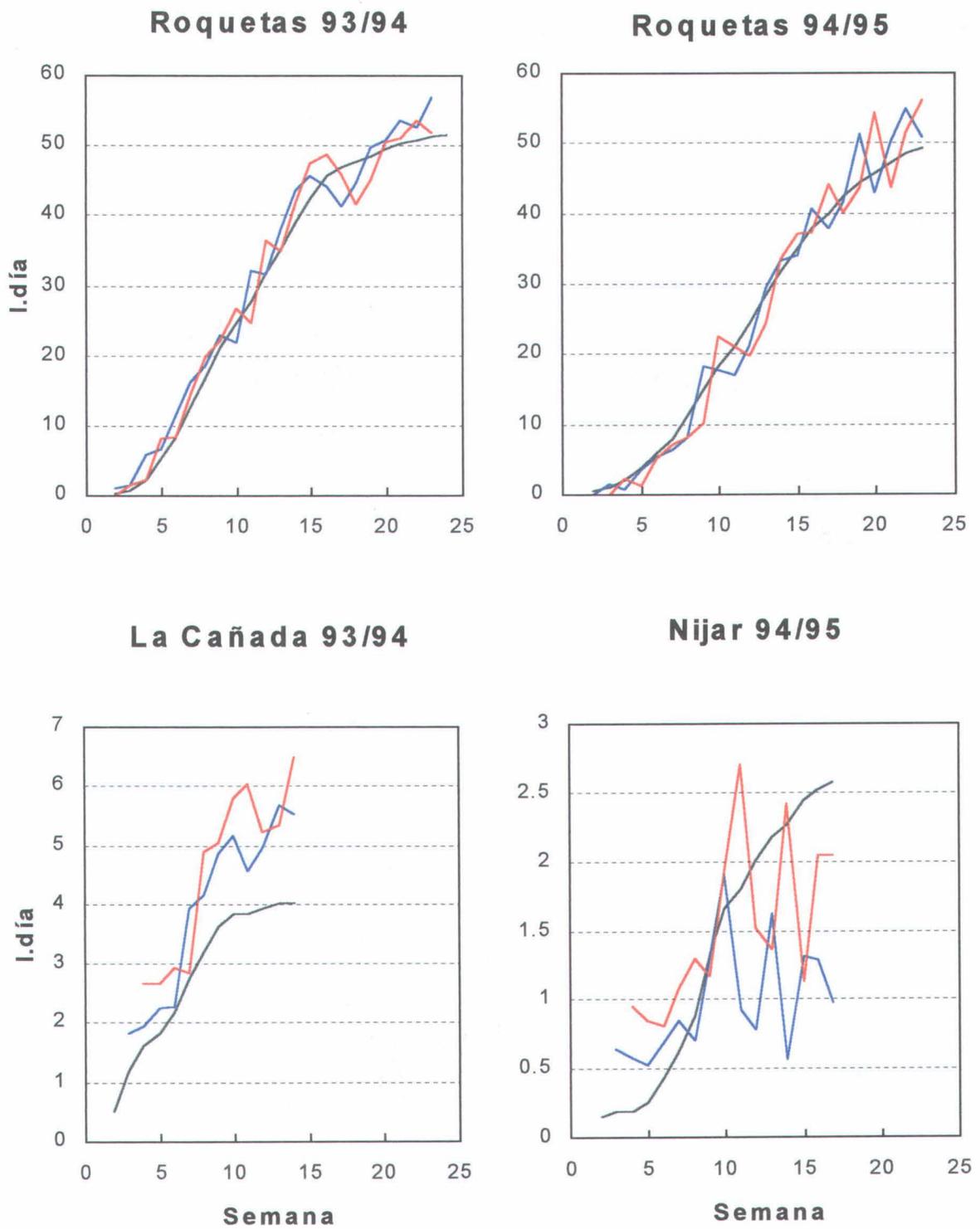


Figura VI.18. Estimación de I.día de Galerías (----) con el modelo (13) para t-1 (—) y con el modelo (15) para t-2 (—) para las parcelas de control integrado de tomate de las campañas 93/94 y 94/95.

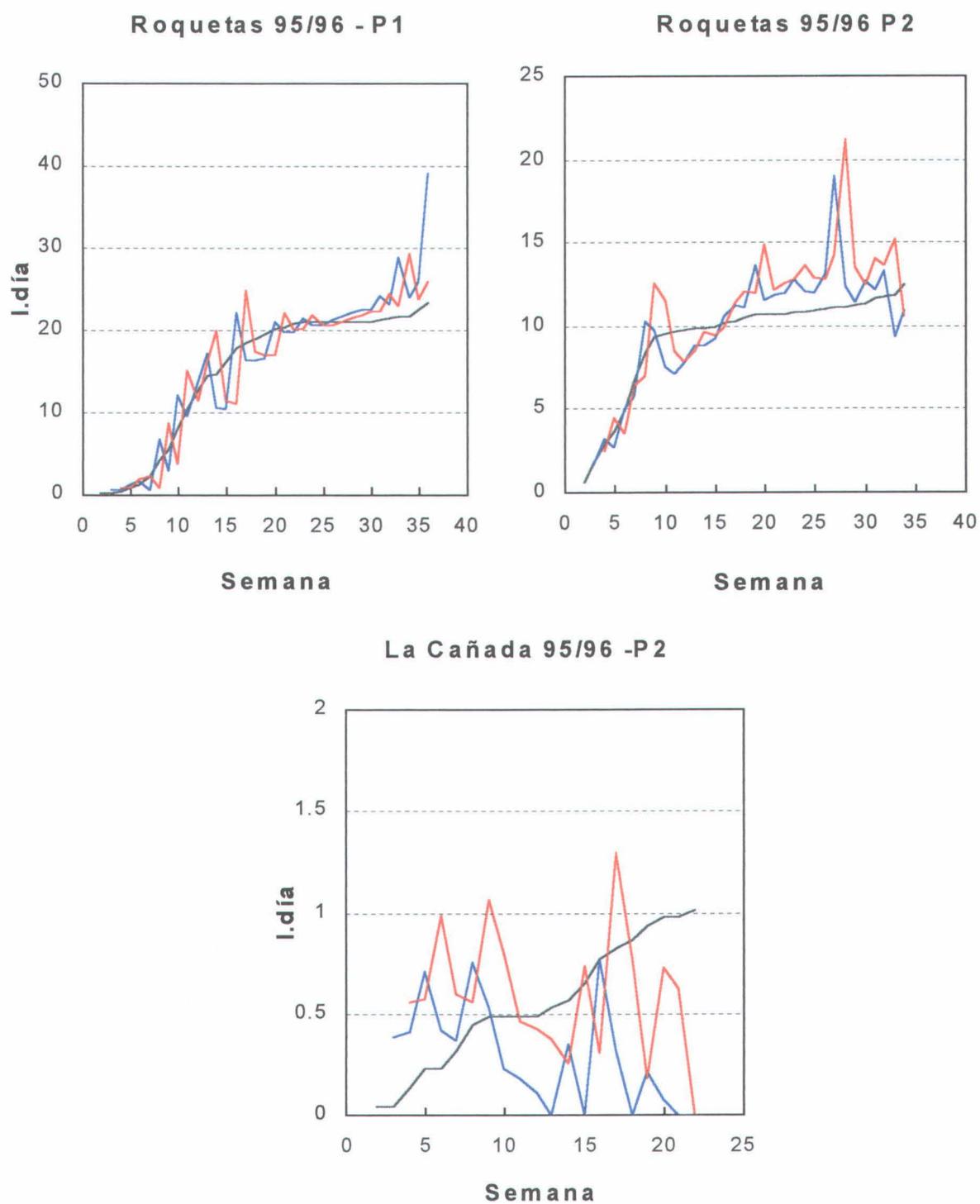


Figura VI.19. Estimación de I.día de Galerías (—) con el modelo (13) para  $t-1$  (---) y con el modelo (15) para  $t-2$  (—) para las parcelas de control integrado de tomate de la campaña 95/96.

### VI.3.4. Relaciones funcionales

Los modelos utilizados en el análisis de la tendencia de *I.día* fueron una función Logística y otra Gompertz. Sus expresiones fueron las siguientes

$$\text{Logística : } y = \frac{A}{1 + e^{B-Ct}}$$

$$\text{Gompertz : } y = Ae^{Be^{-Ct}}$$

Los ajustes se realizaron con la aplicación informática Table Curve™ 2D (Jandel Scientific, AISN Software).

#### VI.3.4.1. Melón

En las Tablas VI.6 y VI.7 se ofrecen los resultados obtenidos en los ajustes para picaduras y galerías respectivamente.

Tabla VI.6. Ajustes a las funciones Logística y Gompertz de los datos de picaduras de Melón.

PARCELA	LOGÍSTICA				GOMPERTZ			
	A	B	C	r <sup>2</sup>	A	B	C	r <sup>2</sup>
NJ 93 - CI	75.574	132.639	0.403	0.998	93.224	-9.893	0.198	0.998
NJ 93 - CQ	13.262	8.697	0.440	0.972	14.019	-2.992	0.291	0.984
NJ 94 - CI	31.329	27.704	0.262	0.992	54.114	-4.308	0.097	0.987
NJ 94- CQ	81.475	30.147	0.268	0.992	649.45	-5.579	0.055	0.990*
NJ 95 - CI	68.344	17.618	0.376	0.997	101.796	-3.738	0.161	0.999
NJ 96 - CI	100.914	56.978	0.252	0.998	381.381	-5.799	0.065	0.997

\* El parámetro C no es significativo (P>0.05)

En la parcela NJ 96-CQ, la *I.día* no superó el tramo exponencial. Por este motivo se realizó el ajuste a una función de ese tipo,  $y=ae^{bx}$ , obteniéndose los resultados siguientes:  $a=3.442$ ;  $b=-7.251$ ;  $r^2=0.971$ .

Tabla VI.7. Ajustes a las funciones Logística y Gompertz de los datos de galerías de Melón.

PARCELA	LOGÍSTICA				GOMPERTZ			
	A	B	C	r <sup>2</sup>	A	B	C	r <sup>2</sup>
NJ 93 – CI	40.278	701.355	0.555	0.999	44.459	-31.498	0.315	0.997
NJ 93 – CQ	4.545	63.575	0.717	0.990	4.777	-9.224	0.444	0.994
NJ 94 – CI	10.364	459.972	0.532	0.996	11.562	-23.186	0.294	0.989
NJ 94 – CQ	42.289	86.028	0.426	0.993	104.226	-6.196	0.128	0.988*
NJ 95 – CI	47.232	47.610	0.496	0.998	68.576	-5.543	0.211	0.999
NJ 96 – CI	59.432	261.997	0.396	0.999	90.760	-10.838	0.161	0.999

\* El parámetro C no es significativo ( $P>0.05$ )

Por la misma causa que se comentó para las picaduras, también en galerías la parcela NJ 96-CQ se tuvo que ajustar a una exponencial. Los resultados obtenidos fueron:  $a=0.460$ ;  $b=-3.750$ ;  $r^2=0.996$ .

En las dos Tablas anteriores se comprueba que ambas funciones ajustan perfectamente los datos de *I.día*. Sólo en la parcela NJ 94 – CQ, tanto en picaduras como en galerías, la tasa de crecimiento aparente estimada con la función Gompertz no fue significativa.

La comparación de estas tasas entre las diferentes parcelas nos permitirá averiguar el grado de similitud que presentan los resultados obtenidos con una y otra función. En la Tabla VI.8 se muestran los resultados, en los que se aprecia que de un total de 30 casos, en 3 de ellos se produjeron discrepancias entre Logística y Gompertz, que se repartieron en 2 para picaduras y 1 para galerías.

Tabla VI.8. I.día de picaduras y galerías en melón. Comparación de las tasas de crecimiento aparente ( C )

		NJ93-CI		NJ93-CQ		NJ94-CI		NJ94-CQ		NJ95-CI		NJ96-CI	
		Lg	Gm										
NJ93-CQ	P	NS	NS										
	G	NS	NS										
NJ94-CI	P	S	S	NS	S								
	G	NS	NS	NS	NS								
NJ94-CQ	P	S		NS		NS							
	G	S		S		NS							
NJ95-CI	P	NS	NS	NS	S	S	S	NS					
	G	NS	S	S	S	NS	NS	NS					
NJ96-CI	P	S	S	S	S	NS	NS	NS		S	S		
	G	S	S	S	S	S	S	NS		S	S		

Nota: NS: La diferencia entre los valores de C no es significativa, S: La diferencia es significativa (P<0.05).

P: picadura; G: galería; Lg: Logística; Gm: Gompertz

VI.3.4.2. Tomate

En las Tablas VI.9 y VI.10 se muestran los resultados de los ajustes para picaduras y galerías respectivamente, que coinciden por su alta precisión con los obtenidos en melón.

Tabla VI.9. Ajustes a las funciones Logística y Gompertz de los datos de picaduras de tomate.

PARCELA	LOGÍSTICA				GOMPERTZ			
	A	B	C	r <sup>2</sup>	A	B	C	r <sup>2</sup>
RQ 93/94 - CI	130.523	16.080	0.190	0.991	154.313	-3.710	0.101	0.997
RQ 93/94 - CQ	51.710	66.847	0.294	0.997	61.188	-7.177	0.149	0.995
CÑ 93/94 - CI	42.526	69.997	0.326	0.993	45.688	-9.240	0.195	0.998
RQ 94/95 - CI	143.342	16.954	0.229	0.993	168.60	-3.805	0.122	0.998
RQ 94/95 - CQ	41.423	25.379	0.270	0.994	43.797	-5.244	0.167	0.997
NJ 94/95 - CI	27.800	82.964	0.394	0.996	28.795	-10.970	0.248	0.996
NJ 94/95 - CQ	55.459	27.757	0.297	0.997	58.912	-5.423	0.181	0.999

Tabla VI.10. Ajustes a las funciones Logística y Gompertz de los datos de galerías de tomate.

PARCELA	LOGÍSTICA				GOMPERTZ			
	A	B	C	R <sup>2</sup>	A	B	C	r <sup>2</sup>
RQ 93/94 - CI	51.470	28.700	0.354	0.996	53.780	-5.709	0.223	0.998
RQ 93/94 - CQ	8.047	150.82	0.580	0.988	8.276	-18.014	0.380	0.974
CÑ 93/94 - CI	4.153	7.794	0.467	0.990	4.356	-2.691	0.305	0.988
RQ 94/95 - CI	49.920	44.796	0.313	0.997	55.049	-6.583	0.176	0.999
RQ 94/95 - CQ	5.409	21.262	0.236	0.991	6.176	-4.307	0.129	0.993
NJ 94/95 - CI	2.593	49.157	0.475	0.996	2.779	-7.627	0.286	0.994
NJ 94/95 - CQ	3.145	5.428	0.392	0.989	3.207	-2.200	0.275	0.981
RQ 95/96 - CI1	21.349	60.429	0.388	0.993	21.702	-10.085	0.258	0.996
RQ 95/96 - CI2	10.939	13.689	0.503	0.967	11.073	-3.701	0.330	0.972
RQ 95/96 - CQ	5.676	97.508	0.405	0.976	5.777	-14.510	0.272	0.984
CÑ 95/96 - CI	1.216	10.087	0.187	0.963	1.488	-2.958	0.09	0.969
CÑ 95/96 - CQ	1.309	33.481	0.425	0.994	1.363	-6.102	0.265	0.991

En la Tabla VI.11 se recogen los resultados de las comparaciones de tasas entre parcelas. En ella se comprueba que de un total de 21 casos para picaduras en 8 de ellos se produjeron discrepancias, mientras que de un total de 66 casos para galerías sólo en 9 existieron discrepancias. La concordancia de comparaciones es también alta en tomate.

Tabla VI.11. I.día de picaduras y galerías en tomate. Comparación de las tasas de crecimiento aparente ( C )

		RQ93CI		RQ93CQ		CN93CI		RQ94CI		RQ94CQ		NJ94CI		NJ94CQ		RQ95CI1		RQ95CI2		RQ95CQ		CN95CI	
		L	G	L	G	L	G	L	G	L	G	L	G	L	G	L	G	L	G	L	G	L	G
RQ93CQ	P	S	S																				
	G	S	S																				
CÑ93CI	P	S	S	NS	S																		
	G	S	S	NS	NS																		
RQ94CI	P	NS	S	S	NS	S	S																
	G	NS	S	NS	S	S	S																
RQ94CQ	P	S	S	NS	NS	NS	S	NS	S														
	G	S	S	S	S	S	S	S	S														
NJ94CI	P	S	S	S	S	NS	S	S	S	S	S												
	G	S	S	NS	NS	NS	NS	S	S	S	S												
NJ94CQ	P	S	S	NS	S	NS	NS	S	S	S	NS	S	S										
	G	NS	NS	S	NS	NS	NS	S	S	S	S	NS	NS										
RQ95CI1	P																						
	G	NS	S	S	NS	NS	NS	S	S	S	S	S	NS	NS	NS								
RQ95CI2	P																						
	G	S	S	NS	NS	NS	NS	S	S	S	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S					
RQ95CQ	P																						
	G	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	S	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS		
CÑ95CI	P																						
	G	S	S	S	S	S	S	S	S	NS	NS	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
CÑ95CQ	P																						
	G	NS	NS	S	NS	NS	NS	S	S	S	S	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	NS	S	S

Nota: NS: La diferencia entre los valores de C no es significativa, S: La diferencia es significativa (P<0.05)

P: picadura; G: galería; Lg: Logística; Gm: Gompertz

En las líneas anteriores se ha hecho patente la manifiesta igualdad de ajuste conseguida con los dos modelos, entre los que habrá que optar por aquél que se utilizará para estimar la semana en que se alcanzará el límite permisible de *I.día*. Para facilitar esta elección, en la Figura VI.20 se ha representado la razón de tiempos,  $(t_u - t_0)/(t_n - t_0)$ , en función de  $p$ , para valores de  $p_u = 0.6$  y  $p_0 = 0.01$ . Según se indicó en el apartado correspondiente de Materiales y Métodos, esta razón se calculaba de manera similar para uno u otro modelo, utilizando en cada caso el parámetro ( $P$ ) adecuado, Logit o Gompit. La expresión para realizar el cálculo se podría resumir en  $[P(t_u) - P(t_0)] / [P(t_n) - P(t_0)]$ .

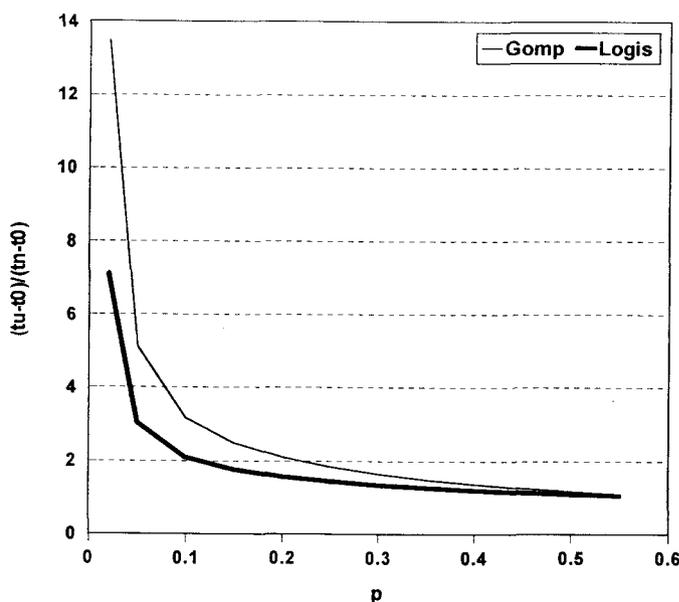


Figura VI.20. Variación de la razón de tiempos en función de  $p = y / y_{max}$   
(Ejemplo con  $p_u = 0.6$  y  $p_0 = 0.01$ )

En el ejemplo que se muestra en la Figura VI.20, y cuyo resultado es generalizable para otros valores, se comprueba que la razón de tiempos se mantiene superior en Gompertz, aunque con una tendencia a igualarse a medida que los valores de  $p$  se aproximan a  $p_u$ . Esto significa que la semana estimada con Gompertz siempre será superior o igual a la estimada con el modelo logístico, lo que hace a este modelo más restrictivo en la estimación.

Este hecho diferencial entre los modelos puede ser útil en la toma de decisiones, en especial en los casos en que la semana obtenida con la logística entre dentro del periodo previsto de cultivo mientras que con la Gompertz se produzca fuera de ese periodo. Esta indefinición tendrá que ser resuelta con criterios basados en aspectos psicológicos que impulsen al horticultor a realizar o no tratamientos, y en la experiencia de años anteriores en situaciones similares

en la misma parcela o en la zona. Por tanto, y en vista de estas circunstancias, se propugna la utilización de ambos modelos.

### VI.3.5. Dinámica determinística del sistema

Las Tablas VI.12 y VI.13 recogen los modelos y sus atributos más importantes, con los que caracterizar las dinámicas determinísticas de las plantaciones de melón, tanto para picaduras como galerías, mientras que las VI.14 y VI.15 lo hacen para las de tomate.

En las Figuras VI.21, VI.22 y VI.23 se han representado, a modo de ejemplo, los resultados obtenidos en tres parcelas que ponen de manifiesto tres situaciones típicas (punto, ciclo y caótica respectivamente) en el comportamiento de la dinámica determinística. En las Figuras aparecen, en el gráfico superior izquierdo, la *Inc* observada y la estimada por el modelo, que será la producida sólo por los factores endógenos. En el gráfico superior derecho se muestran las funciones de autocorrelación, antes y después de eliminar la tendencia. Los otros dos gráficos corresponden a los de fase, observado y estimado, este último deducido del modelo para los factores endógenos, y en ambos casos con los datos originales, si no existió tendencia, o eliminada la tendencia (ST) cuando ésta estuvo presente. El gráfico de fase estimado es el que nos permitirá deducir qué tipo de equilibrio se produce en el sistema.

#### VI.3.5.1. Melón

En picaduras, los valores de  $r^2$  son aceptables y los exponentes de Liupanov o son negativos (una parcela) o positivos con valores muy bajos, inferiores a 1. Esto último conduce a que las parcelas presenten equilibrios, o bien como ciclo límite (parcela: NJ94-CQ) o bien como punto (resto de las parcelas). En estos últimos casos, al punto se llega siguiendo trayectorias en el sentido de las agujas del reloj, lo que permite pensar que la actuación de la fauna auxiliar ha sido decisiva para alcanzar ese tipo de equilibrio.

En cuanto a galerías, los coeficientes de determinación se sitúan en dos casos por debajo de 0.5, lo que obliga a pensar que en esas parcelas en la regulación de la población predominaron factores no dependientes de la densidad. Los exponentes de Liupanov, inferiores siempre a 1, dieron como resultado puntos límites de equilibrio en todos los casos, del tipo ya manifestado en picaduras.

Tabla VI.12. Modelos de las dinámicas determinísticas para los datos de picaduras de las parcelas de melón.

Inv	$\tau$	d	Q	Coef.	$\theta$	$r^2$	$\gamma$	EL	DTR
NJ 93 – CI (ST)	1	3	1	TI: 0.55943 X: -0.46837 Y: 0.01641 Z: -0.06459	$X=(N_{t-1})^3$ $Y=(N_{t-2})^{-2.5}$ $Z=(N_{t-3})^{2.5}$	0.869	0.241	-0.174	0
NJ 93 – CQ (DO)	1	2	2	TI: 0.68713 X: -0.72885 X <sup>2</sup> : 0.13490 Y: -0.20498 Y <sup>2</sup> : 0.05473 XY: -0.09534	$X=(N_{t-1})^3$ $Y=(N_{t-2})^3$	0.633	0.588	0.203	0.636
NJ 94 – CI (ST)	1	3	1	TI: -1.00684 X: -1.47462 Y: -0.15454 Z: 0.99777	$X=LN(N_{t-1})$ $Y=(N_{t-2})^{2.5}$ $Z=(N_{t-3})^{-0.5}$	0.805	0.809	0.400	0
NJ 94 – CQ (ST)	1	2	2	TI: 0.54042 X: 0.01693 X <sup>2</sup> : -0.0050 Y: -1.06221 Y <sup>2</sup> : 0.19625 XY: 0.11801	$X=(N_{t-1})^{-3}$ $Y=(N_{t-2})^3$	0.743	0.424	0.426	0.389
NJ 95 – CI (ST)	1	2	2	TI: -0.23686 X: 0.68409 X <sup>2</sup> : -0.46547 Y: 0.19648 Y <sup>2</sup> : -0.01409 XY: -0.10622	$X=(N_{t-1})^3$ $Y=(N_{t-2})^{-3}$	0.90	0.184	0.015	0.108
NJ 96 – CI (ST)	1	2	2	TI: 0.35940 X: 0.01620 X <sup>2</sup> : 0.01527 Y: -0.39230 Y <sup>2</sup> : 0.14025 XY: -0.20849	$X=(N_{t-1})^3$ $Y=(N_{t-2})^3$	0.810	0.460	0.224	0.413
NJ 96 – CQ (ST)	1	2	2	TI: -9.73720 X: 6.889518 X <sup>2</sup> : -0.51849 Y: 9.54191 Y <sup>2</sup> : -2.01458 XY: -4.21364	$X=(N_{t-1})^{-1}$ $Y=(N_{t-2})^{-1}$	0.775	0.60	0.605	0.317

Tabla VI.13.. Modelos de las dinámicas determinísticas para los datos de galerías de las parcelas de melón.

Inv	$\tau$	d	Q	Coef.	$\theta$	$r^2$	$\gamma$	EL	DTR
NJ 93 - CI (ST)	1	1	2	TI: 0.53649 X: -3.3827 X <sup>2</sup> : 0.00603	$X=(N_{t-1})^3$	0.593	0.519	-0.235	0.701
NJ 93 - CQ (DO)	1	2	1	TI: -1.00761 X: 0.56053 Y: 0.05588	$X=(N_{t-1})^{-.5}$ $Y=(N_{t-2})^{2.5}$	0.392	1.077	-0.189	2.115
NJ 94 - CI (ST)	1	3	1	TI: 1.52063 X: -1.01517 Y: -0.01895 Z: -0.55524	$X=(N_{t-1})^{.5}$ $Y=(N_{t-2})^3$ $Z=(N_{t-3})^{0.5}$	0.520	0.575	-0.272	0.497
NJ 94 - CQ (ST)	1	2	1	TI: -1.8893 X: 0.61807 Y: 0.86611	$X=(N_{t-1})$ $Y=(N_{t-2})^{-.5}$	0.554	0.234	0.413	0.234
NJ 95 - CI (ST)	1	1	2	TI: -0.80459 X: -1.36203 X <sup>2</sup> : 1.99944	$X=(N_{t-1})^{-.5}$	0.975	0.546	-0.787	0.354
NJ 96 - CI (ST)	1	2	1	TI: -2.64282 X: 2.60434 Y: -0.0744	$X=(N_{t-1})^{-.5}$ $Y=(N_{t-2})^3$	0.700	1.155	-0.875	0.413
NJ 96 - CQ (ST)	1	2	2	TI: 0.77772 X: -3.30989 X <sup>2</sup> : 0.33069 Y: 1.97507 Y <sup>2</sup> : -0.59441 XY: 0.68225	$X=(N_{t-1})^{-.5}$ $Y=(N_{t-2})^{-.5}$	0.433	0.098	0.457	0

siendo:

Inv: identificación del invernadero, cuando se le añade DO indica que se han utilizado los datos originales, si se ha procedido a eliminar la tendencia se añade ST;

$\tau$ : periodo de tiempo en semanas entre las observaciones consecutivas que se utilizarán en el modelo ( $N_{t-1}$ ,  $N_{t-2}$ , ...); d: n° de las anteriores observaciones consecutivas que formarán parte del modelo; q: orden del modelo;

Coef.: Valores de los correspondientes coeficientes del modelo;

$\theta$ : exponentes de la transformación potencial a la que son sometidos los valores;

$r^2$ : Coeficiente de determinación en la estimación del modelo;

$\gamma$ : fiabilidad de la predicción de valores con el modelo. Se mide por la suma media de cuadrados de desviaciones entre los valores predichos y reales dividida por la varianza de la predicción;

EL: exponente de Liupanov;

DTR: desviación típica residual del modelo.

### VI.3.5.2. Tomate

En las picaduras se repite lo sucedido en galerías de melón, en dos casos  $r^2$  no supera 0.5, con lo cual se puede entender que los factores dependientes de la densidad en esas dos parcelas no han tenido suficiente importancia en la regulación de la población. Por otra parte, los exponentes de Liupanov, negativos la mayoría, conducen a puntos límites de equilibrio, con la característica, ya comentada antes, de alcanzarse el punto con trayectorias en el sentido de las agujas del reloj, lo que indica una acción importante de los parasitoides en la regulación de la población. Solo en un caso (parcela: RQ 94/95 – CI) se obtiene un ciclo límite.

Con relación a las galerías, los valores de  $r^2$  se muestran aceptables, y los exponentes de Liupanov con valores inferiores a 1, en las cuatro primeras parcelas, determinan en ellas puntos límites de equilibrio, mientras que en la última con un valor superior a 1 conduce a un aparente comportamiento caótico. Por otra parte, no todas las parcelas disponibles pudieron ser analizadas, ya que hubo algunas de ellas que tuvieron una *Inc* muy baja de galerías, y en estos casos no caben regulaciones de la población.

De todo lo anteriormente expuesto, se desprende que, tanto en melón como en tomate, es absolutamente necesario mantener y proteger la fauna auxiliar, con la cual será prácticamente suficiente para evitar los posibles perjuicios que pudieran ocasionar los minadores. Estos resultados confirman los conseguidos en España por otros equipos (Alomar *et al.*, 1992; Baraja *et al.*, 1997; Baraja y González, 1998). La unanimidad en las conclusiones es manifiesta y, por tanto, la directriz propuesta al principio del párrafo se puede considerar totalmente válida.

Tabla VI.14. Modelos de las dinámicas determinísticas para los datos de picaduras de las parcelas de tomate.

Inv	$\tau$	d	Q	Coef.	$\theta$	$r^2$	$\gamma$	EL	DTR
RQ 93/94-CI (ST)	1	1	2	TI: -0.00852 X: -0.33417 X <sup>2</sup> : 0.37279	$X = \ln(N_{t-1})$	0.444	0.435	-0.846	0.174
RQ 93/94-CQ (ST)	1	2	2	TI: 1.76402 X: -3.707 X <sup>2</sup> : 1.8501 Y: -0.81177 Y <sup>2</sup> : 0.07139 XY: 0.60312	$X = (N_{t-1})^{-.5}$ $Y = (N_{t-2})^2$	0.404	0.753	-0.780	0.552
CÑ 93/94-CI (ST)	1	2	2	TI: -0.63828 X: 1.06684 X <sup>2</sup> : 0.03751 Y: 1.24217 Y <sup>2</sup> : -0.4904 XY: -1.63254	$X = \ln(N_{t-1})$ $Y = (N_{t-2})^{.5}$	0.692	0.505	-0.413	0.548
RQ 94/95-CI (ST)	1	3	1	TI: -1.09989 X: 1.69064 Y: -1.65937 Z: 1.03274	$X = (N_{t-1})^{-.5}$ $Y = (N_{t-2})^{-.5}$ $Z = (N_{t-2})^{-.5}$	0.601	0.856	0.075	0.857
RQ 94/95-CQ (ST)	1	2	1	TI: -1.64149 X: 1.89159 Y: -0.50623	$X = (N_{t-1})^{.5}$ $Y = (N_{t-2})$	0.675	0.923	-0.529	0.684
NJ 94/95-CI (ST)	1	2	2	TI: 4.72242 X: -7.73424 X <sup>2</sup> : 3.23602 Y: -1.52405 Y <sup>2</sup> : -0.16289 XY: 1.10966	$X = (N_{t-1})^{.5}$ $Y = (N_{t-2})$	0.933	0.097	-0.240	0.743
NJ 94/95-CQ (ST)	1	2	2	TI: 2.47982 X: -6.64406 X <sup>2</sup> : 3.89548 Y: 0.47031 Y <sup>2</sup> : -0.12379 XY: -0.08343	$X = (N_{t-1})^{-.5}$ $Y = (N_{t-2})^3$	0.624	0.589	-0.211	0.288

Tabla VI.15. Modelos de las dinámicas determinísticas para los datos de galerías de las parcelas de tomate.

Inv	$\tau$	d	q	Coef.	$\theta$	$r^2$	$\gamma$	EL	DTR
RQ 93/94-CI (ST)	1	2	2	TI: 0.23760 X: -1.17423 X <sup>2</sup> : 0.58302 Y: 1.00704 Y <sup>2</sup> : -0.10034 XY: -0.61423	$X=(N_{t-1})^{1.5}$ $Y=(N_{t-2})^{-2}$	0.580	0.732	-0.01	0.418
RQ 93/94- CQ (ST)	1	2	2	TI: 1.42091 X: -1.22740 X <sup>2</sup> : 0.14219 Y: 0.21116 Y <sup>2</sup> : -0.00382 XY: -0.46713	$X=(N_{t-1})^{1.5}$ $Y=(N_{t-2})^3$	0.843	0.364	0.08	1.013
RQ 94/95-CI (ST)	1	2	2	TI: 3.41712 X: -1.27083 X <sup>2</sup> : -0.79994 Y: -6.62431 Y <sup>2</sup> : 2.94958 XY: -0.08337	$X=\ln(N_{t-1})$ $Y=(N_{t-2})^{1.5}$	0.922	0.294	-0.399	0.417
RQ 95/96- CI1 (ST)	1	2	2	TI: -2.4481 X: 2.25441 X <sup>2</sup> : -0.06419 Y: -0.18837 Y <sup>2</sup> : 0.02709 XY: -0.14942	$X=(N_{t-1})^{-1.5}$ $Y=(N_{t-2})^3$	0.829	0.438	0.128	1.055
RQ 95/96- CI2 (ST)	1	2	2	TI: 1.28418 X: -2.00211 X <sup>2</sup> : 0.21218 Y: 0.00316 Y <sup>2</sup> : -0.11359 XY: 0.19182	$X=(N_{t-1})^3$ $Y=(N_{t-2})^{2.5}$	0.885	0.184	1.364	0.475

siendo:

Inv: identificación del invernadero, cuando se le añade DO indica que se han utilizado los datos originales, si se ha procedido a eliminar la tendencia se añade ST;

$\tau$ : periodo de tiempo entre las observaciones consecutivas que se utilizarán en el modelo ( $N_{t-1}$ ,  $N_t$ ); d: nº de las anteriores observaciones consecutivas que formarán parte del modelo; q: orden del modelo;

Coef.: Valores de los correspondientes coeficientes del modelo;

$\theta$ : exponentes de la transformación potencial a la que son sometidos los valores;

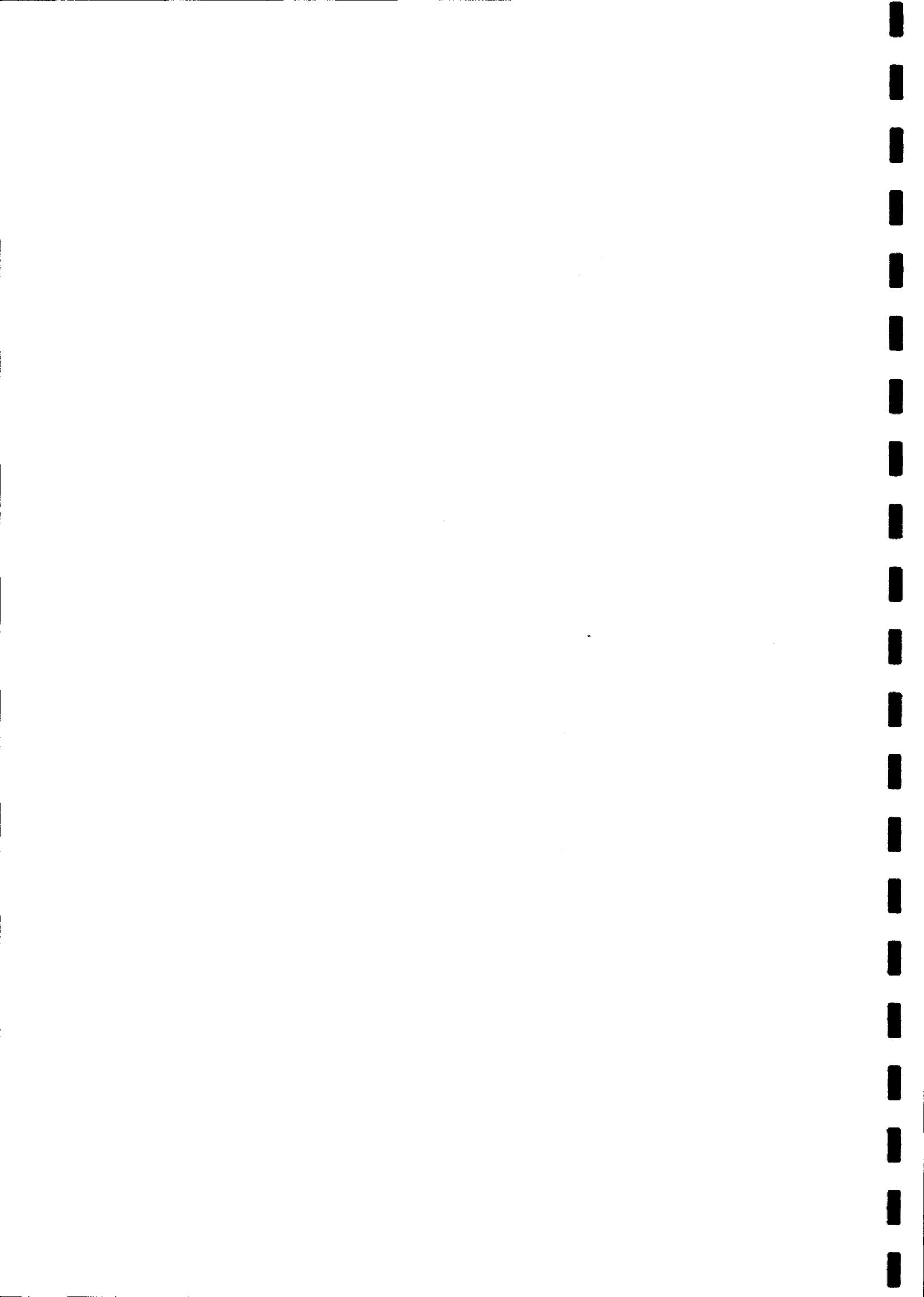
$r^2$ : Coeficiente de determinación en la estimación del modelo;

$\gamma$ : fiabilidad de la predicción de valores con el modelo. Se mide por la suma media de cuadrados de desviaciones entre los valores predichos y reales dividida por la varianza de la predicción;

EL: exponente de Liupanov;

DTR: desviación típica residual del modelo

**VII. TOXICIDAD DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS  
SOBRE FAUNA AUXILIAR.**



## VII. TOXICIDAD DE PRODUCTOS FITOSANITARIOS SOBRE FAUNA AUXILIAR.

### VII.1. INTRODUCCIÓN

Los parasitoides y depredadores de las plagas agrícolas reducen la población de sus presas u hospedantes y ayudan a limitar el daño causado por la plaga. Algunos de estos enemigos naturales son capaces de mantener por sí solos a una especie plaga importante a niveles que no ocasionan pérdidas económicas (Viñuela, et al., 1993). Sin embargo, la existencia de otras plagas y enfermedades en la plantación obliga en muchos casos a recurrir a la aplicación de pesticidas.

Actualmente, la protección vegetal recomienda reducir el uso de pesticidas químicos a un mínimo. Por tanto, una de las opciones más aconsejable sería la elección de pesticidas lo más selectivos posible para la plaga o enfermedad de la que se trate. En caso contrario, las relaciones huéspedes - parasitoides o presas - depredadores podrían quedar alteradas, lo que ocasionaría la aparición de nuevas plagas, o la variación en la importancia de las mismas, por lo que posiblemente aumentaría exponencialmente el número de tratamientos, con todos los inconvenientes que ello implica: aumento de costes de cultivo, contaminación ambiental, residuos en las cosechas, eliminación de fauna útil (Viñuela, et al, 1993).

Hasta hace poco tiempo, en Europa no era necesario hacer ensayos toxicológicos sobre enemigos naturales, previo al registro de pesticidas, pero la situación cambió radicalmente desde que la Comisión de las Comunidades Europeas promulgó la directiva 91/414/CEE de 15-7-91 (DOCE, 1991) que regula la aparición en el mercado de los productos fitosanitarios para la protección vegetal, que posteriormente se modificó varias veces (la última recogida en la directiva 96/12/CEE de 8-3-96 (DOCE, 1996), en la que se expresa por primera vez la obligatoriedad de realizar este tipo de estudios. Esta directiva ha entrado ya en vigor en todos los países miembros. (Viñuela, 2001)

Esta situación ha traído como consecuencia que otras organizaciones se interesen sobre los efectos secundarios. Con este objetivo, existen varios organismos que están activamente trabajando en el desarrollo de métodos para valorar el efecto de los pesticidas en los enemigos naturales tales como BART (Beneficial Arthropod Regulatory Testing Group), EPPO/Coe (European and Mediterranean Plant Protection Organisation), SETAC-Europa (Regulatory Testing

Procedures for Pesticides and Beneficial Arthropods) e IOBC (International Organisation for Biological and Integrated Control of Noxious Animals and Plants).

Los estudios de efectos secundarios con fines de registro siguen las directivas del esquema de decisión de la EPPO de 1994 (EPPO, 1994); el documento guía elaborado por OILB/EPPO/BART como fruto de una reunión conjunta de todas las organizaciones (Barrett *et al.*, 1994) y un nuevo documento elaborado por estas organizaciones en mayo de 2000, aún en prensa (Candolfi *et al.*, 2001).

De todos estos organismos, el más pionero es la IOBC, integrado por un Grupo de trabajo llamado "Pesticidas y Organismos Beneficiosos" que se formó en 1974 para reforzar la cooperación internacional. Este grupo de trabajo ha desarrollado una serie de métodos estándar para evaluar los efectos secundarios de la aplicación de plaguicidas sobre organismos beneficiosos (Hasan, (Ed) 1988, 1992).

Debido a que un solo método no es suficiente para valorar el efecto de los pesticidas, se recomienda la combinación tanto de métodos de laboratorio como de semi-campo y campo. La distinción entre pesticidas de nula o baja toxicidad y aquéllos con alta toxicidad puede ser valorada fácilmente con experimentos en laboratorio. Sin embargo los resultados de los tests de laboratorio sólo pueden ser utilizados para predecir efectos en campo en el caso de pesticidas de nula o baja toxicidad. Los pesticidas considerados como inocuos para un determinado organismo beneficioso en laboratorio probablemente tendrá muy bajo riesgo para la población de ese mismo organismo en campo. Por tanto una valoración en semi-campo o campo no se recomienda a no ser que se trate de un producto con múltiples aplicaciones. En el caso de pesticidas con efecto tóxico en laboratorio, sólo su valoración en campo podrá demostrar que sigue manteniendo un efecto tóxico bajo condiciones prácticas (Vogt. (Ed), 1994).

La actividad desarrollada por el grupo antes citado incluye reuniones en las que se establecen los resultados conjuntos de la toxicidad de los diferentes pesticidas ensayados (Sterk *et al.*, 1999). Toda la información referente al desarrollo de nuevos y diferentes métodos para valorar la toxicidad de los pesticidas, así como métodos de cría para los distintos organismos beneficiosos está también recogida en diferentes publicaciones de este grupo de trabajo (Hassan,(Ed.) 1998;.Vogt. y Heimbach (Eds) 2000).

Con relación a los parasitoides del minador, son varios los trabajos en los que se han realizado ensayos para valorar la acción inocua o tóxica de diferentes

materias activas pesticidas sobre los organismos beneficiosos y por tanto su posibilidad de uso dentro de un programa de control integrado.

Con relación a *Diglyphus isaea* y *Dacnusa sibírica* los ensayos de laboratorio en estado adulto realizados por Helyer *et al.*, (1992), indican que en general los fungicidas y acaricidas son menos tóxicos que los insecticidas para ambos parasitoides.

En los ensayos realizados en condiciones de semi-campo, tanto en huevo como en larva, de *D. isaea* por Beitia *et al.* (1991 y 1992), la mayoría de las materias activas ensayadas resultaron inocuas para ambos estadios del parasitoide.

También se han realizado algunos trabajos para valorar el efecto de diferentes insecticidas sobre *D. isaea* en condiciones de campo. En los ensayos realizados por Weintraub y Ghorowitz, (1998) y Weintraub, (1999) se observó que abamectina redujo de forma significativa la población de este parasitoide.

En el trabajo de laboratorio realizado por Nielsen y Bordat (1989), se estudió el efecto de abamectina en dos especies parásitas de *L. trifolii*, *Opius dissitus* y *Hemiptarsenus semialbiclava*. Esta última presentó una gran sensibilidad a abamectina, tanto en estado adulto como larvario. Por el contrario *Opius dissitus* y abamectina parece que ejercen una acción complementaria en el control de *L. trifolii*.

## VII.2. MATERIALES Y MÉTODOS

Los ensayos de toxicidad se realizaron en laboratorio utilizando como parasitoide *Diglyphus isaea* Walker, comercializado en estado adulto y suministrado en botes de 250 adultos, con el nombre comercial de Miglyphus (Figura VII.1).

En cuanto a las materias activas seleccionadas, se intentó utilizar un amplio espectro de grupos químicos, la mayoría de uso común por los agricultores de la zona y algunos de nueva aparición en el mercado. Se ensayaron un total de 19 insecticidas/acaricidas (Figura VII.2). La Tabla VII.1, recoge la relación de pesticidas, en la que se especifica el grupo químico al que pertenecen, nombre y casa comercial, dosis y plaga a la que va dirigida. La dosis utilizada ha sido la máxima recomendada por la casa comercial.

La metodología a seguir para la realización de los ensayos fue la recomendada por el Grupo de Trabajo de la IOBC "Pesticides and Beneficial Organisms" (Vogt (Ed.), 1994) de acuerdo a unas características standards para la realización de ensayos en laboratorio en estados de vida susceptibles (como es el caso de adultos de parasitoides) y en las que se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

1. Exposición de los organismos a un depósito fresco de pesticida aplicado en hoja, cristal o arena.
2. La película de pesticida aplicada debe ser uniforme, la cantidad estándar entre 1.5 - 2 mg fluido.cm<sup>-2</sup> en hoja.
3. La concentración del pesticida debe ser la máxima recomendada.
4. Adecuados tiempos de exposición antes de la evaluación.
5. Un tratamiento control con agua.
6. Valoración de la mortalidad o reducción de la capacidad del organismo beneficioso.
7. Cuatro categorías para la valoración: 1= Inocuo (<30%) 2= Ligeramente tóxico (30-79%) 3= Moderadamente tóxico (80-99%) y 4= Tóxico (>99%)

La pulverización de los pesticidas, se realizó con la ayuda de una Torre Potter (Burkard Manufacturing Co.Ltd., Rickmansworth, Hertfordshire, England) (Figura VII.3). Para estimar la cantidad de materia activa (en mg.cm<sup>-2</sup>), que realmente intercepta la cápsula receptora (en nuestro caso una placa petri con papel de filtro), en función del volumen aplicado, se realizaron unas pruebas previas, en las que:

- Se calculó la superficie *s* de la placa petri donde se colocó la muestra vegetal ( $s=60.82 \text{ cm}^2$ ).
- Se aplicaron diferentes volúmenes de agua destilada, a una presión constante de 10 lb.inch<sup>-2</sup>.
- En cada una de las aplicaciones, se pesó la placa petri con una balanza de precisión, antes y de después de la aplicación.
- Los resultados obtenidos mostraron que aplicando un volumen de un 1 ml de agua, en la placa se recogía una media de 16.4 mg, lo que equivaldría a 0.269 mg.cm<sup>-2</sup>. Puesto que la normativa de OILB, recomienda que para ensayos con pesticidas se recojan 1.5 mg.cm<sup>-2</sup>, el volumen final que se aplicó en los ensayos posteriores fue de 5 ml a una presión de 13 lb.inch<sup>-2</sup> (660-670 mm Hg), lo que equivale a 1.7 mg.cm<sup>-2</sup>.

El material vegetal, sobre el que se realizó cada pulverización, fue hoja de judía de enrame, variedad Helda, cultivada en invernadero bajo plástico (Figura VII.4), y a la que no se le aplicó ningún tratamiento químico.

Como unidades experimentales se utilizaron placas petri de un diámetro de 9.5 cm y una altura de 1.5 cm. Las tapaderas de las cajas se recortaron y se sustituyeron por malla para permitir la aireación. La base de la placa se usó como plantilla para recortar las hojas de judía, que se colocarían en su interior (Figura VII.5).

Por tratamiento se realizaron 8 repeticiones (caja de petri) con aproximadamente 10 individuos por caja. Además, cada producto fue ensayado en dos fechas diferentes para minimizar los errores de manejo.

Durante la pulverización con los insecticidas, y para evitar contaminaciones, la Torre se lavó con agua destilada entre aplicación y aplicación. Después de la aplicación se dejó que la película del pesticida sobre la hoja de judía se secase durante aproximadamente 30 minutos.

El día de antes de la aplicación de los insecticidas, se tuvieron preparados los parasitoides, aislándolos en botes con 10 individuos cada uno. Antes de introducirlos en las cajas petri con las hojas tratadas, cada bote se tuvo en el congelador durante unos minutos hasta que se mantuvieron inactivos, y de este modo se evitó que los individuos escapasen. Puesto que cada pesticida se repitió 8 veces, el tamaño total de muestra fue de aproximadamente de 80 individuos por tratamiento y fecha. En la cara interna de cada caja petri, y después del primer conteo, se colocaron pequeños trozos de fieltro bañado en una solución de agua - miel para servir de alimento a los parasitoides.

Para la determinación de la mortalidad se hizo un conteo a las 24 horas de la aplicación (Figura VII.6). La variable observada fue proporción de muertos a las 24 horas.

El tratamiento de los datos se realizó mediante un análisis de la varianza, con dos factores, producto y fecha. Cuando los resultados del análisis de la varianza fueron significativos, se utilizó el método LSD de comparación múltiple de medias con un nivel de significación de  $p < 0.05$ .

Los resultados finales determinaron la clasificación toxicológica de los productos, según la clasificación del Grupo de Trabajo de IOBC "Pesticides and Beneficial Organisms" aceptado internacionalmente (Vogt (Ed.), 1994).

Tabla VII.1. Lista de pesticidas ensayados

GRUPO QUIMICO	MATERIA ACTIVA	TIPO DE ACCION	AGENTE NOCIVO	NOMBRE / (CASA COMERCIAL)	DOSIS
PIRETROIDES DE SINTESIS	bifetrin 10% p/v E.C.	Cont / Cont-Ingest	M. blanca; Pulgón;	Talstar 10 LE ( FMC ORET)	0.03-0.04%
	deltametrin 2.5% p/v E.C.	Cont / Cont-Ingest	M. blanca; Minador; Pulgón; Oruga; Trips	Decis (AGREVO)	0.03-0.05%
	esfenvalerato 5% EW.	Cont / Cont-Ingest	Oruga; Pulgón	Sumipower 5 ME 5% p/v E.W. (KENOGARD)	0.1-0.15%
	fenpropatin 10% p/v E.C.	Cont / Cont-Ingest	M. blanca; Oruga; Pulgón	Meothrin 10 EC (KENOGARD)	0.06-0.15%
REGULADORES DEL CRECIMIENTO	buprofecin 25% W.P.	Penetrant/ Cont-Ing	M.blanca	Applaud ( ZENECA AGRO)	0.04-0.08%
	ciromazina 75% W.P.	Sistem-persist/ Cont-ingest	Minador	Trigard 75 WP (NOVARTIS AGRO)	0.02-0.04%
	teflubenzuron 15% p/v S.C.	Cont / Cont-Ingest	M. blanca; Oruga	Nomolt (CYANAMID IBERICA)	0.04-0.06%
ORGANO NITROGENADO	amitraz 20% p/v E.C.	Cont / Cont-Ingest	A. roja; A. blanca; Pulgón;	Mitac Top ( AGREVO)	0.25-0.3%
SULFANATO	tetradifon 6% p/v + dicofol 16% p/v	Contacto/ Contacto	A. roja	Tedión Kelthane (AGREVO) Kariver (KENOGARD)	0.2%
ESTER NORPIRETICO	acrinatrin 7.5 % p/v E..W.	Cont / Cont-Ingest	Trips; A. Roja	Rufast Avance (RHONE POULENC)	0.04-0.008%
ACILUREA	fluxenoxuron 10% p/v E.C.	Cont / Cont-Ingest	A. roja; Oruga	Cascade (CYANAMID IBERICA)	0.05-0.1%
TIOCOMPUESTO ORGANICO	propargita 57% p/v	Contacto/ Contacto	A. roja	Omite New E.A. (AGREVO)	0.15-0.2%
THIAZOLITA	hexitiazox 10% W.P.	Penetrante/Contacto	A. roja	Cesar (AGREVO)	0.05-0.075%
FENILUREA	hexaflumuron 10% p/v S.C.	Cont / Cont-Ingest	Oruga	Consult 10 Flow FRONDE (DOWAGROSCIENCES)	0.75-1.25 cc/l
DIACILHIDRACINA	tebufenocida 24% p/v S.C.	/Contact-Ingest	Oruga	Mimic (AGREVO)	0.06-0.075%
NATURAL MICROORGANISMOS	abamectina 1.8% p/v E.C.	Contact-Penetrant / Contact-Ingest	Minadores	Vertimec (NOVARTIS AGRO)	0.06%
INSECTICIDAS BIOLÓGICOS	Bacillus thuringiensis vr. Kurstaki 16 Mill. U.I./g S.C.	Contacto / Ingestión	Orugas	Ret-Bt (EIBOL)	0.15-0.25%
	Bacillus thuringiensis subsp. Kurstaki 32 Mill. U.I./g	Contacto / Ingestión	Orugas	Dipel 2x (AGREVO)	0.05%

### VII.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados del análisis de la varianza con dos factores, producto y fecha, para la variable proporción de muertos a las 24 horas, se presentan en la Tabla VII.2.

El factor fecha no fue significativo, lo cual indica que todos los ensayos se realizaron en condiciones similares. Como se observa en la Tabla, el valor medio para el control con agua fue mayor que el de algunos productos e incluso fue significativamente diferente a hexaflumuron. Esto se debió a que algunas repeticiones del control tuvieron una alta mortalidad de parasitoides, debido probablemente a fallos en el manejo.

Para tetradifon+dicofol (Tedion Kelthane), el análisis de la varianza muestra que su valor medio no difirió significativamente del control, sin embargo en la clasificación toxicológica del producto se consideró como ligeramente tóxico, debido a que el intervalo de confianza sugiere que no debe ser incluido en el grupo de los inocuos.

En la Tabla VII.3 aparece cada producto ensayado con la dosis (en ppm) utilizada, así como el porcentaje de mortalidad obtenido y su clasificación toxicológica según la clasificación recomendada por OILB (Vogt, 1994).

De los 19 pesticidas ensayados, nueve aparecen clasificados como inocuos para *Diglyphus isaea*. De estos, seis son IGR, tebufenocida, hexyiazox, teflubenzuron, hexaflumuron, ciromazina, y buprofezin que intervienen en los procesos de metamorfosis de diferentes insectos-plaga, actuando en el desarrollo larvario. Aunque inicialmente presentan un efecto inocuo sobre el parasitoide adulto de *D. isaea*, es conocido que los IGR pueden producir efectos subletales sobre el organismo beneficioso y su progenie. Las listas de compatibilidad de productos con diferentes organismos beneficiosos de las casas comerciales de productos biológicos (Koppert, Biobest) consideran la utilización de estas materias activas compatibles con la suelta de este parasitoide, y por tanto su posibilidad de uso dentro de un programa de control integrado. Sin embargo sería importante, una vez realizado este primer ensayo, valorar el efecto que puedan ocasionar en su capacidad reproductiva y parasitaria.

Los dos insecticidas de origen biológico *B. thuringiensis* subsp *kurstaki* 16 Mill. U.l/g, y *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* 32 Mill. U.l/g., utilizados para el control de larvas de lepidópteros, actúan por ingestión impidiendo que la oruga siga alimentándose. Tetradifon+dicofol es un acaricida con efecto conjunto ovo-larvicida y adulticida

En los ensayos realizados sobre estados larvarios de *D. isaea* (Beitia *et al*, 1992) en condiciones de semicampo, se obtuvieron resultados similares para *B. thuringiensis* 16x10<sup>6</sup>, buprofezin, ciromazina y hexitiazox, también clasificados como no tóxicos.

Teniendo en cuenta que los ensayos de toxicidad en laboratorio se realizan en las peores condiciones para el parasitoide. La utilización de estos nueve productos en programas de control integrado de plagas podría ser compatible con la suelta de este parasitoide.

Sólo cuatro pesticidas, todos ellos pertenecientes al grupo de los piretroides (fenpropatrin, esfenvalerato, deltametrin, bifetrin), fueron clasificados como tóxicos para el parasitoide. Como es sabido los piretroides actúan sobre el sistema nervioso del insecto-plaga, produciendo paralización con pérdida de coordinación y muerte. Los resultados (100% de mortalidad) podrían indicar el mismo modo de acción sobre el parasitoide. Estos productos suelen ser utilizados por los agricultores con mucha frecuencia para el control de algunas plagas como mosca blanca, orugas y pulgones. Su uso en programas de control integrado, en los que se realicen sueltas de *D. isaea*, debería estar desaconsejado, no obstante sería interesante su valoración directa en campo.

Para el resto de los pesticidas considerados como ligera o moderadamente tóxicos, son necesarias más experiencias, ya sea en campo o semicampo, para obtener más información de su toxicidad sobre *D. isaea* y poder valorar su uso dentro de estos programas.

Los dos productos que actualmente son utilizados para el control del minador, ciromazina y abamectina, como se observa en la Tabla VII.3 fueron clasificados en diferentes categorías. Ciromazina tuvo un efecto inocuo para *D. isaea*, mientras que abamectina fue clasificada como moderadamente tóxica. Los ensayos de laboratorio realizados con adultos de *D. isaea* por Helyer *et al* (1992), mostraron los mismos resultados para abamectina, también clasificada como moderadamente tóxica. En condiciones de campo, Weintraub and Ghorowitz (1998), observaron que el uso de abamectina para el control de *L. huidobrensis*, redujo significativamente la población de *D. isaea*.

Ciromazina es un regulador de crecimiento que actúa sobre la larva del minador, impidiendo su proceso de muda, no teniendo ningún efecto sobre el adulto. Abamectina, además de una acción larvicida, inhibe la oviposición por parálisis del ovipositor de la hembra del minador, llegando a inmovilizar al insecto. Sin riesgo de equivocación, se podría considerar que el efecto de ambos

insecticidas sobre los adultos de *D. isaea* es el mismo que sobre la plaga. Por tanto, la aplicación de ciromazina en el momento en que se realicen las sueltas en estado adulto de *D. isaea* sería más adecuada que la utilización de abamectina.

Las experiencias llevados a cabo con *D. isaea* (Peña, 1983, 1989; Benuzzi y Raboni, 1992; Ulubilir y Sekeroglu, 1997; Ozawa et al., 1999) muestran que este parasitoide actúa como un buen agente de control biológico para el minador, no sólo por su capacidad parasitaria, sino también por su acción depredadora.

Hoy por hoy en la provincia de Almería, como alternativa al control químico y dentro de los planes de manejo integrado se están realizando introducciones de este parasitoide. Los resultados obtenidos con este insecto auxiliar son bastante eficaces para el control de la plaga, entre otras cosas porque está perfectamente adaptado a nuestras condiciones, prueba de ello es que también aparecen de forma espontánea en invernaderos donde no se han hecho introducciones. Por tanto es importante conocer el efecto tóxico del conjunto de materias activas cuyo uso está permitido dentro de estos programas de manera que su aplicación sea compatible con la suelta de *Diglyphus isaea*.

No obstante, en la situación actual de los invernaderos de Almería existe un amplio complejo de enemigos naturales en los diferentes cultivos hortícolas que actúan como parasitoides del minador y que han sido citados por Cabello et al. (1994) y Alcázar et al. (2000) como son *Dacnusa sibírica* (Telenga), *Opius concolor* Szepñiget, *Chrysonotomyia formosa* (Westwood), *Cirrospilus vittatus* (Walker), *Diglyphus isaea* (Walker), *Diglyphus minoicus* (Walker), *Diglyphus poppoea* (Walker), *Diglyphus chabrias* (Walker), *Diglyphus crassinervis* Erdos, *Hemiptarsenus semialbiclava* (Girault), *Hemiptarsenus zanglerii* (Erdös), *Hemiptarsenus zilahisebessi* Erdös y *Hemiptarsenus varicornis*.

Todos los estudios realizados en parcelas donde se efectuó un seguimiento del parasitismo natural del minador indican que, en algunas ocasiones, el parasitismo principal no es ejercido por las especies del género *Diglyphus*, sino por *Chrysonotomyia formosa*, que puede alcanzar unos niveles de parasitismo muy importantes. Desde el año 1992, en los seguimientos realizados por Cabello et al. (1994) en invernaderos sin tratamientos fitosanitarios, se observó que *C. formosa* fue el parasitoide que ejerció un mejor control natural de las poblaciones de la plaga, alcanzando porcentajes de parasitismo del 31.2 % en judía, 51.0 % en tomate y 31.4 % en berenjena. Igualmente, en invernaderos comerciales donde se realizaron aplicaciones con plaguicidas se encontró que *C. formosa* fue el parasitoide más abundante, por niveles de parasitismo y periodo de presencia a lo largo del año en las diferentes parcelas. Los valores encontrados están muy

próximos a los de las parcelas de cultivo sin tratamiento fitosanitario, lo que pudo indicar la posible existencia de una buena tolerancia a productos fitosanitarios. También en las prospecciones realizadas durante la campaña 1999-2000 por Alcázar *et al.* (2000) se observó que en algunas ocasiones el parasitismo principal era ejercido por *C. formosa*, de tal modo que en tomate el 79% de los parasitoides encontrados pertenecían a este parasitoide y en calabacín este valor fue del 42%. Un reciente trabajo sobre el parasitismo natural en judía, durante la campaña 2001-2002, indicó también que *C. formosa* en otoño alcanza porcentajes muy altos de parasitismo entorno al 76 % frente a *D. isaea* que se situó entorno al 21 % (Téllez M.M, 2001-2002 - Datos no publicados). Además se ha observado que en aquellas plantaciones donde se están aplicando programas de manejo integrado con sueltas de *D. isaea*, en determinadas épocas del año aparecen de forma natural altos porcentajes *C. formosa* (información facilitada por técnicos de IPM).

En este sentido, aunque *D. isaea* ejerza un buen control biológico de la plaga, en algunas épocas del año y bajo determinadas circunstancias, *C formosa* puede actuar como mejor agente de control. Por tanto sería interesante valorar esta fauna autóctona con el fin de potenciar el uso de los organismos que se encuentran presentes en las condiciones de Almería.

Tabla VII.2. Resultados del análisis de la varianza de los ensayos de toxicidad sobre *D. isaea*.

PRODUCTO	Mortalidad 24 horas <sup>(1)</sup> ± ES <sup>(2)</sup>
hexaflumuron	0.26 ± 0.08 <sup>a</sup>
B. thuringiensis (Dipel 2x)	0.39 ± 0.10 <sup>abc</sup>
hexytiadox	0.36 ± 0.07 <sup>abc</sup>
B. thuringiensis (Ret)	0.32 ± 0.08 <sup>abc</sup>
teflubenzuron	0.33 ± 0.07 <sup>ab</sup>
tebufenocida	0.34 ± 0.08 <sup>abc</sup>
Control	0.43 ± 0.03 <sup>bc</sup>
tetradifon+dicofol (Kariber)	0.38 ± 0.07 <sup>abc</sup>
ciromazina	0.43 ± 0.07 <sup>abc</sup>
tetradifon+dicofol (Tedion Kelthane)	0.53 ± 0.06 <sup>cd</sup>
buprofezin	0.48 ± 0.07 <sup>bcd</sup>
propargita	0.61 ± 0.07 <sup>d</sup>
amitraz	0.80 ± 0.06 <sup>e</sup>
fluxenoxuron	0.82 ± 0.08 <sup>e</sup>
abamectina	1.23 ± 0.08
acrinatrin	1.51 ± 0.08 <sup>g</sup>
fenpropatrin	1.55 ± 0.07 <sup>g</sup>
esfenvalerato	1.57 ± 0.07 <sup>g</sup>
deltametrin	1.57 ± 0.07 <sup>g</sup>
bifetrin	1.57 ± 0.07 <sup>g</sup>
<b>Factor producto</b>	<b>F: 45.42      gl:19      p= 0.00001</b>
<b>Factor fecha</b>	<b>F: 1.46      gl: 6      p= 0.1908 NS</b>

(1): La transformación aplicada ha sido,  $y = \arcsen(p^{1/2})$ , siendo p= la mortalidad expresada en tanto por 1

(2): Los valores medios seguidos de distinta letra presentan diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) según el Test LSD.

Tabla VII.3. Clasificación toxicológica de los ensayos de toxicidad sobre *D. isaea*.

Ingrediente activo	Dosis del ingrediente activo (ppm)	Mortalidad $\pm$ SE (%)	I.O.B.C. Clasificación
hexaflumuron	100	8.7 $\pm$ 5.5	1
<i>B. thuringiensis</i> Vr. Kurstaki 16 Mill.	400	14.8 $\pm$ 5.5	1
teflubenzuron	90	14.7 $\pm$ 4.9	1
tebufenocida	180	16.2 $\pm$ 5.5	1
hexytirozox	75	17.6 $\pm$ 5.0	1
tetradifon+dicofof (K)	320	19.9 $\pm$ 4.9	1
<i>B. thuringiensis</i> subsp. Kurstaki 32 Mill. U.l/g	160	18.9 $\pm$ 7.1	1
ciromazina	300	22.4 $\pm$ 4.9	1
buprofezin	200	25.1 $\pm$ 4.9	1
tetradifon +dicofof (TK)	320	29.5 $\pm$ 4.1	2
propargita	1140	33.9 $\pm$ 5.0	2
amitraz	600	50.9 $\pm$ 4.1	2
fluxenoxuron	100	52.3 $\pm$ 5.5	2
abamectina	11	80.8 $\pm$ 5.5	3
acrinatrin	60	95.1 $\pm$ 5.5	3
fenpropatrin	150	100 $\pm$ 5.2	4
esfenvalerato	75	100 $\pm$ 5.2	4
bifetrin	40	100 $\pm$ 5.2	4
deltametrin	12.5	100 $\pm$ 5.2	4

(a) Mortalidad : <30%: 1 (Inocuo)  
 30-79%: 2 (Ligeramente tóxico)  
 80-99%: 3 (Moderadamente tóxico)  
 >99%: 4 (Tóxico)



Figura VII.1 Parasitoide  
(*Diglyphus isaea*)



Figura VII.2 Productos insecticidas  
y acaricidas



Figura VII.3. Torre Potter



Figura VII.4. Material vegetal (Judía)

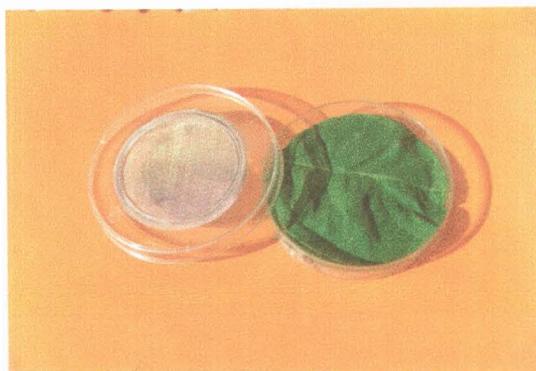


Figura VII.5. Conteo



Figura VII.6. Placa petri modificada



**VIII. TOMA DE DECISIONES TÁCTICAS**



## VIII. TOMA DE DECISIONES TÁCTICAS

### VIII.1. INTRODUCCIÓN

A las plantaciones se las debe considerar como sistemas dinámicos en los que se establecen interrelaciones de muy diversa índole entre sus diferentes componentes endógenos; sin olvidar, claro está, la acción que también los exógenos ejercen sobre cada uno de ellos, y que provocará su alteración cuantitativa. Todo este proceso, desarrollado en la plantación, desembocará en una producción final que reflejará la influencia conjunta que los factores endógenos y exógenos tuvieron sobre ella. Las combinaciones teóricas espacio - temporales que se establezcan con diferentes valores de estos factores conducirán a resultados productivos también diferentes. Toda esta información debería quedar recogida en superficies de respuesta  $n$  dimensionales, a partir de las cuales se podría optimizar científicamente la gestión productiva.

Estas consideraciones muestran la dificultad que entraña la estimación de un umbral económico para cualquier plaga o enfermedad, especialmente para las de acción indirecta sobre la producción, y el por qué este tema se ha convertido en uno de los cuellos de botella para el desarrollo fiable de la producción integrada. Los intentos más interesantes realizados para abordar este problema están relacionados con los modelos de simulación de crecimiento de plantas, basados en los procesos fisiológicos y en las consecuencias que sobre ellos tienen algunos factores endógenos y exógenos (Dent, 1991; Rabbinge y Rijdsdijk, 1981). Por desgracia, estos modelos son escasos, y en la actualidad sus posibles aplicaciones están en periodo de estudio. Con los conocimientos actuales se puede afirmar, por tanto, que no existe un método práctico con el que de forma científica sea posible estimar este umbral dinámico. Ante esta situación, hay que acogerse obligatoriamente a la obtención de la máxima información que se pueda de parcelas, en cuanto a su producción final y a poblaciones o colonizaciones de sus fitoparásitos. Una vez cotejadas entre sí cada una de estas parcelas piloto, se podrá, de forma empírica, establecer una *l.día* límite permisible con la que aparentemente no se hayan producido mermas en la producción. Este umbral tendrá aplicación en una parcela determinada cuando las incidencias del resto de las plagas y enfermedades se mantengan dentro del rango que presentaron en las parcelas piloto; de ahí el interés en obtener información del mayor número de plantaciones posibles.

Las decisiones que se pueden adoptar en agronomía son de dos tipos, estratégicas y tácticas. Las primeras se refieren a decisiones a medio y largo plazo y dentro de ellas se encuentran, entre otras, el tipo de estructura del

invernadero, el de cubierta plástica, la variedad, el aporte calorífico, sustrato o suelo, cultivo entutorado o rastrero, y la maquinaria de aplicación de productos fitosanitarios. En cuanto a las decisiones tácticas se encuadran dentro de la resolución de los problemas diarios que surgirán en una plantación, y a los que en numerosas ocasiones habrá que dar respuesta en tiempo real. En este aspecto concreto de las decisiones es donde se desenvuelve este estudio.

En epidemiología botánica ha sido donde más se ha profundizado en el estudio y desarrollo de estos modelos tácticos. Dos han sido los tipos elaborados. El que ha sido empleado con más frecuencia ha sido el climático, o fenológico, en el que la presencia de cada una de las fases e incluso subfases del proceso epidémico se explica mediante parámetros climáticos diarios de muy diversa índole, tales como, tiempo mínimo de presencia de agua libre sobre la superficie foliar, horas con una determinada humedad relativa, lluvia, horas de sol, temperaturas máxima y mínima diarias. Con la ayuda de algunos de estos parámetros la mayoría de los modelos elaboran unos índices que, a medida que las condiciones se tornan favorables para la enfermedad, se incrementan hasta un determinado nivel crítico, momento en el cual se recomienda la aplicación química.

De este tipo de modelos hay varios ejemplos. Entre ellos, FAST es un sistema de predicción para *Alternaria solani* en tomate (Madden *et al.*, 1978), BLITECAST lo es para *Phytophthora infestans* en patata (Krause *et al.*, 1975), mientras que TOM-CAST está dirigido para alternariosis, septoriosis y antracnosis en tomate (Pitblado, 1992). También hay otros, como MARYBLYT para el fuego bacteriano de perales y manzanos (Zwet *et al.*, 1994), y para el oídio de la vid (Thomas *et al.*, 1994).

En el segundo de los tipos de modelos se incorpora algún umbral crítico de la enfermedad, que, o bien, es fijo durante el periodo de cultivo, tal como sucede en los sistemas BLIGHT-ALERT para la predicción de *Botrytis* en cebolla (Vincelli y Lorbeer, 1989); o bien, difiere según sea el estado fenológico de la plantación, como es el caso del sistema EIPRE desarrollado para plagas y enfermedades del trigo (Zadoks *et al.*, 1984).

En el manejo de plagas, aparte el sistema EIPRE y los posibles modelos de simulación, la tendencia ha estado claramente orientada hacia los fenológicos, con los que se intenta predecir, en función de °C.día y alguna otra variable climática, la época en que se producirán determinados sucesos biológicos, como, por ej., la aparición de adultos (Osborne, 1982; Herbert, 1982; Zalom *et al.*, 1985).

Con estos modelos sólo se consigue precisar el período más favorable para ejercer medidas contra la plaga, pero no la conveniencia de ejecutarlas, que como es bien sabido dependerá del umbral. Por tanto, estos modelos sólo resolverán la mitad del problema, siempre y cuando las especies no sean polivoltinas, porque en el caso de serias, como sucede con la mayoría de las que atacan a las hortícolas bajo cubierta, estos modelos no tendrán utilidad práctica para controlarlas.

## VIII.2. MATERIALES Y MÉTODOS

El elemento indispensable en el método de toma de decisiones, que aquí se propone, es la determinación de la semana en la que se alcanzará el umbral. Para ello, la utilización de los modelos descriptivos, con los que se obtendrán estimaciones de la *I.día* para las dos semanas siguientes, y su posterior aplicación a cada una de las dos funciones sigmoidales empleadas, conducirá al establecimiento de ese período.

El criterio básico para decidir si se adopta alguna medida reside en que esa semana se encuentre dentro del período de cultivo. Si así sucede, se deberá actuar para evitar que se alcance y se supere el umbral establecido. Este criterio se tendrá que matizar con otros aspectos, todo lo cual finalmente se recogerá en un diagrama de actuación. Como es lógico, todo el proceso que requerirá el método se tendrá que trasladar a un programa informático. Este programa se podrá utilizar independientemente, pero lo que verdaderamente se tendría que hacer, sería efectuar estudios similares a éste con el resto de plagas y enfermedades, y después elaborar una aplicación informática conjunta de toma de decisiones para la totalidad de ellas.

## VIII.3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las Tablas VIII.1 y VIII.2 se han recogido las *I.día* finales de las principales plagas y enfermedades que afectaron a las plantaciones de melón y tomate. En estas Tablas se puede constatar la dificultad que entraña determinar, con los métodos de los que actualmente se dispone, los umbrales de plagas y enfermedades. Si se analiza la Tabla de melón, se observa que existen diferencias sensibles, dentro de cada tipo de melón, entre las producciones de sus diferentes parcelas, y que estas diferencias, en muy pequeña medida, se

podrían atribuir a la acción de los fitoparásitos. Para demostrarlo bastaría con escoger, por ej., las parcelas de Charentais NJ 93-CQ y NJ 94-CQ con una diferencia de producción entre ambas de  $1.7 \text{ kg.m}^2$  a favor de la segunda, cuando la única diferencia en incidencia fitoparasitaria entre ambas estriba en que esta segunda parcela tuvo una *I.día* de minador bastante superior a la primera. Algo similar sucedió con las parcelas del tipo Galia NJ 95-CI y NJ 96-CI, en las que exceptuando una *I.día* superior de minador en la segunda, el resto de fitoparásitos alcanzaron en las dos parcelas unas *I.día* muy similares, mientras que en lo que respecta a la producción la de la segunda parcela fue, en cambio,  $0.7 \text{ kg.m}^2$  mayor que la de la primera. Estos hechos contribuyen a poner de manifiesto que, para explicar la variabilidad de la producción, habrá que estudiar conjuntamente todos los factores que conforman el proceso productivo. Esto únicamente podrá hacerse a través de los modelos de simulación productiva, que actualmente comienzan a desarrollarse (Gijzen *et al.*, 1998).

No obstante, en este estudio se deberá adoptar un umbral de partida, sometido a constante revisión a la luz de los resultados de los estudios posteriores que se realicen en otras parcelas. En principio, un valor límite de la *I.día* para galerías de minador se podría establecer en 40, para ambos tipos de melón.

En tomate, al igual que en melón, vuelve a producirse una fuerte variabilidad en la producción, la que en muy pocos casos sería atribuible a la acción de algún fitoparásito. Uno de ellos podría ser la presencia de *Botrytis* en ramillete, lo que supone un ataque directo al fruto y por lo tanto una merma que puede alcanzar cotas importantes. Esto sucede con las dos parcelas de producciones más bajas, NJ 94/95-CI (*I.día*=30.7), agravado además por la pérdida del 8 % de las plantas debida a *botrytis*, y CÑ 93/94-CI (*I.día*=10.1), con problemas además de nemátodos, que están asociadas a los valores más altos de la correspondiente *I.día* en ramillete. Las diferencias entre el resto de las parcelas habría que endosárselas a esos otros factores productivos adicionales.

Una vez más es complicado elegir un umbral de partida. Con un rango de *I.día* entre 1.0 y 51.6 y una falta de correspondencia evidente entre una mayor *I.día* y una menor producción, es difícil decidirse por un umbral determinado. Si se contempla la gran frondosidad que posee una planta de tomate, quizás se podría optar por un valor de 50, pero eso sí, como en el caso anterior, revisable constantemente.

Tabla VIII.1. Melón. I.día final de las principales plagas y enfermedades.

Parcela	Prod Kg.m <sup>-2</sup>	Minador (galería)	Mosca Blanca	Trips en hoja	Pulgón negro	Araña Roja	Oídio
NJ 93 - CI	4.1 (G)	38.6	4.7	51.9	1.5	3.3	23.1
NJ 93 - CQ	2.7 (C)	13.6	3.6	13.6	0.06	0.6	10.5
NJ 94 - CI	2.1 (C)	9.8	2.3	33.3	0.03	4.0	57.5
NJ 94 - CQ	4.4 (C)	41.8	5.8	3.2	2.3	2.1	4.9
NJ 95 - CI	3.6 (G)	39.3	16.5	11.3	14.4	16.3	19.4
NJ 96 - CI	4.3 (G)	49.2	5.0	12.0	20.6	6.2	20.9
NJ 96 - CQ	1.6 (C)	32.9	18.0	14.1	7.1	1.2	36.7

(C): variedades tipo Charentais; (G): variedades tipo Galia.

Tabla VIII.2 Tomate. I.día final de las principales plagas y enfermedades.

Parcela	Prod Kg.m <sup>-2</sup> mes <sup>-1</sup>	Minador (galería)	Mosca Blanca	Araña Roja	Oídio	Botrytis en hoja	Botrytis en ramillete	Botrytis en tallo
RQ 93/94 CI	0.97	51.6	89.8	3.2	40.2	15.9	8.1	4.9
RQ 93/94 CQ	1.00	7.8	15.8	0.7	1.5	13.2	3.7	8.2
CÑ 93/94 CI	0.81	4.0	45.6	44.6	62.7	7.3	10.1	6.2
RQ 94/95 CI	1.13	38.8	116.7	94.6	83.9	25.3	2.9	3.3
RQ 94/95 CQ	1.33	3.2	20.4	--	8.4	18.7	3.0	1.1
NJ 94/95 CI	0.88	2.6	9.0	--	16.5	55.8	30.7	37.1
NJ 94/95 CQ	1.05	3.2	7.7	--	74.1	20.0	2.9	2.4
RQ 95/96 CI1	1.22	23.5	67.6	2.9	55.5	16.6	3.6	21.1
RQ 95/96 CI2	1.90	12.5	25.4	2.8	2.6	22.3	4.2	36.4
RQ 95/96 CQ	1.17	1.2	43.0	2.7	7.1	38.7	4.7	45.2
CÑ 95/96 CI	1.31	1.0	32.5	15.0	75.7	--	--	1.5
CÑ 95/96 CQ	--	1.4	33.2	--	23.1	1.1	0.3	0.3

Elegidos los valores límites de la *I.día* de galerías de minador para melón y tomate, se procedió a elaborar una propuesta de Diagrama de Intervención, que se muestra en la Figura VIII.1. Este esquema se inicia con el análisis de los datos procedentes del muestreo de la parcela, que daría como resultado la estimación de la *Inc*, su intervalo de confianza e *I.día*, todas ellas de galerías. A continuación existen dos opciones, que las semanas transcurridas desde el transplante (S) sean inferiores o iguales a cinco, o que sean mayores. Se considera que durante esas cinco semanas es necesario mantener *I.día* a niveles bajos, para lo cual se estima que los valores de *Inc* deberán ser inferiores o iguales 0.01.

Dentro de la primera opción ( $S < 5$ ) se abren dos posibilidades. Una de ellas consiste en que en las semanas anteriores se haya producido aporte de parasitoides (AP), *D. isaea* y la otra en que no se haya producido (No AP). En el primer caso, no se deberán ejercer acciones (NA) en la parcela. En el segundo, si *Inc* es inferior a 0.01 no será necesario actuar, si está comprendida entre 0.01 y 0.05 se aportarán parasitoides y si es mayor o igual a 0.05, podrá ocurrir que si con anterioridad se efectuó control químico (CQ) la decisión será introducir parasitoides y si no hubo control químico (No CQ) éste será el momento de realizarlo. Estos intervalos de *Inc*, a los que se ha hecho referencia, deberán serlo significativamente ( $P < 0.05$ ), tanto en estos casos como en los que aparezcan en lo sucesivo.

En la segunda de las opciones ( $S > 5$ ), puede suceder que previamente no se hayan introducido parasitoides o que sí se haya hecho. En la primera de las situaciones, si *Inc* es igual o inferior a 0.01 no habrá que actuar en la parcela, mientras que si *Inc* es mayor que 0.01 se soltarán enemigos naturales. En la segunda, si la semana en que se alcanza el umbral [S(U)] no se encuentra dentro del periodo productivo (P) no será necesario actuar; mientras que si se encuentra habría que comprobar si la *Inc* es menor o igual que la de la semana anterior, en cuyo caso no se actuará, en cambio si es mayor se ejercerá control químico. El periodo productivo para tomate será de 22 semanas y para melón de 12.

En este esquema se ha intentado plasmar el control de minadores, desde una perspectiva esencialmente biológica, y se recurre a sustancias químicas sólo en casos muy concretos y graves. Como ya se indicó, este plan obligatoriamente tiene que ser sometido a revisión constante, tanto de umbrales como de los niveles críticos de *Inc* aquí propugnados. Con ello irá adaptándose paulatinamente a otras condiciones y situaciones, y es de esperar que pueda ayudar en la mejora del control fitosanitario de estos minadores.

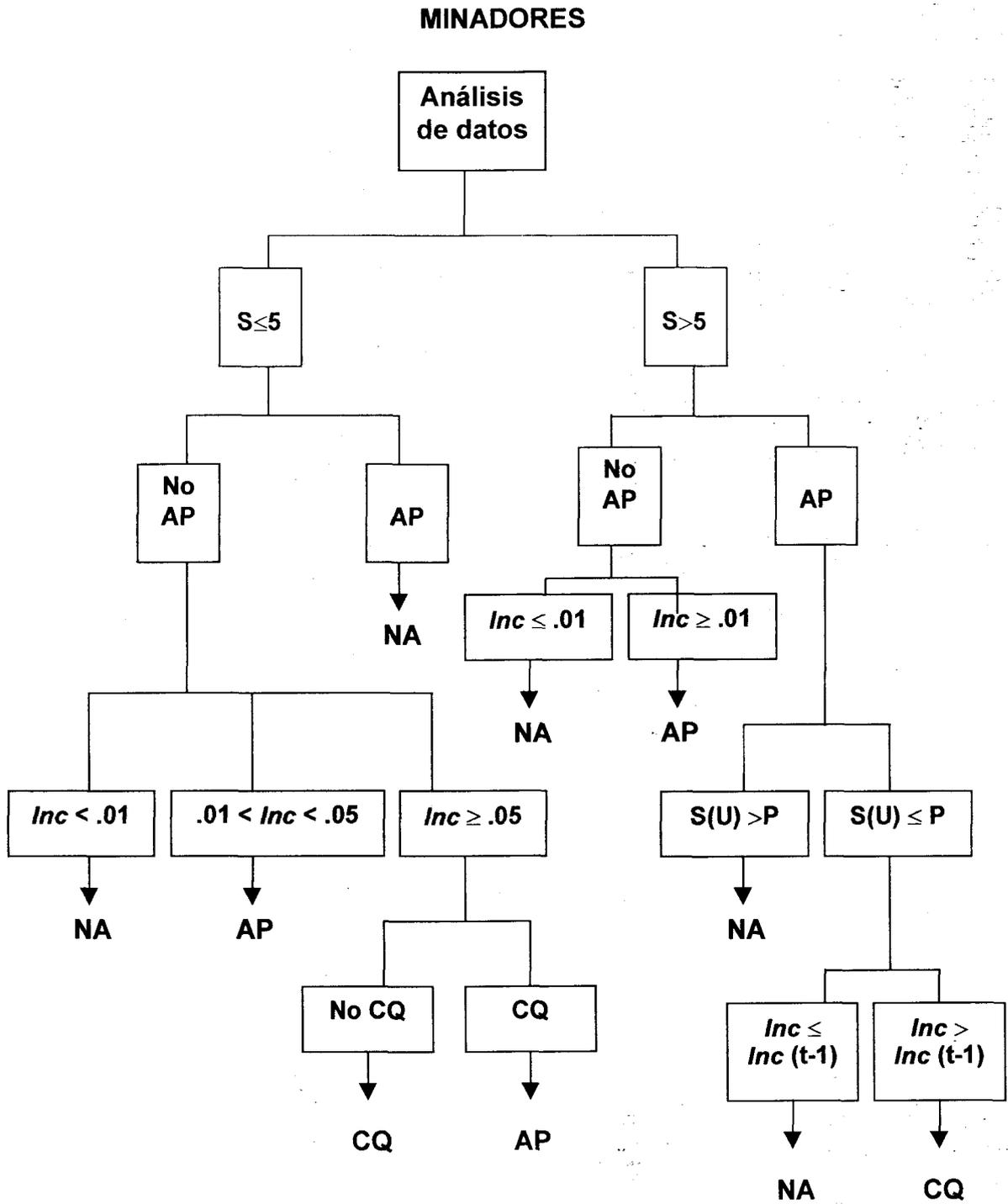
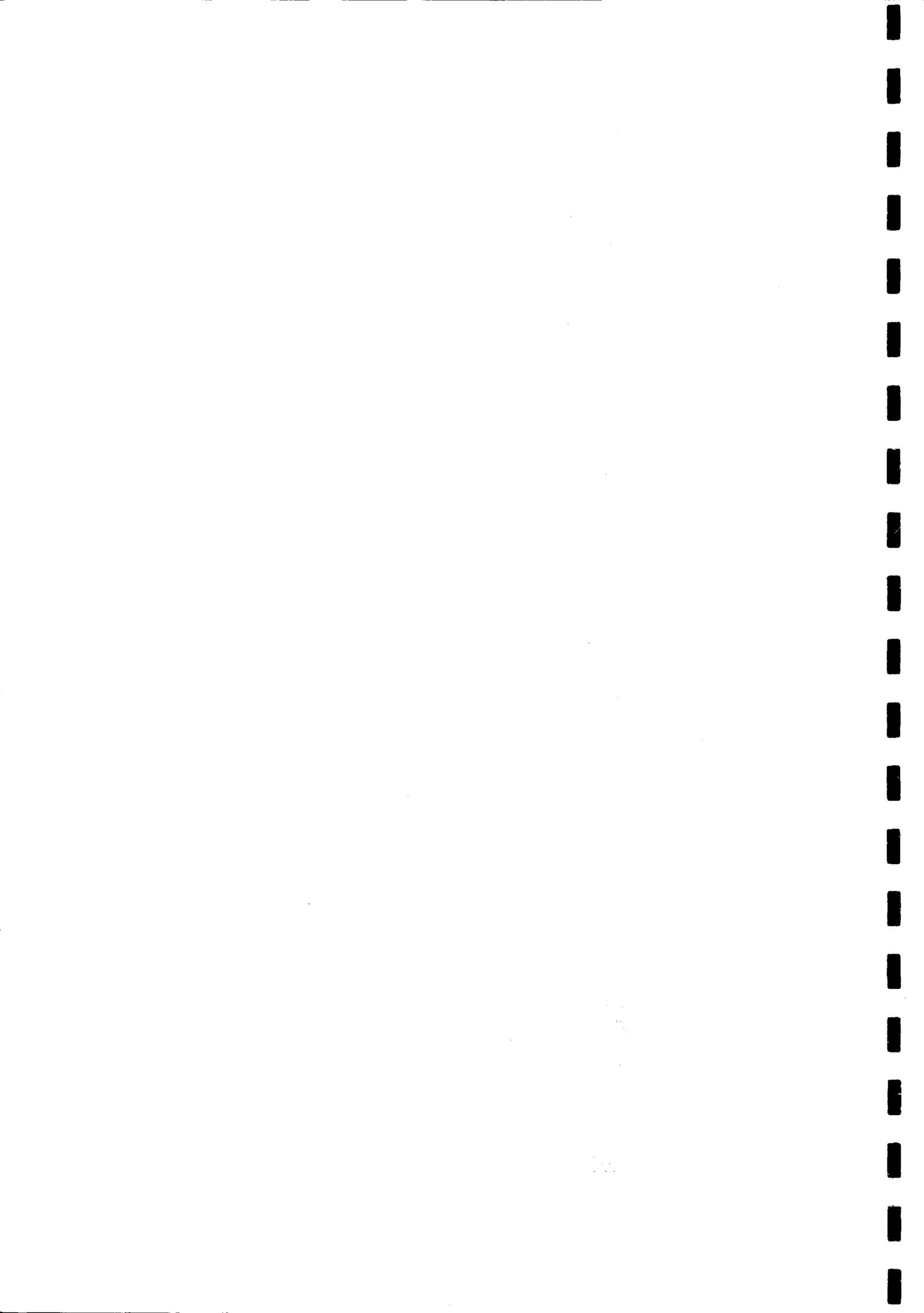
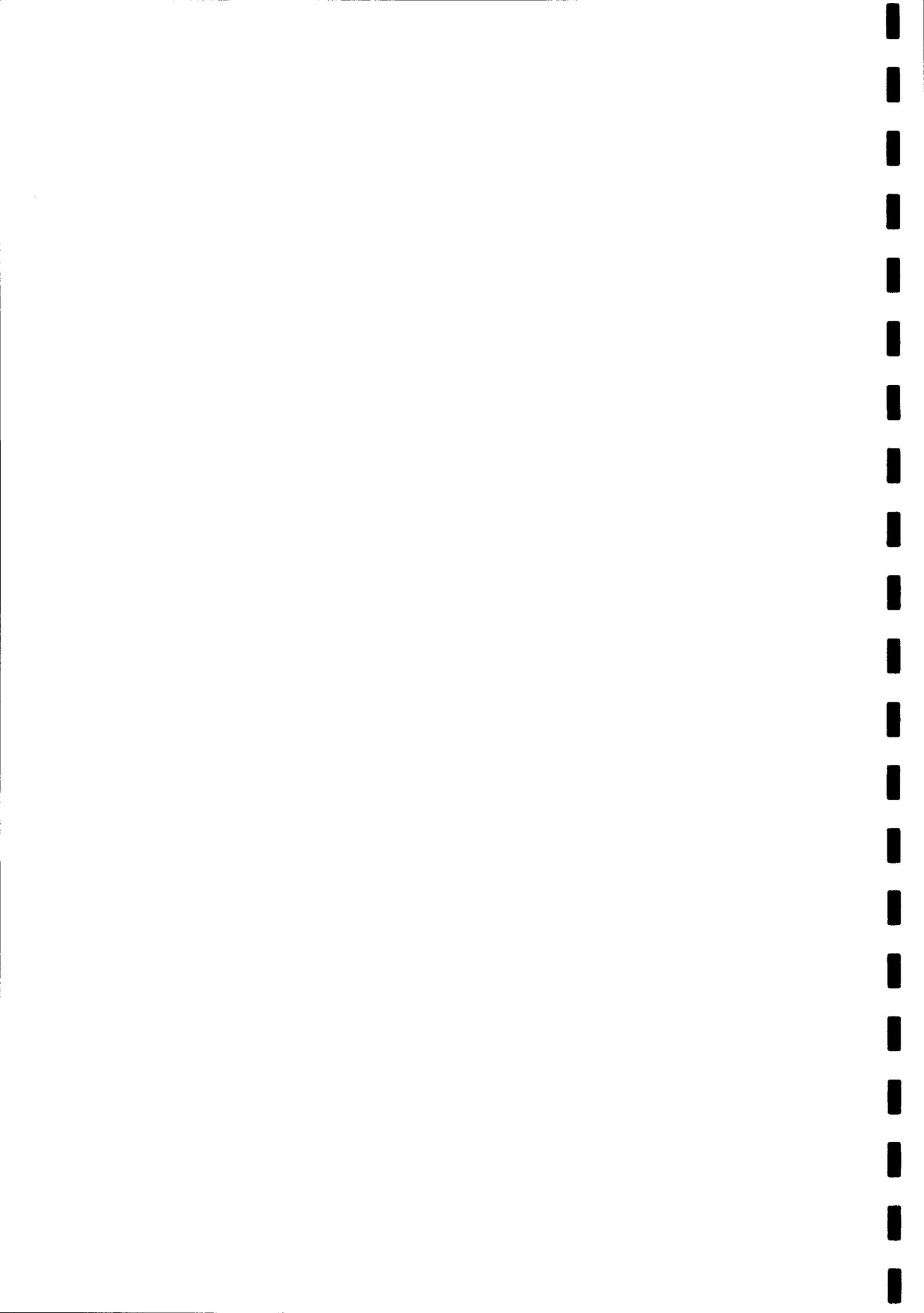


Figura VIII.1. Propuesta de diagrama e intervención para el manejo de minadores



## IX. CONCLUSIONES



## IX. CONCLUSIONES

1. Las especies de minadores identificadas fueron *L. trifolii* y *L. bryoniae*, predominando *L. trifolii* en tomate y *L. bryoniae* en melón.
2. Características morfológicas del estado adulto, como la coloración general del insecto, tamaño y forma del ala, y en especial la coloración de los terguitos del abdomen son criterios sencillos que nos permitirán identificar ambas especies sin recurrir a técnicas de laboratorio más complicadas.
3. La identificación de la especie presente en el cultivo servirá para que se adopten las decisiones correctas, sean de tipo químico o biológico, para su control.
4. Las plantas silvestres identificadas tanto dentro como fuera del invernadero, pueden actuar como reservorio para el minador. La conveniencia de erradicarlas dependerá del tipo de manejo que se esté realizando en el cultivo. En el caso de Almería sería aconsejable su destrucción.
5. Se propone como Índice de colonización más apropiado para aplicar en los sucesivos la Incidencia.día de galerías.
6. Los modelos descriptivos obtenidos en melón y en tomate para estimar la *I.día* con una o dos semanas de antelación explicaron la evolución de la misma de forma satisfactoria. En todos ellos se puso de manifiesto la importancia de la variable explicativa *I.día* inicial. Esto avala que se deba intentar frenar al máximo el avance de la colonización en las fases iniciales del cultivo.
7. El análisis de la progresión de la plaga mediante dos funciones sigmoidales, Logística y Gompertz, explicaron con gran precisión las tendencias de la *I.día*. Esto permitirá estimar con suficiente exactitud la semana en la que se alcanzará el valor crítico de *I.día* en la plantación, y por tanto se podrán tomar, con antelación, las medidas correctoras adecuadas.
8. El estudio de la dinámica determinística puso de manifiesto que los componentes endógenos que actuaron en el sistema lo condujeron, en la mayoría de las parcelas, a una situación de punto límite de equilibrio, siguiendo trayectorias en el sentido de las agujas de un reloj. Esto indica que la fauna auxiliar fue decisiva para alcanzar este tipo de equilibrio. Por tanto la conservación y protección de la fauna auxiliar serán muy importantes, y

gracias a esta fauna será prácticamente posible preservar las plantaciones de la acción perjudicial de los minadores.

9. Actualmente el control biológico de la plaga del minador mediante la suelta del parasitoide *Diglyphus isaea* está dando buenos resultados en general en algunas épocas del año y en determinadas circunstancias. Sin embargo el éxito de su actuación va a venir condicionado en gran parte, por la utilización de los diferentes productos fitosanitarios, cuya clasificación toxicológica nos podrá permitir establecer un criterio de compatibilidad con la introducción del insecto.
10. De las materias activas ensayadas solo nueve tienen un efecto inocuo sobre *D. isaea* y su utilización dentro de un programa de control integrado podría ser compatible con la suelta de este parasitoide. El resto de los productos o bien aparecen como tóxicos para el parasitoide y por tanto su uso está desaconsejado o bien se encuadran en una clasificación ambigua que con los ensayos realizados no nos permite establecer un criterio claro de compatibilidad.
11. Desde el punto de vista del control biológico, aunque *D. isaea* ejerza un buen control de la plaga, resulta muy interesante potenciar el uso de otros enemigos naturales que aparecen en Almería de forma espontánea. Este es el caso concreto de *Chrysonotomyia formosa*, que últimamente se está mostrando como el parasitoide más abundante y con mayor eficacia, además de estar presente durante periodos más largos.
12. El diagrama de toma de decisiones tácticas propuesto para los minadores establece como criterio básico para la adopción de medidas, la determinación de la semana en la que se alcanzará un umbral crítico prefijado. Este umbral deberá ser sometido a contrastes y revisiones periódicas, si fuera necesario.
13. El esquema de intervención que se ha presentado, ha intentado plasmar el control de los minadores desde un punto de vista biológico, recurriendo a la intervención química sólo en casos graves y muy concretos
14. Todos los aspectos tratados en esta tesis pueden contribuir a mejorar la protección fitosanitaria del minador en melón y en tomate, estableciendo algunos criterios del proceso colonizador de la plaga que pueden servir de base para el desarrollo de tácticas de control para otros artrópodos-plaga presentes en los cultivos hortícolas almerienses.

**IX. BIBLIOGRAFÍA**



**X. BIBLIOGRAFÍA**

- Acock, B.; Trent, A. (1991).** GLYCIM: the Soybean Crop Simulator. Idaho Agricultural Experimental Station, *Mis. Series Bulletin* N° 145, Moscow, ID, USA.
- Aguilera, A. P. (1972).** Biología de *Liriomyza langei* Frick (Diptera, agromyzidae) y evaluación de los parásitos que emergen del puparium. *IDESia Depto. Agricultura, Universidad del Norte-Arica* 2: 71-85.
- Alcazar, M.D.; Belda, J.E.; Barranco, P.; Cabello, T. (2000).** Lucha Integrada en cultivos hortícolas bajo plástico en Almería. *Vida Rura I* 118:51-55.
- Alomar, O. (1982).** Nota sobre la presencia del minador de hoja *Liriomyza trifolii* en España. *Comunicación Servei D'Investigació Agrària. Cabrils* (Barcelona).
- Alomar, C.; Castañé, C.; Gabarra, R.; Albajes, R. (1992).** El control integrado de plagas en horticultura intensiva en Catalunya. *PHYTOMA España* 36: 34-40.
- Amorim, L.; Filho, A.B.; Hau, B. (1993).** Analysis of progress curves of sugarcane smut on different cultivars using functions of double sigmoid pattern. *Phytopathology* 83: 933-936.
- Analistas Economicos de Andalucía. (2001).** Informe Anual del Sector Agrario en Adalucía 2001. Málaga, Unicaja.
- Andrewartha, H.G.; Birch, L.C. (1954).** *The distribution and abundance of animals.* University of Chicago Press, Chicago.
- Antignus, Y.; Cohen, S.; Mor, N.; Masika, Y.; Lapidot, M. (1996).** The effects of UV-blocking greenhouse covers on insects and insect-borne virus diseases. *Plasticulture* 112: 15-20.
- Antignus, Y.; Lapidot, M.; Hadar, D; Messika, Y; Cohen, S. (1997).** The use of UV- absorbing plastic sheet to protect crops against insects and spread of virus disease. In "CIPA Proceedings International Congress for Plastic in Agriculture". Ed: S. Ben-Yehosua, pp 23-33. Laser Pages Publishing Ltd., Jerusalem.
- Antignus, Y.; Lapidot, M.; Hadar, D; Messika, Y; Cohen, S. (1998).** Ultraviolet-absorbing screens serve as optical barriers to protect crops from virus and insect pests. *Journal of economic entomology* 91 (6): 1401-1405.

- Aracil, J. (1983).** Introducción a la dinámica de sistemas. *Alianza Universidad. Textos.* Madrid. 362 pp.
- Arx, R. Von; Baumgärtner, J.; Delucchi, V. (1983).** A model to simulate the population dynamics of *Bemisia tabaci* Genn. (Stern., Aleyrodidae) on cotton in the Sudan Gezira. *Z. ang. Ent.* 96: 341-363.
- Arzone, A. (1979).** L'Agromizide neartico *Liriomyza trifolii* (Burgess) nuovo nemico di Gerbera in Italia. *Informatore fitopatologico* 3: 3-6.
- Audemard, H.; D'aguilar, J. (1969).** Un diptère ravageur des cultures légumières sous serre: *Liriomyza bryoniae* Kalt. (Dipt. Agromizidae). *Acad. Agr. Franc.*: 896-901.
- Baker, D.N.; Lambert, J.R.; McKinion, J.M. (1983).** GOSSYM: A simulator of cotton crop growth and yield. South Carolina Agricultural Experimental Station, *Technical Bulletin* N° 1089 Clemson, SC, USA.
- Baraja, M. J.; González, S.; Montalbán, C. (1997).** Manejo integrado en cultivo de melón entutorado bajo invernadero. *Phytoma España* 85: 10-16.
- Baraja, M. J.; González, S. (1998).** Manejo integrado en cultivo de tomate de otoño y pimiento de primavera. *Phytoma España* 97: 42-54.
- Berger, R.D.; Jones, J.W. (1985).** A general model for disease progress with functions for variable latency and lesion expansion on growing host plants. *Phytopathology* 75: 792-797.
- Berger, R.D.; Hau, H.; Weber, G.E.; Bacchi, L.M.A.; Filho, A.B.; Amorim, L. (1995).** A simulation model to describe epidemics of rust of Phaseolus beans. I. Development of the model and sensitivity analysis. *Phytopathology* 85: 715-721.
- Barrett, K. L., Grandy, N., Harrison, E. G., Hassan, S. & Oomen, P (Eds). (1994).** Guidance document on regulatory testing procedures for pesticides with non-target arthropods. *Society of environmental toxicology & chemistry-Europe, U.K.* 51pp.
- Berryman, A.A. (1991).** Stabilization or regulation: What it all means!. *Oecologia* 86: 140-143.

- Bartlett, P. W.; Powell, D. F. (1981).** Introduction of American serpentine leaf miner, *Liriomyza trifolii*, into England and Wales and its eradication from commercial nurseries. *Pl. Path.* 30: 185-193.
- Bartlett, P. W. (1993).** Plant quarantine experience of *Liriomyza* spp. in England and Wales. In *Liriomyza Conference on Leaf-Mining Flies in Cultivated Plant*: 23-30.
- Beitia, F.; Garrido, A.; Castañer, M. (1991).** Mortality produced by various pesticides applied to eggs of *Diglyphus isaea* (Walker) (Hym.: Eulophidae) in laboratory tests. *Annals of Applied Biology* 118: 16-17.
- Beitia, F.; Castañer, M.; Garrido, A. (1992).** Incidencia de diversos plaguicidas aplicados sobre el estado larvario de *Diglyphus isaea* (Walker) (Hym., Eulophidae). *Bol. San. Veg. Plagas* 18: 303-308.
- Beitia, F.; Tormos, J.; Garrido, A. (1994).** Algunos aspectos del superparasitismo de *Diglyphus isaea* (Walker, 1838). *Bol. San. Veg. Plagas* 20: 793-796.
- Belda, J.E. (2002).** El control integrado de lepidópteros y minadores de hoja en cultivos hortícolas protegidos. *PHYTOMA España* 135:77-81.
- Benuzzi, M.; Raboni, F. (1992).** *Diglyphus isaea*. *Informatore Fitopatologico* 11: 29-34.
- Bethke, J. A., Parrella, M. P. (1985).** Leaf puncturing, feeding and oviposition behavior of *Liriomyza trifolii*. *Entomol. exp. appl.* 39: 149-154.
- Bethke, J. A.; Parrella, M. P.; Trumble, J. T.; Toscano, N. C. (1987).** Effect of tomato cultivar and fertilizer regime on the survival of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *Journal of Economic Entomology* 80 (1): 200-203.
- Boivin, G.; Sauriol, P. (1984).** Dispersion statistics and sequential sampling plan for leaf blight caused for *Botrytis squamosa* in onions. *Phytopathology*, 74: 1385-1387.
- Boote, K.J.; Jones, J.W.; Pickering, N.B. (1996).** Potential uses and limitations of crop models. *Agon. J.* 88: 704-716.
- Borisov, B. A.; Ushchekov, A. T. (1997).** Entomogenous fungi – Hyphomycetes against the nightshade leaf miner. *Zashchite i karantin Rastenii*, 5: 10-11.

- Bouman, B.A.M.; Keulen, H. Van; Laar, H.H. van; Rabbinge, R. (1996).** The 'School of the Wit' crop growth simulation models: A pedigree and historical overview. *Agricultural Systems* 52: 71-198.
- Box, G.E.P.; Draper, N.R. (1987).** *Empirical model-building and response surfaces*. John Wiley & Sons, NY.
- Brewster, C.C.; Allen, J.C; Schuster, J.; Stansly, P.A. (1997).** Simulating the dynamics of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) in an organic cropping system with a spatiotemporal model. *Environ. Entomol.* 26 (3): 603-616.
- Broadbent, A. B.; Olthof, T. H. A. (1995).** Foliar application of *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) to control *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) larvae in chrysanthemums. *Environmental Entomology* 24 (2): 431-435.
- Brown, D.; Rothery, P. (1994).** Models in Biology: Mathematics, statistics and computing. *Jhon Willey&Sons Ltd. Chichester, England.* 688 pp.
- Brouwer, W. M. TH. J. De; Offeren, A. L. Van. (1966).** De mineervlieg (*Liriomyza solani* Her.) bij tomaat. *Jversl. Proefstn Groenten en Fruitteelt Glas Naaldwijk: 151-155.*
- Burgess, E. (1880).** The clover Oscinis (*Oscinis trifolii* Burgess n.sp.) Rep. U.S. Dept. Agr. 1879: 200-2001.
- Butler, G.D. Jr.; Henneberry, T.J.; Hutchison, W.D. (1989).** Biology, sampling and population dynamics of *Bemisia tabaci*. En: " *Biology and population dynamics of invertebrate crop pests*". Ed. G.E. Russell. Intercept, Andover, NH. pp. 83-111.
- Cabello, T.; Sáez, E.; Gómez, V.; Abad, M. M.; Belda, J. E. (1990).** Problemática fitosanitaria en cultivos hortícolas intensivos de Almería. *Agrícola Vergel* 104: 640-647.
- Cabello, T.; Belda Suarez, J. (1992).** *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard, 1926) (Diptera: agromyzidae) nueva especie plaga en cultivos hortícolas en invernaderos de España. *Phytoma* 42: 37-43.
- Cabello, T.; Jáimez, R.; Belda, J. PascuaL, F. (1993).** El minador sudamericano. Una nueva plaga de los cultivos hortícolas. *Hortofruticultura* 5: 43-46.

- Cabello, T.; Jáimez, R.; Pascual, F. (1994).** Distribución espacial y temporal de *Liriomyza spp* y sus parasitoides en cultivos hortícolas en invernaderos del sur de España (Diptera, Agromyzidae). *Bol. San. Veg.* 20: 445-455. CB
- Cabitza, F.; Cubeddu, M.; Ballore, S. (1993).** Two years of observations on the application of biological control techniques against tomato pests on spring crops in greenhouses. *Informatore Agrario* 49: 103-106.
- Candolfi, M.P.; Barrett, K.L.; Campbell, P.J.; Foster, R.; Grandy, N. Huet, M.C.; Lewis, G.; Oomen, P.A.; Schmuck, R.; Vogt, H. (Eds.) (2001).** Guidance document on regulatory testing and risk assessment procedures for plant protection products with non-target arthropods. (en prensa).
- Caswell, H. (2001).** Matrix population models: Construction, analysis and interpretation. *Sinauer Associates, Inc.* 2ª Ed. 722 pp.
- Celix, A.; Lopez-sese, A.; Almaza, N.; Gomez-Guillamon, M. L.; Rodríguez-Cerezo, E. (1996).** Characterization of cucurbit yellows disorder virus, a new *Bemisia tabaci*-transmitted closterovirus. *Phytopatplogy* 82: 1370-1376.
- Chandler, L. D. (1981).** Evaluation of Different Shapes and Color Intensities of Yellow Traps for use in Population Monitoring of Dipterous Leaf Miners. *The Southwestern Entomologist* 6 (1): 23-27.
- Chandler, L. D. (1982).** Parasitization of cantaloup infesting agromyzid leafminers in the lower Rio Grande Valley, Texas. *The Southwestern Entomologist* 7 (2): 94-97.
- Chandler, L. D.; Thomas, E. (1983).** Seasonal Population Trends and Foliar Damage of Agromyzid Leafminer on Cantaloup in the Lower Rio Grande Valley, Texas. *J. Georgia Entomol. Soc.* 18(1): 112-120.
- Chandler, L. D. (1985).** Flight Activity of *Liriomyza trifolii* (Diptera:Agromyzidae) in Relationship to Placement of Yellow Traps in Bell Pepper. *J. Econ. Entomol.* 78 (4): 825-828.
- Chandler, L. D.; Gilstrap, F. E. (1986).** Seasonal Dispersion Pattern of *Liriomyza trifolii* (Diptera:Agromyzidae) Infesting Bell Pepper. *Environ. Entomol.* 15: 383-387.
- Chandler, L. D. (1987).** Evaluation on yellow trap sizes and within-field densities for monitoring *Liriomyza trifolii* in bell peppers. *The Southwestern Entomologist* 12 (3): 245-251.

- Chandler, L. D.; Chandler, J. M. (1988).** Comparative host suitability of bell pepper and selected weed species for *Liriomyza trifolii* (Burgess). *The Southwestern Entomologist* 13 (2): 137-146.
- Chandler, L. D.; Thomas, C. E. (1991).** Effect of Leaf Miner Feeding Activity on the Incidence of Alternaria Leaf Blight Lesions on Muskmelon Leaves. *Plant Disease* 75 (9): 938-940.
- Chatfield, C. (1982).** *The Analysis of Time Series: an Introduction*. Chapman and Hall, NY. 2ª Ed.
- Cheng, C. H. (1994a).** Bionomics of the Leafminer, *Liriomyza bryoniae* Kalt, (Diptera: Agromyzidae) on Muskmelon. *Chinese J. Entomol.* 14: 65-81.
- Cheng, C. H. (1994b).** Damage of the Leafminer, *Liriomyza bryoniae* Kalt. and its Influence on the Fruit Quantity and Quality. *Chinese J. Entomol.* 14: 433-444.
- Christie, G. D., Parrella, M. P. (1987).** Biological studies with *Chrysocharis parksi* (Hym.:Eulophidae) a parasite of *Liriomyza* spp. (Dipt.: Agromyzidae). *Entomophaga* 32 (2): 115-126.
- Ciba-Geigy. (1988).** *Liriomyza* spp. *Division Agricultura Desarrollo Técnico*, pp. 9.
- Coakley, S.M.; Boyd, W.S.; Line, R.F. (1982).** Statistical models for predicting strip rust on winter wheat in the pacific northwest. *Phytopathology* 72: 1539-1542.
- Cohen, S.; Gijzen,H. (1998).** The implementation of software engineering concepts in the greenhouse crop model HORTISIM. *Acta Hort.* 456: 431-440.
- Collins D. W. (1996).** The separation of *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) from related indigenous and non-indigenous species encountered in the United Kingdom using cellulose acetate electrophoresis. *Ann. Appl. Biol.* 128: 387-398.
- Comunicacion Agroalimentaria. (1995).** Plagas y enfermedades del tomate en Almería: control racional. 12/95 182pp.
- Costa, A.S.; Silva, D.M. de; Duffus, J.E. (1958).** Plant virus transmission by a leafminer fly. *Virology* 5: 145-149.

- Costa, S.H.; Jhonson, M.W.; Ullman, D.E. (1994). Row covers effect on sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) densities, incidence of silverleaf, and crop yield in zucchini. *J. Econ. Entomol.* 87 (6): 1616-1621.
- Cox, D. L.; Remick. M. D.; Lasota, J. A.; Dybas, R. A. (1995). Toxicity of Avermectins to *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) Larvae and Adults. *Journal of Economic Entomology* 88 (5): 1415-1419.
- Csáki, C. (1985). Simulation and system analysis in agriculture. *Elsevier, Amsterdam.* 262 pp.
- Cuadrado, I. M.; De Juan, E.; Moreno, P. Saez, E. (1991). Detección del virus de Bronceado de Tomate (TSWV) en cultivos de pimiento y tomate bajo invernadero en el poniente almeriense. En: *Estudios de Fitopatología. Ed. Dir. Gen. de Inv., Ext. y Cap. Agrarias. Cons. de Ag., Ind. y Com. Badajoz* pp: 261-221.
- Cuadrado, I.M.; Janssen, D.; Velasco, L.; Ruiz, L.; Segundo, E. (2001) *Cucumber vein yellowing virus (CVYV) now in Spain. ESWN Newsletter*, no. 8, January 2001, p 3.
- Cuadrado, I.M.; Janssen, D.; Velasco, L.; Ruiz, L.; Segundo, E. (2001) First report of *Cucumber vein yellowing virus* in Spain. *Plant Disease* 85 (3): 336.
- D'aguilar, J.; Martinez, M. (1979). Sur la présence en France de *Liriomyza trifolii* Burgess. *Bulletin de la Société entomologique de France* 84: 143-145.
- D'aguilar, J.; Martinez, M.; Such, A. (1980). Un nouveau ravageur des cultures sous serre. *Phytoma – Défense des cultures.* pp: 15-17.
- Delcan, J.; Gomez, V.; Melgarejo, P. (1994). Resistencia de *Botrytis cinerea* a carbendazima y dietofencarb en los cultivos hortícolas protegidos de Almería. *VII Congreso Nacional de la Sociedad Española de la Fitopatología, Sitge.*
- Delegación Provincial de Agricultura de Almería (2001). Memoria Resumen Año 2001.
- Dent, J.B.; Blackie, M.J. (1979). Systems simulation in agriculture. *Applied Science Publishers Ltd, London.* 180 pp.
- Dent, D. (1991). Insect pest management. *CAB International, UK.* 604 pp.

- Dimetry, N. Z. (1971).** Biological studies on a leaf mining diptera, *Liriomyza trifolii* Burgess Attacking beans in Egypt. *Bull. Soc. Ent. Egypte* LV: 55-69.
- Doce (1991).** Directiva 91/414/ECC relativa a la Comercialización de productos fitosanitarios. *Diario Oficial Comunidades Europeas* (15-7-91) L230: 1-32.
- Doce (1996).** Directiva 96/12/CE de la Comisión de las Comunidades Europeas, por la que se modifica la directiva 91/414/CEE del Consejo relativa a la Comercialización de productos fitosanitarios. *Diario Oficial Comunidades Europeas* (15-3-96) L65: 20-37.
- Drea, J. J.; Jeandel, D.; Gruber, F. (1982).** Parasites of Agromyzid Leafminers (Diptera; Agromyzidae) on Alfalfa in Europe. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 75: 297-310.
- Duthie, J.A.; Campbell, C.L.; Nelson, L.A. (1991).** Efficiency of multistage sampling for estimation of intensity of leaf spot diseases of alfalfa in field experiments. *Phytopathology* 81: 959-964.
- Eggenkamp-Rotteveel Mansveld, M.H.; Ellenbroek, F.J.M.; Lenteren, J.C. van; Woets, J. (1978).** Comparison and evaluation of an absolute count and a stratified random sampling programme. *Z. ang. Ent.* 85:133-140.
- Eggenkamp-Rotteveel Mansveld, M.H.; Lenteren, J.C. van; Ellenbroek, F.J.M.; Woets, J. (1982).** Population dynamics of parasite and host in a large, commercial glasshouse and test of the parasite-introduction method used in the Netherlands (first part). *Z. ang. Ent.* 93: 113-130.
- Ekbom, B.S. (1980).** Some aspects of the population dynamics of *Trialeurodes vaporariorum* and *Encarsia formosa* and their importance for biological control. *Bull. O.I.L.B./S.R.O.P.* III/3: 25-34.
- Elferen, J. H. W. M. Van; Yathom, S. (1989).** The bionomics of *Liriomyza trifolii* Burgess on gypsophila and bean leaves. *Phytoparasitica* 17 (4): 241-250.
- Eppo (1984).** *Liriomyza trifolii* (Burguess). Data Sheets on Quarantine organisms no 131, list A2. *BEPPo Bulletin* 14 (1): 29-37.
- Erb, W A.; Lindquist, R. K.; Flickinger, N. J; Casey, M. L. (1993).** Resistance of selected interspecific *Lycopersicon* hybrids to *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *Journal of economic entomology* 86 (1): 100-109.

- Ester, A. (1993).** Protection of field vegetables against insect attacks by covering the crop with polyethylene nets. *Verslag - Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond* 154: 76 pp.
- Ester, A.; Zande, J. C. Van De; Frost, A. J. P. (1994).** Crop covering to prevent pest damage to field vegetables, and the feasibility of pesticides application through polyethylene nets. *British Crop Protection Council* pp: 761-766.
- Estrada Cabeza, J.M. (1986).** Los minadores de las Hortalizas. Ed: Direccion General de Investigacion y Extension Agrarias. *Colección Divulgación HD* 1/86.
- Evans, K.J.; Nyquist, W.E.; Latin, R.X. (1992).** A model based on temperature and leaf wetness duration for establishment of *Alternaria* leaf blight of muskmelon. *Phytopathology* 82: 890-895.
- Everitt, J.H.; Escobar, D.E.; Summy, K.R.; Alaniz, M.A.; Davis, M.R. (1996).** Using spatial information technologies for detecting and mapping whitefly and harvester ant infestations in south Texas. *Southwestern Entomol.* 21: 421-431.
- Fagoonee, I.; Toory, V. (1983).** Preliminary investigations of host selection mechanisms by the leafminer *Liriomyza trifolii*. *Insect Sci. Application* 4 (4): 337-341.
- Fagoonee, I.; Toory, V. (1994).** Contribution to the study of the biology and ecology of the leaf-miner *Liriomyza trifolii* and its control by neem. *INSECT SCI APPL.* 5: 23-30.
- Falcon, A.; Garcia, J.; Peña, M. A.; Rodríguez, J. M.; Rodríguez, R. (1983).** Experiencia comparativa de diferentes insecticidas aplicados al suelo y por vía foliar, en el control de *Liriomyza spp.* en cultivo de judias en invernadero. *Xoba* 4 (1): 23-30.
- Fang Minnan. (1994).** Insect pests on pea and their control. *Bulletin of Taichung District Agricultural Improvement Station* 45: 27-43.
- Ferrari, Th.J. (1978).** Elements of system-dynamics simulation. A textbook with exercises. *Pudoc, Wageningen.* 89 pp.
- Ferragut, F. Escudero, A. (1999).** *Tetranychus evansis* Baker & Pritchard (Acari: Tetranychidae): una nueva araña roja en los cultivos hortícolas españoles. *Bol. San. Veg. Plagas* 25:157-164.

- Ferragut, F. Escudero, A. (2002).** La araña roja del tomate *Tetranychus evansis* (Acari: Tetranychidae) en España: distribución, biológica y control. *PHYTOMA España* 35: 111-113.
- Fleming, R.A. (1983).** Development of a simple mechanistic model of cereal rust progress. *Phytopathology* 73: 308-312.
- Foster, R. E. (1986).** Monitoring Populations of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in celery with Pupal Counts. *Florida Entomologist* 69 (2): 292-298.
- Foster, R. E.; Sanchez, C. A. (1988).** Effect of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) Larval Damage on Growth, Yield, and Comestic Quality of Celery in Florida. *J. Econ. Entomol.* 81 (6): 1721-1725.
- France, J.; Thornley, J.H.M. (1984).** Mathematical models in agriculture. *Butterworths, London.* 335 pp.
- Frances, V. L. (1994).** Agromizidae (Diptera, Cyclorrapha) y sus parasitoides asociados (Hymenoptera) en cultivos de la Comunidad Valenciana. Tesis Doctoral. Universitat de Valencia, 194p.
- Freidberg, A.; Gijswijt, M. J. (1983).** A list and preliminary observations on natural enemies of the leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera; Agromyzidae) in Israel. *Isr. J. Entomology* 17: 115-116.
- Gabarra, R. (2002).** Control integrado de mosca blancas y pulgones en cultivo de invernadero. *PHYTOMA España* 135: 84-86.
- Gates, D.M. (1980).** Biophysical Ecology. *Springer-Verlag, New York.* 611 pp.
- Genung, W. G.; Janes, M. J. (1975).** Host range, wild host significance, and in-field spread of *Liriomyza trifolii* and population build-up and effects of its parasites in relation to fall and winter celery (Diptera: Agromyzidae). *Belle Glade: AREC. Res. Rep.*, EV-1975-5.
- Gijzen, H.; Heuvelink, E.; Challa, H.; Dayan, E.; Marcelis, L.F.M.; Cohen, S.; Fuchs, M. (1998).** HORTISIM: a model for greenhouse crops and greenhouse climate. *Acta Hort.* 456: 441-450.
- González, J.E.; Moreno, R. (1996a).** Análisis de las tendencias poblacionales de *Bemisia tabaci* (Genn.) (Homoptera: Aleyrodidae) en pimientos bajo plástico en Almería. *Bol. San. Veg. Plagas* 22 (1): 159-167.

- González, J.E.; Moreno, R. (1996b).** Análisis de las tendencias poblacionales de *Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thysanoptera: Thripidae) en pimiento bajo plástico en Almería. *Bol. San. Veg. Plagas* 22 (2): 391-399.
- Gordh G.; Hendrickson, R. (1979).** New Species of *Diglyphus*, a world list of the species, Taxonomic notes and a Key to New world species of *Diglyphus* and *Diaulinopsis* (Hymenoptera: Eulophidae). *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 81 (4): 666-684.
- Gould, J.R.; Naranjo, S.E. (1999).** Distribution and sampling of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) and *Eretmocerus eremicus* (Hymenoptera: Aphelinidae) on cantaloupe vines. *J. Econ. Entomol.* 92 (2): 402-408.
- Grasman, J.; Herwaarden, O.A. van; Hemerik, L.; Lenteren, J.C. Van. (2001).** A two-component model of host-parasitoid interactions: determination of the size of inundative releases of parasitoids in biological pest control. *Mathematical Biosciences* 169: 207-216.
- Hanna, H. Y.; Story, R. N.; Adams, J. (1987).** Influence of cultivar, nitrogen, and frequency of insecticide application on vegetable leafminer (Diptera: Agromyzidae) population density and dispersion on snap beans. *Journal of Economic Entomology* 80 (1): 107-110.
- Hara, A. (1986).** Effects of Certain Insecticides on *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) and its Parasitoids on Chrysanthemums in Hawaii. *Proceedings, Hawaiian Entomological Society* 26: 65-69.
- Harbaurh, B. K.; Price, J. F.; Stanley, C. D. (1983).** Influence of Leaf Nitrogen on Leafminer Damage and Yield of Spray Chrysanthemum. *HortScience* 18 (6): 880-881.
- Harris, M. A; Begley, J. W; Warkentin, D. L (1990).** *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) suppression with foliar applications of *Steinernema carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) and abamectin. *Journal of economic entomology* 83 (6): 2380-2384.
- Hassan, S. A. (Editor) (1988).** Guidelines for testing the effects of pesticides on beneficials organisms: short description of test methods. *IOBC/WPRS Bulletin*, XI/4, 143pp.

- Hassan, S. A. (Editor) (1992).** Guidelines for testing the effects of pesticides on beneficial organisms: description of test methods. *IOBC/WPRS Bull. XVI/3*, 186pp.
- Hassan, S. A. (Editor) (1998).** Pesticides and Beneficial Organisms. *IOBC/WPRS Bulletin* 21 (6): 128pp.
- Hau, B.; Amorim, L.; Filho, A.B. (1993).** Mathematical functions to describe disease progress curves of double sigmoid pattern. *Phitopathology* 83: 928-932.
- Haynes, K. F.; Parrella, M. P.; Trumble, J. T.; Miller, T. A. (1986).** Monitoring insecticide resistance with yellow sticky cards. *California Agriculture* pp: 11-12.
- Hayslip, N. C. (1961).** Leafminer control on tomatoes in the Indian River Area. *Florida State Horticultural Society* pp: 128-131.
- Heinz, K.; Newman, J. P.; Parrella, M. P. (1988).** Biological control of leafminers on greenhouse marigolds. *California Agriculture* 42 (2): 10-12.
- Heinz, K.M.; Chaney, W.E. (1995).** Sampling for *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) larvae and damage in celery. *Envrom. Entomol.* 24 (2): 204-211.
- Helyer, N. L.; GILL, G.; Spreadbury, D. (1992).** Evaluation of pesticides for side-effects on the leafminer parasites *Dacnusa sibirica* and *Diglyphus isaea*. *Tests of Agrochemicals and Cultivars* 13: 138-139.
- Hendrikse, A; Zucchi, R. (1979).** The importance of observing parasite behavior for the development of biological control of the tomato leafminer (*Liriomyza bryoniae* Kalt.). *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent.* 44: 107-116.
- Hendrikse, A.; Zucchi, R.; Lenteren, J. C. Van; Woets, J. (1980).** *Dacnusa sibirica* Telenga and *Opius pallipes* Wesmael (Hym, Braconidae) in the control of the tomato leafminer *Liriomyza bryoniae* Kalt. *IOBC/WPRS Bull.* 3 (3): 83-98.
- Hendrikse, A. (1983).** Development of a biological control programme for the tomato leafminer *Liriomyza bryoniae* Kalt. *State Univ. Leiden*: Unpubl. Intern. Rep.
- Herbert, H.J. (1982).** Biology, life tables, and innate capacity for increase of the twospotted spider mite, *Tetranychus urticae* (Acarina: Tetranychidae). *Can. Ent.* 113: 371-378.

- Herbert, H. J.; Smith, R. F.; Mcrae, K. B. (1984).** Evaluatic of Non-Insecticidal methods to reduce damage to Chrysanthemums by the Leafminer *Liriomyza trifolii* (Diptera:Agromyzidae). *Can. Ent.* 116: 1259-1266.
- Hernández-García, M.; Cruz Acosta, M.; Carnero, A. (1999).** Eficacia de la utilización de microtúnel de malla frente a la aplicación de los insecticidas abamectina y ciromazina en el control del minador *Liriomyza trifolii* (Burgess, 1880) (Diptera: Agromyzidae) en cultivo de lechuga. *Bol. San. Veg. Plagas* 25: 165-174.
- Heyer, W.; Richter, S. (1990).** Investigations into the temperature related development of the Serpentine leaf miner *Liriomyza trifolii* (Burgess) on beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Beitr. Ent. Berlin* 40: 259-264.
- Hoogenboom, G.; Jones, J.W.; Boote, K.J. (1992).** Modeling growth, development and yield of grain legumes using SOYGRO, PNUTGRO and BEANGRO: A review. *Trans. ASAE* 35: 2043-2056.
- Hoy, M.A. (1985).** Almonds (California). Integrated mite management for California almond orchards. En: *Spider mites. Their biology, natural enemies and control*. Eds. W. Helle & M.W. Sabelis. Volume 1B, Elsevier Science Publishers BV, Amsterdam, pp. 299-310.
- Huges, G.; Madden, L.V. (1993).** Using the beta-binomial distribution to describe aggregated patterns of disease incidence. *Phytopathology* 83: 759-763.
- Hughes, G.; Madden, L.V.; Munkvold, G.P. (1996).** Cluster sampling for disease incidence data. *Phytopathology* 86: 132-137.
- Hulspas-Jordaan, P.M.; Lenteren, J.C.van (1989).** The parasite-host relation between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). XXX Modelling population growth of greenhouse whitefly on tomato. *Agric. Univ. Wageningen papers* 89-2:1-54.
- Hunt, R. (1982).** *Plant growth curves. The functional approach to plant growth analysis*. Edward Arnold, London.
- Hussey, N. W.; Stacey, D. L.; Parr, W. J. (1975).** Control of the Leaf-miner *Liriomyza bryoniae* within an Integrated Programme for the Pest and Diseases of Tomato. *Proc. 8<sup>th</sup> Brit. Insect. & Fungic. Conf.* : 109-116.

- Jensen, G. L.; Koehler, C. S. (1970).** Seasonal and Distribution Abundance and Parasites of Leaf Miners of Alfalfa in California. *Journal of Economic Entomology* 63 (5): 1623-1628.
- Jiménez, R.; Moreno, J. (1994).** Efectos del RET-92 en poblaciones de *Liriomyza bryoniae* y sus parasitoides asociados. En: Experiencias en campo. EIBOL. Productos Biologicos. 133pp.
- Johnson, M. W.; Oatman, E. R.; Wyman, J. A. (1980).** Effects of Insecticides on Populations of the Vegetable leafminer and Associated Parasites on Summer Pole Tomatoes. *J. Econ. Entomol.* 73 (1): 61-66.
- Johnson, M. W.; Welter, S. C.; Toscano, N. C.; Ting, I. P.; Trumble, J. T. (1983).** Reduction of tomato Leaflet Photosynthesis Rates by Mining Activity of *Liriomyza sativae* (Diptera:Agromyzidae). *J. Econ. Entomol.* 76: 1061-1063.
- Johnson, M. W.; Hara, A. H. (1987).** Influence of Host Crop on Parasitoids (Hymenoptera) of *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae). *Environmental Entomology* 16: 339-344.
- Johnson, M. W. (1987).** Parasitization of *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) Infesting Commercial Watermelon Plantings in Hawaii. *Journal of Economic Entomology* 80 (1): 56-64.
- Johnson, M.W.; Caprio, L.C.; Coughlin, J.A.; Tabashnik, B.E.; Rosenheim, J.A.; Welter, S.C. (1992).** Effect of *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae) on yield of fresh market tomatoes. *J. Econ. Entomol.* 85 (6): 2370-2376.
- Jones, V. P.; Parrela, M. P. (1986).** The movement and dispersal of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in a chrysanthemums greenhouses. *Ann. Appl. Biol.* 109: 33-39.
- Jong De, J.; Vrie, M. Van De. (1987).** Components of resistance to *Liriomyza trifolii* in *Chrysanthemum morifolium* and *Chrysanthemum pacificum*. *Euphytica* 36: 719-724.
- Kaneshiro, L. N.; Johnson, M.W. (1996).** Tritrophic effects of leaf nitrogen on *Liriomyza trifolii* (Burgess) and associated parasitoid *Chrysocharis oscinidis* (Ashmead) on bean. *Biological control: theory and applications in pest management* 6 (2): 186-192.

- Keil, C. B.; Parrella, M. P. (1990).** Characterization of insecticide resistance in two colonies of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *Journal of economic entomology*. 83 :18-26.
- Keularts, J. L. W.; Lindquist, R. K. (1987).** *Liriomyza trifolii* (Burgess) infestations and yields of greenhouse tomato. *Bulletin SROP* 10 (2): 74-77.
- Keularts, J. L.; Lindquist, R. K. (1989).** Increase in mortality of prepupae and pupae of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) by manipulation of relative humidity and substrate. *Environmental entomology* 18 (3): 499-503.
- Krause, R.A.; Massie, L.B.; Hyre, R.A. (1975).** BLITECAST: a computerized forecast of potato late blight. *Plant Dis. Rep.* 59: 95-98.
- Krebs, C.J. (1989).** Ecological methodology. *Harper Collins Publishers*. 654 pp.
- Kropff, M.J.; Teng, P.S.; Rabbinge, R. (1995).** The challenge of linking pest and crop models. *Agricultural Systems* 49 (4): 413-434.
- Kuno, E. (1969).** A new method of sequential sampling to obtain the population estimates with a fixed level of precision. *Res. Popul. Ecol.* 11:39-56.
- Lanzoni, A.; Bazzocchi, G.; Burgio, G.; Fiacconi, M.R. (2002).** Comparative Life History of *Liriomyza trifolii* and *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae ) on Beans: Effect of Temperature on Development. *Environ. Entomol.* 31(5): 797-803.
- Lapidot, M.; Cohen, S.; Antignus, Y. (2002).** Interferencia con la visión UV de los insectos: una herramienta IPM para impedir las epidemias de las plagas de insectos y las enfermedades virales asociadas con los insectos. *Phytoma España* 135: 172-175.
- Ledieu, M. S.; Helyer, N. L. (1985).** Observations on the economic importance of tomato leaf miner (*Liriomyza bryoniae*) (Agromyzidae). *Agriculture, Ecosystems and Environment* 13: 103-109.
- Lee, H. S.; Lu, F.M.; Wen, H. C. (1989).** Biological studies and control of *Liriomyza bryoniae* (Kaltenbach) (Diptera. Agromyzidae). *Chinese J. Entomol. Special Publi.* 4: 53-58.
- Lee, H. S. (1990a).** Insecticides for the control of *Liriomyza bryoniae* (Kalt.) and the parasites survival on head mustard. *Chinese J. Entomol.* 10: 183-189.

- Lee, H. S. (1990b).** Differences in injury of *Liriomyza bryoniae* (Kalt.) on crops and the influence of host plants to the parasitoids. *Chinese J. Entomol.* 10: 409-418.
- Lee, H. S.; Wen, H. C.; Lu, F.M. (1990).** The occurrence of *Liriomyza bryoniae* (Kaltenbach) (Diptera: Agromyzidae) on Taiwan. *Chinese J. Entomol.* 10: 133-142.
- Leibee, G. L. (1981).** Insecticidal control of *Liriomyza* spp. on vegetables. *Proc. IFAS - Ind. Conf. Biol. Cont. Liriomyza leafminers*. Ed. By D.J. Schuster. Lake Buena Vista, Florida: 216-220. LM
- Leibee, G. L. (1984).** Influence of Temperature on Development and Fecundity of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) on Celery. *Environ. Entomol.* 13 (2): 497-501.
- Leibee, G. L. (1985).** Effects of storage at 1.1 °C on the mortality of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) life stages in celery. *J. Econ. Entomol.* 78: 407-411.
- Lemmon, H.; Chuk, N. (1998).** CottonPlus: A cotton crop model and expert sistem to on-farm managemente. I. Theory and equations of the crop model. ([http://home.earthlink.net/~lemmon/\\_private/papers/thry.htm](http://home.earthlink.net/~lemmon/_private/papers/thry.htm)).
- Lenteren, J.C. van; Eggenkamp-Rotteveel Mansveld, M.H.; Ellenbroek, F.J.M. (1976).** Population dynamics of *Trialeurodes vaporariorum* and *Encarsia formosa* in a glasshouse. *Bull. O.I.L.B./S.R.O.P.* 76: 125-137.
- Levins, R. A.; Poe, S. I.; Littell, R. C.; Jones, J. P. (1975).** Efectiveness of a Leafminer Control Program for Florida Tomato Production. *Journal of Economic Entomology* 68 (6): 772-774.
- Lima, C. P. F. De. (1979).** *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae), an important new leafminer pest in Kenya. *Kenya Ent. Newsletter* 10: 8.
- Linden, A. Van Der. (1983).** Waarnemingen aan de Floridamineervlieg *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae) betreffende de generatieduur op tomaat en de toename per generatie op tomaat en paprika in 1982. *Naaldwijk: GCRES*. Unpubl. Intern. Rep. 52.
- Linden, A. Van Der; Van Achterberg, C. (1989).** Recognition of eggs and larvae of the parasitoids of *Liriomyza* spp (Diptera: Agromyzidae; Hymenoptera: Braconidae and Eulophidae). *Ent. Ber. Amst.* 49 (9): 138-140.

- Lindquist, R. K.; Casey, M. L. (1983).** Introduction of parasites for control of *Liriomyza* leafminers on greenhouse tomato. *IOBC/WPRS Bull.* 1983/VI/3: 108-115.
- Lindquist, R. K.; Casey, M. L. (1990).** Evaluation of oils, soaps, and natural product derivatives for leaf miner, foxglove aphid, western flower thrips, and greenhouse whitefly control. *Ohio Florists' Association Bulletin* 727: 3-5.
- Lloyd, M. (1967).** Mean crowding. *J. Anim. Ecol.* 36:1-30.
- Luis, M. S. (1991).** Virosis de cucurbitáceas en España. *Phytoma* 25: 9-15.
- Luo, Y.; Teng, P.S.; Fabellar, N.G.; TeBeest, D.O. (1997).** A rice-leaf blast combined model for simulation of epidemics and yield loss. *Agricultural Systems* 53: 27-39.
- Lynch, J. A. And Johnson, Marshall W. (1987).** Stratified Sampling of *Liriomyza* spp (Diptera: Agromyzidae) and Associated Hymenopterous Parasites on Watermelon. *Journal of Economic Entomology.* 80 (6): 1254- 1261.
- Lyon, J. P. (1984).** La mineuse serpentine américaine: *Liriomyza trifolii* Burgess. *PHM. Revue Horticole* 245: 13-16.
- Macdonald, O. C. (1991).** Responses of the alien leaf miners *Liriomyza trifolii* and *Liriomyza huidobrensis* (Diptera, Agromyzidae) to some pesticides scheduled for their control in the UK. *Crop Protection* 10: 509-513.
- Madden, L.; Pennypacker, S.P.; MacNaab, A.A. (1978).** FAST, a forecast system for *Alternaria solani* on tomato. *Phytopathology* 68: 1354-1358.
- Madden, L.V. (1986).** Statistical analysis and comparison of disease progress curves. En "*Plant disease epidemiology. Population dynamics and management. Volume 1*", Macmillan Publishing Company – NY. pp 55-84.
- Madden, L.V. (1994).** BBD – Computer software for fitting the beta-binomial distribution to disease incidence data. *Plant Dis.* 78: 536-540.
- Madden, L.V.; Hughes, G. (1999a).** An effective sample size for predicting plant disease incidence in a spatial hierarchy. *Phytopathology* 89: 770-781.
- Madden, L.V.; Hughes, G. (1999b).** Sampling for plant disease incidence. *Phytopathology* 89: 1088-1103.

- Malais, M.; Ravensberg, W. J. (1991).** Los minadores de hojas y sus enemigos naturales. En: *Conocer y Reconocer: la biología de las plagas de invernadero y sus enemigos naturales*. Koper B.S. Países Bajos: 50-60.
- Martin, N.A.; Dale, J.R. (1989).** Monitoring greenhouse whitefly puparia and parasitism: a decision approach. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 17:115-123.
- Martinez, M. (1984).** Les diptères Agromyzides nuisibles aux cultures protégées en France. *P.H.M. Revue Horticole* 243: 53-57.
- Mason, G. A.; Johnson, M. W. (1988).** Tolerance to permethrin and fenvalerate in hymenopterous parasitoids associated with *Liriomyza* spp. (Diptera: agromyzidae). *Journal of Economic Entomology* 81 (1): 123-126.
- Mason, G. A.; Tabashnik, B. E.; Johnson, M. W. (1989).** Effects of Biological and Operational Factors on Evolution of Insecticide Resistance in *Liriomyza* (Diptera: Agromyzidae). *Journal of Economic Entomology* 82 (2): 369-373.
- May, R.M. (1974).** Biological populations with nonoverlapping populations: stable points, stable cycles, and chaos. *Science* 186: 645-647.
- Mcclanahan, R. J. (1977).** Biological control of the leafminer *Liriomyza sativae* in greenhouse crops. In: *Pest management in protected culture crops*. Ed. by F.F. Smith and R. E. Webb. USDA ARS-NE- 85: 45-48.
- McKinion, J.M. (1992).** Getting started: Basics of modelling strategies. En: "Basics of insect modelling". Eds. J. L. Goodenough y J. M. McKinion. ASAE Monograph nº 10. pp 1-8.
- Menken, S. B. J.; Ulenberg, S. A. (1983).** Diagnosis of *Liriomyza bryoniae* and *Liriomyza trifolii* by means of starch gel electrophoresis. *Entomologia experimentalis et applicata* 34 (2): 205-208.
- Miller, G. M. (1978).** *Liriomyza* spp and other American Leafminer pests associated with chrysanthemums. *EPPO. Public.* 57: 28-33.
- Miller, Gareth W.; Isger, Mark B. (1985).** Effects of temperature on the development of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). *Bull.ent.Res.* 75: 321-328.

- Minkenbergh, O. P. J. M.; Van Lenteren, J. C. (1986).** The leafminers *Liriomyza bryoniae* and *Liriomyza trifolii* (Diptera; Agromyzidae), their parasites and host plants: a review. *Agricultural University Wageningen Papers* 86 (2): 1-50.
- Minkenbergh, O. P. J. M. (1988a).** Life history of the agromyzid fly *Liriomyza trifolii* on tomato at different temperatures. *Entomol. exp. appl.* 48: 73-84.
- Minkenbergh, O. P. J. M. (1988b).** Dispersal of *Liriomyza trifolii*. *Bulletin OEPP/EPPO* 18: 173-182.
- Minkenbergh, O. P. J. M. (1989).** Temperature effects on the life history of the eulophid wasp *Diglyphus isaea*, an ectoparasitoid of leafminers (*Liriomyza* spp.), on tomatoes. *Annals of applied Biology* 115: 381-397.
- Minkenbergh, O. P. J. M. (1990).** Reproduction of *Dacnusa sibirica* (Hymenoptera: Braconidae), an Endoparasitoid of Leafminer *Liriomyza bryoniae* (Diptera: Agromyzidae) on Tomatoes, at Constant Temperatures. *Environ. Entomol.* 19 (3): 625-629.
- Minkenbergh, O. P. J. M.; Helderman (1990).** Effects of Temperature on the Life History of *Liriomyza bryoniae* (Diptera: Agromyzidae) on Tomato. *Journal of Economic Entomology* 83 (1): 117-125.
- Millstein, J.A.; Turchin, P. (1994).** *RAMAS/time, ecological time series modeling and forecasting. User Manual & Theoretical background.* Applied Biomathematics, Setauket, New York.
- Moreno, R. (1985).** Protected cultures: Sampling designs for their major pests. *WPRS Bulletin/Bulletin SROP*, VIII/I: 55-69.
- Moreno, R. (1994a).** Captura de datos. En: "*Sanidad Vegetal en la Horticultura Protegida*". Coord. R. Moreno. Junta de Andalucía. Cons. de Agricultura y Pesca. Cursos Superiores 1/94, pp 95-106.
- Moreno, R.; Garijo, C.; Rodríguez, M.D.; García, S.; Téllez, M.M.; García, E.; Rodríguez, M.P. (1994b).** IPM development on tomato under plastic in the south of Spain. *IOBC Bulletin* 17 (5):22-26.
- Moreno, R. (1997).** La protección fitosanitaria en cultivos bajo ambiente protegido. En: "*Anais Foro Internacional de cultivo protegidos*". Botucatu, 17-21 Noviembre, Univ. de Sao Paulo- Brasil.: 31-95.

- Moriones, E.; Arnó, J.; Accoto, G. P.; Noris, E.; Cavallarin, L. (1993).** First report of tomato yellow leaf curl virus in Spain. *Planta Disease* 77: 953.
- Nandihalli, B. S.; Reddy, B. S.; Jagginavar, S. B.; Patil, R. V.; Thammaiah, N. (1995).** Screening of ridge gourd genotypes against the serpentine leaf miner, *Liriomyza trifolii* (Burgess). *Advances in Agricultural Research in India* 4: 141-146.
- Nagata, R.T.; Wilkinson, L. M.; Nuessly, G.S. (1998).** Longevity, fecundity, and leaf stippling of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) as affected by lettuce cultivar and supplemental feeding. *Journal of Economic entomology* 91(4): 999-1004.
- Naranjo, S.E.; Flint, H.M. (1994).** Spatial distribution of preimaginal *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton and developmental of fixed-precision sequential sampling plans. *Environ. Entomol.* 23 (2): 254-266.
- Naranjo, S.E.; Flint, H.M.; Henneberry, T.J. (1995).** Comparative analysis of selected sampling methods for adult *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton. *J. Econ. Entomol.* 88 (6): 1666-1678.
- Naranjo, S.E.; Flint, H.M. (1995).** Spatial distribution of adult *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) in cotton and development and validation of fixed-precision sampling plans for estimating population density. *Environ. Entomol.* 24 (2): 261-270.
- Naranjo, S.E.; Diehl, J.W.; Ellsworth, P.C. (1997).** Sampling whiteflies in cotton: Validation and analysis of enumerative and binomial plans. *Environ. Entomol.* 26 (4): 777-788.
- Nedstam, B. (1983).** Control of *Liriomyza bryoniae* Kalt by *Dacnusa sibirica* Tel. *Bulletin SROP.- International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants. West Palaearctic Regionl Section* 6 (3): 124-127.
- Nicholson, A.J. (1954).** An outline of the dynamics of animal populations. *Australian Journal of Zoology* 2: 9-65.
- Nielsen, C. Le R.; Bordat, D. (1989).** Influence de l'abamectine sur deux espèces d'entomophages parasitoides de *Liriomyza trifolii* (Burgess). *L'Agronomie Tropicale* 44 (1): 21-26.

- Nyrop, J.P.; Binns, M. (1991).** Quantitative methods for designing and analyzing sampling programs for use in pest management. En: *Handbook of pest management in agriculture*. Vol. 2. D. Pimentel y A.A. Hanson eds. CRC Press, Fl. pp: 67-132.
- Oatman, E. R.; Michelbacher, A. E. (1958).** The melon leaf miner; *Liriomyza pictella* (Thomson) (Diptera: Agromyzidae). I. Life history studies. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 51: 557-566.
- Oatman, E. R.; Kennedy, G. G. (1976).** Methomyl Induced Outbreak of *Liriomyza sativae* on Tomato. *Journal of Economic Entomology* 69 (5): 667-668.
- Oepp/Eppo (1990).** Specific quarantine requirements. EPPO Technical Document n° 1008.
- Osborne, L.S. (1982).** Temperature-dependent development of greenhouse whitefly and its parasite, *Encarsia formosa*. *Environ. Entomol.* 11: 483-485.
- Ozawa, A.; Ohta, M.; Kobayashi, H. (1998).** Control of American serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (burgess), by nitenpyram granule application in Japan. *Proceeding of the Kanto-Tosan Plant protection Society* 45: 175-177.
- Ozawa, A.; Saito, T.; Ohta, M. (1999).** Biological control of American serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess), on tomato in greenhouses by parasitoids. I. Evaluation of biological control by release of *Diglyphus isaea* (Walker) in experimental greenhouses. *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology* 43 (4): 161-168.
- Palumbo, J.C.; Tonhasca, A. Jr.; Byrne, D.N. (1995).** Evaluation of three sampling methods for estimating adult sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) abundance on cantaloups. *J. Econ. Entomol.* 88 (5): 1393-1400.
- Pan, X.; Hesketh, J.D.; Huck, M.G. (2000).** OWSimu: an object oriented and Web-based simulator for plant growth. *Agricultural Systems* 63: 33-47.
- Paradikovic, N. (1998).** New possibilities for controlling the leaf miner, *Liriomyza trifolii* Burgess, on gerberas in glasshouses. *Poljoprivreda* 4 (2): 87-90.
- Parkman, P.; Pienkowski, R. L. (1990).** Sublethal effects of neem seed extract on adults of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *Journal of Economic Entomology* 83 (4): 1246-1249.

- Parrella, M. P.; Allen, W. W.; Morishita, P. (1981).** Leafminer species causes California mum growers new problems. *California Agriculture* 35: 28-30.
- Parrella, M. P. (1982).** A Review of the History and Taxonomy of Economically important serpentine Leafminers (*Liriomyza* spp.) in California (Diptera: Agromyzidae). *Pan Pacific Entomologist* 58 (4): 302-308.
- Parrella, M. P.; Bethke, J. F. (1982a).** Biological studies with *Cyrtopeltis modestus* (Hemiptera: Miridae): A Facultative Predator of *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae). In *Proc. 3rd Ann. Ind. Conf. Leafminer* Ed. by S.L. POE, San Diego, California : 180-185.
- Parrella, M. P.; Robb, K. L. (1982b).** Leafminers Attacking Bedding Plants in California. Flower and Nursery Report for Commercial Growers. *Fall/Winter* 2-4.
- Parrella, M. P.; Robb, K. L.; Morishita, P. (1982a).** Response of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) Larvae to Insecticides, with Notes About Efficacy Testing. *J.Econ. Entomol.* 75 (6): 1104-1108.
- Parrella, M. P.; Robb, K. L.; Christie, G. D.; Bethke, J. A. (1982b).** Control of *Liriomyza trifolii* with biological agents and insect growth regulators. *California Agriculture* 36: 17-19.
- Parrella, M. P. (1983a).** Intraspecific competition among larvae of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae): Effects on colony production. *Environmental Entomology* 12 (5): 1412-1414.
- Parrella, M. P. (1983b).** Insect growth regulators for the control of *Liriomyza trifolii* and compatibility with a natural enemy. *Bulletin SROP. International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants West Palaearctic Regional Section* 6 (3): 128-133.
- Parrella, M. P.; Robb, K. L.; Bethke, J. (1983).** Influence of selected Host Plants on the Biology of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *Ann. Entomol. Soc. Am.* 76 (1): 112-115.
- Parrella, M. P. (1984).** Effect of Temperature on Oviposition, Feeding, and Longevity of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *The Canadian Entomologist* 116: 85-92.
- Parrella, M. P.; Keil, C. B. (1984).** Insect Pest Management: The Lesson of *Liriomyza*. *Bulletin of the Entomological Society of America* 74: 22-25.

- Parrella, M. P.; Keil, Clifford B.; Morse, Joseph G. (1984). Insecticide resistance in *Liriomyza trifolii*. *California Agriculture*. pp: 22-23.
- Parrella, M. P.; Jones, V. P. (1985). Yellow Traps as Monitoring Tools for *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in Chrysanthemum Greenhouses. *J. Econ. Entomol.* 78 (1): 53-56.
- Parrella, M. P.; Jones, V. P.; Youngman, R. R. (1985). Effect of Leaf Mining and Leaf Stippling of *Liriomyza* spp. on Photosynthetic Rates of Chrysanthemum. *Ann. Entomol. Soc. Am.* 78 (1): 90-93.
- Parrella, M. P. (1987). Biology of *Liriomyza*. *Ann. Rev. Entomol.* 32: 201-224.
- Parrella, M. P.; Jones, V. P.; Christie, G. D. (1987). Feasibility of Parasites for Biological Control of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) on Commercially Grown Chrysanthemum. *Environ. Entomol.* 16 (3): 832-837.
- Parrella, M. P.; Robb, K.; Virzi, J. K. (1988). Analysis of the impact of abamectin on *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). *The Canadian Entomologist* 120: 831-837.
- Parrella, M. P.; Trumble, J. T. (1989). Decline of Resistance in *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in the Absence of Insecticide Selection Pressure. *Journal of Economic Entomology* 82 (2): 365-368.
- Parrella, M.P.; Yost, J.T.; Heinz, K.M; Ferrentino, G.W. (1989). Mass rearing of *Diglyphus begini* (Hymenoptera: Eulophidae) for biological control of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *Journal of Economic Entomology* 82 (2): 420-425.
- Pascual-Torres, F.,1986. Entomofauna de los invernaderos almerienses y su entorno. En: Pascual-Torres, F.; Ortega-Olivencia, A.; Robles-Cruz, A.B. Plantas e insectos perjudiciales en invernaderos. Instituto de Estudios Almerienses.. *Almería Colección Investigación*: 151-283.
- Pascual, F.; Belda, J. E.; Cabello, T. (1992). *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard, 1926) (Diptera: Agromyzidae) nueva especie para España. *Zoología Baetica* 3: 159-165.
- Patanik, H. P. (1997). Studies on neem formulations against serpentine leafminer, and tobacco caterpillar, on tomato. *Insect Environment* 3 (1): 10.
- Patel, K. J.; Schuster, D. J. (1991). Temperature-dependent fecundity, longevity,

- and host-killing activity of *Diglyphus intermedius* (Hymenoptera: Eulophidae) on third instars of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). *Environmental Entomology* 20 (4): 1195-1199.
- Patel, J. J.; Patel, N. C.; Jyani, D. B.; Patel, J. R. (1998).** Cyromazine - an effective insecticide against the American serpentine leafminer (*Liriomyza trifolii*) infesting tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Indian Journal of Agricultural Sciences* 68 (12): 782-783.
- Pedigo, L.P.; Buntin, G.D., eds. (1994).** *Handbook of sampling methods for arthropods in agriculture*. CRC Press, Boca Raton, FL. 714 pp.
- Peña, M. A. (1983).** *Diglyphus isaea* (Walker) una nueva especie de Eulophidae para las Islas Canarias, con interés en el Control Biológico de *Liriomyza spp.* *Xoba* 4 (1): 31-34.
- Peña, M. A.; Rodríguez Rodríguez, R. (1984).** Nuevas aportaciones para el Control de *Liriomyza trifolii* (Burgess, 1880). *Xoba* 4 (2): 33-40.
- Peña, M. A. (1985a).** Influencia de la temperatura en el desarrollo de *Liriomyza trifolii* Burgess (Diptera: Agromyzidae), bajo condiciones controladas. *Bolm. Soc. Port. Ent.* 2: 213-222.
- Peña, M. A. (1985b).** Estudio comparativo de diferentes materias activas para la lucha contra *Liriomyza trifolii* (Diptera, Agromyzidae) en Crisantemos. *Cuadernos de Fitopatología* pp: 227-230.
- Peña, M. A. (1986).** Biología y control de *Liriomyza trifolii* (Burgess, 1880) (Diptera, Agromyzidae). *Cuadernos de Fitopatología* 3 (8): 105-129.
- Peña, M. A. (1988).** Primeras experiencias de lucha biológica contra *Liriomyza trifolii* (Burg.) (Dipt., Agromyzidae) con *Diglyphus isaea* (Walk.) (Hym., Eulophidae) en las Islas Canarias. *Bol. San. Veg. Plagas* 14: 439-445.
- Perry, J.N.; Smith, R.H.; Woiod, I. P.; Morse, D.R. eds. (2000).** *Chaos in real data. Analysis of non-linear dynamics from short ecological time series*. Population and Community Biology Series, Volume 27. Kluwer Academic Publishers. Dordrecht, NL. 225 pp.
- Pinnschmidt, H.O.; Batchelor, W.D.; Teng, P.S. (1995).** Simulation of multiple species pest damage in rice using CERES-rice. *Agricultural Systems* 48 (2): 193-222.

- Pitblado, R.E. (1992). The development and implementation of TOM-CAST: A weather-timed fungicide spray program for field tomatoes. *Ministry of Agriculture and Food, Ontario, Canada*.
- Poe, S. L.; Everett, P. H.; Shuster, D. J.; Musgrave, C. A. (1978). Insecticidal Effects on *Liriomyza sativae* Larvae and their Parasites on Tomato. *J.Georgia Entomol. Soc.* 13 (4): 322-327.
- Powell, D. F. (1981). The eradication campaign against American serpentine leaf miner *Liriomyza trifolii*, at Efford Experimental Horticulture Station. *Pl. Path.* 30: 195-204.
- Prabhaker, N.; Coudriet, D. L.; Meyerdirk, D. E. (1985). Insecticide resistance in the sweetpotato whitefly, *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology* 78: 748-752.
- Prabhaker, N.; Coudriet, D. L.; Toscano, N. C. (1988). Effect of synergists on organophosphate and permethrin on resistance in a sweetpotato whitefly (Homoptera: Aleyrodidae). *Journal of Economic Entomology* 81: 34-39.
- Price, J. F. (1983). Methods practiced for leafminer control in Medellin, Cali and Bogota, Colombia. In: *Proc. 3<sup>rd</sup> Ann. Ind. Conf. Leafminer*. Ed. by S.L. POE, San Diego, Calif. pp: 104-109.
- Prieto, A. J.; Chacon De Ulloa, P. (1980). Biología y Ecología de *Liriomyza trifolii* Burgess (Diptera: Agromyzidae), minador del Crisantemo en el Departamento del Valle del Cauca. *Revista Colombiana de Entomología* 6 (3) 3/4: 77-84.
- Quiring, D. T.; Timmins, P. R; Park, S. J. (1992). Effect of variations in hooked trichome densities of *Phaseolus vulgaris* on longevity of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) adults. *Environmental entomology* 21 (6): 1357-1361.
- Rabbinge, R.; Mantel, W.P. (1981). Monitoring for cereal aphids in winter wheat. *Netherlands Journal of Plant Pathology* 87: 25-29.
- Rabbinge, R., Rijdsijk, F.H. (1981). Disease and crop physiology: a modeller's point of view. En "*Effects of disease on the physiology of the growing plant*". Ed. P. G. Ayres. Cambridge University Press, USA. 228 pp.
- Rabbinge, R. (1985). Aspects of damage assesment. En: *Spider mites. Their biology, natural enemies and control*. Eds. W. Helle & M.W. Sabelis. Volume 1B, Elsevier Science Publishers BV, Amsterdam, pp. 261-272.

- Rabbinge, R.; Rossing, W.A.H.; Van der Werf, W. (1993).** Systems approach in epidemiology and plant disease. *Neth. J. Pl. Path.* 99 (supplement 3): 161-171.
- Raposo, R.; Gomez, V.; Melgarejo, P. (1994).** Resistencia de *Botrytis cinerea* a benzimidazoles en los cultivos hortícolas protegidos de Almería. *VII Congreso Nacional de la Sociedad Española de la Fitopatología, Sitge.*
- Renou, A.; Chenet, T. (1988).** Mise au point d'une technique d'évaluation rapide de l'infestation des cotonniers en aleurodes (stades fixés). *Cot. Fib. Trop.*, vol XLIII, fasc. 4: 293-296.
- Riley, D.G.; Palumbo, J.C. (1995a).** Interaction of silverleaf whitefly (Homoptera: Aleyrodidae) with cantaloup yield. *J. Econ. Entomol.* 88 (6): 1726-1732.
- Riley, D.G.; Palumbo, J.C. (1995b).** Action thresholds for *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) in cantaloupe. *J. Econ. Entomol.* 88 (6): 1733-1738.
- Robb, K. L.; Parrella, M. P. (1984).** Sublethal Effects of Two Insect Growth Regulators Applied to Larvae of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *J.Econ. Entomol.* 77 (5): 1288-1292.
- Robb, K. L.; Parrella, M. P. (1985).** Antifeeding and Oviposition-detering Effects of Insecticides on Adult *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *Journal of Economic Entomology* 78 (3): 709-713.
- Robin, M.R.; Mitchell, W.C. (1987).** Sticky trap for monitoring leafminers *Liriomyza sativae* and *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) and their associated hymenopterous parasites in watermelon. *Journal of economic entomology* 80 (6): 1345-1347.
- Rodríguez-Rodríguez, M. D.; Belda, J. E. (1989).** Trips en los cultivos hortícolas protegidos. *Junta de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Dir. Gral. de Agricultura, Ganadería y Montes. Servicio de Protección de los Vegetales. Sevilla, 21pp.*
- Rodríguez-Rodríguez, M. D.; Moreno, R.; Tellez, M. M.; Rodríguez-Rodríguez, M. P.; Fernandez, R. (1994).** *Eretmocerus mundus* (Mercet), *Encarsia lutea* (Masi) y *Encarsia trasvena* (Timberlake) (Hym: Aphelinidae) parasitoides de *Bemisia tabaci* (Hom: Aleyrodidae) en los cultivos hortícolas. *Bol. San. Veg. Plagas* 20: 695-702.

- Rodríguez-Rodríguez, M. D.; Moreno, R.; Tellez, M. M.; Rodríguez-Rodríguez, M. D.; Lastres, J.; (1996). El cultivo del melón bajo plástico en la provincia de Almería: caracterización y seguimiento de las principales plagas y enfermedades. *Phytoma* 80: 12-24.
- Roermund, H.J.W. van; Lenteren, J.C. van; Rabbinge, R. (1997). Analysis of foraging behaviour of the whitefly parasitoid *Encarsia formosa* on a plant: A simulation study. *Biocontrol Science and Technology* 7: 131-151.
- Rumei, X.; Liying, Z. (1991). Functional relationship between pest abundance, plant physiology and yield as exemplified by the greenhouse whitefly, *Trialetrodes vaporariorum* Westw. (Homoptera: Aleyrodidae): An approach on injury threshold and damage threshold. *J. Appl. Ent.* 112: 370-381.
- Ruppel, R.F. (1983). Cumulative insect-days as an index to crop protection. *J. Econ. Entomol.* 76: 375-377.
- Saito, T. (1988). Biology of the leafminer, *L. bryoniae* Kalt, (Diptera: Agromyzidae) on melon. *Proc. Kansai Pl. Prot.* 30: 49-55.
- Saito, T.; Oishi, T.; Ikeda, F.; Sawaki, T. (1992). Effects of Insecticides on the serpentine leafminer, *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Diptera: Agromyzidae). *Japanese Journal of Applied Entomology and Zoology* 36 (3): 183-191.
- Salguero, V.E.; Funderburk, J.E.; Mack, T.P.; Beshear, R.J.; Olson, S.M. (1994). Aggregation indices and sample size curves for binomial sampling of flower-inhabiting *Frankliniella* species (Thysanoptera: Thripidae) on tomato. *J. Econ. Entomol.* 87(6): 1622-1626.
- Sánchez-Pulido, J. M. (1986). Contribución al conocimiento de Minadores de hojas *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) en Hortícolas. 2º *Symposium Nacional de Agroquímicos*. Sevilla.
- Sanderson, J. P.; Parrella, M. P.; Trumble, J.T. (1989). Monitoring insecticide resistance in *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) with yellow sticky cards. *Journal of economic entomology* 82 (4): 1011-1018.
- Sasakawa, M. (1961). A study of the Japanese Agromyzidae, (Diptera), Part 2. *Pacific Insects* 3: 307-472.
- Schaffer, W.M. (1985). Order and chaos in ecological systems. *Ecology* 66: 93-106.

- Schelt, J. Van; Altena, K. (1997).** Growing tomatoes with-out insecticides. *Entomological Society* 8: 151-157.
- Scholz-Döbelin, H. (1997).** Experiences with natural enemies. *Gemüse (München)* 33 (4): 246-248.
- Schreiner, I.; Nafus, D.; Bjork, C. (1986).** Control of *Liriomyza trifolii* (Burgess) (Dip: Agromyzidae) on yard-long (*Vigna unguiculata*) and pole beans (*Phaseolus vulgaris*) on Guam: effect on yield loss and parasite numbers. *Tropical pest management* 32 (4): 333-337.
- Schuster, David J.; Jones, John Paul; Everett Paul H. (1976).** Effect of Leafminer Control on Tomato Yield. *Proc. Fla. State Hort. Soc.* 89: 154-156.
- Schuster, D. J.; Everett Paul H. (1983).** Response of *Liriomyza trifolii* (Diptera:Agromyzidae) to Insecticides on Tomato. *J. Econ. Entomol.* 76: 1170-1174.
- Schuster, D. J.; Patel, K. J. (1985).** Development of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) Larvae on Tomato at Constant Temperatures. *Florida Entomologist* 68 (1): 158-161.
- Schuster, D. J.; Taylor, J. L. (1987).** Residual activity of abamectin against *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *The Florida Entomologist* 70 (3): 351-354.
- Schuster, D. J.; Taylor, J. L. (1988).** Longevity and oviposition of adult *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) exposed to abamectin in the laboratory. *Journal of Economic Entomology* 81 (1): 106-109.
- Schuster, D. J.; Wharton, R. A. (1993).** Hymenopteros Parasitoids of Leaf-Mining *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae) on tomato in Florida *Environmental Entomology* 22 (5): 1188-1191.
- Schuster, D.J. (1998).** Intraplant distribution of immature lifestages of *Bemisia argentifolii* (Homoptera: Aleyrodidae) on tomato. *Environ. Entomol.* 27 (1): 1-9.
- Sher, R. B.; Parrella, M. P.; Kaya, H. K. (2000).** Biological control of the leafminer *Liriomyza trifolii* (Burgess), implications for intraguild predation between *Diglyphus begini* Ashmead and *Steirnerinema carpocapsae* (Weiser). *Biological Control: theory and applications in pest management* 17 (2): 155-163.

- Smith, I.M.; Chiarappa, L.; van der Graaf, N.A. (1984).** World crop losses: an overview. En: *Plant Diseases, Infection, Damage and Loss*. Eds. R.K.S. Wood & G.J. Jellis. Blackwell Scientific Publications, pp. 213-225.
- Soria, C; Gomez guillamon, M.L.; Duffus, J.E. (1991).** Transmission of the agent cousin a melon yellowing disease by the greenhouse whitefly *Trialeurodes vaporariorum*, in Southeast Spain. *Netherlands Journal of Plant Pathology*, 97: 289-296.
- Southwood, T.R.E. (1978).** Ecological Methods, 2<sup>nd</sup> ed. Chapman & Hall, London. 524 pp.
- Spencer, K. A. (1965).** A clarification of the status of *Liriomyza trifolii* (Burgess) and some related species (Diptera: Agromyzidae). *Proceeding of the Entomological Society of Washigton* 67: 32-40.
- Spencer, K. A. (1973).** Agromyzidae (Diptera) of Economic Importance. Series Entomologica 9. Junk, The Hague (NL).
- Spollen, K. M.; Johnson, M. W.; Tabashnik, B. E. (1995).** Stability of Fenvalerate Resistance in the Leafminer Parasitoid *Diglyphus begini* (Hymenoptera: Eulophidae). *Journal of Economic Entomology* 88 (2): 192-197.
- Staay, M. Van Der. (1992).** Chemical control of the larvae of the leafminer *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) in lettuce. *Med. Fac. Landbouww. Univ. Gent*. 57 (2b): 473-478.
- Stegmaier, C. E. Jr. (1972).** Parasitic Hymenoptera bred from the family Agromizidae (Diptera) with special reference to South Florida. *Fla. Ent.* 55: 273-282.
- Stein, U.; Parrella, M. P. (1985).** Seed extract shows promise in leafminer control. *California Agriculture* pp: 19-20.
- Steiner, M.Y. (1990).** Determining population characteristics and sampling procedures for the western flower thrips (Thysanoptera: Thripidae) and the predatory mite *Amblyseius cucumeris* (Acari: Phytoseiidae) on greenhouse cucumber. *Environ. Entomol.* 19 (5): 1605-1613.
- Sterk, G.; Hassan, S. A.; Baillod, M.; Bakker, F.; Bigler, F.; Blümel, S.; Bogenschütz, H.; Boller, E.; Bromand, B.; Brun, J.; Calls, J. N. M.; COREMANS-Pelseneer, J.; Duso, C.; Garido, A.; Grove, A.; Heimbach, U.; Hokkanen, H.; Jacas, J.; Lewis, L.; Moreth, L.; Polgar, L.; Rovesti, L.;**

- Samsøe-Petersen, L.; Sauphanor, B.; Schaub, L.; Stäubli, A.; Tuset, J. J.; Vainio, M.; Van de Veire, M.; Viggiani, G.; Viñuela, E.; Vogt, H. (1999).** Results of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS Working Group "Pesticides and Beneficial Organisms". *Biocontrol* 44: 99-117.
- Strandberg, J. (1973).** Spatial distribution of cabbage black rot and the estimation of diseased plant populations. *Phytopathology* 63: 998-1003.
- Tauber, M.J.; Tauber, C.A. (1968).** Biology and leafminig behavior of *Phitomyza lanati* (Diptera: Agromyzidae). *Can. Entomol.* 100: 341-349.
- Termorshuizen, A.J.; Rouse, D.I. (1993).** Towards a mechanistic model for the *Verticillium dahliae*-potato system. *Neth. J. Pl. Path.* 99 (Supplement 3): 201-218.
- Thomas, C.S.; Gubler, W.D.; Leawit, G. (1994).** Field testing of a powdery mildew disease forecast model on grapes in California. *Phytopathology* 84: 1070 (abstr.).
- Tonhasca, A. Jr.; Palumbo, J.C.; Byrne, D.N. (1994).** Binomial samplig plans for estimating *Bemisia tabaci* populations in cantaloupes. *Res. Popul. Ecol.* 36 (2): 181-186.
- Trumble, J. T.; Nakakihara, H. (1983).** Occurrence, Parasitization and Sampling of *Liriomyza* Species (Diptera: Agromyzidae) Infesting Celery in California. *Environ. Entomol.* 12 (3): 810-814.
- Trumble, J. T. (1985a).** Integrated pest management of *Liriomyza trifolii*: influence of avermectin, cyromazine, and methomyl on leafminer ecology in celery. *Agriculture, Ecosystems and Enviroment* 12: 181-188.
- Trumble, J. T. (1985b).** Planning ahead for leafminer control. *California Agriculture* pp: 8-9.
- Trumble, J. T.; Ting, I. P.; Bates, L. (1985).** Analysis of physiological, growth, and yield responses of celery to *Liriomyza trifolii*. *Entomol. exp. appl.* 38: 15-21.
- Trumble, J. T. (1990).** Vegetable Insect Control with Minimal Use of Insecticides. *Hortscience* 25 (2): 159-164.
- Trumble, J. T.; Dercks, W.; Quiros, C. F.; Beier, R. (1990).** Host plant

- resistance and linear furanocoumarin content of *Apium* accessions. *Journal of economic entomology* 83 (2): 519-525.
- Turchin, P.; Taylor, A.D. (1992).** Complex dynamics in ecological time series. *Ecology* 73: 289-305.
- Turchin, P. (1996).** Nonlinear time-series modeling of vole population fluctuations. *Res. Popul. Ecol.* 38:121-132.
- Ulubilir, A.; Sekeroglu, E. (1997).** Biological control of *Liriomyza trifolii* by *Diglyphus isaea* on unheated greenhouse tomatoes in Andana, Turkey. *Bulletin OILB/SROP* 20 (4): 232-235.
- Urbaneja, A.; Van der blom, J.; Lara, L.; Timmer, R. ; Blockmans, K. (2001).** Utilización de *Cotesia marginiventris* (Cresson) (Hym.: Braconidae) para el control biológico de orugas (lep.; Noctuidae). En: *II Congreso Nacional de Entomología Aplicada. VII Jornadas Científicas de la S.E.E.A. Universidad Pública de Navarra.* pp:117. Pamplona 2001.
- Ushchekov, A. T. (1991).** Control of pests of summer-autumm tomato crops. *Zashchita Rastenii* 10: 44-45.
- Ushchekov, A. T.; Muzafarov, I. SH.; Derbysheva, V. A. (1994).** Experience in biological control of nightshade miner in greenhouses of Tatarstan. *Zashchita Rastenii (Moskva)* 12: 19-20.
- Ushchekov, A. T. (1994).** *Diglyphus* as an efficient parasitoid of mining flies. *Zashchita Rastenii (Moskva)* 3: 56-57.
- Veire, M. Van De. (1991).** Control of leafminer flies in glasshouse tomatoes and lettuce with the selective insecticide cyromazine. *Revue de l'Agriculture* 44: 923-927.
- Vercambre, B. (1980).** Etudes Réalisées a la réunion sur la mouche maraichere: *Liriomyza trifolii* Burgess. *Revue Agricole et Sucrière* 59 (3): 147-157.
- Verdu, M. J. 1989.** Contribución al conocimiento de los Chalcidoidea (Hymenoptera) de la Comunidad Valenciana. Tesis Doctoral. Universitat de Valencia, 121 pp.
- Vincelli, P.C.; Lorbeer, J.W. (1989).** BLIGHT-ALERT: A weather-based predictive system for timing fungicide applications on onion before infection periods of *Botrytis squamosa*. *Phytopathology* 79: 493-498.

- Viñuela, E.; Jacas, J.A.; Marco, V.; Adan, F.; Budia, F. (1993).** Los efectos de los plaguicidas sobre organismos beneficiosos en agricultura y el grupo de trabajo de la O.I.L.B. "Plaguicidas y Organismos Beneficiosos" I. Insecticidas y acaricidas. *Phytoma España*, 45: 18-25.
- Viñuela, E. (2001).** Efectos secundarios de los plaguicidas en los enemigos naturales. En: *II Congreso Nacional de Entomología Aplicada. VII Jornadas Científicas de la S.E.E.A. Universidad Pública de Navarra.* pp:152-155. Pamplona 2001.
- Vogt, H. (Editor). (1994).** Side-effects of pesticides on beneficial organisms: comparison of laboratory, semi-field and field results. *IOBC/WPRS Bulletin* 17 (10): 178pp.
- Vogt, H.; Heimbach, U. (Editores). (2000).** Pesticides and Beneficial Organisms. *IOBC/WPRS Bulletin* 23 (9): 156pp.
- Waggoner, P.E. (1986).** Progress Curves of Foliar Diseases: Their Interpretation and Use. En: *Plant Disease Epidemiology. Population Dynamics and Management. Vol 1.* Editors K.J. Leonard & W.E. Fry. Macmillan Publishing Company, NY. pp. 3-37.
- Wang, C. L.; Lin, F.C. (1988).** A newly invaded insect pest *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) in Taiwan. *Jour. Agric. Res. China* 37 (4): 453-457.
- Wardlow, L. R. (1985).** Leaf-miners and their parasites. Biological pest control: the glasshouse experience. Edited by N.W. Hussey and N. Scopes, pp. 62-65.
- Webb, R. E.; Hinebaugh, M. A.; Lindquist, R. K.; Jacobson, M. (1983).** Evaluation of Aqueous Solution of Neem Seed Extract Against *Liriomyza sativae* and *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae). *Journal of Economic Entomology* 76 (2): 357-362.
- Weitraub, P.; Ghrowitz, A. R. (1998).** Effects of translaminar versus conventional insecticides on *Liriomyza huidobrensis* (Diptera: Agromyzidae) and *Diglyphus isaea* (Hymenoptera: Eulophidae) populations in celery. *Journal of Economic Entomology* 91 (5): 1180-1185.
- Weitraub, P. (1999).** Effects of cyromazine and abamectin on the leafminer, *Liriomyza huidobrensis* and its parasitoid, *Diglyphus isaea* in celery. *Annals of applied biology* 135 (3): 547-554.

- Welter, S.C.; Barnes, M.M.; Ting, I.P.; Hayashi, J.T. (1984).** Impact of various levels of late-season spider mite (Acari: Tetranychidae) feeding damage on almond growth and yield. *Environ. Entomol.* 13: 52-55.
- Westerman, P. R.; Minkenberg, O. P. J. M. (1986).** Evaluation of the effectiveness of the parasitic wasps *Diglyphus isaea* and *Chrysocharis parksi* in experimental greenhouses for the biological control of the leafminer *Liriomyza bryoniae*, on tomatoes. *Med Fac Landbouww. Rijksuniv. Gent.* 51 (3a): 999-1008.
- Williams, E. C.; Macdonald, O. C. (1995).** Critical factors required by the nematode *Steinernema feltiae* for the control of the leafminers *Liriomyza huidobrensis*, *Liriomyza bryoniae* and *Chromatomyia syngenesiae*. *Ann. Appl. Biol.* 127: 329-341.
- Williams, E. C.; Walters, K. F. A. (2000).** Foliar application of the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae* against leafminers on vegetables. *Biocontrol Science and Technology* 10 (1): 61-70.
- Wit, C.T. de; Goudriaan, J. (1978).** *Simulation of ecological processes.* Pudoc, Wageningen. 175 pp.
- Wit, C. T. de (1978).** *Simulation of assimilation, respiration and transpiration of crops.* Pudoc, Wageningen. 141 pp.
- Woet, J.; Linder, A. Van De. (1982).** On the occurrence of *Opius pallipes* Wesmael and *Dacnusa sibirica* Telenga (Braconidae) in cases of natural control of the tomato leafminer *Liriomyza bryoniae* Kalt. (Agromyzidae) in some large greenhouses in the Netherlands. *Med. Fac. Landbouww Rijksuniv. Gent.* 47 (2): 533-540.
- Woets, J.; Linden, A. Van Der. (1983).** Observations on *Opius pallipes* Wesmael (HYM. BRACONIDAE) as a potential candidate for biological control of the tomato leafminer *Lirimyza bryoniae* Kalt. (DIPT: AGROMYZIDAE) in dutch greenhouse tomatoes. *Bulletin SROP.- International Organization for Biological Control of Noxious Animals and Plants. West Palaearctic Regionl Section* 6 (3): 134-141.
- Wolda, H. (1989).** The equilibrium concept and density dependence tests. What does it all mean?. *Oecologia* 81: 430-432.
- Wolfenbarger D. A.; Wolfenbarger, D. O. (1966).** Tomato Yields and Leaf Miner Infestations and a Sequential Sampling Plan for Determining Need for Control Treatments. *J. Econ. Entomol.* 59 (2): 279-283.

- Xu Rumei (1982).** Population dynamics of *Trialeurodes vaporariorum* (greenhouse whitefly): some commentson sampling techniques and prediction of population developments. *Z. ang. Ent.* 94: 452-465.
- Yamamura, N.; Yano, E. (1988).** A simple model of host-parasitoid interaction with host-feeding. *Res. Popul. Ecol.* 30: 353-369.
- Yano, E. (1987).** Quantitative monitoring techniques for the greenhouse whitefly. *Bull. O.I.L.B./S.R.O.P.* 10 (2): 198-202.
- Yano, E. (1989a).** A simulation study population interaction between the greenhouse withefly, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Homoptera: Aleyrodidae) and the parasitoid *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae). I. Description of the model. *Res. Popul. Ecol.* 31: 73-88.
- Yano, E. (1989b).** A simulation study population interaction between the greenhouse withefly, *Trialeurodes vaporariorum* Westwood (Homoptera: Aleyrodidae) and the parasitoid *Encarsia formosa* Gahan (Hymenoptera: Aphelinidae). Simulation analysis of population dynamics and strategy of biological control. *Res. Popul. Ecol.* 31: 89-104.
- Yano, E.; Lenteren, J.C.van; Rabbinge, R.; Hulspas-Jordaan, P.M. (1989a).** The parasite-host relation between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). XXXI Simulation studies of population growth of greenhouse whitefly on tomato. *Agric. Univ. Wageningen papers* 89-2: 55-73.
- Yano, E.; Lenteren, J.C.van; Rabbinge, R.; Vianen, A. Van; Dorsman, R. (1989b).** The parasite-host relation between *Encarsia formosa* (Hymenoptera: Aphelinidae) and *Trialeurodes vaporariorum* (Homoptera: Aleyrodidae). XXXII Simulation studies of population growth of greenhouse whitefly on egg-plant, cucumber, sweet pepper and gerbera. *Agric. Univ. Wageningen papers* 89-2: 75-99.
- Yathom, S.; Brosh, S.; Sofer, S. (1983).** *Liriomyza trifolii* in Israel. *Phytoparasitica* 11: 130.
- Yathom, S.; Tal, S.; Chen, M. (1988).** The effect of insecticides on different stages of the leafminer *Liriomyza trifolii* (Burgess). *Hassadeh* 68 (4): 784-787.
- Yathom, S.; Padova, R.; Tal, S.; Ross, I. (1990).** Effects of gamma radiation on the immature stages of *Liriomyza trifolii*. *Phytoparasitica* 18 (2): 177-124.

- Yi-Chung, Chiu.; Wen-Jer, Wu.; Shiu-Feng, Shiao.; Cheng-Jen, Shi. (2000). The Application of RAPD-PCR to Develop Rapid Diagnostic Technique for Identification of 6 species of *Liriomyza* spp. (Diptera: Agromyzidae). *Chinese J. Entomol.* 20: 293-309.
- Zadoks, J.C.; Schein, R.D. (1979). *Epidemiology and plant disease management*. Oxford University Press. 427 pp.
- Zadoks, J.C.; Rijdsdijk, F.H.; Rabbinge, R. (1984). EPIPARE: A systems approach to supervised control of pests and diseases of wheat in Netherlands. En: "Pest and pathogen control. Strategic, tactical and policy models". International Series on Applied Systems Analysis. International Institute for Applied Systems Analysis. Conway, G.R. (Ed). Pp 344-351.
- Zalom, F.G.; Natwick, E.T.; Toscano, N.C. (1985). Temperature regulation of *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) populations in Imperial Valley cotton. *J. Econ. Entomol.* 78: 61-64.
- Zehnder, G. W.; Trumble, J. T. (1983). Monitoring leafminer activity in pole tomatoes. *Proc. 3. Ann. Industry Conf. Leafminer. Ed. by S. L. POE.* San Diego, Calif. pp: 153-162.
- Zehnder, G. W.; Trumble, J. T.; White, W. R. (1983). Discrimination of *Liriomyza* species (Diptera: Agromyzidae) using electrophoresis and scanning electron microscopy. *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 85 (3): 564-574.
- Zehnder, G. W.; Trumble, J. T. (1984a). Host Selection of *Liriomyza* species (Diptera: Agromyzidae) and Associated Parasites in Adjacent Plantings of Tomato and Celery. *Environ. Entomol.* 13 (2): 492-496.
- Zehnder, G. W.; Trumble, J. T. (1984b). Spatial and Diel Activity of *Liriomyza* Species (Diptera: Agromyzidae) in Fresh Market Tomatoes. *Environmental Entomology* 13 (5): 1411-1416.
- Zehnder, G. W.; Trumble, J. T. (1984c). Intercrop movement of leafminers. *California Agriculture* pp: 7-8.
- Zehnder, G. W.; Trumble, J. T. (1985). Sequential Sampling Plans with Fixed Levels of Precision for *Liriomyza* Species (Diptera: Agromyzidae) in Fresh Market Tomatoes. *J. Econ. Entomol.* 78 (1): 138-142.

- Zitter, T. A.; Tsai, J. H. (1977). Transmission of three potyviruses by the leafminer *Liriomyza sativae* (Diptera: Agromyzidae). *Plant Disease Rep.* 61 (12): 1025-1029.
- Zoebisch, T. G.; Schuster, D. J.; Gilreath, J. P. (1984). *Liriomyza trifolii*: oviposition and development in foliage of tomato and common weed hosts. *Florida Entomologist* 67 (2): 250-254.
- Zoebisch, T. G.; Schuster, D. J.; Smerage, G. H.; Stimac, J. L. (1992). Mathematical Descriptions of Oviposition and Egg and Larval Development of *Liriomyza trifolii* (Diptera: Agromyzidae) on Tomato Foliage. *Environ. Entomol* 21 (6): 1341-1344.
- Zucchi, R.; Van Lenteren, J. C. (1978). Biological characteristics of *Opius pallipes* Wesmael (Hymenoptera: Braconidae), parasite of the tomato leafminer *Liriomyza bryoniae* Kalt. *Med. Fac. Landbouww. Rijksuniv. Gent.*, 43/2: 455-462.
- Zwet van der, T.; Biggs, A. R.; Heflebower, R.; Lightner, G.W. (1994). Evaluation of the MARYBLYT computer model for predicting blossom blight on apple in west Virginia and Maryland. *Plant Dis.* 78: 225-230.



Biblioteca Universitaria de Granada



01053201