

Prov. 8. 14/55

T  
16  
99

UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS

Departamento de Biología Animal y Ecología

**Biología, ecología y control de *Spodoptera exigua* (Hübner, 1808) (Lep.; Noctuidae) en cultivo de pimiento en invernadero**

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA  
GRANADA  
Nº Documento 619688271  
Nº Copia 121240589

**José Eduardo Belda Suárez**

UNIVERSIDAD DE GRANADA

FACULTAD DE CIENCIAS

Departamento de Biología Animal y Ecología

UNIVERSIDAD DE GRANADA

Facultad de Ciencias

Fecha 16-5-94

ENTRADA NUM. 740

UNIVERSIDAD DE GRANADA

Facultad de Ciencias

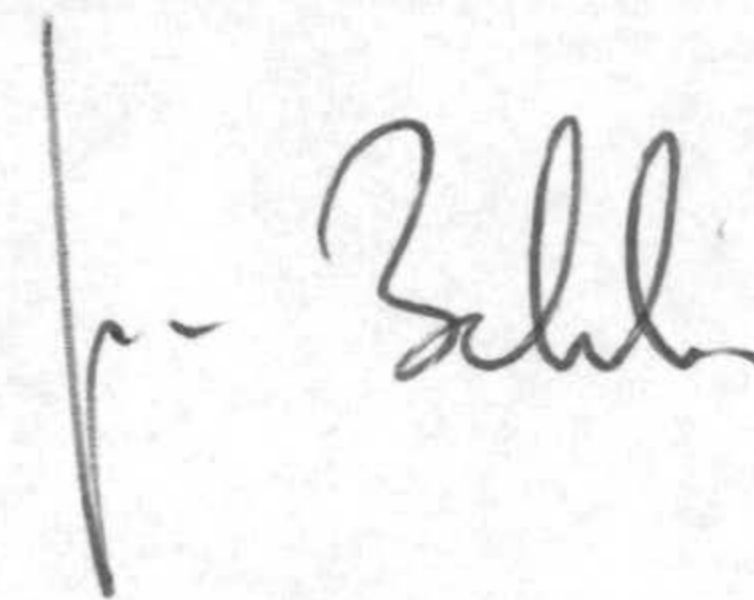
Fecha 20-6-94

SALIDA NUM. 554

**Biología, ecología y control de *Spodoptera exigua*  
(Hübner, 1808) (Lep.; Noctuidae) en cultivo de pimiento  
en invernadero**

Memoria que para optar al grado de  
Doctor en Ciencias Biológicas presenta:

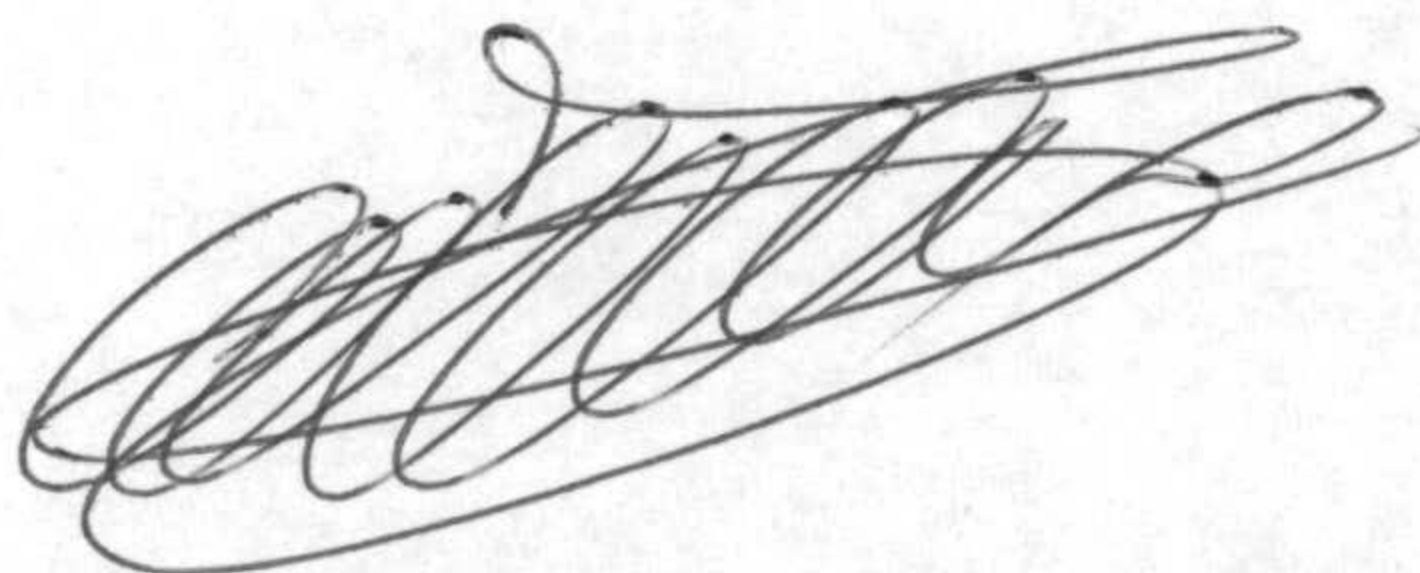
**José Eduardo Belda Suárez**



Granada, junio 1994

Vº Bº

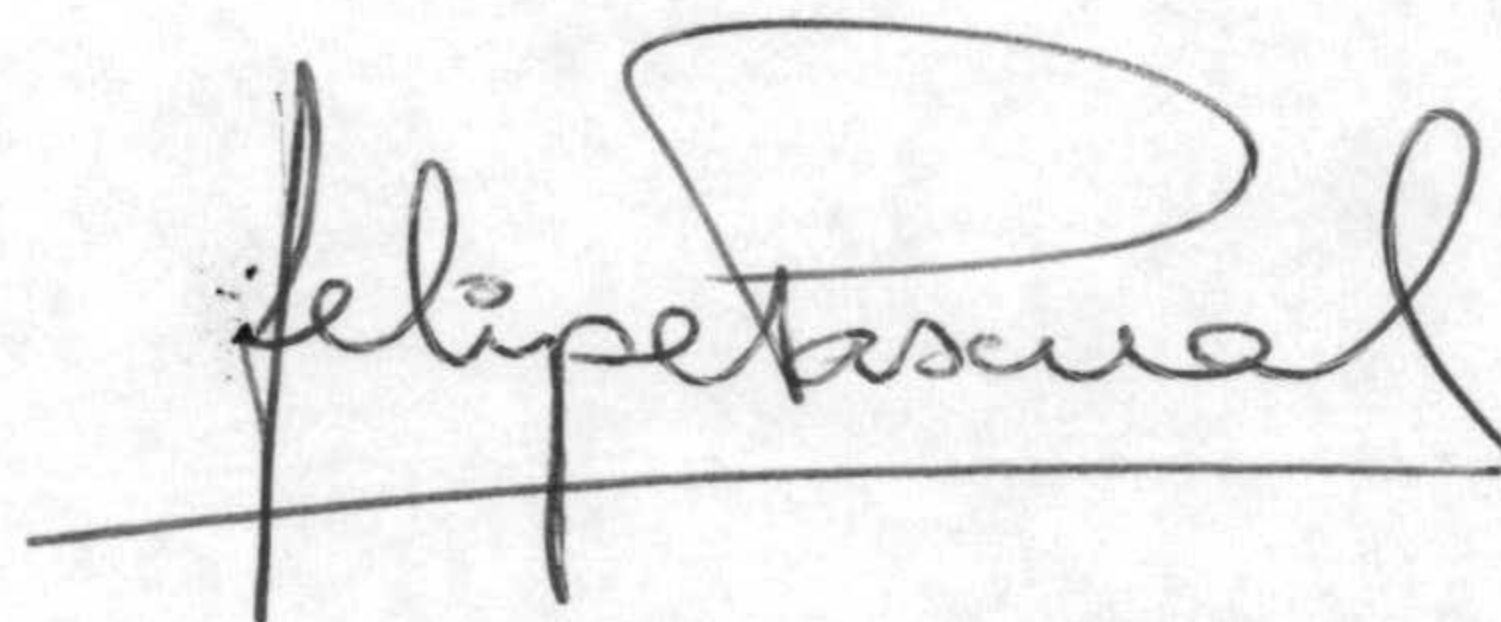
EL DIRECTOR DE LA TESIS



Dr. Ingeniero Agrónomo **D. Tomás Cabello García**. Dpto. Biología Aplicada. Escuela Politécnica Superior, Univ. de Almería

Vº Bº

EL CODIRECTOR DE LA TESIS



Dr. en Ciencias Biológicas **D. Felipe Pascual Torres**. Dpto. Biología Animal y Ecología. Fac. Ciencias, Univ. de Granada.

Para Margarita, Isabel y José,  
y por José, Isabel y Margarita.  
Gracias por soportarlo.

## AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento al Prof. Dr. Tomás Cabello, por transmitirme e inculcarme el interés por la investigación en entomología agrícola y por ayudarme, dirigirme y animarme en todo momento como compañero y amigo desde que comenzamos este trabajo. Asimismo, agradezco al Prof. Dr. Felipe Pascual su apoyo y dirección, y en especial, su participación en la formación entomológica de la que fue el primer responsable.

Quiero agradecer a D. Vicente Aparicio de la Sección de Protección de los Vegetales de Almería, la oportunidad que me brindó para comenzar mi etapa laboral relacionado con la entomología en su aplicación a la agricultura, la que en definitiva justifica este trabajo que espero pueda aportar algo a la Sanidad Vegetal, y que tuvo su primer esbozo en las inquietudes y demandas que él me hizo considerar.

No puedo olvidarme de dar las gracias a las/os compañeras/os de la Sección de Protección de los Vegetales: Lola, Elisa, Virtudes, Elena, Carmen, M<sup>a</sup> Paz, Toñi, M<sup>a</sup> del Mar, Elena, M<sup>a</sup> Carmen, M<sup>a</sup> Carmen, Sofía, Luisa, Angeles, Rosi, Mercedes, Paco, Adolfo, Joaquín, Joaquín, Antonio, Pepe, Jesús y Juan Antonio ni de los vecinos del C.I.D.H. de La Mojonera. En especial quiero manifestar mi agradecimiento a Ramón Moreno por todo lo que me enseñó.

Quiero tener un muy especial recuerdo y mi más sincero agradecimiento para Lucrecia, sin cuya aportación no hubiera sido posible este trabajo, y a Silvia por su ayuda en buena parte de los ensayos, y a las dos, por el ánimo que siempre me transmitieron.

Por último, agradecer a Pablo las largas tardes que tuvo que aguantarme en el laboratorio, las horas de lupa y los cafés que compartimos, y en general a los profesores de la Escuela Politécnica que me animaron durante la realización de este trabajo.

*" ... Nosotros, repetimos, que no podemos ir más allá de oír el lamento del hombre del campo ante la plaga que asuela sus cosechas y arruina su economía doméstica, apenas si reparamos en otra cosa que en el "sujeto" predator y en la importancia del estrago que produce. Lo demás es cosa de científicos y de los organismos encargados de velar por la conservación y el logro de los frutos del campo. "*

'AGRESTE', Diario ABC, 21 de Julio de 1967

## ÍNDICE

1. RESUMEN .....	2
2. ANTECEDENTES .....	6
2.1. EL CULTIVO DE PIMIENTO EN INVERNADERO EN ALMERÍA .....	6
2.2. PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL CULTIVO .....	7
2.2.1. PLAGAS CAUSADAS POR ARTRÓPODOS .....	7
2.2.2. ENFERMEDADES CAUSADAS POR HONGOS Y BACTERIAS .....	9
2.2.3. ENFERMEDADES CAUSADAS POR VIRUS .....	10
3. INTRODUCCIÓN .....	12
3.1. LA ROSQUILLA VERDE O GARDAMA, <i>SPODOPTERA EXIGUA</i> .....	12
3.1.1. MORFOLOGÍA DE HUEVOS, LARVAS, PUPAS Y ADULTOS .....	12
3.1.2. PLANTAS HOSPEDANTES .....	14
3.1.3. BIOLOGÍA .....	15
3.1.4. ECOLOGÍA .....	16
Factores abióticos .....	18
Factores bióticos; planta hospedante .....	20
Habitats preferenciales .....	21
3.1.5. ENEMIGOS NATURALES .....	22
3.1.6. SÍNTOMAS Y DAÑOS EN CULTIVOS DE PIMIENTO .....	24
3.1.7. MÉTODOS DE LUCHA .....	25
Métodos de lucha química .....	25
Métodos de lucha biológica .....	26
Métodos hormonales y feromonales .....	28
Otros métodos de lucha .....	29

BELDA, J.: Biología, ecología y control de *Spodoptera exigua* en cultivo de pimiento en invernadero.

3.2. MODELOS DE SIMULACIÓN .....	30
Los modelos de simulación .....	30
Tipos de modelos de simulación .....	33
Construcción de modelos de simulación .....	34
Modelos de simulación en Entomología Agrícola .....	34
4. OBJETIVOS .....	37
5. MATERIAL Y MÉTODOS .....	39
5.1. ENSAYOS DE BIOLOGÍA EN LABORATORIO .....	39
5.1.1. DESARROLLO .....	39
Composición y preparación de la dieta artificial .....	40
Alimentación a base de hojas de pimiento .....	41
5.1.2. FECUNDIDAD Y LONGEVIDAD DE IMAGOS .....	41
5.1.3. TASA DE ECLOSIÓN DE HUEVOS .....	42
5.2. FENOLOGÍA MEDIANTE TRAMPAS .....	43
5.2.1. TRAMPA DE LUZ .....	43
5.2.2. TRAMPAS DE FEROMONAS .....	43
5.3. EVOLUCIÓN DE POBLACIONES EN CULTIVO DE PIMIENTO EN INVERNADERO .....	44
5.4. REALIZACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN DE LA FENOLOGÍA DE <i>SPODOPTERA EXIGUA</i> EN CULTIVO DE PIMIENTO .....	46
5.5. PROSPECCIÓN DE ENEMIGOS NATURALES .....	47
5.6. ENSAYOS DE DISTRIBUCIÓN EN CULTIVO DE PIMIENTO EN INVERNADERO .....	48
5.6.1. DISTRIBUCIÓN EN LA PARCELA .....	48
5.6.2. DISTRIBUCIÓN DENTRO DE LA PLANTA .....	48
5.7. REALIZACIÓN DEL ESTUDIO ECONÓMICO DEL CONTROL DE <i>SPODOPTERA EXIGUA</i> EN CULTIVOS DE PIMIENTO EN INVERNADEROS DE ALMERÍA .....	50

BELDA, J.: Biología, ecología y control de *Spodoptera exigua* en cultivo de pimiento en invernadero.

5.8. ENSAYOS DE EFICACIA CONTRA <i>SPODOPTERA EXIGUA</i> . . . . .	51
5.8.1. ENSAYOS EN LABORATORIO . . . . .	51
Ensayo de laboratorio n° 1 . . . . .	52
Ensayo de laboratorio n° 2 . . . . .	53
5.8.2. ENSAYO EN CAMPO . . . . .	53
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN . . . . .	56
6.1. BIOLOGÍA DE LA ESPECIE EN LABORATORIO . . . . .	56
6.1.1. EFECTOS DE LA TEMPERATURA . . . . .	56
Duración de los estados de desarrollo . . . . .	56
Duración del desarrollo para machos y hembras . . . . .	61
Proporción de sexos . . . . .	61
Cálculos de temperatura umbral y desarrollo expresados en Grados-día . . . . .	62
Longevidad y fecundidad de adultos . . . . .	66
Distribución de la puesta en relación a la edad de las hembras . . . . .	68
Tasa de eclosión de huevos según temperatura . . . . .	70
6.1.2. EFECTOS DE LA DIETA . . . . .	72
Efectos en el desarrollo . . . . .	72
Efectos en el peso de pupas . . . . .	74
Efectos de la dieta en la longevidad y fecundidad . . . . .	75
6.1.3. TABLAS DE VIDA . . . . .	76
Estados de desarrollo . . . . .	77
Hembras adultas . . . . .	80
6.2. AUTOECOLOGÍA . . . . .	83
6.2.1. FENOLOGÍA MEDIANTE TRAMPAS DE FEROMONAS Y LUZ . . . . .	83
Comparación entre modelos de trampas y localización de las mismas . . . . .	86



BELDA, J.: Biología, ecología y control de *Spodoptera exigua* en cultivo de pimiento en invernadero.

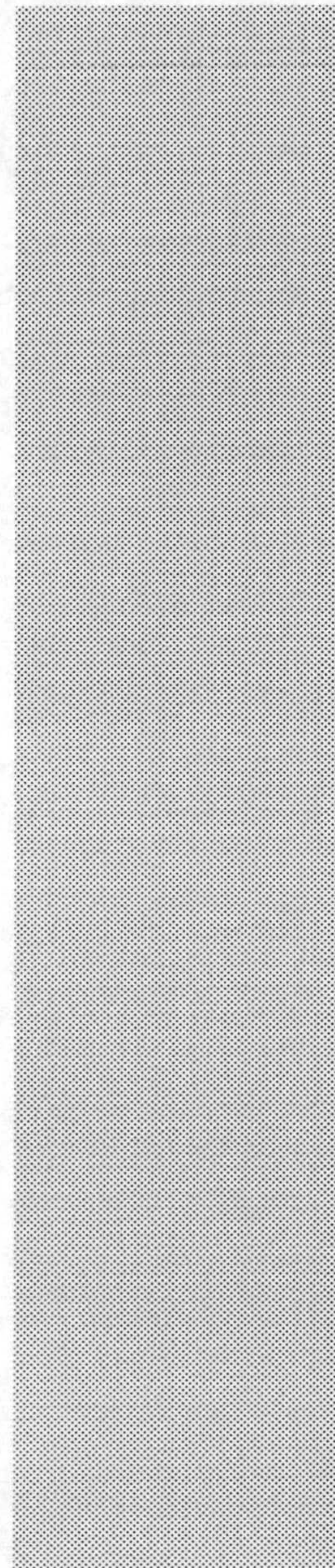
Relaciones entre las capturas en los diferentes tipos de trampas . . . . .	90
Relación de las capturas en función de las temperaturas . . . . .	91
Proporción de machos capturados en trampa de luz . . . . .	93
Ecofisiología de hembras . . . . .	95
Relación entre fenología de la plaga y los cultivos . . . . .	97
<b>6.2.2. EVOLUCIÓN DE POBLACIONES Y TABLAS DE VIDA EN CULTIVO DE PIMIENTO EN INVERNADERO . . . . .</b>	<b>99</b>
Desarrollo de la especie en cultivo de pimiento en invernadero . . . . .	99
Tablas de vida en cultivo de pimiento en invernadero . . . . .	102
<b>6.3. MODELO DE SIMULACIÓN DE LA FENOLOGÍA DE <i>SPODOPTERA EXIGUA</i> EN CULTIVO DE PIMIENTO EN INVERNADERO . . . . .</b>	<b>106</b>
Duración y umbrales de los estados de desarrollo . . . . .	106
Supervivencia de estados inmaduros . . . . .	107
Supervivencia y longevidad de adultos . . . . .	108
A) Cálculo de la supervivencia a edad específica . . . . .	109
B) Supervivencia dependiente de la temperatura . . . . .	110
Fecundidad de hembras . . . . .	110
Proporción de sexos . . . . .	111
Relación de las capturas con las temperaturas . . . . .	112
Programa informático . . . . .	114
Resultados de la simulación . . . . .	115
Validación del modelo . . . . .	120
<b>6.4. ENEMIGOS NATURALES . . . . .</b>	<b>124</b>
<b>6.5. DISTRIBUCIÓN DE LA ESPECIE EN CULTIVO DE PIMIENTO EN INVERNADERO . . . . .</b>	<b>130</b>
<b>6.5.1. DISTRIBUCIÓN ENTRE PLANTAS . . . . .</b>	<b>130</b>
Análisis de los datos de distribución . . . . .	130

BELDA, J.: Biología, ecología y control de *Spodoptera exigua* en cultivo de pimiento en invernadero.

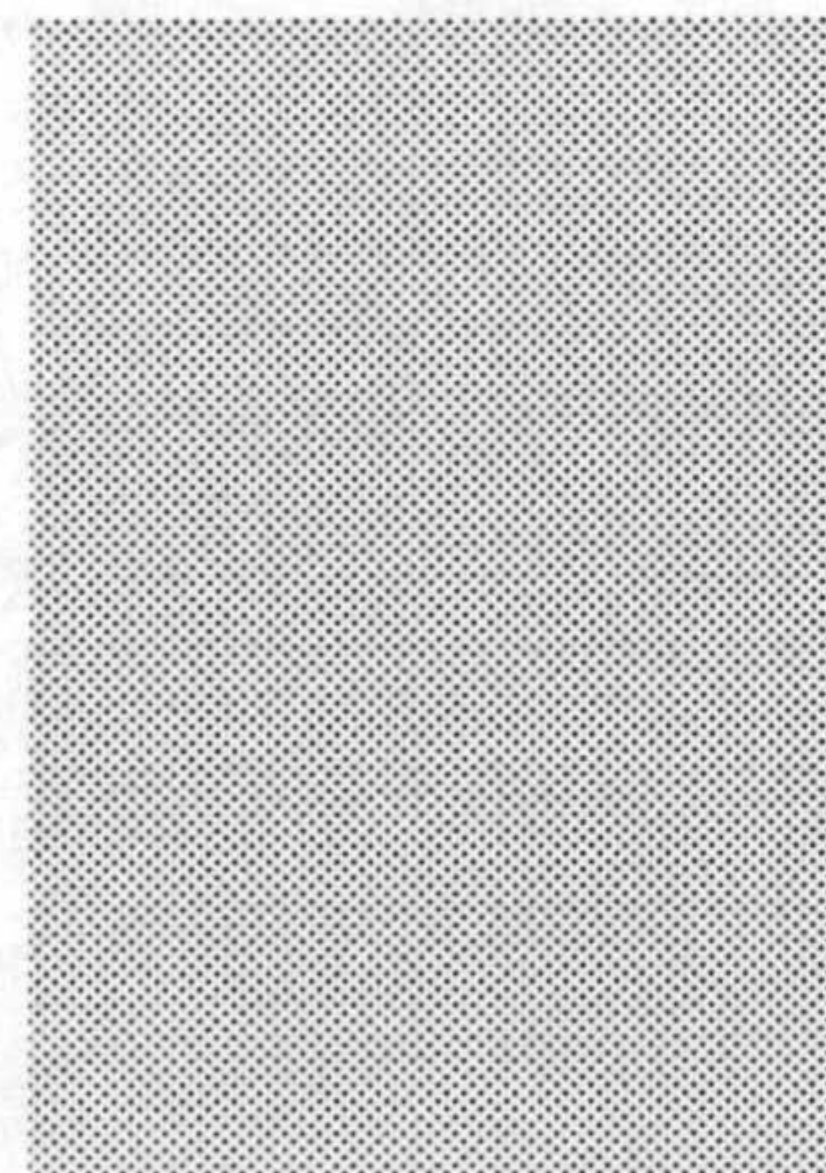
Ajuste de la distribución de puestas y larvas a una binomial negativa . . . . .	132
Índices de agregación . . . . .	134
6.5.2. DISTRIBUCIÓN DENTRO DE LA PLANTA . . . . .	136
Análisis de la distribución dentro de la planta . . . . .	139
Ensayo complementario de distribución de puestas y larvas dentro de la planta . . . . .	143
6.6. ESTUDIO ECONÓMICO DEL CONTROL DE <i>SPODOPTERA EXIGUA</i> EN CULTIVOS DE PIMIENTO EN INVERNADEROS DE ALMERÍA . . . . .	148
6.7. ENSAYOS DE EFICACIA DE MATERIAS ACTIVAS CONTRA <i>SPODOPTERA EXIGUA</i> . . . . .	151
6.7.1. EFICACIA EN LABORATORIO . . . . .	151
Ensayo nº 1 . . . . .	151
Ensayo nº 2 . . . . .	152
6.7.2. EFICACIA EN CAMPO . . . . .	154
7. DISCUSIÓN GENERAL . . . . .	159
8. CONCLUSIONES . . . . .	163
9. BIBLIOGRAFÍA . . . . .	166
ANEJOS . . . . .	178
ANEJO I. LISTADO DEL PROGRAMA INFORMÁTICO	
ANEJO II. MATERIAL FOTOGRÁFICO	
ANEJO III. SOPORTE INFORMÁTICO	

**ÍNDICE DE FIGURAS**

Cuadro 1.	13
Cuadro 2.	13
Cuadro 3.	14
Cuadro 4.	19
Cuadro 5.	22
Cuadro 6.	23
Diagrama 1.	32
Diagrama 2.	35
Diagrama 3	116
Esquema planta de pimiento	49
Figura 1.	60
Figura 2.	64
Figura 3.	65
Figura 4.	69
Figura 5.	71
Figura 6.	73
Figura 7.	79
Figura 8.	81
Figura 9.	83
Figura 10.	85
Figura 11.	86
Figura 12.	87
Figura 13.	88
Figura 14.	89
Figura 15.	92
Figura 16.	94
Figura 17.	96
Figura 18.	97
Figura 19.	100
Figura 20.	109
Figura 21.	111
Figura 22.	112
Figura 23.	113
Figura 24.	117
Figura 25.	118
Figura 26.	120
Figura 27.	121
Figura 28.	122
Figura 29.	128
Figura 30.	139
Figura 31.	142
Figura 32.	143
Figura 33.	144
Figura 34.	145
Figura 35.	146
Figura 36.	150
Figura 37.	153
Figura 38.	157
Fotografías	Anejo II.I a V



## **1. RESUMEN**



## 1. RESUMEN

El cultivo de pimiento en invernadero en Almería es uno de los que ocupa mayor superficie y volumen tanto en cantidad como en valor de producción. De los distintos problemas fitosanitarios que este cultivo plantea, *Spodoptera exigua* se ha convertido en una de las plagas principales, presentando diversas dificultades para su control, tanto a nivel de la eficacia de insecticidas de origen químico o biológico, escasa acción de sus enemigos naturales dentro de los invernaderos o estrategias de lucha incorrectas.

Los conocimientos que en la actualidad se tienen de esta especie plaga se basan, en la mayoría de los casos, en estudios en cultivos al aire libre y en otros países o zonas agrícolas, sin que apenas existan datos de su biología, ecología o control en invernaderos.

En este trabajo se abordan diversos estudios con el objeto de profundizar en aspectos de la plaga cuyo mejor conocimiento pueda incidir en una optimización de las estrategias de seguimiento y control de la misma en cultivos de pimiento en invernadero. Para ello se han realizado distintos ensayos, tanto en laboratorio como en campo, y se ha estructurado la exposición de los resultados comenzando con la biología de la especie, aspectos ecológicos de fenología, evolución de poblaciones en el cultivo, enemigos naturales, distribución de la población y por último la evaluación de eficacia de materias activas insecticidas para su control.

Los distintos aspectos de la biología de la plaga que se han tratado, muestran los efectos que la temperatura y la dieta alimenticia causan en el desarrollo de los estados inmaduros, así como los efectos de la temperatura en la longevidad y fecundidad en los adultos. Los datos ofrecen un tiempo de desarrollo desde huevo a adulto, de 36.63, 26.15 y 17.53 días a 20, 25 y 30°C respectivamente a temperatura constante, con diferencias significativas en la duración de todos los estadios larvarios excepto L<sub>2</sub> a 15 y 20°C. En el ensayo realizado a 15°C se obtuvo un 24% de larvas que pasaron a un estadio supernumerario L<sub>6</sub>, no consiguiéndose además, la emergencia de adultos. Para el desarrollo completo no se encontraron diferencias entre sexos, aunque sí en el estado de pupa a 20 y 25°C. Para los estados inmaduros se mantiene una igualdad en la proporción de sexos de 1:1, sin embargo en el peso de pupas si aparecen diferencias entre sexos, que es menor para machos. La temperatura umbral para los estados de *S. exigua* se estimó en 11.08, 9.99 y 9.09°C para huevo, larva y adulto, respectivamente. Las larvas criadas en dieta de hojas de pimiento, mostraron valores mayores de duración del estado de larva y pupa y total desarrollo, significativamente diferentes respecto a las alimentadas con dieta artificial. Además, en las primeras, el número medio de estadios larvarios se estimó en 5.4, llegando algunos individuos a estadios supernumerarios L<sub>6</sub> y L<sub>7</sub>. Por otra parte, se observaron diferencias significativas entre los pesos de pupas, menores en los ejemplares alimentados con dieta de hojas de pimiento. Otro aspecto a resaltar en los ensayos de desarrollo fue la diferencia en el peso de las pupas criadas de forma aislada o agrupada, siendo menor en éstas últimas.

Para los parámetros biológicos de los adultos de la especie, la temperatura no muestra efectos claros sobre la longevidad ni fecundidad, siendo éstas mayores a 25°C significativamente diferentes de 30°C pero no de 20°C. El período de preoviposición es similar en las distintas temperaturas ensayadas, y los períodos de oviposición y postoviposición muestran ligeras diferencias entre temperaturas. La distribución de puestas en relación a la edad de las hembras muestra un comportamiento similar a todas las temperaturas ensayadas, comenzando la puesta a partir del segundo día del emparejamiento adquiriendo valores de porcentajes acumulados de las mismas elevados los primeros 5 días siguiendo un declive gradual en todos los casos. Por último, se ha comprobado que las dietas empleadas en la alimentación de larvas no muestran ningún efecto sobre la longevidad de adultos y fecundidad de hembras a 25°C constantes.

La tabla de vida para los estados de desarrollo muestra en sus datos medios para los ensayos en laboratorio un valor del 31.0% de mortalidad para huevos, 40.9% para el total de estadíos larvarios y 27.3% para el estado de pupa.

El estudio de fenología de adultos mediante trampas de feromonas y luz, marcaron un período de capturas abundantes en los meses de mayo a agosto, con una muy buena correlación entre los tipos de trampas o ubicación de las mismas. Se observa asimismo una variación estacional en la proporción de sexos en las capturas en trampa de luz, siendo más abundantes los machos en los meses fríos, correspondiéndose con niveles bajos de capturas. Estas dos variables mostraron una alta correlación negativa. El estudio de la ecofisiología de hembras mostró dos períodos en los que la proporción de hembras vírgenes fue muy alta, coincidiendo además con las épocas de inicio de aumento y disminución de capturas en abril y agosto, respectivamente, lo que se relaciona con un comportamiento migratorio (inmigrante y emigrante) de las poblaciones de adultos de *S. exigua*.

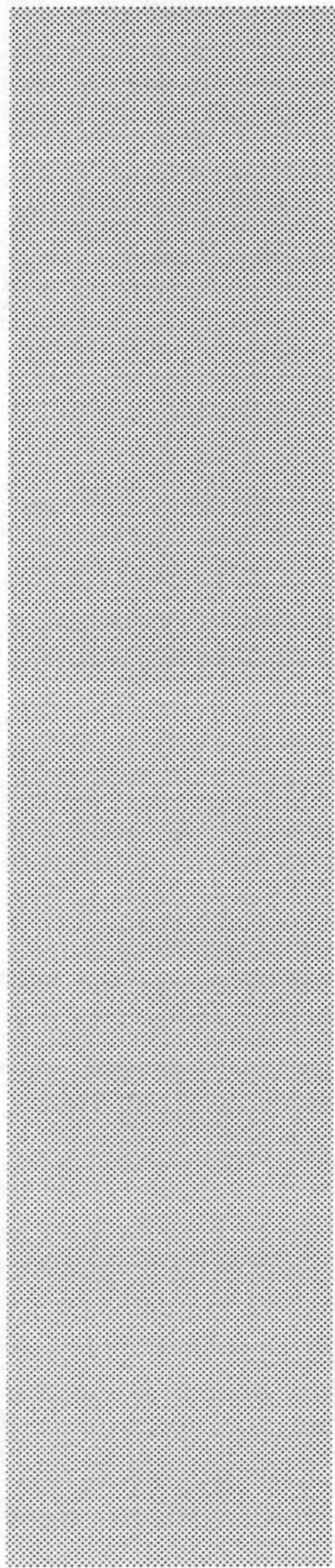
El seguimiento de poblaciones de la plaga en cultivo de pimiento nos proporcionó una estimación de la duración de los estados de desarrollo en tiempo fisiológico (Grados-día), valores que resultaron muy próximos a los obtenidos en laboratorio, siendo prácticamente iguales para larvas, aunque para huevo y pupas fueron mayores en campo. Los datos de mortalidad en estas condiciones, son asimismo muy similares a los obtenidos en laboratorio, si bien algo menores para el estado de huevo y mayores para el de pupa. Las diferencias encontradas en estas comparaciones deben ser atribuidas a los factores ambientales variables, como son temperatura y fotoperíodo que en laboratorio permanecieron constantes.

Los datos de biología y ecología obtenidos en laboratorio y campo, permitieron construir un modelo de simulación de la fenología de adultos de la especie, basado en el modelo desarrollado por HOGG y GUTIERREZ (1980) para la fenología de *S. exigua* en California central, adaptado a los resultados de nuestros ensayos en laboratorio y campo. Este modelo fue ajustado a los resultados de los seguimientos en trampas en Almería en 1992 y parte de 1993. Para la validación del modelo se utilizaron datos de capturas de adultos de *S. exigua* en trampa de luz en la Vega de Granada durante los años 1986, 1987 y 1988, ajustándose los valores simulados a los observados excepto en los períodos en los que existen variaciones de capturas por movimientos migratorios.

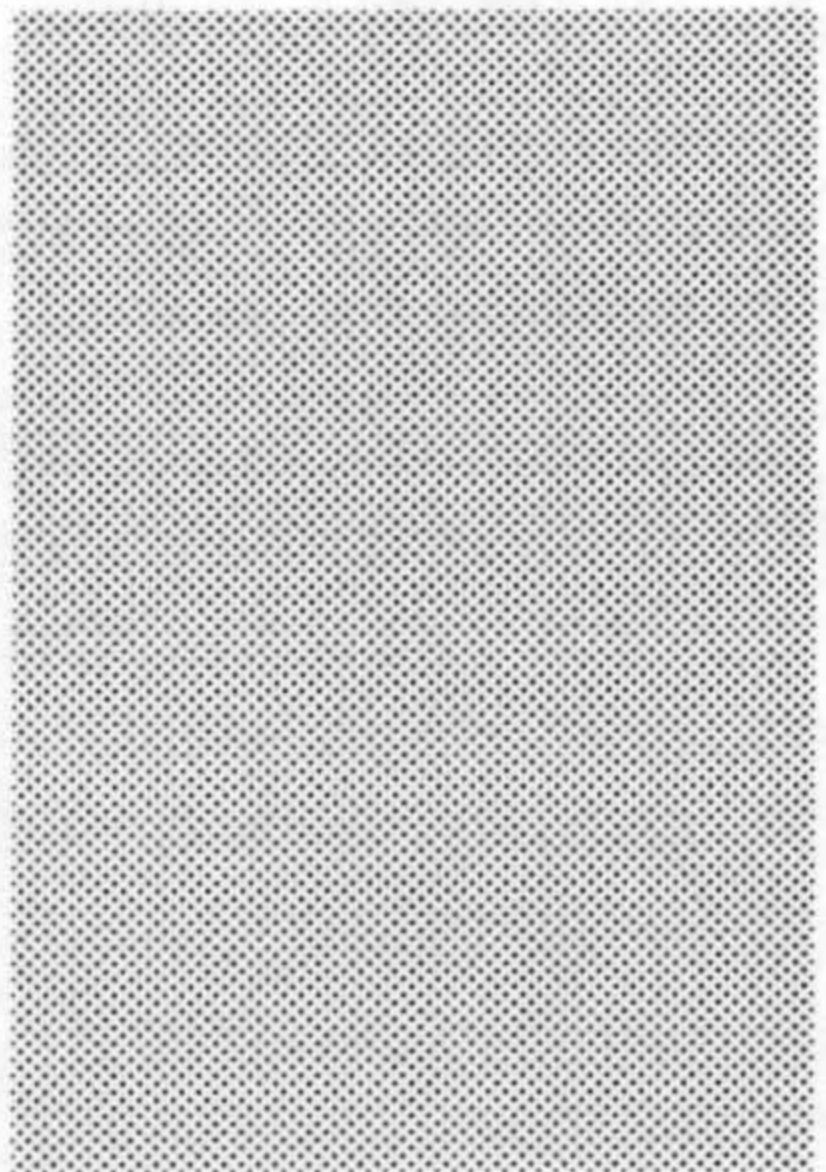
La prospección de enemigos naturales, realizada con el aislamiento y evolución de 400 larvas de distintos estadíos, recogidas en distintas épocas del año, diferentes localizaciones, y para diversas plantas hospedantes, arrojó un porcentaje muy bajo de parasitación por himenópteros parasitoides (2.56%). La especie que tuvo más representación fue *Hyposoter didymator* (Thunberg) con siete ejemplares. Por otra parte, en esta prospección aparecieron porcentajes muy bajos de larvas afectadas por el virus de la poliedrosis nuclear de *S. exigua* (VPNSe) que en su aislamiento en laboratorio ofrecieron una mortalidad del 4.99%.

Los ensayos planteados para los estudios de distribución de la especie en cultivo de pimiento en invernadero, reflejaron que la parte de la planta que mejor representa a la población de larvas, con una presencia del orden del 80% de los distintos estadíos, es el tercio superior de la misma, y en esta zona, todos los órganos vegetales, es decir, hojas, flores y frutos. Las puestas sin embargo son detectadas con más frecuencia en las partes bajas de la planta, hojas del tallo principal y tercio bajo de las ramas. Por otra parte, los ensayos de distribución entre plantas, mostraron un alto grado de agregación de larvas dentro de la misma planta con tendencia a la dispersión al azar en las plantas de la parcela. Por el contrario las puestas tienden a encontrarse de forma aislada en las plantas aunque con frecuencia en plantas próximas entre sí. De los diferentes métodos de muestreo ensayados, no se deducen diferencias significativas para una mejor detección de los estados inmaduros en la distribución horizontal.

Por último, el estudio económico del control químico de *S. exigua* en invernaderos de pimiento en la zona de estudio, refleja una excesiva utilización de aplicaciones insecticidas contra esta plaga, lo que está originado por la escasa incidencia que los tratamientos representan sobre los costes totales de producción. Esto evita una mayor eficiencia técnica en las aplicaciones y dificulta un uso más racional de los fitosanitarios, deseable con el objeto de disminuir los efectos tóxicos de los plaguicidas. No obstante, se aprecian niveles aceptables de utilización de productos biológicos y biorracionales, y en este sentido, a través de ensayos de eficacia en laboratorio y campo, se han probado algunos productos a base de *Bacillus thuringiensis* y productos inhibidores de la síntesis de quitina que van apareciendo en el mercado de fitosanitarios, mostrando en general una eficacia muy aceptable, dando los resultados de laboratorio mortalidades cercanas al 100% a los 5 días de la aplicación para larvas L<sub>2</sub> y obteniéndose unos buenos valores de mortalidad en campo.



**2. ANTECEDENTES**





## 2. ANTECEDENTES

### 2.1. EL CULTIVO DE PIMIENTO EN INVERNADERO EN ALMERÍA

En el marco de la economía almeriense y más concretamente en el sector agrícola, el cultivo de pimiento en invernadero tiene una gran importancia para la misma, lo cual está refrendado por el valor de la producción del mismo que en el año 1992 alcanzaba los 20.800 millones de ptas., un 22,54% del valor de toda la producción agrícola en la provincia, siendo el cultivo más productivo (CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA, 1993).

La relevancia de este cultivo hay que considerarla además dentro de un marco más amplio, ya que en la producción total nacional de 815.000 Tm en el año 1990, la aportación de los cultivos de pimiento en Almería suponen aproximadamente un 30% de la misma (MATEO-BOX, 1992), con producciones extratempranas en épocas que no existe producción en otras zonas agrícolas.

Hay que señalar también que mientras la superficie en cultivo de esta especie en España se ha incrementado un 25% en veinte años, pasando de 30.000 Has en 1970 a 40.000 Has en 1990, la producción en este mismo período prácticamente se ha duplicado (MATEO-BOX, 1992). En este incremento de la producción por superficie, tiene gran significación el desarrollo de las nuevas estructuras y técnicas agronómicas de cultivos bajo plástico en la zona litoral mediterránea. Las 6.500 Has que se cultivaron en Almería en la campaña 91-92 según se recoge en la memoria anual de la CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA (1993) produjeron una media de 40.000 kg/Ha, muy próximos a los 40.760 kg/Ha que señalan CAÑERO *et al.* (1994). Para esta misma campaña, los datos de COEXPAL (1992) apuntan una superficie cultivada de 6.000 Has con un volumen de exportación de 104.586 Tm, lo que supuso un montante de unos 14.000 millones de pesetas.

Además de los datos meramente productivos, hay que destacar la importancia de la producción del cultivo de pimiento en Almería en su vertiente de la comercialización exterior. Una gran parte de la producción total tiene su destino en la exportación a distintos países europeos, en los que las normas de calidad exigen cada vez más, una continua evolución en la mejora de las técnicas agronómicas y protección fitosanitaria del cultivo. En este sentido, la protección fitosanitaria del mismo acarrea una problemática añadida, que es el mantenimiento de los niveles de residuos de plaguicidas por debajo de los límites máximos de residuos (L.M.R.) que España y todos los países importadores regulan para frutas y hortalizas comestibles.

La consecución de producciones sin residuos de plaguicidas, no solo por debajo de los L.M.R., es una meta a conseguir en la horticultura española en general y almeriense en particular. Este objetivo debe afrontarse con el desarrollo de técnicas más racionales de control de plagas y enfermedades, encauzadas especialmente por la puesta a punto y aplicación de técnicas de manejo integrado. Para la consecución de este objetivo es imprescindible un más amplio y profundo conocimiento de la biología y ecología de los

agentes vivos nocivos para los cultivos, y en este sentido se justifica cualquier trabajo o estudio que proporcione un mayor conocimiento de esta interacción entre cultivo-fitófago o cultivo-fitoparásito.

## 2.2. PLAGAS Y ENFERMEDADES DEL CULTIVO

La problemática fitosanitaria en los cultivos de pimiento bajo plástico en Almería es bastante compleja debido al gran número de fitófagos y patógenos que concurren en ellos asociado a otras características agronómicas y climáticas que los favorecen. Entre ellas podemos destacar factores como son, el especial microclima de los invernaderos, la alta densidad de parcelas y la escasa rotación y diversificación de cultivos (CABELLO *et al.*, 1990).

Entre los fitófagos y patógenos que pueden encontrarse sobre cultivos de pimiento en invernadero en el sureste de España, hay algunos que tienen especial importancia por su incidencia y daños que producen en las plantas. Entre ellos, podemos destacar dentro de los artrópodos, a las especies plaga *Frankliniella occidentalis* (Pergande) y *Spodoptera exigua* (Hübner), y entre los patógenos, al virus del bronceado del tomate (TSWV) y las enfermedades producidas por hongos de suelo en los pimientos en estado de plántula.

### 2.2.1. PLAGAS CAUSADAS POR ARTRÓPODOS

Son varias las especies de artrópodos plaga que pueden afectar al cultivo de pimiento en invernadero, entre las cuales se encuentran algunas plagas polífagas. Si bien no todas tienen la misma importancia en cuanto a los daños que causan en las plantas, podemos considerar que todas las que se enumeran se encuentran frecuentemente en los cultivos protegidos de la zona, con una incidencia variable según época del año y otros factores de manejo del cultivo.

De las especies de Ácaros que pueden encontrarse en pimiento, es sin duda la araña blanca, *Polyphagotarsonemus latus* (Banks), la que muestra una mayor incidencia (BELDA, 1991a) en las épocas de plantación y primeros estados de desarrollo de las plantas durante los meses de agosto y septiembre. Aunque los daños que causan pueden resultar muy aparentes, y su detección no siempre se realiza al principio de las infestaciones, su control es relativamente fácil, con buena recuperación de las plantas. Los Ácaros Tetránquidos del género *Tetranychus*, son detectados con frecuencia aunque al no ser este cultivo un hospedador de los más adecuados para su desarrollo, los daños no suelen ser importantes (BELDA, 1991a).

Las especies de insectos plaga que afectan al cultivo de pimiento, podemos separarlas en plagas clave o plagas principales, y plagas secundarias o esporádicas. Entre las primeras hemos de incluir al Tisanóptero *Frankliniella occidentalis*, el cual causa daños directos de cierta consideración (RODRÍGUEZ y BELDA, 1989) además de los importantes daños indirectos que inflige por la transmisión del virus del bronceado del tomate, TSWV (BELDA

1992). Otra de las plagas importantes es la especie que nos ocupa en este trabajo, la rosquilla verde o gardama *Spodoptera exigua* (CABELLO *et al.*, 1990; BELDA, 1991a; MORENO *et al.*, 1993), que causa importantes pérdidas económicas, y plantea problemas de control. Otros artrópodos que puede considerarse que adquieren importancia con niveles bajos de población, son las especies de pulgones *Aphis gossypii* Glover y *Myzus persicae* (Sulzer) por su condición de transmisores de virus (CABELLO *et al.*, 1990; BELDA y CABELLO, 1992; MORENO *et al.*, 1993). Entre las especies de Homópteros Aleiródidos presentes en este cultivo hay que destacar la incidencia que en los últimos años ha tenido *Bemisia tabaci* (Genn.), dado su enorme potencial biótico en estas condiciones de cultivo y su dificultad de control por medios químicos. De hecho, aunque *Trialeurodes vaporariorum* (West.) no era una plaga principal en pimiento, *Bemisia tabaci* prácticamente la ha desplazado, causando infestaciones y daños importantes (BELDA, 1991a; RODRÍGUEZ *et al.*, 1994).

Otras plagas que suelen presentarse en invernaderos cultivados de pimiento son dos de las especies de Agromícidos minadores de hojas, *Liriomyza trifolii* (Burgess) y *Liriomyza huidobrensis* (Blanchard), con incidencia o daños prácticamente sin interés económico (CABELLO *et al.*, 1993). Otras especies plaga de Lepidópteros Noctuidos, *Chrysodeixis chalcites* (Esper) y *Autographa gamma* (L.), pueden ser ocasionalmente detectadas, pero en raras ocasiones se desarrollan poblaciones que produzcan daños de consideración. No es el caso de *Heliothis armigera* (Hübner) que de ser una plaga de aparición esporádica, sin apenas incidencia económica, ha pasado en los 2 últimos años a convertirse en una plaga de relativa importancia, sobre todo en ciertas épocas más frías del año y creando problemas para su control (BELDA, datos no publicados).

Por último hay que señalar otras especies cuya aparición ha resultado ser muy esporádica y puntual, como es el caso de algunos insectos de suelo del tipo gusanos de alambre (*Agriotes* spp.), gusanos blancos (*Melolontha* spp.) o gusanos grises (*Agrotis* spp.) (SERVICIO DE PROTECCIÓN DE LOS VEGETALES DE ALMERÍA, 1992).

La relación de especies plaga que son frecuentes en cultivos de pimiento en invernadero es la que se muestra a continuación (BELDA, 1991a; SERVICIO DE PROTECCIÓN DE LOS VEGETALES DE ALMERÍA, 1992):

#### **Acaros:**

*Tetranychus urticae* (Koch) (Actinedida: Tetranychidae)

*Tetranychus turkestanii* (Ugarov & Nikolski) (Actinedida: Tetranychidae)

*Polyphagotarsonemus latus* (Banks) (Actinedida: Tarsonemidae)

#### **Insectos:**

*Frankliniella occidentalis* (Pergande) (Thys.; Thripidae)

*Bemisia tabaci* (Genn.) (Hom.; Aleyrodidae)

*Trialeurodes vaporariorum* (West.) (Hom.; Aleyrodidae)

*Myzus persicae* (Sulzer) (Hom.; Aphididae)

*Aphis gossypii* Glover (Hom.; Aphididae)

*Liriomyza trifolii* (Burgess) (Dip.; Agromyzidae)  
*Liriomyza huidobrensis* (Blanchard) (Dip.; Agromyzidae)  
*Spodoptera exigua* (Hübner) (Lep.; Noctuidae)  
*Heliothis armigera* (Hübner) (Lep.; Noctuidae)  
*Autographa gamma* (L.) (Lep.; Noctuidae)  
*Chrysodeixis chalcites* (Esper) (Lep.; Noctuidae)

En cuanto a enemigos naturales que pueden encontrarse en plantaciones de pimiento en invernadero, no existen niveles poblacionales importantes de los mismos, pero es relativamente frecuente en parcelas en las que no se realiza una excesiva presión de tratamientos fitosanitarios, la aparición de depredadores generalistas como es el Neuróptero *Chrysoperla carnea* (Stephens), Antocóridos del género *Orius*, Coccinelidos, algunas especies de Sírfidos, y sobre todo, el Ácaro Fitoseido depredador *Amblyseius barkeri* (Hughes), asociado a poblaciones de trips. Entre los parasitoides, hay que destacar a *Aphidius matricariae* Haliday como parásito de pulgones y *Eretmocerus mundus* (Mercet) sobre la mosca blanca *Bemisia tabaci* con niveles de parasitismo en algunas ocasiones elevados.

### 2.2.2. ENFERMEDADES CAUSADAS POR HONGOS Y BACTERIAS

Las enfermedades criptogámicas de los pimientos en invernadero tienen una incidencia variable y generalmente asociada a las condiciones climáticas y de manejo del cultivo. A pesar de ello, la peligrosidad de estas enfermedades estriba muchas veces en la dificultad de su control, en la mayoría de los casos por problemas de resistencias a los fungicidas. No obstante hay que destacar la incidencia e importancia que tienen los daños a plántulas o plantas pequeñas, bien en semilleros o campo, causados por enfermedades de cuello y raíz originadas por infecciones de hongos de suelo de los géneros *Pythium*, *Phytophthora* y *Rhizoctonia* y bacteriosis producidas por *Xanthomonas campestris* p.v. *vesicatoria* (Doidge) sobre todo en semilleros. Hay además una incidencia relativa en plantaciones adultas, aunque menor que en otras zonas agrícolas, de enfermedades producidas por *Phytophthora capsici* Leon y otros patógenos del mismo género (GÓMEZ-GARCÍA, 1994 com. pers.). Otras enfermedades que adquieren cierta relevancia en los cultivos de pimiento en invernadero bajo ciertas condiciones ambientales son producidas por los hongos aéreos *Botrytis cinerea* Pers. y *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de By (SERVICIO DE PROTECCIÓN DE LOS VEGETALES DE ALMERÍA, 1992). Estos patógenos, además de *Leveillula taurica* (Lev.) Arn. causan a menudo daños importantes en las plantas adultas y graves problemas para su control cuando concurren condiciones favorables a los mismos.

La incidencia de las bacteriosis en este cultivo, a excepción de las antes citadas, es generalmente escasa, pudiendo encontrarse afecciones puntuales y normalmente dispersas de las mismas.

La relación de los principales patógenos que pueden afectar a este cultivo es la que a continuación se expone (SERVICIO DE PROTECCIÓN DE LOS VEGETALES DE ALMERÍA, 1992):

**Hongos:**

*Pythium* spp.

*Phytophthora* spp.

*Rhizoctonia solani* (Kühn)

*Phytophthora capsici* Leon

*Botrytis cinerea* Pers.

*Sclerotinia sclerotiorum* (Lib) de By

*Leveillula taurica* (Lev.) Arn.

**Bacterias:**

*Xanthomonas campestris* p.v. *vesicatoria* (Doidge)

*Erwinia carotovora* var. *carotovora* (Jones) Bergey *et al.*

**2.2.3. ENFERMEDADES CAUSADAS POR VIRUS**

Las enfermedades producidas por virus en cultivos de pimiento en invernadero presentan una etiología, incidencia y sintomatología variable entre años y zonas dependiendo de numerosos factores, entre los que hay que citar, la variedad de planta, cepas de los distintos virus que pueden afectar, condiciones ambientales y estado de desarrollo de la planta en el momento de ser infectada (SÁEZ, 1993a). Entre los virus que han sido detectados en este cultivo en invernaderos de Almería se encuentran (SÁEZ, 1993b):

CMV, Cucumber Mosaic Virus (virus del mosaico del pepino)

PVY, Potato Virus Y (virus Y de la patata)

TSWV, Tomato Spotted Wilt Virus (virus del bronceado del tomate)

ToMV, Tomato Mosaic Virus (virus del mosaico del tomate)

PMMV, Pepper Mild Mottle Virus (virus del moteado suave del pimiento)

De todos ellos, hay que destacar la importancia que han tenido, y aún tienen aunque en menor medida, las pérdidas económicas causadas por el virus del bronceado del tomate (TSWV) por infecciones precoces en semilleros y posterior propagación en campo por su vector (*Frankliniella occidentalis*) (BELDA, 1992). Con menor incidencia en estos últimos años se encuentran los virus transmitidos por áfidos, CMV y PVY, si bien como hemos comentado antes su incidencia anual es muy variable. El otro grupo de virus, que son transmitidos por semillas o por contacto (ToMV y PMMV) tiene una repercusión puntual asociada a infecciones procedentes de semillas o de restos vegetales en el suelo de anteriores cultivos afectados, aunque su propagación posterior puede llevar a ocasionar pérdidas importantes en las plantaciones (SÁEZ, 1993a).



### **3. INTRODUCCIÓN**



### 3. INTRODUCCIÓN

#### 3.1. LA ROSQUILLA VERDE O GARDAMA, *SPODOPTERA EXIGUA*.

El encuadre taxonómico de esta especie, siguiendo a GÓMEZ BUSTILLO y ARROYO VARELA (1981), es el siguiente:

ORDEN *LEPIDOPTERA* LINNAEUS, 1746  
SUBORDEN *DITRYZIA* BORNER, 1925  
SUPERFAMILIA *NOCTUOIDEA* LATREILLE, 1809  
FAMILIA *NOCTUIDAE* LATREILLE, 1809  
SUBFAMILIA *AMPHIPYRINAE*

Cambios nomenclatoriales:

*Noctua exigua* Hübner, 1808.  
*Laphygma exigua* (Hübner) Hampson, 1909.  
*Spodoptera exigua* (Hübner) Zimmerman, 1958.

Rosquilla verde o gardama son los nombres comunes como se conoce en España esta especie plaga, *Spodoptera exigua*, que en la actualidad está distribuida por Africa, el sur de Europa, India y sur de Asia, Japón, Australasia, Estados Unidos y Canadá (HILL, 1987).

En Estados Unidos, donde *S. exigua* es una plaga común en diversos cultivos herbáceos (McNALLY, 1983; YOSHIDA y PARRELLA, 1987) ha llegado a ser considerada como una de las plagas principales para plantaciones de tomate (WILSON *et al.*, 1983; ZALOM *et al.*, 1986) habiéndose acrecentado su importancia como plaga en cultivos ornamentales (YOSHIDA y PARRELLA, 1987). En el sur de España, en cultivos del Valle del Guadalquivir, *S. exigua* ha sido encontrada como la especie de Noctuido plaga más abundante en cultivos de alfalfa (CABELLO, 1986).

Esta especie ha ido incrementando sus daños en invernaderos del sureste de España en los últimos años, convirtiéndose en especie plaga principal en cultivos de pimiento y sandía (BELDA, 1991a). Ello ha podido ser debido a la aparición de resistencias en las poblaciones de la plaga como consecuencia de la utilización abusiva y reiterativa de las mismas materias activas para su control o de plaguicidas contra otras especies plaga en los cultivos. En este sentido, DITTRICH (1987) ha encontrado que, en algodón, *Spodoptera* ha pasado de ser una plaga secundaria a convertirse en principal en Egipto, a partir de 1961, debido al desarrollo de resistencias a los insecticidas utilizados contra otras plagas (metilparation en este caso). Igualmente en California, se ha indicado la existencia de resistencia a metomilo y a otros insecticidas (MOAR y TRUMBLE, 1987b; YOSHIDA y PARRELLA, 1987).

##### 3.1.1. MORFOLOGÍA DE HUEVOS, LARVAS, PUPAS Y ADULTOS.

Esta especie presenta cuatro estados de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto, que según CAYROL (1972), BROWN y DEWHURST (1975), SANNINO *et al.* (1987),

DOMÍNGUEZ GARCÍA-TEJERO (1989), y BELDA (1991b) tienen las características morfológicas recogidas en los Cuadros 1, 2 y 3.

**Cuadro 1.-** Características del estado de huevo de *Spodoptera exigua*.

<b>HUEVO</b>	
<b>PRESENTACIÓN:</b>	En masa o plastones de 10 a 250 huevos
<b>ASPECTO DE LOS PLASTONES:</b>	Plastones cubiertos por escamas de la hembra, dando al conjunto un aspecto blanquecino.
<b>TAMAÑO DEL HUEVO:</b>	0,35 a 0,37 mm.
<b>ASPECTO DEL HUEVO:</b>	De forma esférica con la base plana, presentando estrías longitudinales
<b>COLOR DEL HUEVO:</b>	Blanco a marrón-amarillento recién puesto y marrón oscuro antes de su eclosión.

**Cuadro 2.** Características del estado de larva de *S. exigua*.

<b>LARVA</b>	
<b>TAMAÑO:</b>	De 1 mm de longitud, en las larvas recién nacidas, a 20-30 mm en las larvas totalmente desarrolladas.
<b>ASPECTO GENERAL:</b>	Color de la larva variable según el estado de desarrollo y si se encuentran en fase solitaria o gregaria. En general, la fase solitaria presenta colores claros y la gregaria oscuros.
<b>CABEZA:</b>	Con una anchura máxima de 2,0 mm. De color verdoso o gris pardo, con manchas negras.
<b>CUERPO:</b>	La coloración general es amarilla, verde o marrón, presentando tonalidades pálidas, medias u oscuras. Las últimas tienden al color verde.
<b>BANDA DORSO-LATERAL:</b>	Presentando coloraciones amarillo-verdosa, marrón-pálido-amarillenta o amarillo-naranja, con tonalidad más oscura, motas marrones, marrón pálido o marrón oscuro con motas más pálidas o amarillentas, o verde con motas ligeramente marrones.
<b>BANDA LATERAL:</b>	Siempre más oscura que la dorso-lateral, presentando colores desde amarillo-oro a varias tonalidades de marrón, con ligeras motas amarillas a marrón oscuro o verde oscuro; margen inferior, a lo largo de los estigmas, más oscuro, marrón oscuro o a veces negro.
<b>PATAS TORÁCICAS:</b>	Tres pares de patas.
<b>PATAS ABDOMINALES:</b>	Cinco pares de falsas patas situadas en los segmentos 3,4,5,6 y 10.



**Cuadro 3.** Características de los estados de pupa y adulto de *S. exigua*.

<b>P U P A</b>	
<b>TAMAÑO:</b>	Longitud: 11 a 13 mm Anchura: 3 a 3,5 mm Peso: 0.09 g
<b>COLOR:</b>	Claro a ligeramente verdosa recién formada hasta marrón tabaco cuando está madura.
<b>ASPECTO GENERAL:</b>	Fusiforme, obtecta, presentando una esculturación puntiforme en los bordes basales de los segmentos 4,5,6 y 7. El cremaster está provisto de 4 espinas, dos de ellas más débiles y en posición ligeramente dorsal y anterior al par terminal.
<b>A D U L T O</b>	
<b>TAMAÑO:</b>	Envergadura alar: 25 a 30 mm Longitud del cuerpo: 11 a 12 mm
<b>COLOR Y ASPECTO GENERAL:</b>	Ojos negros, antenas filiformes, cabeza y tórax revestidos de escamas largas de color grisáceo. Las alas posteriores son blancas, semitransparentes, con las venas oscuras, los bordes de las mismas son de color marrón negruzco. Las alas anteriores son marrón terroso, más o menos oscuras, pasando a veces por gris claro, estriadas de líneas transversales; presentan manchas reniformes y orbiculares bien patentes de color amarillo-ocre o anaranjado menos oscuro que el color de fondo.

### 3.1.2. PLANTAS HOSPEDANTES

En su condición de plaga polífaga, el número de especies vegetales cultivadas que pueden ser atacadas por esta especie es bastante elevado, 60 especies pertenecientes a 23 familias distintas. Igualmente el número de especies de malas hierbas y plantas espontáneas sobre las que puede alimentarse es alto y corresponden a un total de 31 familias botánicas (BROWN y DEWHURST, 1975). En dicha relación podemos destacar las siguientes especies cultivadas y malas hierbas:

Amaranthaceae: *Amaranthus* spp.

Caricaceae: *Carica papaya* (papaya).

Chenopodiaceae: *Atriplex* sp., *Beta vulgaris* (remolacha azucarera), *Chenopodium album* (cenizo), *Spinacia oleracea* (espinaca).

Compositae: *Aster* sp., *Calendula officinalis* (caléndula), *Carthamus tinctorius* (cártamo), *Helianthus annuus* (girasol), *Lactuca sativa* (lechuga), *Sonchus* sp.

Convolvulaceae: *Convolvulus arvensis* (correhüela), *Ipomoea batatas* (batata o boniato).

Cruciferae: *Brassica campestris* (naba), *B. oleracea* (col, coliflor, brócoli), *Raphanus sativus* (rábano).

Euphorbiaceae: *Ricinus communis* (ricino).

Gramineae: *Avena sativa* (avena), *Hordeum vulgare* (cebada), *Oryza sativa* (arroz), *Sorghum vulgare* (sorgo), *Triticum aestivum* (trigo), *Zea mays* (maíz), otras especies de gramíneas como pastos, céspedes, malas hierbas, etc.

Labiatae: *Mentha spicata* (menta), *Salvia officinalis* (salvia).

Leguminosae: *Arachis hypogaea* (cacahuete), *Cicer arietinum* (garbanzo), *Glycine* sp. (soja), *Lens esculenta* (lenteja), *Medicago sativa* (alfalfa), *Phaseolus vulgaris* (judías), *Pisum sativum* (guisante), *Trifolium* sp. (trébol), *Vicia faba* (habas),.

Liliaceae: *Allium cepa* (cebolla), *Asparagus* sp. (espárrago).

Malvaceae: *Gossypium* sp. (algodonero), *Hibiscus* spp.

Myrtaceae: *Eucalyptus* sp. (eucalipto).

Pedaliaceae: *Sesamum indicum* (sésamo).

Plantaginaceae: *Plantago* sp.

Portulacaceae: *Portulaca oleracea* (verdolaga).

Rosaceae: *Pyrus communis* (peral), *Pyrus malus* (manzano), *Fragaria vesca* (fresa).

Rutaceae: *Citrus* spp. (cítricos).

Solanaceae: *Capsicum annuum* (pimiento), *Datura* sp., *Nicotiana glauca* (gandul), *N. tabacum* (tabaco), *Lycopersicon lycopersicon* (tomate), *Solanum melongena* (berenjena), *S. tuberosum* (patata).

Umbelliferae: *Daucus carota* (zanahoria).

Vitaceae: *Vitis vinifera* (vid).

En cultivos en invernaderos de Almería se ha encontrado esta especie plaga en los siguientes: pimiento, sandía, tomate, berenjena, judías, pepino, melón, maíz dulce, clavel y gypsophila (RODRÍGUEZ, 1988; BELDA y RODRÍGUEZ, datos no publicados).

### 3.1.3. BIOLOGÍA

Según recoge CAYROL (1972), las mariposas adultas depositan los huevos sobre el envés de las hojas, en plastones de 10 a 250 huevos por plastón, colocados en una o varias capas, y recubiertos por escamas dejadas por la hembra. En invernaderos, en cultivos de

crisantemo, tomate, gerbera y geranio, SMITS *et al.* (1986) indican que los plastones de huevos son depositados en el envés de las hojas más próximas al suelo (hojas situadas entre 0 y 10 cm. del suelo), no encontrándose diferencias entre cultivos, edad de la planta o disposición dentro del cultivo. Solamente en crisantemos se observa una preferencia a depositar más huevos sobre hojas más jóvenes. Otros autores también han observado una preferencia de oviposición en el envés de las hojas en los cultivos ornamentales, si bien en clavel ocasionalmente se localizan en el haz de las mismas (YOSHIDA y PARRELLA, 1987).

Por otra parte, ZALOM *et al.* (1983) estudiando la oviposición en tomate, encontraron que las hembras de esta especie tienen tendencia a dejar los huevos en el envés de la hoja, cerca de una inflorescencia, pero siempre en la mitad superior de las ramas. Estos datos se contradicen con los antes reseñados; además según ALI *et al.* (1989), en la especie próxima *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), en algodónero, no se encontró ninguna relación entre el estado fenológico del cultivo y la oviposición de las hembras. Los plastones de huevos eran depositados en el envés de las hojas (del tallo principal, más que de tallos secundarios) en posición media a baja de la planta. DIAWARA *et al.* (1992) encontraron una preferencia de puesta de *S. exigua* en la mitad superior en *Apium* spp. en estudios de resistencia a esta plaga aunque no encontraron diferencias en cuanto a tasa de oviposición en los 3 genotipos de la planta estudiados.

Las larvas de *S. exigua* recién eclosionadas se suelen agrupar sobre tallos y hojas de los brotes terminales o axilares, formando con las sedas segregadas por las mismas pequeños bolsones (CAYROL, 1972). Este comportamiento implica una reducción de la efectividad de las aplicaciones insecticidas (YOSHIDA y PARRELLA, 1987). Las larvas más desarrolladas, a partir del tercer estadio, tienen tendencia a vivir aisladamente causando mayores daños, y pueden permanecer en reposo durante el mediodía, o presentar una mayor actividad durante la noche que durante el día (CAYROL, 1972). En este sentido, estudios realizados en apio han mostrado que la mayoría de las larvas del último estadio (L<sub>5</sub>) se encontraban en el suelo o escondidas en zonas abrigadas de la planta (GRISWOLD y TRUMBLE, 1985a). Este comportamiento tiene importancia en la detección de los estados de desarrollo, así como en las técnicas de muestreo de esta especie plaga.

Por último, la pupa o crisálida tiene lugar normalmente en el suelo en un capullo terroso (CAYROL, 1972; SANNINO *et al.*, 1987), de donde emergerá posteriormente el adulto o mariposa. Sin embargo, en cultivos de pimiento en invernaderos de nuestra zona, las pupas en el suelo se hallan enterradas aunque a veces es frecuente encontrar pupas de *S. exigua* dentro de los frutos de pimiento (BELDA y CABELLO, datos no publicados).

#### 3.1.4. ECOLOGÍA

Esta especie plaga presenta de dos a seis generaciones al año, variable según la zona o área geográfica. Para España y Portugal se estiman que son tres las generaciones por año, frente a las 7 u 8 en el sur de Marruecos. Sin embargo, otros autores consideran que el número exacto de generaciones por año no puede ser fijado de forma precisa (CAYROL, 1972).

En determinadas zonas geográficas, de clima cálido, esta especie puede estar presente todo el año, como sucede en el norte de Africa. En dicha zona se produce un reagrupamiento de las poblaciones en la primavera o principios del verano, fenómeno que también parece ser cierto en Próximo Oriente e Irán (CAYROL, 1972). Sin embargo, en Egipto las capturas de adultos en trampas de luz no se producen en enero (ETMAN, 1989).

En Granada, las capturas de adultos se presentan con un máximo en junio-julio-agosto, no produciéndose capturas desde noviembre a marzo, ambos inclusive (CABELLO, 1988).

Por otra parte, en California central, McNALLY (1983) apunta 6 vuelos anuales de *S. exigua*, siendo el primero en mayo, con niveles bajos, y el último en octubre. TRUMBLE y BAKER (1984) señalan para California los momentos de máximas capturas en un primer pico en abril-junio y un segundo en agosto-diciembre. En cualquier caso, la mayor actividad de vuelo se produce en los meses de verano, en agosto-septiembre según YOSHIDA y PARRELLA (1987).

En zonas o áreas más frías de Estados Unidos, Europa o Rusia, la población desaparece en otoño y reaparece en la primavera del año siguiente; de lo cual se puede deducir que las poblaciones invernan en estado de pupa preferentemente, aunque no se pueda descartar la existencia de huevos o adultos invernantes (CAYROL, 1972). En contradicción con ello se ha podido comprobar que, en Arizona, *S. exigua* no presentó una verdadera diapausa invernal, siendo capaz de sobrevivir, con una tasa reducida de desarrollo, en todos sus estados (FYE, 1979).

Lo anterior viene ligado a que *S. exigua* es considerada una especie migratoria, pudiendo sus adultos recorrer largas distancias (FRENCH, 1969; JOHNSON, 1969; CAYROL, 1972), de hasta 3.500 Km. en 9-11 días (MIKKOLA, 1970).

En función de los datos anteriores, CAYROL (1972) considera que el ciclo anual de la especie puede ser para Europa y Asia central el siguiente:

1) En invierno: La especie está diseminada por el Maghreb, Egipto y Próximo Oriente, así como en las zonas meridionales europeas (ello es lo que puede suceder en el sureste de España).

2) En primavera o principio del verano: los adultos pertenecientes a varias generaciones emigran en dirección norte, al Atlántico, y a las cadenas montañosas de Asia central, e invaden la mayor parte de las regiones situadas al sur del paralelo 55.

3) Durante el verano: las poblaciones jamás son tan densas hacia el paralelo 45, como para perjudicar las cosechas en la mitad occidental. En el Este, por el contrario, la proliferación de larvas es de temer hasta el paralelo 50.

En dicha época, la intensidad de los movimientos migratorios disminuye. Los adultos comienzan a ser erráticos. En los países que constituyen el área de invierno, una proporción notable de la población se reagrupa sobre las plantas cultivadas. En las áreas de verano, en

la mayoría de los casos no es posible. En zonas estepáricas o subdesérticas (p.ej., Turkmenistan) los insectos se reagrupan igualmente sobre los cultivos (la mayoría regadíos) y son muy perjudiciales, por tanto. En Europa occidental, por el contrario, se diseminan sobre un gran número de plantas. En ciertos casos la población de *S. exigua* puede llegar a que los insectos sean relativamente densos en ciertas regiones, resultado del agrupamiento - fortuito o buscado- de un cierto número de hembras emigrantes.

Sin embargo, KURDOV (1986 y 1987) encontró que en la antigua Unión Soviética (Turkmenistan) las temperaturas bajas durante enero y febrero (de 1°C o menor) y el aumento de las precipitaciones normales (1.5 a 2 veces más) durante el invierno y primavera son buenos indicadores de una mayor incidencia de las poblaciones en cultivos de ese año.

En la actualidad, nada nos permite suponer que existan en otoño migraciones de retorno (norte-sur) importantes. Sin embargo, es posible que un cierto número de adultos nacidos en las partes meridionales de las áreas de verano alcance los territorios desérticos en sus descendientes. Los inmigrantes y autóctonos se dispersan entonces en las áreas de invierno (CAYROL, 1972).

#### Factores abióticos:

En relación con esta especie plaga, se han llevado a cabo estudios de la influencia de dos tipos de factores abióticos: climáticos y agronómicos.

**Factor de temperatura:** Entre los factores de clima, el Cuadro 4 recoge la duración en días de los distintos estados de *S. exigua* a diferentes temperaturas, según los trabajos de diversos autores. En algunos casos han establecido regresiones lineales para la duración de los estados de desarrollo en función de la temperatura. En las regresiones que se muestran,

Y = el inverso del tiempo en días, y  
T = temperatura en grados centígrados.

Los valores aportados por HOGG y GUTIERREZ (1980) fueron los siguientes:

\* HUEVO                     $Y = -0.3303 + 0.0268 \cdot T$   
\* LARVA-PUPA             $Y = -0.0426 + 0.0035 \cdot T$

Estos autores establecen como umbral mínimo de desarrollo, estimado de dichas relaciones, 12.3°C para los huevos y 12.2°C para la larva-pupa, tomando como valor común para el desarrollo de la especie, el de 12.2°C.

ALI y GAYLOR (1992) estimaron los valores de regresión lineal para esta especie plaga para temperaturas comprendidas entre 18 y 36°C. Los resultados que ofrecen son los siguientes:

$$\begin{aligned}
 * \text{ HUEVO} & \quad Y = -0.3150 + 0.0245 \cdot T \\
 * \text{ LARVA} & \quad Y = -0.1024 + 0.0078 \cdot T \\
 * \text{ PUPA} & \quad Y = -0.1630 + 0.0116 \cdot T
 \end{aligned}$$

Con estos valores, los umbrales de desarrollo estimados por estos autores serían de 12.42°C para el estado de huevo, 13.18°C para el estado de larva y 14.02°C para pupa, todos en dieta artificial.

**Cuadro 4.** Duración de los distintos estados de *Spodoptera exigua* según la temperatura.

ESTADO	TEMPERATURA (°C)	DURACIÓN (en días)	REFERENCIA
HUEVO	15,6	9,1	HOGG Y GUTIERREZ (1980)
	16,7	7,8	
	21,1	5,0	
	26,7	2,9	
	32,2	1,8	
	19,8	6,0	CAYROL (1972)
	23,2	3,0	
	28,1	1,6	SANNINO <i>et al.</i> (1986)
LARVA	16,3 - 18,8	24,7	CAYROL (1972)
	20,0 - 22,5	16,4	
	25	12,5	
	28,1	28,1	SANNINO <i>et al.</i> (1986)
PUPA	15,4	18	CAYROL (1972)
	25,0	10	
	30,0	6,0	
	28,1	6,0	SANNINO <i>et al.</i> (1986)
LARVA + PUPA	16,7	55,0	HOGG Y GUTIERREZ (1980)
	21,1	34,1	
	26,7	18,8	
ADULTO	28,1	10,2	SANNINO <i>et al.</i> (1986)

Los valores umbrales anteriormente aportados son muy próximos a los apuntados por McNALLY (1983) de 12.2°C como umbral de la especie y muy cercanos también a los

recogidos por CAYROL (1972), que da 12°C como umbral mínimo de desarrollo para el huevo y 11°C para el de la larva; igualmente establece, como umbral máximo para el desarrollo de huevos, el de 38.7°C. Sin embargo, EL-REFAI y DEGHEELE (1988) han encontrado como temperaturas umbrales: 14°C para los huevos y larvas, y 13.5°C. para la pupa.

A la temperatura umbral de 12.2°C el tiempo de desarrollo total (huevo + larva + pupa), medido en Grados-día sobre dicho umbral, es de 543.3 Grados-día para los machos, y de 490.0 Grados-día para las hembras en cultivo de algodón (HOGG y GUTIERREZ, 1980). A esa misma temperatura umbral, McNALLY (1983) estima en 500 Grados-día la necesidad para el desarrollo completo. El valor para el desarrollo fue estimado en 358.06 Grados-día (sobre los umbrales antes reseñados), con 39.16, 227.12 y 95.76 Grados-día para huevo, larva y pupa, respectivamente, por EL-REFAI y DEGHEELE (1988).

Con los valores umbrales aportados en su trabajo, ALI y GAYLOR (1992) estimaron 254.61 Grados-día para el desarrollo, con valores de 39.37, 128.7 y 86.21 Grados-día para los estados de huevo, larva y pupa respectivamente.

En este último trabajo, también se pone de manifiesto la influencia de la temperatura sobre aspectos de mortalidad de larvas, y número de estadíos. Así, a las temperaturas extremas de los ensayos anteriores, la mortalidad de larvas aumentó significativamente, relacionando este hecho a un aumento de estadíos larvarios.

**Factores agronómicos:** De los factores agronómicos o de cultivo, se ha encontrado que existe una influencia en la biología de esta especie plaga por parte de la especie vegetal y el nivel de abonado nitrogenado. La duración del desarrollo de la larva y la mortalidad se ve reducida, mientras que la fecundidad de las hembras adultas aumentada, con los aumentos de los abonados nitrogenados. Ello es debido a que las hojas se hacen más digestibles para la plaga con el aumento del nivel de nitrógeno en hojas (AL-ZUBAIDI y CAPINERA, 1984).

Igualmente GRISWOLD y TRUMBLE (1985b) han encontrado que el desarrollo y las tasas reproductivas son mayores para esta especie plaga, cuando las larvas se alimentan sobre hojas de apio, que cuando lo hacen sobre los peciolos. Ello es debido al doble de contenido de las primeras en nitrógeno orgánico, que los segundos.

A pesar de los datos anteriores, para el caso de *S. frugiperda* en maíz, no se encontró un aumento del nivel de infestación del cultivo con el aumento del abonado nitrogenado (CLAVIJO, 1984).

### **Factores bióticos:**

**Planta hospedante:** Esta especie plaga presenta en cultivos en invernaderos y al aire libre de nuestro país una preferencia por algunas especies de malas hierbas, especialmente por la correhüela, *Convolvulus arvensis* (BELDA, datos no publicados). Ello puede ser debido a que este tipo de mala hierba rastrera presenta un microhábitat entre ella y el suelo

puede ser favorable o preferido por las larvas de últimos estadíos de la plaga, más que por efecto alimenticio de la planta hospedante. En este sentido AL-ZUBAIDI y CAPINERA (1986) criaron larvas de *S. exigua* en hojas de remolacha y en hojas de dos malas hierbas asociadas a este cultivo, *Chenopodium album* y *Amaranthus retroflexus*, encontrando que el cultivo era el mejor alimento al presentar en éste una duración del período de larva y pupa más corto, menor porcentaje de mortalidad y un mayor peso, que en las otras dos especies de malas hierbas.

Por otra parte, en referencia a la fecundidad, los estudios de resistencias en distintos genotipos de *Apium* sp. para *Spodoptera exigua*, DIAWARA *et al.* (1992) no encontraron diferencias en cuanto a la tasa de oviposición en los distintos genotipos.

ALI y GAYLOR (1992), en ensayos de cría en laboratorio en dieta artificial y dietas de hojas de *Amaranthus hybridus* y algodón a distintas temperaturas, encontraron que la supervivencia de larvas y peso de pupas fue significativamente más bajo en aquellas que se alimentaron con hojas de algodón. La supervivencia de larvas alimentadas con *Amaranthus* sp. fue similar a las alimentadas con dieta artificial excepto para temperaturas de 15, 30 y 33°C. Sin embargo el peso de las pupas que se alimentaron en esta dieta fue significativamente inferior a las que lo hicieron en dieta artificial a temperaturas altas (30, 36 y 38°C). Por otra parte, el factor de la dieta alimenticia influye también en el número de estadíos larvarios, encontrándose hasta 7 estadíos en larvas criadas en dieta de hojas de algodón en las temperaturas extremas.

### Hábitats preferenciales:

Esta especie puede estar presente todo el año en determinadas áreas geográficas, como el norte de Africa, aunque las larvas no se encuentren en los cultivos entre los meses de diciembre a abril, considerándose que deben habitar en terrenos no cultivados (CAYROL, 1972).

En la época que esta especie plaga se encuentra atacando las plantas cultivadas, aunque es una especie polífaga, presenta una preferencia por determinadas especies cultivadas y malas hierbas, como se ha recogido en un apartado anterior. En este sentido se ha encontrado que incluso algunas especies vegetales existentes en zonas no agrícolas pueden ser un factor importante en los ataques de primavera a los cultivos por esta especie plaga y por otras especies de Noctuidos como *Heliothis virescens* (F.), *Heliothis zea* (Boddie) y *Trichoplusia ni* (Hübner) (PEARSON *et al.*, 1988).

Una vez establecida dentro del cultivo, y según los datos de biología antes mencionados, se observa que las hembras adultas tienen preferencia por depositar los huevos en el envés de las hojas situadas más bajas en el cultivo. Posteriormente las larvas tienen preferencia por las partes terminales de la planta, con la excepción de las larvas más desarrolladas (L<sub>5</sub>) que se encuentran escondidas o enterradas en el suelo (GRISWOLD y TRUMBLE, 1985a). Finalmente la pupa tiene lugar casi siempre en el suelo (CAYROL, 1972; SANNINO *et al.*, 1987).



### 3.1.5. ENEMIGOS NATURALES

En nuestro país, solamente se han realizado estudios de enemigos naturales (parasitoides, depredadores y patógenos) en cultivos herbáceos al aire libre. En éstos se han encontrado un total de 10 especies de parasitoides (Cuadros 5 y 6). En dichos cultivos y condiciones, parece ser que las especies *Chelonus inanitus* (L.), *Meteorus pulchricornis* (Wesmael) e *Hyposoter didymator* (Thunb.) son las que presentan un mejor porcentaje de parasitación (CABELLO, 1989; CABALLERO *et al.*, 1990).

**Cuadro 5.** Especies de parasitoides de *S. exigua* en cultivos del Sur de España.

ESPECIES DE PARASITOIDES	REFERENCIA
<p><i>Hym. Braconidae</i>  <i>Apanteles plutellae</i> (Kurd.)  <i>Chelonus inanitus</i> (L.)  <i>Meteorus pulchricornis</i> (Wesmael)</p> <p><i>Hym. Ichneumonidae</i>  <i>Hyposoter didymator</i> (Thunb.)  <i>Netelia rufescens</i> (Tosquinet)  <i>Sinophorus xanthostomus</i> (Grav.)  <i>Temelucha sp.</i></p> <p><i>Hym. Eulophidae</i>  <i>Euplectrus bicolor</i> (Swederus)</p> <p><i>Dipt. Tachinidae</i>  <i>Exorista larvarum</i> (L.)</p>	CABELLO (1989)
<p><i>Dipt. Tachinidae</i>  <i>Gonia bimaculata</i> Wred.</p>	CABALLERO <i>et al.</i> (1990)

En relación a las especies de depredadores encontrados en cultivos al aire libre de Andalucía, y que pueden ser depredadores de larvas de Noctuidos, tenemos: 3 especies de Neurópteros, *Chrysoperla carnea* (Stephens), *Chrysopa formosa* (Brauer) y *Ch. septempunctata* (Wesm.), 6 especies de Hemípteros (*Orius albidipennis* (Reuter), *O. laevigatus* (Fieber), *O. niger* (Wolff), *Nabis pseudoferus* (Rem.), *N. laviventris* (Boh.) y *N. provencalis* (Rem.), 2 especies de Coleópteros, *Adalia bipunctata* (L.) y *Coccinella septempunctata* (L.), y varias especies no identificadas de arañas (CABELLO, 1989).

Por último, en relación a los patógenos, en los cultivos extensivos antes mencionados, se han encontrado valores de mortalidad de larvas del 38.3 %, debido a un baculovirus de la poliedrosis nuclear múltiple (CABALLERO *et al.*, 1990). En cultivos de pimiento en

invernaderos de Almería, se ha encontrado un aislado del virus de la poliedrosis nuclear en *Spodoptera exigua* (VPNSe) (CABALLERO *et al.*, 1992b) mostrando gran virulencia hasta el punto de llegar hasta un 100% de mortalidad de larvas al final del ciclo de cultivo (CABALLERO *et al.*, 1992a).

**Cuadro 6.** Porcentajes de parasitismo de *S. exigua* según cultivo y estado de la plaga en cultivos del Sur de España (CABELLO, 1989).

Especie de parásito	Cultivo	Estado de la plaga en el muestreo	Porcentaje de parasitismo en campo	
			Medio	Máximo
<i>Sinophorus xanthostomus</i>	alfalfa	L <sub>2</sub> a L <sub>5</sub>	6,5	50,0
<i>Chelonus inanitus</i>	alfalfa	L <sub>2</sub> a L <sub>5</sub> (*)	10,9	100,0
<i>Euplectrus bicolor</i>	alfalfa	L <sub>3</sub> a L <sub>4</sub>	1,3	33,3
	soja	---	50,0	100,0
<i>Exorista larvarum</i>	alfalfa	L <sub>4</sub>	0,1	3,7
<i>Hyposoter didymator</i>	alfalfa	L <sub>4</sub>	0,1	3,9
	algodonero	L <sub>4</sub>	3,9	3,9
<i>Netelia rufescens</i>	algodonero	---	7,4	7,4
<i>Meteorus pulchricornis</i>	alfalfa	L <sub>3</sub> a L <sub>5</sub>	1,7	26,9
<i>Temelucha sp.</i>	alfalfa	---	---	1,9

(\*) Especie parasitoide de huevo-larva

En otras zonas geográficas *S. exigua* presenta diversos enemigos naturales en cultivos al aire libre, entre los que podemos destacar diversas especies de parasitoides de los géneros *Chelonus*, *Meteorus*, *Microplitis*, *Campoletis*, e *Hyposoter* en cultivos de tomate en el sur de California (OATMAN *et al.*, 1983). En esta misma zona y en cultivos de tomate para fresco, *Hyposoter exiguae* (Vierek) es el parasitoide más importante de *S. exigua* (STRAND *et al.*, 1990). Esta misma especie es considerada por McNALLY (1983) y ZALOM (1990) como la que presenta mayor incidencia en cultivos de tomate en California. En cultivos de tomate para industria en Méjico se han encontrado altos niveles de parasitismo en larvas producido por especies de los géneros *Cotesia* y *Pristomerus*, y en menor medida por *Meteorus*, *Chelonus*, *Campoletis* y *Lespesia* (ALVARADO-RODRIGUEZ, 1987). Especies de los géneros *Apanteles*, *Chelonus*, *Meteorus*, *Microplitis*, *Barylypa*, *Hyposoter*, *Sinophorus* y *Temelucha* aparecen como los Himenópteros parasitoides junto con Dípteros de los géneros *Exorista* y *Gonia* en cultivos de alfalfa y maíz en Israel (SCHWARTZ *et al.*, 1980). Otras especies de parasitoides que muestran una buena incidencia en el control natural de

*Spodoptera exigua* son *Microplitis rufiventris* Kojujev (McCUTCHEON y HARRISON, 1987) y *Euplectrus bicolor* (YANG, 1986).

Entre los patógenos destacan por su potencial, los hongos entomopatógenos *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill. (STUDDERT y KAYA, 1990; HUNG y BOUCIAS, 1992) y *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson (IGNOFFO y GARCÍA, 1987), el protozoo *Nosema* sp. (AL-FAZAIRY, 1986; YASUNAGA *et al.*, 1992) y sobre todo el virus de la poliedrosis nuclear (McNALLY, 1983; BATTU, 1986; SMITS *et al.*, 1987; SMITS y VLAK, 1988a y 1988c; CABALLERO *et al.*, 1992a y 1992b).

### 3.1.6. SÍNTOMAS Y DAÑOS EN CULTIVOS DE PIMIENTO

Los síntomas y daños que esta especie plaga causa en el cultivo de pimiento son debidos a la alimentación de larvas en hojas y frutos (BELDA, 1991a). Los daños causados en las hojas pueden apreciarse en general como comeduras redondeadas que pueden aparecer en toda la superficie de la hoja. En este sentido pueden distinguirse los daños causados por los primeros estadíos larvarios ( $L_1$  a  $L_3$ ) los cuales se aprecian como roeduras en el parénquima del envés de las hojas, dejando solamente visible la epidermis superior. La localización de dichos síntomas, suele presentarse en las zonas de crecimiento del vegetal y hojas de la zona superior, por la distribución de las larvas de los primeros estadíos y sobre todo en hojas muy jóvenes o de mediano tamaño. Larvas de estadíos  $L_4$  y  $L_5$  se alimentan de toda la hoja, dejando comeduras más o menos redondeadas que pueden apreciarse en los bordes o parte central de las mismas. Estos síntomas pueden observarse en cualquier zona de la planta, en hojas bien desarrolladas.

Los daños causados por la alimentación de hojas pueden causar alteraciones en la zonas de brotación, y por tanto deformaciones en el desarrollo de las plantas, y una disminución de la superficie foliar que puede reducir la capacidad fotosintética y metabólica de la planta. Estos efectos son más acusados y graves cuando los daños se producen en plántulas o plantas jóvenes.

Los daños en frutos, comercialmente más importantes, se producen cuando las larvas penetran en los mismos, continuando su desarrollo en el interior, lo que provoca pudriciones y frutos comercialmente desechables. Los síntomas que pueden apreciarse en los frutos afectados, se identifican como agujeros de distinto tamaño en su superficie, dependiendo del estadío larvario que se trate (normalmente  $L_3$  a  $L_5$ ). Estas perforaciones se hallan muchas veces en la zona de inserción del pedúnculo, sobre todo en la entrada de larvas pequeñas en frutos bien desarrollados. En otros casos, las perforaciones pueden apreciarse en cualquier zona del fruto. Las larvas que penetran en los frutos continúan su alimentación en el interior, volviendo a realizar una nueva perforación para salir a pupar, aunque en muchas ocasiones se han podido apreciar pupas en el interior de los frutos (BELDA y CABELLO, datos no publicados).

Otro aspecto de los daños causados por *Spodoptera exigua* en cultivo de pimiento, y que no está bien caracterizado, se refiere a daños por larvas en flores. Larvas de los primeros

estadios, pueden encontrarse alimentándose en las flores de pimiento, en las que producen daños en pétalos, estambres y ovario lo que puede producir abortos florales o daños mecánicos que deformen los frutos (BELDA y CABELLO, datos no publicados). Normalmente estas larvas que ocupan las estructuras florales, al desarrollarse el fruto penetran en el mismo causando los daños anteriormente descritos para frutos.

Las pérdidas ocasionadas por esta plaga se incrementan con el número de larvas dentro del cultivo. Aunque no hay estudios realizados en pimiento, en cultivos de tomate los daños causados están correlacionados con el nivel de infestación de las larvas de tercera edad (ZALOM *et al.*, 1986). Estos autores estiman unas pérdidas anuales en tomate de industria de 10 millones de dólares por *S. exigua*. En San Diego, California, YOSHIDA y PARRELLA (1987) apuntan unas pérdidas ocasionadas por esta plaga del 30% de la producción en cultivo de crisantemo.

En tomate para industria, WILSON *et al.* (1983) proponen un umbral de intervención conjunto para *Heliothis zea* (Boddie) y *S. exigua* del, 1.75 al 3.25% de frutos dañados dependiendo de la fenología del cultivo. Para este mismo cultivo, McNALLY (1983) ofrece una tolerancia de daños en frutos del 2 al 6% de presencia de frutos dañados. Para presencia de larvas en plantas, los valores de tolerancia se van a un 20 al 30% de presencia. Para las zonas de tomate en Méjico, ALVARADO-RODRIGUEZ (1987) estima una tolerancia para daños directos en fruto por esta especie de un 4% de los mismos.

Por último hay que mencionar que debido a su gregarismo, las larvas de los primeros estadios de desarrollo viven agrupadas y localizadas en zonas muy concretas del cultivo (debido a la oviposición de plastrones). Estas fases iniciales pasan inadvertidas para el agricultor, de forma que cuando las larvas se desarrollan y dispersan, los daños se extienden y hacen visibles, momento en que es más difícil el control de la plaga (BELDA y CABELLO, datos no publicados).

### 3.1.7. MÉTODOS DE LUCHA

#### Métodos de lucha química:

En ensayos de laboratorio de control químico con fenvalerato, clorpirifos y carbaril, el orden de efectividad fue el antes expresado (BAKI *et al.*, 1988). Igualmente en laboratorio, se ha observado un buen efecto sinérgico del fenvalerato con butóxido de piperonilo (JOYCE *et al.*, 1988) mientras que la mezcla de *Bacillus thuringiensis* con avermectina B<sub>1</sub> mostró un efecto antagonista entre ambos (MOAR y TRUMBLE, 1987a). Otros ensayos realizados en laboratorio con avermectina B<sub>1</sub> y un análogo de la misma (avermectina L656,748), mostraron una eficacia 1500 veces mayor de ésta última respecto a la avermectina B<sub>1</sub> para larvas neonatas con los productos incorporados en la dieta alimenticia (TRUMBLE *et al.*, 1987).

En ensayos de lucha química en cebolla, se ha encontrado que el bifentrin ejerció el mejor control de las larvas de la plaga, mejor que permetrin, fenvalerato y el regulador de

crecimiento clorfluazuron (CHENG *et al.*, 1988).

Entre los plaguicidas registrados para cultivos hortícolas, las materias activas recomendadas para el control de esta plaga (SERVICIO DE PROTECCIÓN DE LOS VEGETALES DE ALMERÍA, 1992) son: acefato, *alfa*-cipermetrin, bifentrin, bioresmetrin, carbaril, ciflutrin, cipermetrin, deltametrin, diazinon, endosulfan, esfenvalerato, etofenprox, etrimfos, fenitroton, fenpropatin, fenvalerato, flucitrinato, fluvalinato, fosalon, *lambda*-cihalotrin, lindano, malation, metil-pirimifos, metomilo, naled, permetrin, piraclofos, propoxur, tiodicarb, tetraclorvinfos y triclorfon.

El control de *Spodoptera exigua* en los cultivos en invernaderos en Almería, ha precisado la utilización de numerosas materias activas entre las que destacamos por su frecuencia, metomilo, clorpirifos, cipermetrin, *alfa*-cipermetrin y triclorfon. Algunas de ellas, como es el caso de los piretroides y triclorfon, van perdiendo vigencia entre los agricultores por la escasa eficacia mostrada en los últimos años y por la aparición de nuevas materias activas. No debemos olvidar que en muchos casos la eficacia de los tratamientos insecticidas en algunos cultivos para plagas de Lepidópteros puede estar relacionada con una correcta cubrición de las distintas partes de la planta en la aplicación (PITRE, 1986).

Aunque no están determinados los niveles de resistencia en las poblaciones de Almería, se ha apreciado una fuerte disminución de la eficacia en la mayoría de insecticidas clásicos. De hecho otros autores como POWELL y BASS (1975) demostraron diferencias de mortalidad entre razas de *S. exigua* de distintas regiones norteamericanas al metomilo, carbaril y acefato entre otros, atribuibles a diferentes niveles de resistencia. Este mismo fenómeno de diferentes resistencias entre zonas agrícolas, mayores que las resistencias temporales fue comprobado por BREWER *et al.* (1990) para fenvalerato y metomilo. Estudios posteriores demostraron que la resistencia a esta materia activa tiene carácter poligénico (BREWER y TRUMBLE, 1991).

### Métodos de lucha biológica:

La utilización de *Bacillus thuringiensis* Berliner para el control biológico de *Spodoptera exigua* y de larvas de Noctuidos en general, fue posible a niveles comerciales cuando el aislado HD-1 de la subespecie que DE BARJAC y LEMILLE llamaron *kurstaki* en honor a E. Kurstak, fue comercializado a un coste bajo y eficacia comparable con otros insecticidas de origen químico (BEEGLE y YAMAMOTO, 1992). Otro aislado de la misma subespecie, el NRD-12 mostró mayor actividad específica contra *S. exigua*, siendo la base de los modernos preparados de *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* comercializados para el control de *S. exigua*.

No obstante, la eficacia de *B. thuringiensis* está altamente relacionada con la dosis ingerida (MEADE y HARE, 1993) y por lo tanto con la edad de las larvas, por lo que su eficacia es mayor en aplicaciones para estadios tempranos en las infestaciones de los cultivos (BELDA 1991b). Este hecho y las experiencias en las que relacionan las dosis de *B. thuringiensis* en distintos cultivares de *Apium* sp. con distintas apetencias para las larvas de *S. exigua* (MEADE y HARE, 1983), nos lleva a considerar el efecto de la preferencia en la

alimentación en la eficacia de las dosis recomendadas por cultivos en función de la superficie foliar tratada e ingerida. STONE y SIMS (1993) han encontrado que poblaciones de las especies *Heliothis virescens* y *H. zea* de diferentes localizaciones geográficas muestran distintas susceptibilidades a *Bacillus thuringiensis* y endotoxinas del mismo, aspecto que tiene interés en el estudio de posibles resistencias a este bioinsecticida en larvas de Noctuidos.

Los condicionamientos en cuanto edad de larvas y dosis de *B. thuringiensis* ingerida han conducido a la experimentación de este bioinsecticida en mezclas con otros insecticidas de síntesis o incluso preparados de toxinas del mismo *B. thuringiensis* en busca de asociaciones sinérgicas. Así, la mezcla de *B. thuringiensis* con la  $\beta$ -exotoxina thuringiensina, incrementaba enormemente la mortalidad sobre los niveles esperados (MOAR y TRUMBLE, 1987a). En otras mezclas de *B. thuringiensis* e insecticida, la asociación con fenvalerato era la más tóxica (BAKI *et al.*, 1988). Incluso a las dosis más bajas de mezclas de estos dos insecticidas se consiguió un incremento de cosecha en 2.8 veces (SALAMA *et al.*, 1990). Por el contrario la mezcla de *B. thuringiensis* y avermectina mostró efectos antagonistas (MOAR y TRUMBLE, 1987a).

En ensayos de eficacia realizados en cultivos en invernaderos de nuestra zona se ha encontrado una muy buena efectividad de *B. thuringiensis* para el control de larvas de *S. exigua* en cultivo de sandía (BELDA y GUERRERO, 1992), obteniéndose valores de reducción de larvas entre unas 4 y 12 veces respecto al testigo a los 13 días de la aplicación, apreciándose además diferencias significativas respecto al testigo por una menor evolución de superficie dañada en frutos.

Por otra parte, y en lo que se refiere a otros patógenos, esta especie plaga es muy sensible a enfermedades causadas por el virus de la poliedrosis nuclear, observándose niveles de mortalidad muy altos en laboratorio y campo (CHAUFAUX y FERRON, 1986; ALVARADO-RODRIGUEZ, 1987; SMITS y VLAK, 1988a; CABALLERO *et al.*, 1992a; KOLODNY-HIRSCH *et al.*, 1993).

En ensayos realizados en cultivos en invernadero de crisantemo, gerbera, kalanchoe y tomate, se han obtenido valores del 95-100 % de mortalidad de larvas, que fue el doble de la obtenida con aplicaciones de metomilo y diflubenzuron (SMITS *et al.*, 1987). Estas virosis parecen ser un buen método de control de esta especie plaga (SMITS y VLAK, 1988c). Estos resultados corroboran los de GELERNTER *et al.* (1986), que ensayaron un virus de la poliedrosis nuclear, hallado en California, que con una dosis de  $1.1 \times 10^{12}$  poliedros/Ha., consiguió un control de las larvas de *S. exigua* similar a la aplicación de metomilo (1 kg/Ha.) o de permetrin (110 g/Ha).

Ensayos realizados en California y Sinaloa en cultivos de tomate, pimiento y garbanzo con aplicaciones semanales del virus de la poliedrosis nuclear multinucleocapsidal de *S. exigua* (VPNMSe) de un aislado de Florida, a dosis de  $2.5 \times 10^{11}$  y  $12.5 \times 10^{11}$  cuerpos de oclusión/Ha., consiguieron un control a largo plazo de la plaga, obteniéndose reducciones significativas en los daños en plantas comparados con las parcelas testigo (KOLODNY-HIRSCH *et al.*, 1993).

Por otra parte, se han ensayado diferentes técnicas de aplicación de los virus de la

poliedrosis nuclear, en cultivos en invernadero contra esta especie plaga, encontrándose que en aplicaciones de ultrabajo volumen éstos incrementan ligeramente su efectividad (SMITS *et al.*, 1988). En este mismo sentido, en estudios de mortalidad en laboratorio de *Heliothis*, la presencia de agua libre incrementa la inactivación del baculovirus de *Heliothis* por la luz solar, aspecto que no es influido por el pH o la temperatura (IGNOFFO y GARCÍA, 1992).

### Métodos hormonales y feromonales:

Los insecticidas con base hormonal, tanto de inhibidores de síntesis de quitina como análogos de hormonas juveniles, se encuadran en el grupo de los insecticidas reguladores del crecimiento de insectos (RCI's) también llamados insecticidas biorracionales o de "tercera generación", (BELLÉS, 1988) y han sido ampliamente estudiados en cuanto a sus posibilidades para el control de diversas plagas, muchas de ellas de Lepidópteros Noctuidos. Dentro de estos productos, las benzoilfeniureas son las que muestran mayores efectos para larvas de Lepidópteros, originando dos tipos de efectos en los insectos: letales en los estados inmaduros y trastornos en la reproducción de adultos (SANTIAGO-ÁLVAREZ, 1988).

Los trabajos de CHANDLER *et al.* (1992a y 1992b) con RCI's para *Heliothis zea* y *Spodoptera frugiperda* muestran muy buenos valores de eficacia de diflubenzuron, teflubenzuron y fenoxycarb para estas especies. Ensayos contra *Spodoptera exempta* (Walker) con teflubenzuron, hexaflumuron, flufenoxuron y diflubenzuron, se mostraron como insecticidas extremadamente efectivos en ensayos en laboratorio (DEGHEELE *et al.*, 1993). Para esta última especie y para *Spodoptera littoralis* (Boisduval), FISK y WRIGHT (1992) evaluaron el efecto de flufenoxuron y hexaflumuron por vía cuticular mostrando unos niveles de mortalidad muy elevados, del 100% a las 24 horas, en larvas que no se alimentaban.

Aparte de la acción directa sobre mortalidad de larvas, que flufenoxuron mostró en *S. littoralis*, existen diferencias en la forma de actuación del insecticida, mostrando en este caso mayor actividad por vía tópica que por ingestión, revelando además una acción indirecta por disminución de fecundidad de hembras y fertilidad de huevos de individuos procedentes de larvas tratadas (ALDEBIS *et al.*, 1988).

Las diferentes formas de actuación de hexaflumuron han sido también evaluadas, mostrándose 3.3 veces más efectivo por vía tópica que por ingestión, contra larvas de quinto estadio de *S. exigua* (MARCO *et al.*, 1993). Asimismo, su aplicación por vía tópica sobre pupas de menos de 48 horas de edad provocó mortalidad pupal, fallos en la emergencia de adultos y presencia de anomalías morfológicas diversas (VIÑUELA y MARCO, 1993).

Para *Spodoptera exigua*, los trabajos de VAN LAECKE y DEGHEELE (1991) reflejan una menor eficacia de diflubenzuron y teflubenzuron respecto a clorfluazuron y hexaflumuron por una mayor capacidad de desintoxicación de los primeros en larvas de quinto estadio. La toxicidad del hexaflumuron en el último estadio larvario de *S. exigua* mostró valores mucho menores que para *Spodoptera littoralis* y *Leptinotarsa decemlineata* Say, por la mayor rapidez de excreción de este compuesto por *S. exigua* (AUDA *et al.*, 1991). Posteriores trabajos de VAN LAECKE y DEGHEELE (1993), como consecuencia de una reciente pérdida de eficacia de diflubenzuron y teflubenzuron, han tratado de

contrastar los efectos sinérgicos de diversos productos en mezclas con insecticidas reguladores del crecimiento de insectos, mostrando que los mejores resultados se obtienen al mezclar teflubenzuron con dimetoato. Sin embargo ninguno de los productos sinergistas ensayados potenció la acción insecticida de hexaflumuron, siendo ésta la más eficaz de las benzoilfenilureas ensayadas contra *S. exigua*.

En cultivos protegidos de sandía de nuestra zona se ha encontrado una muy buena mortalidad de larvas y reducción de daños en ensayos realizados con hexaflumuron y teflubenzuron, lográndose reducciones de unas 6 veces el número de larvas respecto al testigo hasta la ausencia total de las mismas a los 13 días de la aplicación (BELDA y GUERRERO, 1992).

Estudios realizados con una nueva clase de insecticida regulador del crecimiento de insectos, la 2'-benzoil-1'*tert*-butilbenzoilhidracida (RH 5849), la cual induce muda prematura de las larvas, mostraron una  $LC_{50}$  para *S. exigua* de 195 y 110 mg/l. dependiendo del estadio larvario ensayado, dosis mucho mayores que los 7.5 y 1.8 mg/l. que ofreció *S. exempta*. Las diferencias en la actividad biológica de este nuevo insecticida no pudieron ser atribuibles solamente a la excreción, distribución o desintoxicación metabólica del producto en las larvas (SMAGGHE y DEGHEELE, 1993). Esta misma materia activa mostró una muy buena efectividad contra *Spodoptera frugiperda* (MONTHÉAN y POTTER, 1992).

En relación a los métodos feromonales, se han realizado ensayos en invernaderos de cultivo de cebolla, encontrándose que la utilización de las capturas masivas de machos de la especie (con feromonas sexuales de síntesis) redujo la densidad de larvas de *S. exigua* nueve veces en relación al testigo; también la utilización de trampas de feromonas sexuales y de luz ejercieron un control efectivo de esta especie plaga en invernaderos de poca superficie (TAKAI y WAKAMURA, 1990). La utilización de capturas masivas, en cultivos al aire libre, con una densidad de cápsulas de feromonas sexuales sintéticas de 600 a 1500 por Ha, redujo la densidad de huevos de esta especie plaga, y posterior densidad de larvas, en los cultivos (WAKAMURA *et al.*, 1989 y 1990).

#### Otros métodos de lucha:

Además de los métodos anteriormente citados se han realizado estudios experimentales con antialimentarios, con buenos resultados como es el caso de un análogo de la avermectina (TRUMBLE *et al.*, 1987) y diversos estudios de preferencias de *S. exigua* en distintos cultivares de crisantemo en búsqueda de resistencia a las infestaciones de la plaga (YOSHIDA y PARRELLA, 1991 y 1992). Para cultivares de tomate, EIGENBRODE y TRUMBLE (1993) han ensayado los niveles de resistencia de 12 accesiones de *Lycopersicon hirsutum* en su efecto de antibiosis contra *S. exigua*.

Otros métodos posibles de lucha contra esta especie plaga que se deben incluir dentro de los métodos físicos y agronómicos, con el fin de dificultar o retrasar las infestaciones de la plaga en los cultivos en invernadero, son la colocación de mallas en las bandas de los mismos para reducir la entrada de adultos y la eliminación de malas hierbas dentro y en las proximidades del invernadero que sirven de reservorio de la plaga (BELDA, 1991a). Además



debe considerarse la posibilidad de utilización de cultivos trampa, como se han ensayado para *S. frugiperda* utilizando maíz (CASTRO *et al.*, 1988), si bien este método de control para plagas de Noctuidos en cultivos en invernadero no se ha contemplado.

Por último, y dentro de los métodos genéticos, debemos tener en cuenta la potencialidad del uso de cultivos transgénicos con genes que codifiquen endotoxinas de *Bacillus thuringiensis*, como muestran los esperanzadores resultados para el control de *Heliothis zea* y *Heliothis virescens* en tabaco (HOFFMANN *et al.*, 1992; JOHNSON y GOULD, 1992) y para la última especie en algodón (BENEDICT *et al.*, 1992).

### 3.2. MODELOS DE SIMULACIÓN

En el control de plagas de los cultivos, históricamente, como es recogido por BAUMGÄRTNER y GUTIERREZ (1989), se ha producido una evolución en tres fases. En la primera fase, que nace con los insecticidas orgánicos de síntesis, el problema se centró en plagas concretas y su solución mediante el control químico. La segunda fase, nacida de los problemas derivados del control químico, tuvo como meta sustituir los plaguicidas con otras medidas o tácticas menos perjudiciales, todo ello dentro del concepto de manejo racional de plagas, considerando además los aspectos económicos (umbrales económicos). Por último, la tercera fase o etapa arranca de los conocimientos actuales del agroecosistema. La complejidad de los procesos biológicos y de los objetivos económicos ha dado lugar a la aplicación de las técnicas de manejo de sistemas.

#### Los modelos de simulación:

El análisis de sistemas y la simulación han sido empleados en el campo de la Ingeniería durante muchos años, los éxitos obtenidos con esta forma de aproximación a problemas reales ha inspirado a Agrónomos y Biólogos a utilizar técnicas similares en sus disciplinas (RABBINGE y WIT, 1989). Dentro del análisis de sistemas, varias han sido las definiciones que se han establecido de modelos. De ellas podemos destacar las siguientes: LUCK (1984) define modelos como "herramientas o medios de describir sistemas y procesos formados por componentes interactivos". A su vez JEFFERS (1991) los define como "expresiones formales de las relaciones entre las entidades definidas en términos matemáticos o físicos".

En las definiciones anteriores debemos de separar tres términos: sistemas, modelos y simulación. Un sistema es una parte limitada de la realidad que contiene los elementos o componentes interactivos o interrelacionados. Un modelo es una representación simplificada de un sistema. Por último, la simulación puede definirse como el hecho de construir un modelo matemático o físico y el estudio de sus propiedades con referencia al sistema que representa.

En un sentido amplio, el enfoque científico de la resolución de problemas reales se basa en la construcción de modelos. Una vez establecida la existencia de un problema se construye un modelo que describa todos los factores que influyen en la situación estudiada,

con el propósito de comprenderlo mejor. Una vez comprendido y resuelto el problema aplicamos la solución a la situación real (G.M.S.E., 1992). La "modelización", o mejor, "simulación", es un modo de resolución de los problemas científicos que ha crecido rápidamente en los últimos 30 años, tanto en su rango de aplicación como en su complejidad (JEFFERS, 1991).

Si nos referimos al caso de sistemas agrarios, se han definido cuatro tipos principales de sistemas (RABBINGE y WIT, 1989):

- **Patosistemas:** Constituidos por las poblaciones de plantas, artrópodos plaga, fitopatógenos, enemigos naturales, vectores, y sus interrelaciones. Este sistema está sujeto fundamentalmente al clima y al agricultor. Además el patosistema es parte de un sistema de cultivo.

- **Sistemas de cultivo:** Son sistemas restringidos a un solo cultivo, sus aspectos agronómicos y económicos. Forma parte del sistema de explotación.

- **Sistemas de explotación:** Son sistemas constituidos por varios sistemas de cultivo, que constituyen una explotación o granja, sus aspectos económicos y las interrelaciones entre ellos.

- Por último tenemos los **Agroecosistemas**, que son aquellos ecosistemas modificados por los efectos y manipulaciones del hombre en su actividad agraria.

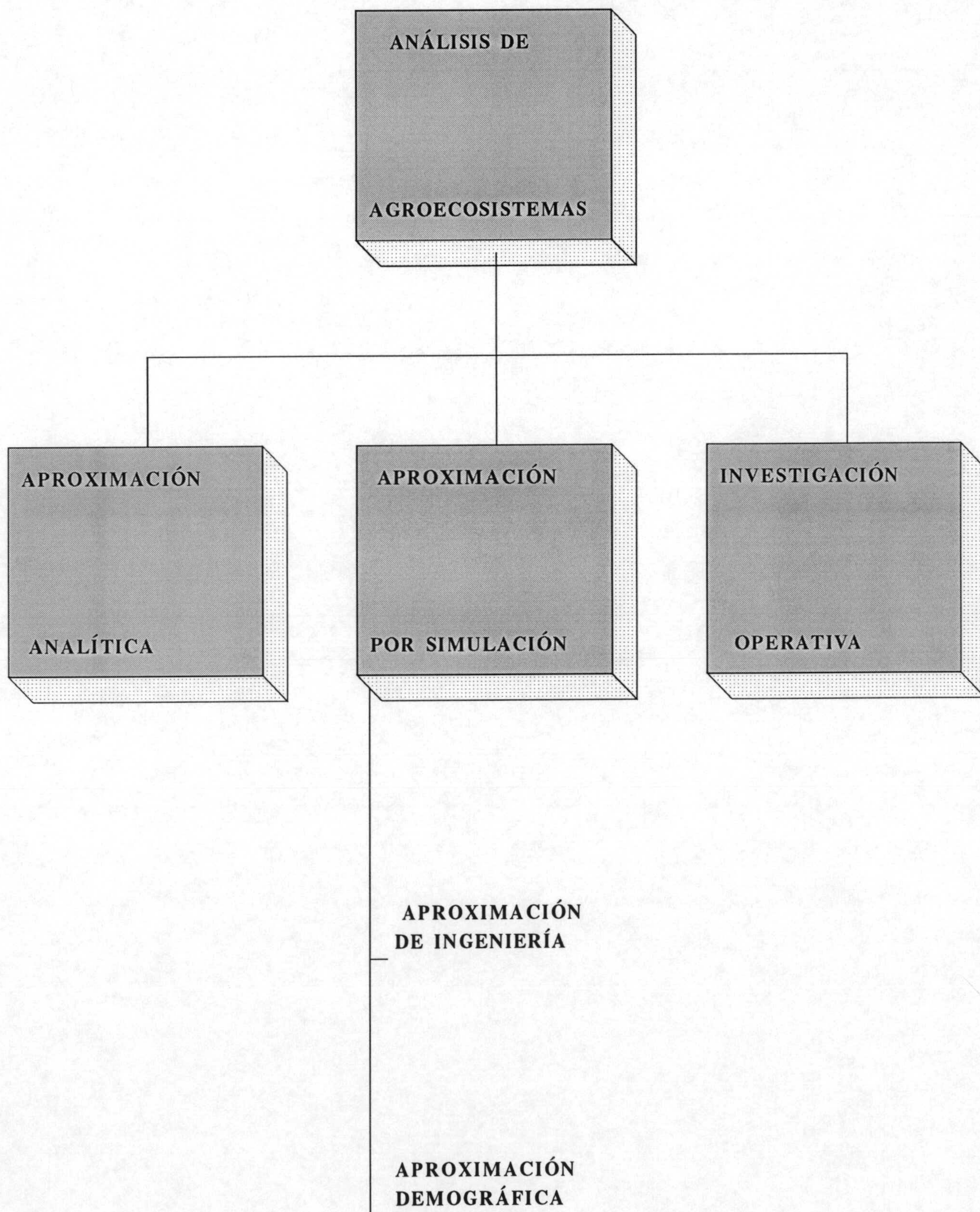
Hay que reseñar que nuestro interés se centra en los patosistemas, denominación que no nos parece totalmente adecuada. Pudiéndose proponer otra que recoja a los diferentes enemigos de los cultivos: Plagas y enfermedades. En este sentido sería más lógico los términos: **Entomopatosistemas, sistemas de plagas y enfermedades o sistemas fitoparasitarios.**

En el contexto del agroecosistema, el análisis de sistemas dentro de la protección vegetal, ha sido definido como la aplicación de aquellas técnicas (tanto cualitativas como cuantitativas) que aumentan nuestra comprensión de las interacciones entre los componentes del sistema cultivo-plaga y su relación con el ambiente y las prácticas de manejo (BAUMGÄRTNER y GUTIERREZ, 1989). Existen tres formas de resolver este análisis de sistemas en protección vegetal que se muestran en el Diagrama 1, y que son (GETZ y GUTIERREZ, 1982):

- Aproximación analítica.
- Simulación.
- Investigación operativa.

En la aproximación analítica se da énfasis a las estructuras de subsistemas fundamentales y los modelos son empleados para desarrollar principios cualitativos de ecología y teorías de manejo de recursos. En la simulación, el problema es formulado como un conjunto de complicadas ecuaciones matemáticas que no pueden ser resueltas de forma analítica, sin embargo pueden ser evaluadas mediante ordenador a fin de obtener soluciones numéricas. Por último la aproximación mediante investigación operativa da lugar a modelos que son diseñados para el manejo y resolución de problemas de forma cuantitativa (BAUMGÄRTNER y GUTIERREZ, 1989).

**DIAGRAMA 1:**  
**DIFERENTES APROXIMACIONES EMPLEADAS EN EL ANÁLISIS DE AGROECOSISTEMAS**  
(Según BAUMGÄRTNER y GUTIERREZ, 1989)



### Tipos de modelos de simulación:

Debido a la diversidad de modelos de simulación, existen algunas discrepancias entre los distintos autores a la hora de realizar una clasificación. Sin embargo, consideramos que la clasificación de JØRGENSEN (1988) es bastante completa. La misma divide a los modelos en nueve pares de categorías, que son las siguientes:

TIPO DE MODELOS	CARACTERIZACIÓN
MODELOS DE INVESTIGACIÓN	Empleados como herramienta de investigación.
MODELOS DE MANEJO	Empleados en la resolución de problemas prácticos.
MODELOS DETERMINÍSTICOS	En los que los parámetros son conocidos de forma exacta.
MODELOS ESTOCÁSTICOS	En los que los parámetros son estimados en términos de distribuciones estadísticas.
MODELOS COMPARTIMENTADOS	Las variables que definen el sistema son cuantificadas por medio de ecuaciones diferenciales dependientes del tiempo.
MODELOS MATRICIALES	Emplean matrices en la formulación y solución.
MODELOS REDUCCIONISTAS	Se incluyen en el modelo la mayoría de los detalles relevantes del sistema.
MODELOS GENERALISTAS	En el modelo se emplean solo los principios generales del sistema.
MODELOS ESTÁTICOS	Las variables que definen el sistema no dependen del tiempo.
MODELOS DINÁMICOS	Las variables del sistema si son dependientes del tiempo (y a veces del espacio).
MODELOS DISTRIBUTIVOS	Los parámetros son considerados como funciones del tiempo y del espacio.
MODELOS GROSEROS	Los parámetros, dentro de ciertas localizaciones y momentos establecidos, son considerados como constantes.
MODELOS LINEALES	Las ecuaciones matemáticas empleadas de forma consecutiva son todas ecuaciones de primer grado.
MODELOS NO LINEALES	Las ecuaciones matemáticas empleadas son en algunos casos de segundo o mayor grado.
MODELOS CAUSALES	Inputs, estados del sistema y outputs están interrelacionados por relaciones causales.
MODELOS NO CAUSALES ("BLACK BOX MODELS")	No es necesaria la existencia de una causalidad.
MODELOS AUTÓNOMOS	Las derivadas no son explícitamente dependientes de la variable independiente (tiempo).
MODELOS NO AUTÓNOMOS	Las derivadas si son explícitamente dependientes de la variable independiente (tiempo).

### **Construcción de modelos de simulación:**

En el Diagrama 2 se representa el procedimiento general de construcción de un modelo de simulación adaptado de BAUMGÄRTNER y GUTIERREZ (1989), DENT (1991) y KITCHING (1991).

Los dos primeros pasos de la construcción del modelo de simulación se refieren a la definición del problema que se quiere estudiar y determinar el sistema que se ajusta a dicho problema. El grado de complejidad del sistema será función del tipo que se elija, conjuntamente con la disponibilidad y calidad de los datos de base para la construcción del modelo.

Los siguientes pasos consisten en la elección del tipo de modelo que consideremos vaya a simular mejor el sistema real, la formulación matemática de las relaciones entre variables del sistema y su expresión en un lenguaje de programación. La complejidad del lenguaje será función de la complejidad de las ecuaciones matemáticas empleadas.

La última fase en la construcción del modelo es su validación. Para ello se emplearán datos de base no utilizados en la elaboración del modelo. La concordancia entre los valores simulados y reales con estos datos nos dará una idea de la fiabilidad del modelo. En los casos de que la validación no se produzca, debe revisarse el modelo. Ello se realizará, bien variando la identificación del sistema, o redefiniendo el problema. En en ambos casos se reiniciarán los siguientes pasos del desarrollo del modelo.

### **Modelos de simulación en Entomología Agrícola:**

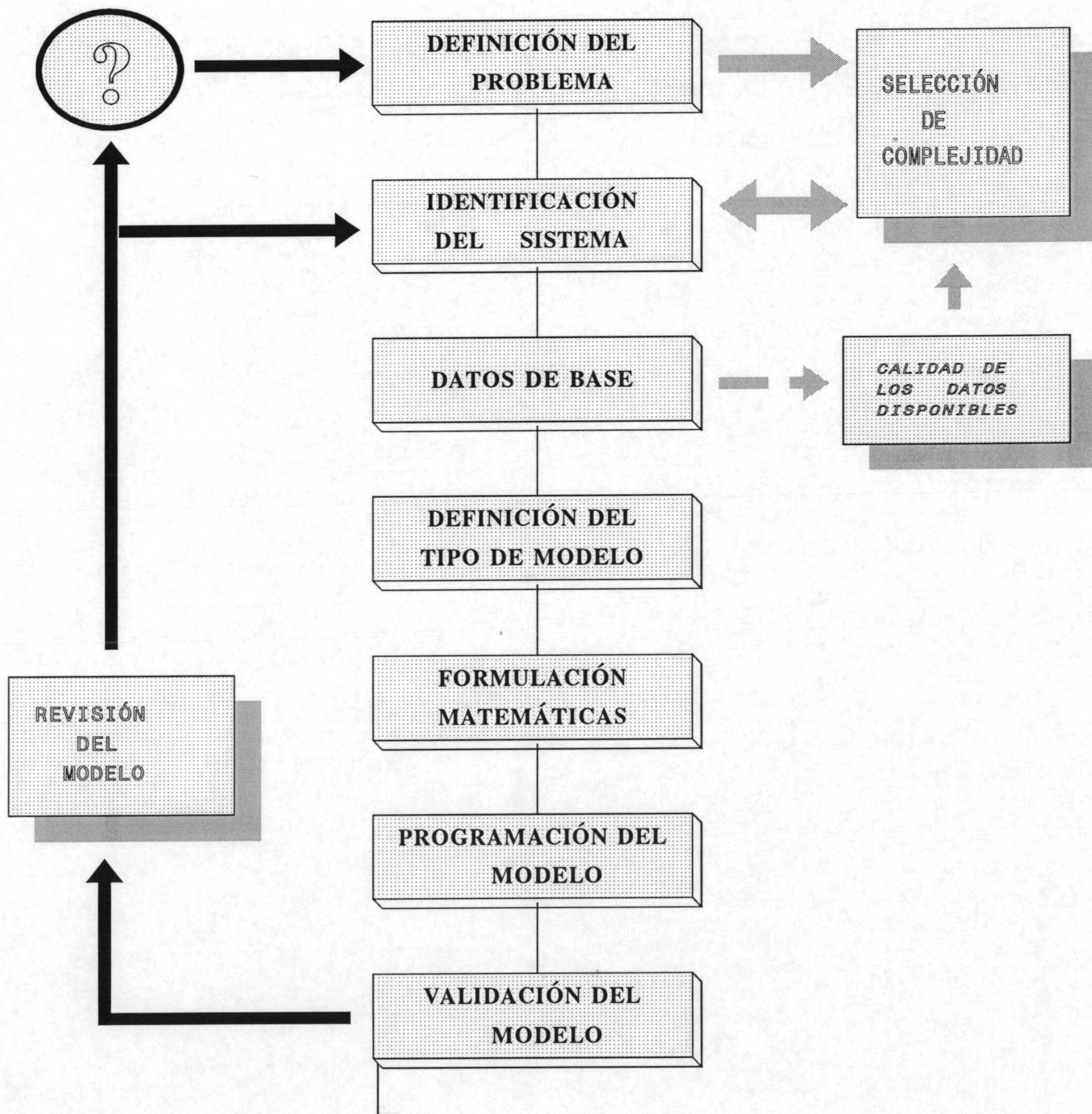
WATT (1961a, 1961b, 1963, 1964) fue el primer investigador que realizó la aplicación de la dinámica de sistemas a problema de plagas de los cultivos. Desde entonces, la utilización de modelos de simulación en Entomología Agrícola ha adquirido una importancia cada vez mayor, sobre todo en los últimos diez años.

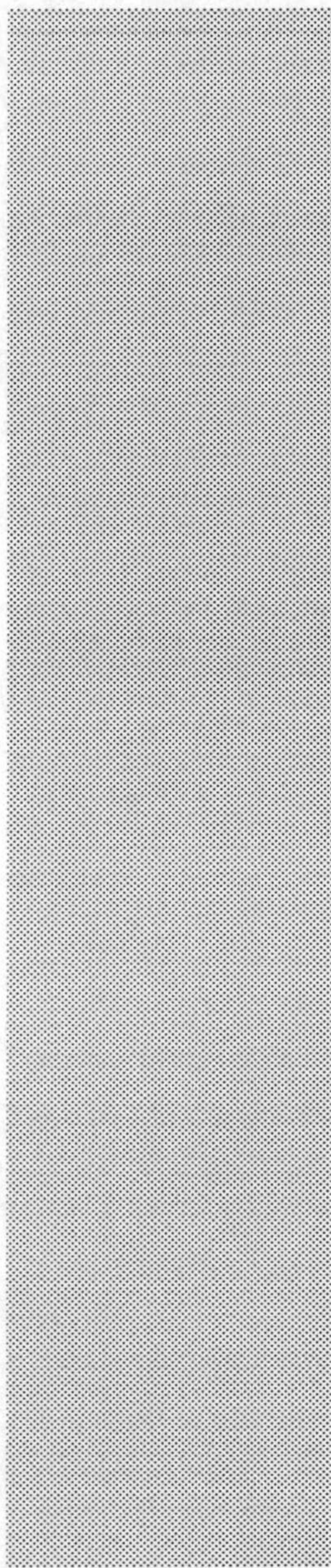
Los modelos de simulación desarrollados hasta la fecha en relación a especies plaga de los cultivos los podemos agrupar en los siguientes tipos:

- 1) Modelos de fenología: Descriptivos y analíticos.
- 2) Modelos de dispersión en el espacio.
- 3) Modelos de población de una sola especie plaga.
- 4) Modelos de interacción depredador-presa o hospedante-parasitoide.
- 5) Modelos de interacción planta-fitófago.
- 6) Modelos de poblaciones multitróficas.
- 7) Modelos de toma de decisión en el control de plagas.
- 8) Modelos de manejo integrado de plagas.

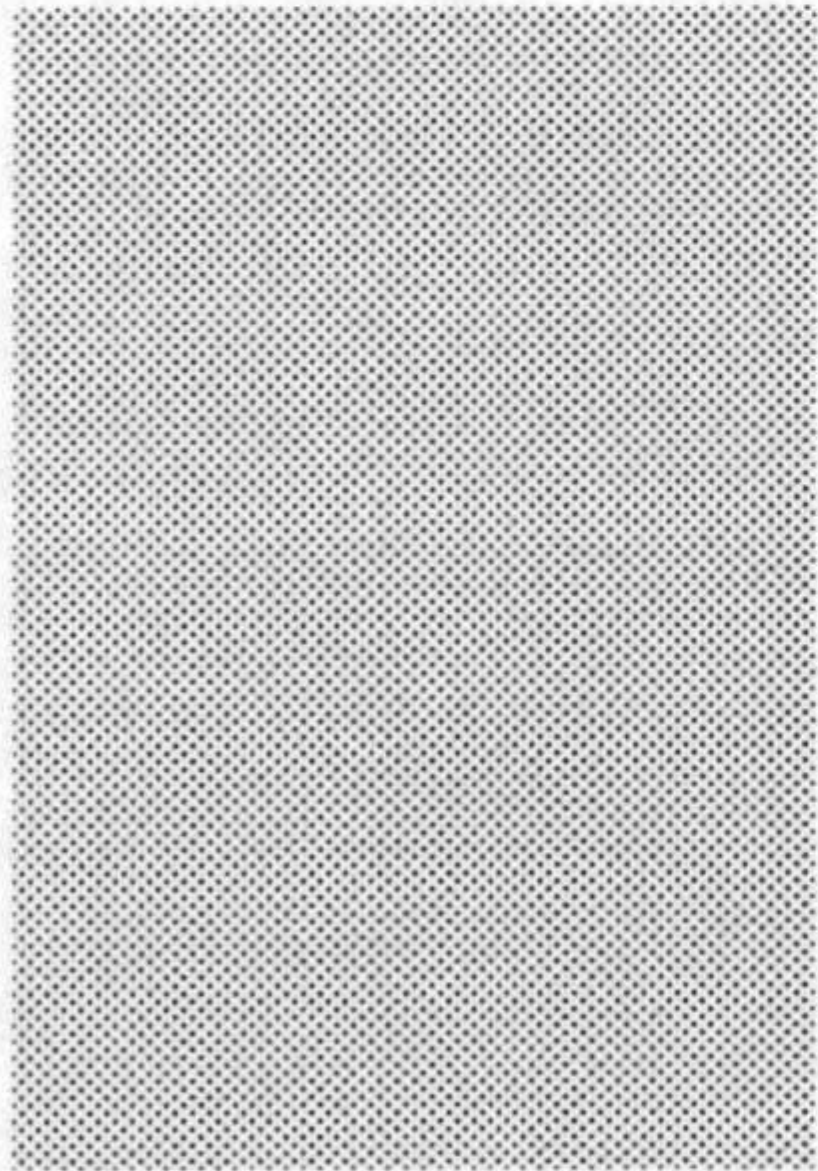
Una relación de los modelos desarrollados en el caso de especies plaga se encuentra recogida en los trabajos de RABBINGE y CARTER (1983), BAUMGÄRTNER y GUTIERREZ (1989) y DENT (1991).

## DIAGRAMA 2: PROCEDIMIENTO DE CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO DE SIMULACIÓN





**4. OBJETIVOS**



#### 4. OBJETIVOS

La causa principal que llevó a la realización de este trabajo, ha sido llenar el vacío existente en los conocimientos que en la actualidad se tienen sobre *Spodoptera exigua* en su condición de especie plaga de los cultivos hortícolas en invernaderos del sureste de España. Para ello, la realización de esta investigación se ha orientado a la consecución de los objetivos concretos que a continuación se enumeran:

1. Evaluación de los efectos de la temperatura y la dieta sobre la biología de la especie y confección de tablas de vida en condiciones de laboratorio y campo.

2. Conocimiento de la fenología de los imagos de la especie mediante la utilización de trampas de feromonas sexuales sintéticas y trampa de luz, así como de las relaciones entre ambos tipos de trampas. Estudio de la ecofisiología de hembras en relación a su fenología en trampa de luz.

3. Evaluación de la incidencia de los enemigos naturales en la ecología de la especie en los cultivos en invernadero así como sus posibilidades de utilización como agentes de control natural.

4. Realización de un modelo matemático de fenología de la especie a partir de los datos de biología y ecología obtenidos en la zona de estudio, para aplicación a ésta y otras áreas de cultivos en el sureste español.

5. Obtención de una metodología adecuada de muestreo de los estados inmaduros de la especie en cultivo de pimiento en invernadero, mediante estudios de distribución horizontal y vertical en el mismo.

6. Estudio económico del control químico de *Spodoptera exigua* en los cultivos de pimiento en invernaderos de Almería, con objeto de valorar su repercusión en los costes de producción e influencia sobre las estrategias practicadas en el control de la plaga.

7. Evaluación de la eficacia de diversos insecticidas biológicos o biorracionales de reciente aparición, para el control de la plaga en invernaderos, en sustitución de materias activas más tóxicas para el medio ambiente en general y para la fauna auxiliar en particular, con vistas a su posibilidad de utilización en programas de lucha integrada en pimiento.





## **5. MATERIAL Y MÉTODOS**



## 5. MATERIAL Y MÉTODOS

### 5.1. ENSAYOS DE BIOLOGÍA EN LABORATORIO

Los ensayos de biología se llevaron a cabo en laboratorio durante el período comprendido entre marzo de 1992 y junio de 1993. Estos se realizaron en incubadores Koxka® MEC-185/F de temperatura y fotoperíodo controlados (error de  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ ) en los que se controló la humedad relativa mediante la dosificación de cubetas evaporadoras con agua destilada. Con ayuda de un termohigrógrafo Jules-Richard® TH se reguló una humedad relativa entre 50 y 70% previamente a la realización de las distintas tandas de ensayos.

El material vivo se recolectó en campo, en estado de larvas, en diversas localidades de la provincia de Almería. Una vez obtenidos los adultos, estos se emparejaron a las temperaturas deseadas para obtención de las primeras puestas para los ensayos a distintas temperaturas. Periódicamente se recogió material vivo en campo y se evolucionó hasta la obtención de adultos, los cuales fueron utilizados en cruzamientos para renovar la población de mantenimiento en el laboratorio. Todos los ensayos se realizaron a temperaturas constantes, siendo éstas de 15, 20, 25 y 30°C, manteniéndose un fotoperíodo de 16:8 horas (L:O).

Para el análisis de los resultados se utilizó un ordenador Olivetti PC 286 con la aplicación informática del programa estadístico STATISTIX® (SIEGEL, 1992).

#### 5.1.1. DESARROLLO

Los estudios de desarrollo se realizaron partiendo de plastones de huevos obtenidos de parejas criadas a las temperaturas del ensayo a realizar. Una vez anotada la fecha de puesta, los huevos eran observados diariamente hasta la eclosión de los mismos, aislando 10 larvas de primer estadio de diferentes puestas, hasta obtener tandas de unas 50 larvas.

Las larvas aisladas eran colocadas en botes Coulter, recipientes de plástico de 25 ml con tapón hermético, en el que se había practicado un orificio superior de aproximadamente 0.75 cm de diámetro y sellado con malla metálica de 0.5 mm de luz. Los botes a su vez eran colocados en tandas de 25 en bandejas de plástico y colocadas en el incubador. Todas las larvas eran numeradas en cada tanda y temperatura, y observadas diariamente hasta el momento en que se producía la muda, lo cual era apreciado por la observación de las cápsulas cefálicas y restos de la cutícula de las orugas al despojarse de la misma en la ecdisis, encontrándose patente siempre la cápsula cefálica, al ser ésta una estructura más esclerotizada.

La alimentación de las larvas se realizó con dieta artificial para temperaturas de 15, 20, 25 y 30° y de hojas de pimiento a 25°. El alimento era suministrado diariamente, cambiando a las larvas de bote cuando fue necesario.

Para la cría a 15°C se realizó un ensayo complementario como consecuencia de la falta de emergencia de adultos en las tandas de desarrollo. Para ello, se utilizaron nuevos individuos criados sin aislar a esa temperatura y se mantuvieron hasta pupación, momento en el cual se aislaron las pupas.

Incluido en los ensayos en los que se comprobaron los efectos de la dieta en el desarrollo, se realizó un ensayo complementario para evaluar el efecto de grupo, para lo cual, se llevaron a cabo tandas de cría de individuos agrupados, disponiéndose larvas neonatas en número de 20 a 30 en recipientes de 15 x 25 cm de base y 10 cm de altura, con malla metálica en la tapadera, suministrando diariamente alimento suficiente para el desarrollo de las larvas. Asimismo se procedió al pesado de las pupas de estos ensayos, para lo cual se utilizó una balanza Mettler® AJ-100, con una precisión de  $\pm 0.0001$  gr.

El manejo de larvas se realizó con ayuda de pinceles de pelo de camello números 0 y 1 para los primeros estadíos larvarios, y con unas pinzas blandas para estadíos más avanzados. Hay que señalar que se evitó lo máximo posible la manipulación de los primeros estadíos larvarios para no producir daños o lesiones a los mismos.

El material y utillaje utilizado en la cría era lavado y desinfectado con una solución de lejía al 5% antes de su reutilización, para evitar la contaminación desde larvas enfermas y posibles epizootias.

Los datos recogidos de los estudios de biología en cuanto a desarrollo de estados inmaduros fueron:

- Duración en días del período de incubación de huevos.
- Duración en días de los distintos estadíos larvarios.
- Duración en días del estado de pupa.
- Duración de los diferentes estados según sexo.
- Supervivencia de los distintos estados de desarrollo.

Los cálculos y análisis de los valores de duración en días de los diferentes estados de desarrollo y estadíos larvarios, se analizaron con el programa estadístico STATISTIX® para ordenador PC (SIEGEL, 1992). La estimación de diferencias se realizó mediante análisis de varianza y la comparación de medias con el test de mínima diferencia significativa (MDS) con un probabilidad de  $P=0.05$ .

#### **Composición y preparación de la dieta artificial:**

La dieta utilizada tiene como componentes base maíz y germen de trigo, y es una dieta general para cría de Lepidópteros Noctuidos, empleándose una modificación de la descrita por CABELLO *et al.* (1984a) para cría de *Heliothis armigera*, *Spodoptera littoralis* y *Trigonophora meticulosa* (L.).

La composición para 1 litro de la misma es la siguiente:

AGUA	880 ml
AGAR	20 g
SEMOLINA DE MAÍZ	50 g
GERMEN DE TRIGO	50 g
LEVADURA DE CERVEZA	50 g
ÁCIDO ASCÓRBICO	4.5 g
ÁCIDO BENZOICO	1.8 g
NIPAGINA	1.8 g
CLORANFENICOL	0.5 g

Para su preparación, se disolvía el agar en agua destilada a 80°C con agitación, dejando que se enfriara hasta unos 60°C, añadiendo a continuación el resto de componentes de la dieta, siguiendo con la agitación para conseguir una mezcla homogénea.

A continuación se dejaba enfriar aún más, y sin que llegara a solidificarse se repartía vertiéndola en placas de Petri estériles, las cuales cuando se había producido el enfriamiento completo a la temperatura ambiente y por tanto solidificado, se tapaban y sellaban con papel parafilm.

La dieta así preparada era conservada en frigorífico a unos 4-6°C para su posterior utilización, manteniendo un grado aceptable de hidratación unos 20 a 30 días.

#### **Alimentación a base de hojas de pimiento:**

La alimentación con hojas de pimiento se realizó aportando hojas frescas de este cultivo de unos 10 a 15 cm de longitud, recogidas en plantas en las que no se realizaron tratamientos fitosanitarios. Las hojas recogidas en bolsas fueron inmediatamente introducidas en frigorífico a unos 4-6°C hasta su posterior utilización. El período máximo de conservación para mantener una buena turgencia de las hojas fue de unos 5 a 7 días.

#### **5.1.2. FECUNDIDAD Y LONGEVIDAD DE IMAGOS**

Los individuos evolucionados en los estudios de desarrollo, fueron sexados en estado de pupa, emparejándose a la emergencia de los adultos eligiendo machos y hembras de distintas puestas de las diversas tandas de cría. Estas parejas eran recluidas en cámaras de puesta desde el día de su emergencia de las pupas, y alimentadas con una solución de agua-miel al 10% por su adecuación en la cría y mantenimiento en laboratorio de imagos de Lepidópteros (SIMMONS y LYNCH, 1990).

Las cámaras de puesta consistían en un cilindro de papel de filtro de unos 7 cm. de altura, cerrado por ambos lados por placas de Petri de plástico de 9 cm. En el interior se introdujo un pequeño recipiente en el que se colocó un fragmento de algodón empapado con la solución de agua-miel para la alimentación de los imagos. Esta solución era renovada cada

1-2 días, dependiendo del estado de contaminación con escamas de las alas y/o fermentación de la hidromiel.

Diariamente se anotaba el número de huevos depositados por las hembras, cambiando el cilindro de papel de filtro. Algunos de los plastones de huevos depositados se utilizaron para los estudios de fertilidad. Igualmente se anotó la fecha de muerte de los adultos en las cámaras.

Los datos recogidos en los estudios realizados en las cámaras de puesta fueron los siguientes:

- Día de la primera puesta desde el emparejamiento.
- Número de huevos depositados por hembra.
- Longevidad en días de imagos macho y hembra.

Los datos se analizaron mediante ANOVA estableciendo diferencias entre medias con el test de mínima diferencia significativa (MDS;  $P=0.05$ ).

### 5.1.3. TASA DE ECLOSIÓN DE HUEVOS

A partir de plastones de huevos obtenidos en las cámaras de puesta a las distintas temperaturas, se escogió un número aproximado de unos 30 plastones por temperatura depositados por hembras de distintas parejas, escogiendo aquellos que contenían números de huevos entre los márgenes que se pueden considerar que corresponden a las puestas medias (40 a 200 huevos). Estos plastones eran recortados del cilindro de puesta, y una vez contados los huevos, introducidos en frascos coulter con una pequeña porción de dieta para procurar alimento a las larvas neonatas cuando nacieran.

Diariamente se observaban los plastones, contando el número de huevos eclosionados, lo que se realizaba por diferencia de los que quedaban. Este recuento se realizó hasta la total eclosión de los plastones o hasta un margen de días suficientemente amplio, dependiendo de la temperatura del ensayo, para asegurarnos de que los no eclosionados ya no lo harían.

Los datos que se recogieron en los estudios de fertilidad fueron:

- Duración del período de incubación de los huevos.
- Número de huevos que eclosionaban diariamente desde la puesta.
- Número de huevos eclosionados sobre el total del plastón.

Otros datos de biología se obtuvieron con objeto de determinar el comportamiento de oviposición en las cámaras de puesta. Durante las tandas de emparejamientos a 25 y 30°C se observaron y anotaron el número de huevos depositados por las hembras en el período de oscuridad y en el período de iluminación, para lo cual la evaluación de huevos depositados se realizó para 12 parejas, justamente después del cambio del fotoperíodo programado en el incubador.

## 5.2. FENOLOGÍA MEDIANTE TRAMPAS

### 5.2.1. TRAMPA DE LUZ

Se construyó una trampa de luz siguiendo el modelo del tipo "Pensilvania" con fuente de iluminación constituida por una lámpara de luz ultravioleta con una longitud de onda de 375 nm (Philips® TL 20 W/05).

Dicha trampa fue fijada en el tejado de una caseta de riego, a una altura de 4 m sobre el suelo, y libre de edificaciones a su alrededor que pudieran interferir en la visibilidad de la misma, localizada en el C.I.D.H. de La Mojonera (Almería), en una zona que está rodeada por invernaderos.

Mediante un reloj temporizador, se programó para que el encendido se produjera unos 30 minutos antes de la puesta del sol y el apagado asimismo 30 minutos después del amanecer. Para ello se fue modificando el fotoperíodo a lo largo de las estaciones con el aumento o disminución de las horas de sol.

La trampa se puso en servicio en el mes de diciembre de 1991, y los datos de capturas fueron recogidos desde esa fecha hasta el 30 de julio de 1993. La recogida de muestras se realizó dos veces en semana, y durante ciertos períodos de tiempo, diariamente, cambiándose cada 15-20 días las pastillas de DDVP (diclorvos 20% w/w) que se utilizaron para matar los imagos en el recipiente de recogida de muestras.

Todos los imagos de Lepidópteros Noctuidos fueron separados del resto de artrópodos. De ellos, y en base a caracteres morfológicos externos, fueron seleccionados los especímenes que pertenecían a la especie *Spodoptera exigua* y ejemplares morfológicamente afines.

De los ejemplares de ésta última selección se hicieron preparaciones de genitales externas, realizándose el recuento de los individuos efectivamente pertenecientes a la especie objeto de estudio y diferenciación de sexos, así como la determinación del número de espermátóforos incluidos en las bolsas copulatrices de las hembras.

### 5.2.2. TRAMPAS DE FEROMONAS

Se utilizaron atrayentes sexuales de feromonas sintéticas de hembras de la especie *Spodoptera exigua* (Aralure *Spodoptera exigua*, E.I. Aragonesas). Estas cápsulas de feromonas fueron colocadas en trampas "funnel" o tipo polillero (E.I. Aragonesas) o en trampas tipo delta (Estaciones TDA, E.I. Aragonesas). Las cápsulas y en su caso las pastillas de DDVP en los polilleros eran reemplazadas mensualmente en cada trampa.

Las trampas se utilizaron dentro de invernaderos experimentales y al aire libre. En los primeros, las trampas se fijaron al tejido de alambre de la estructura, procurando una altura de 1.75 m sobre el suelo. En el segundo caso, se fijaron a estructuras permanentes

manteniendo la misma altura. El número de trampas fue de 2 por invernadero en 2 invernaderos distintos. A lo largo del período de seguimiento se mantuvieron cultivos de pimiento durante las campañas de otoño y primavera, quedando sin cultivo solamente unas 5 semanas en el cambio de campaña durante el verano. Las trampas de feromonas exteriores, en número de 3, estaban situadas siempre en localizaciones próximas a invernaderos, en un rango de unos 50 a 100 m de distancia a los mismos. Una de ellas se encontraba inmersa en una zona de pinos y las otras 2 en zonas despejadas de edificaciones. Todas las trampas de feromonas, tanto dentro como fuera de invernaderos fueron dispuestas en la finca del C.I.D.H. de La Mojonera (Almería).

Aparte del modelo utilizado, la coloración escogida de polilleros fue con tapa amarilla y base blanca, ya que en sus ensayos, HENDRIX y SHOWERS (1990) comprobaron que esta combinación de colores era la más eficaz en cuanto al número de capturas de los adultos de *Agrotis ipsilon* (Hüfnagel), otra especie plaga de la familia Noctuidae.

Las capturas realizadas a lo largo del período, que comenzó en septiembre de 1991 y finalizó en julio de 1993, se prepararon para confirmación de los machos de *S. exigua* mediante el estudio del andropigio de los ejemplares capturados, puesto que existieron capturas de otras especies del género *Spodoptera*, principalmente *S. ciliium* Gueneé, de difícil separación exclusivamente por morfología externa o coloración de las escamas de las alas, que en algunos casos se perdieron por los roces y golpes dentro de las trampas.

Para todo el período de seguimiento se correlacionaron los valores de capturas de las trampas de feromonas, fuera y dentro de invernaderos y la trampa de luz. Para ello se transformaron los datos del total de las 116 semanas de muestreo a  $\log(x+1)$ , siendo  $x$  el número de capturas.

### 5.3. EVOLUCIÓN DE POBLACIONES EN CULTIVO DE PIMIENTO EN INVERNADERO

El estudio del desarrollo de los estados inmaduros de *S. exigua* en cultivo de pimiento en invernadero se realizó utilizando los datos obtenidos en los 4 ensayos de seguimiento de población en cámaras aisladas con plantas de pimiento que se realizaron durante el período comprendido entre el 10 de junio de 1992 y el 27 de enero de 1993.

Para el estudio de la evolución de las poblaciones de *S. exigua* en condiciones de invernadero, para cada subensayo se construyeron cámaras de seguimiento que consistían en un recinto cerrado al paso de adultos y larvas y que comprendía 5 plantas completas de pimiento. Estas cámaras presentaban una altura aproximada de 2.25 m, una anchura de 2 m y una longitud de 5 m, por lo que el volumen aproximado era de 22.5 m<sup>3</sup>. Para conseguir el aislamiento se dispuso una banda de manta térmica sujeta al tejido de alambre de la estructura que se utiliza para entutorado englobando las plantas. En su parte inferior se enterró unos 15 cm en la arena, y en sus extremos abiertos se cerró con pinzas. Se dejó amplitud suficiente para trabajar en su interior, manteniendo el cierre de la cámara.

Dentro de las cámaras se introdujo un termohigrógrafo en los períodos de ensayo, controlando temperatura y humedad relativa. Los valores obtenidos no diferían en exceso de los datos exteriores como para influir en las condiciones estándar de fenología y desarrollo normales del cultivo que pudieran desvirtuar el ensayo.

Las plantas dentro de cada cámara fueron numeradas y en cada recuento se anotó el estado fenológico de las mismas con medidas de altura hasta la cruz, altura total, número de ramas laterales, número de hojas, flores, botones florales y frutos en las distintas ramas.

Al inicio de cada uno de los subensayos se soltó una pareja de adultos inmaduros de *S. exigua* procedentes de la población criada en el laboratorio. Desde la suelta se observaron diariamente todos y cada uno de los órganos y estructuras vegetales de cada planta en busca de los plastones de huevos. Al ser detectados, eran etiquetados y numerados, contando el número de huevos depositados por plastón en cada localización.

Una vez eclosionados los huevos se realizó un seguimiento periódico 2 veces en semana, observando y anotando todas las larvas de los distintos estadíos que se encontraban en las 5 plantas. Además, para cada una de ellas se anotaba la localización sobre la que se encontraba en el muestreo, esto es, parte de la planta y órgano. Este seguimiento se realizó hasta la pupación de todas las larvas. Después de ese momento se realizó la recolección de pupas con retirada y cribado de la arena hasta unos 15 cm de profundidad. Las pupas obtenidas se confinaron en evolucionarios de madera con paredes de malla metálica de 0.5 x 0.5 mm de luz, y enterradas en la misma arena del invernadero. Estos evolucionarios a su vez, se dejaron dentro de las cámaras, enterrados al pie de las plantas, con lo que mantuvieron en su interior unos niveles de humedad similar a la arena de las cámaras, observándose diariamente y anotando la emergencia de adultos.

Los distintos subensayos en cuanto a fechas y recuentos realizados en los mismos se muestran a continuación:

Subensayo	Numero de recuentos	Fecha del primer recuento	Fecha del último recuento
1	12	10/6/92	3/7/92
2	15	20/7/92	11/8/92
3	14	20/7/92	10/8/92
4	23	6/11/92	27/1/93

La relación existente entre el desarrollo y tiempo fisiológico se estableció siguiendo la metodología utilizada por ZAJAC *et al.* (1989) para cálculos del modelo de desarrollo del Homóptero *Philaenus spumarius* (L.). Para ello, los datos de presencia de los distintos estados o estadíos de *S. exigua* en las cámaras de ensayo se tomaron acumulando el número de individuos de cada estado o estadío de cada ensayo particular para los Grados-día correspondientes a las fechas de muestreo pertinentes, calculando los porcentajes de presencia de los valores acumulados.



Con los datos obtenidos se calcularon las ecuaciones de regresión lineal existentes entre el porcentaje de insectos en cada estado o estadio y los Grados-día acumulados entre los umbrales estimados.

#### **5.4. REALIZACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN DE LA FENOLOGÍA DE *SPODOPTERA EXIGUA* EN CULTIVO DE PIMIENTO**

El modelo matemático de fenología se realizó sobre la base de los datos obtenidos en los diferentes ensayos de biología en laboratorio, datos de seguimiento en campo de los estados de desarrollo y fenología de adultos mediante la trampa de luz. Este modelo es una modificación para nuestras condiciones de campo del realizado por HOGG y GUTIERREZ (1980) para la fenología de *S. exigua* en California central, al que se han aportado los parámetros que se obtuvieron en los resultados de este trabajo.

Para la construcción del modelo se utilizaron los datos de duración del desarrollo en tiempo fisiológico (Grados-día) y umbrales de desarrollo en laboratorio, mortalidad de estados inmaduros en laboratorio y campo, fecundidad de hembras, supervivencia y umbrales de actividad de adultos, proporción de sexos en el período de seguimiento en trampa de luz e interacción de temperaturas externas con las capturas en trampas.

El programa informático del modelo se realizó en lenguaje de programación Q-BASIC (MICROSOFT®, 1988) para ordenador PC bajo sistema operativo MS-DOS y para ello se utilizó un ordenador PC 486 DX a 33 Mhz. El programa se presenta en fichero ejecutable, siendo conveniente para el desarrollo de la aplicación, un procesador 486 ó 386 con coprocesador matemático.

Al ejecutar el programa, y tras introducir los datos identificativos, se elige la opción de lectura de los datos climáticos del año que se quiere simular, bien por lectura de ficheros de datos ASCII o bien por teclado. A continuación hay que introducir el número de capturas de la primera semana del año en que éstas se producen, y sucesivamente va pidiendo los valores de las semanas siguientes, de forma que, controlado el proceso por el cálculo de los Grados-día acumulados, va pidiendo valores de capturas hasta que se ha determinado la conclusión de un ciclo completo de desarrollo de la especie en función de las temperaturas. En este momento, el programa demanda un parámetro que utiliza para equilibrar la simulación para los distintos años y zonas geográficas. A partir de este momento comienzan los cálculos de simulación. Una vez concluidos, el procedimiento ofrece la elección de la salida de los resultados, bien por pantalla o por impresora.

Aunque el programa realiza los cálculos tomando los días como unidad de proceso, datos que puede obtenerse en las salidas por pantalla, la salida de resultados por impresora se realiza con valores acumulados de los días de las semanas del año.

### 5.5. PROSPECCIÓN DE ENEMIGOS NATURALES

La prospección de enemigos naturales se centró en el estado de larva en sus distintos estadios y se realizó durante el período de tiempo comprendido entre octubre de 1991 y julio de 1993, sin número definido de muestras o localizaciones, pero procurando cubrir todas las épocas del año. Se puso especial énfasis en las épocas de cultivo de pimiento, y se abarcaron diferentes localizaciones de la provincia en las que se cultiva pimiento en invernadero. Hay que señalar que la prospección de enemigos naturales no sólo se realizó en pimiento, sino que se recogieron muestras de otros cultivos y plantas adventicias, especialmente de *Chenopodium* spp., *Amaranthus* spp. y *Convolvulus* spp.

Las muestras de larvas recogidas eran llevadas al laboratorio en bolsas o recipientes cerrados e individualizadas en frascos Coulter con dieta artificial como alimento, manteniéndose en condiciones ambientales del laboratorio que fluctuaron entre 18 y 24°C en las distintas épocas, con una humedad relativa entre el 40 y el 60%. Cuando estas condiciones no se daban a temperatura ambiente, las larvas aisladas eran introducidas en un incubador a 20°C, HR del 50 al 70% y fotoperíodo de 16:8 horas L:O. Estas larvas se dejaron evolucionar hasta estado adulto o hasta la muerte y emergencia en su caso del parasitoide o parasitoides.

Los datos del número de larvas aisladas en las diferentes épocas del año y localizaciones se muestran en la siguiente tabla:

Nº larvas por mes Meses (1992 y 1993)	Plantas hospedantes prospectadas	Nº muestras por Localidades	Nº de muestras por estadio
Enero (3)	Pimiento (198)	El Ejido (1)	Puestas (10)
Mayo (134)	Tomate (10)	La Mojonera (281)	L <sub>1</sub> (18)
Junio (86)	Melón (2)	Roquetas de Mar (6)	L <sub>2</sub> (64)
Julio (2)	Pepino (18)	Aguadulce (10)	L <sub>3</sub> (112)
Agosto (5)	Sandía (49)	La Cañada (2)	L <sub>4</sub> (166)
Septiembre (30)	Calabacín (1)	San Isidro (63)	L <sub>5</sub> (40)
Octubre (139)	Malas hierbas (121)	Níjar (37)	
Noviembre (1)	Otros (1)		

Como puede apreciarse en la tabla, hay una proporción grande de muestras en la campaña de otoño (septiembre y octubre) y en primavera (mayo y junio) que son dos momentos de cultivos con gran incidencia de la plaga. En cuanto a localidades, la mayoría de las muestras proceden del término municipal de La Mojonera (281), siendo la zona de Níjar y San Isidro la segunda en cuanto al número de muestras.

Por estadios larvarios, hay una mayor cantidad de larvas recogidas en los estadios L<sub>3</sub> y L<sub>4</sub>, mientras que del resto de estadios las cifras son menores. El número de puestas (plastones de huevos) aisladas fue de 10.

## 5.6. ENSAYOS DE DISTRIBUCIÓN EN CULTIVO DE PIMIENTO EN INVERNADERO

### 5.6.1. DISTRIBUCIÓN EN LA PARCELA

Estos estudios se realizaron en un invernadero tipo "parral", enarenado y con riego por goteo, localizado en el C.I.D.H. de La Mojonera. El cultivo de pimiento, variedad INIA, fue plantado el día 28 de agosto de 1991, ocupando una superficie de 750 m<sup>2</sup>. Esta parcela de cultivo, fue subdividida transversalmente por bandas de plástico de 0,5 m de altura cada 4 líneas de pimiento, por lo que quedaron separados 12 bloques de 4 líneas de 25 plantas cada una.

El diseño del experimento fue de bloques al azar, con 4 repeticiones por tratamiento. Los diferentes tratamientos, denominados M-1, M-2 y M-3 consistieron en las siguientes modalidades de muestreo:

Tratamiento M-1: Muestreo de 6 plantas juntas, 3 en cada una de las dos filas centrales adyacentes.

Tratamiento M-2: Muestreo de 2 grupos de 3 plantas consecutivas en las 2 filas centrales, eligiendo al azar los grupos en cada muestreo.

Tratamiento M-3: Muestreo de 6 plantas en una sola de las líneas, elegidas al azar y sistemáticamente cada 4 plantas.

En cada planta muestreada, se observaba y anotaba el número de plastones de huevos depositados y el número de larvas de los distintos estadíos que se encontraron en hojas, flores y frutos, diferenciando en las hojas entre las del tallo principal, hojas del dosel y resto de la planta.

Los muestreos se realizaron en cada parcela elemental semanalmente, durante un período de 48 días, entre el 3 de octubre y 21 de noviembre de 1991, en un número de 7.

Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza con un diseño de parcelas divididas en el tiempo (STEEL y TORRIE, 1985) para recuentos del número de puestas y larvas en valores acumulados en los 7 muestreos. Los valores fueron transformados con  $\sqrt{x+0.5}$ . Además se realizó un ajuste de los datos a la distribución binomial negativa por medio del algoritmo desarrollado en un programa informático por CABELLO *et al.* (1992). Por último, con los datos recogidos se calcularon los índices de agrupamiento por el método de regresión de la ecuación de IWAO (1968).

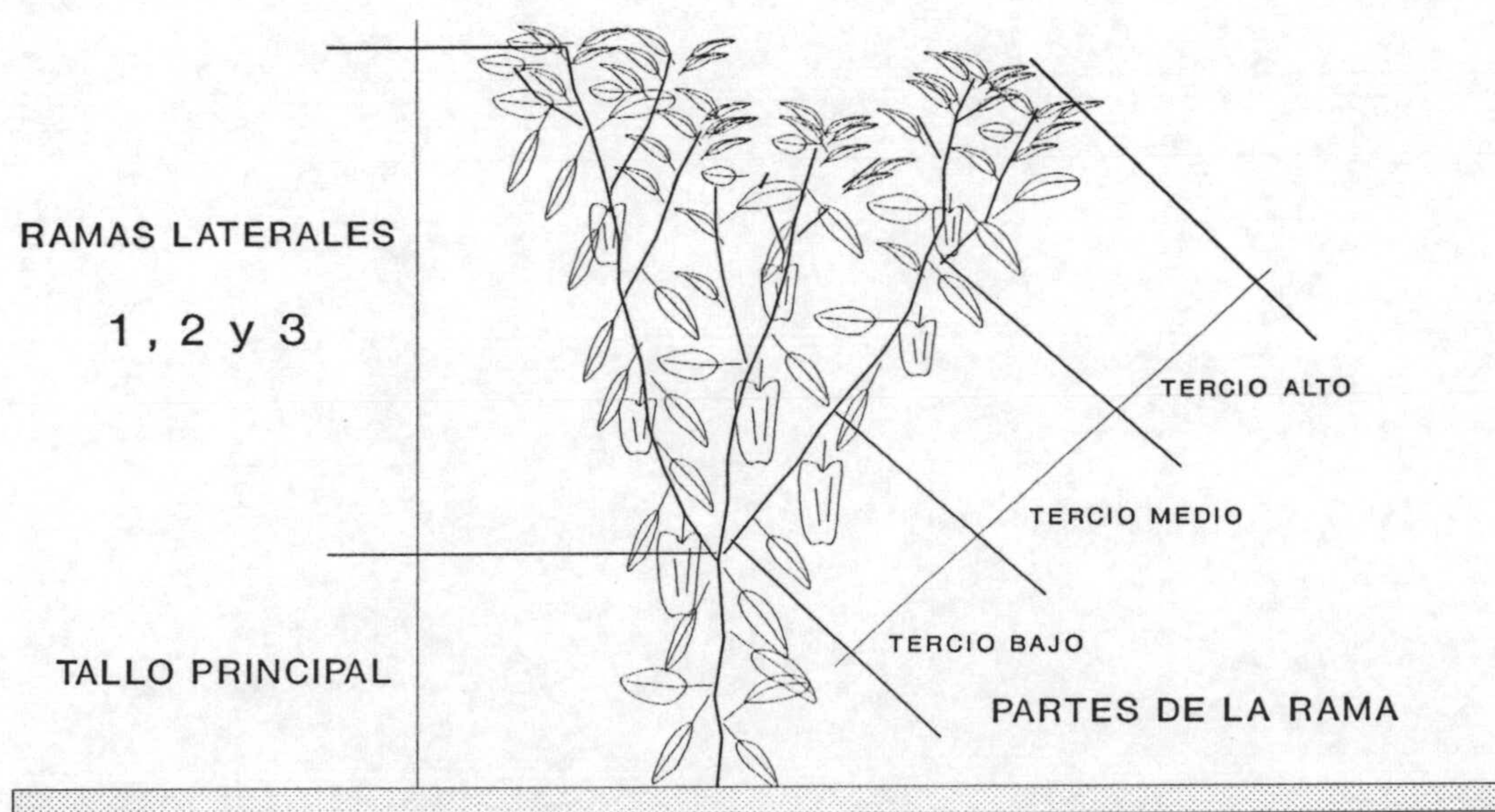
### 5.6.2. DISTRIBUCIÓN DENTRO DE LA PLANTA

Los datos de los muestreos para distribución entre plantas se utilizaron además para el estudio de distribución dentro de la planta de pimiento en invernadero, diferenciando entre

los distintos estadios larvarios ( $L_1$  a  $L_5$ ) y entre los distintos órganos y partes delimitadas de la planta. Los resultados para este tipo de distribución se analizaron mediante análisis discriminante por pasos con el programa informático BMDP-7M (JENNRICH y SAMPSON, 1990).

Complementariamente a los resultados obtenidos del ensayo anterior, se diseñó un experimento en el que se manejaron mayor número de puestas y larvas, así como la diferenciación de la planta en divisiones más pequeñas y delimitadas. Las divisiones en las diferentes partes de la planta de pimiento son las que se muestran en la figura esquemática de la planta de pimiento en esta misma página.

Este ensayo se llevó a cabo en dos invernaderos localizados en el Centro de Investigación y Desarrollo Hortícola de La Mojonera, ambos de tipo "parral" de cubierta plana, enarenado y con riego por goteo. El cultivo, pimiento en ambos invernaderos, ocupó una superficie de 750 m<sup>2</sup> en uno de ellos, plantado el día 28 de agosto de 1991 con la variedad INIA. El segundo tenía una superficie de 1500 m<sup>2</sup>, que fue plantado con la variedad Tango el 8 de agosto. En ambos casos el marco de plantación fue de 1 m entre filas y 0.5 m entre plantas. A lo largo del cultivo, en ambos invernaderos, se realizaron las labores habituales de entutorado, poda, abonado y riego, propias de la zona. Igualmente los tratamientos químicos realizados en el primer invernadero fueron pulverizaciones con cada una de las materias activas siguientes: propoxur, imidacloprid, metiocarb y triadimenol; en el segundo se realizó una aplicación con bupirimato, propamocarb, fenarimol y pirimicarb.



Partes de la planta de pimiento consideradas en la localización de huevos y larvas de *Spodoptera exigua* en el ensayo de distribución dentro de la planta

Entre el 9 de octubre de 1991 y el 11 de marzo de 1992 se muestrearon un total de 41 plantas de pimiento, aproximadamente dos plantas por semana, elegidas en cualquiera de los dos invernaderos, pero que tuvieran siempre presencia de los estados inmaduros de *S. exigua*. En cada planta se realizó un muestreo visual para contabilizar huevos y larvas de la especie plaga, así como su localización. A estos efectos, la planta se dividió en tallo principal (hasta la cruz) y ramas laterales (2 ó 3, según el desarrollo de la planta). Cada rama se dividió a su vez en tres tercios a lo largo de su longitud: basal, medio y terminal; igualmente se consideraron, a efectos de localización de los estados inmaduros, hojas, flores y frutos de cada una de las partes antes mencionadas.

A su vez, para cada órgano en las distintas partes de la planta se diferenciaron entre órganos jóvenes/pequeños o viejos/grandes. Para ello se tomó el criterio de asignar las hojas jóvenes a aquellas que tuvieran un tamaño menor de 10 cm de longitud, flores jóvenes a aquellas que aun no habían abierto las anteras y frutos pequeños a los que no sobrepasaban los 5 cm de longitud.

Los datos recogidos fueron analizados mediante tablas de contingencia y prueba de  $\chi^2$  para el contraste de hipótesis (STEEL y TORRIE, 1985).

#### **5.7. REALIZACIÓN DEL ESTUDIO ECONÓMICO DEL CONTROL DE SPODOPTERA EXIGUA EN CULTIVOS DE PIMIENTO EN INVERNADEROS DE ALMERÍA**

El estudio económico del control de *S. exigua* en cultivos de pimiento en invernadero se realizó siguiendo la metodología de CABELLO y CAÑERO (1993a). Para ello se realizó durante la campaña 1991/92 un seguimiento de 20 invernaderos en los que se cultivó pimiento. En cada invernadero y parcela de cultivo se realizaron visitas semanales en la que se anotaron las distintas aplicaciones de fitosanitarios y plagas para las que fueron utilizadas así como los costes de aplicación de las mismas.

Los datos recogidos fueron posteriormente desglosados utilizando aquellos tratamientos que fueron dirigidos para el control de *S. exigua*, para los cuales se realizó el análisis de costes. En este sentido, en las aplicaciones realizadas con mezclas dirigidas contra una o más plagas y/o enfermedades se realizó un cálculo proporcional de los costes que pudieran imputarse al control de la plaga objeto de estudio.

El análisis contempló las diferentes materias activas utilizadas (incluyendo nombre comercial, dosis y fechas de aplicación), tiempo empleado, equipo y forma de las aplicaciones. Los costes de productos fitosanitarios se expresaron en Pts/Ha considerando el valor del producto aplicado y los costes de mano de obra. El coste de la mano de obra familiar se valoró al mismo precio que la contratada, para tener en cuenta su coste de oportunidad (REICHELDERFER *et al.*, 1985).

Para el análisis económico se ha considerado una explotación tipo con cultivo de pimiento en invernadero. La inversión considerada es de 15.822.440 Pts, con una vida de 10 años y un interés calculatorio del 11% (CABELLO y CAÑERO, 1993a). Los parámetros

que se han utilizado para medir la rentabilidad de la inversión, han sido el V.A.N. (Valor Actual Neto) en Pts, y la T.I.R. (Tasa Interna de Rendimiento) en %. Para la determinación de dichos parámetros se han estimado los cobros y pagos anuales. Se consideraron como cobros la producción vendida y como pagos, los precios de las plantas, fertilizantes, fitosanitarios, mano de obra, riegos y otros. Se ha analizado la variación de los distintos parámetros con oscilaciones del 10 y el 20% del coste de los fitosanitarios empleados contra *S. exigua* y la mano de obra de la aplicación.

Los cálculos del V.A.N. (Valor Actual Neto), se realizaron a partir de la siguiente fórmula para un período de 10 años:

$$V.A.N. = \sum_{j=1}^{10} \frac{R_j}{(1+i)^j} - K \quad (1)$$

donde:  $R_j$  es el flujo de caja, representado por la diferencia entre pagos y cobros  
 $K$  es la inversión  
 $j$  es el año del cálculo  
 $i$  es el tipo de interés bancario al uso

El flujo de caja,  $R_j$ , es variable en función de los años, ya que hay que incluir los descuentos en los años que se realizan gastos extraordinarios.

## 5.8. ENSAYOS DE EFICACIA CONTRA *SPODOPTERA EXIGUA*

Los ensayos de eficacia para el control de la plaga se realizaron tanto en laboratorio como en campo con utilización de materias activas de acción específica y poco tóxica para fauna auxiliar, con especial interés en productos de nueva aparición y tendencia a su utilización de forma comercial en la zona. Las materias activas se ensayaron a las dosis recomendadas por las casas comerciales para todos los ensayos.

### 5.8.1. ENSAYOS EN LABORATORIO

Los ensayos se plantearon en laboratorio con objeto de evaluar la eficacia a corto plazo de distintas materias activas con acción por ingestión para el control de larvas de *Spodoptera exigua*. Para ello las aplicaciones se realizaron sobre larvas de segundo estadio con evaluación de la mortandad a las 24, 48 y 120 horas para el primer ensayo y 24, 48, 120 y 168 horas para el segundo ensayo. En estos tiempos después de la primera aplicación, las materias activas que se encuadran entre los insecticidas reguladores del crecimiento de insectos (RCI's) como son flufenoxuron y teflubenzuron que actúan sobre la muda han podido ejercer su acción ya que en el último control se ha producido la muda de estadio  $L_2$  a  $L_3$  en el primer ensayo.

En el segundo ensayo, se evaluaron las mismas materias activas con la adición de cera de montana a una dosis de 1 cc/l, que actúa como mojante de hojas, y además se realizó una evaluación a los 7 días (168 horas), en la cual ya había ocurrido la muda de  $L_3$  a  $L_4$  en

la mayoría de los individuos, y por lo tanto los productos RCI's tuvieron ocasión de actuar sobre la segunda muda ocurrida durante el ensayo. Por otra parte, la eficacia de la cepa híbrida *aizawai:kurstaki* de *Bacillus thuringiensis*, pudo ser evaluada con más tiempo para actuar.

Los resultados se analizaron mediante análisis de varianza y la comparación de medias con el test de mínima diferencia significativa (MDS).

Los ensayos de laboratorio se realizaron con la metodología propuesta por la EPPO, modificada, para evaluación de resistencias en organismos perjudiciales para las plantas cultivadas (EPPO, 1990).

Para ello se utilizaron contenedores de plástico con un volumen de aproximadamente 2 litros, y ventilación con tela metálica de 0.5 mm de luz en la tapadera. Se utilizaron hojas recién cortadas de un cultivo de pimiento que no había recibido tratamientos fitosanitarios, las cuales se sumergieron por espacio de 5 segundos, con una ligera agitación, en las distintas diluciones de insecticidas a las dosis recomendadas por las casas comerciales. Dejando transcurrir un tiempo de aproximadamente 1 hora y una vez secadas sobre papel de filtro se depositaron dentro de los recipientes de plástico. A continuación se introdujeron 10 larvas de *Spodoptera exigua* de la misma edad en cada uno de ellos.

Para cada tratamiento se realizaron 4 repeticiones, utilizando un tratamiento testigo, en el que las hojas fueron sumergidas en agua y un tratamiento estándar, eligiendo una materia activa de contrastada eficacia (clorpirifos). El resto de materias activas estaban constituidas por dos acyl-ureas (flufenoxuron y teflubenzuron) y un nuevo preparado a base de *Bacillus thuringiensis* de la cepa CG-91, un transconjugante de las subespecies *aizawai* y *kurstaki*.

Las larvas utilizadas se obtuvieron de la población de cría en laboratorio y procedente de puestas de parejas distintas para asegurar la diversidad de la población. Las puestas se dejaron incubar y las larvas nacidas fueron criadas sobre dieta de hojas de pimiento de plantas que no habían recibido tratamiento fitosanitario alguno. Para cada repetición y tratamiento se escogieron al azar 10 larvas que presentaran un comportamiento y aspecto normal de entre las de la misma edad.

### Ensayo de laboratorio n° 1:

Este ensayo se realizó sobre larvas de segunda edad (L<sub>2</sub>) en el mes de junio de 1993. La evaluación de eficacia se realizó anotando el número de larvas muertas a las 24, 48 y 120 horas después del primer tratamiento de las hojas. En cada evaluación se cambiaron las hojas de pimiento por otras hojas nuevas tratadas con las diferentes materias activas.

Los datos de eficacia se analizaron mediante análisis de varianza de la mortalidad corregida respecto al testigo con la fórmula de Abbott (EPPO, 1990).

Las materias activas utilizadas, nombres de productos comerciales y dosis fueron los que se muestran a continuación:

Materia activa	Producto comercial	Casa comercial	Dosis
flufenoxuron 10%	CASCADE	SHELL	0.5 cc/l
clorpirifos 48%	DURSBAN	DOWELANCO	2.0 cc/l
teflubenzuron 15%	NOMOLT	SHELL	0.6 cc/l
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai:kurstaki</i> 6x10 <sup>6</sup> U.I./gr	TUREX	CIBA	1.0 g/l

### Ensayo de laboratorio nº 2:

Este ensayo se realizó sobre larvas de segunda edad (L<sub>2</sub>) también durante el mes de junio de 1993 y se utilizaron las mismas materias activas y dosis que en el ensayo 1 con la adición del mojante de hojas a base de cera montana del producto comercial MULTIUS (Agriplan) en las diluciones de los insecticidas.

La evaluación de eficacia se realizó anotando el número de larvas muertas a las 24, 48, 120 y 168 horas después del primer tratamiento de las hojas. En cada evaluación se cambiaron las hojas de pimiento por otras hojas nuevas tratadas con las diferentes materias activas.

Los datos de eficacia se analizaron mediante análisis de varianza de la mortalidad corregida respecto al testigo con la fórmula de Abbott.

### 5.8.2. ENSAYO EN CAMPO

La parcela para la realización del ensayo estaba situada en la finca experimental del S.P.V. en La Mojonera (Almería), ocupando una superficie de 500 m<sup>2</sup>, en un invernadero tipo parral de cubierta plana, enarenado y con riego por goteo. En esta superficie se realizó la plantación de pimiento, variedad Latino, en el mes de agosto de 1990 en un marco de plantación de 1 x 0.5 m.

Cada parcela elemental constaba de 4 filas de 12 plantas cada una. El diseño del experimento fue de bloques al azar con 3 repeticiones por producto ensayado y testigo.

Al inicio del ensayo se contaba con un ataque relativamente alto de la plaga, con daños por comeduras apreciables en el tercio superior de la planta y presencia de abundantes larvas de *S. exigua* de distintos estadíos en esa zona. La distribución de la plaga y daños era bastante uniforme debido al alto grado de infestación.

El calendario de conteos y aplicación fue el siguiente:

CONTEO PREVIO (T-1) :	15/7/91
APLICACIÓN :	16/7/91
PRIMER POSTCONTROL (T+8) :	24/7/91



Las materias activas y dosis ensayadas fueron las que se muestran en el cuadro siguiente:

Materia activa	Nombre comercial	Casa comercial	Dosis
<i>Bacillus thuringiensis</i> subesp. <i>kurstaki</i> 53 x 10 <sup>12</sup> U.S. <sup>(*)</sup> /gr	DELFIN	SANDOZ	0.75 g/l
teflubenzuron 15%	NOMOLT	SHELL	0.75 cc/l
<i>Bacillus thuringiensis</i> subesp. <i>kurstaki</i> 1 x 10 <sup>7</sup> U.I./gr	FLORBAC XLV	DUPHAR	2.60 g/l
hexaflumuron 10%	CONSULT 10 SC	DOWELANCO	1.00 cc/l

(\*) Unidades Spodoptera

La aplicación se realizó mediante pulverización con un gasto de caldo equivalente a 1500 l/Ha y sin la utilización de mojantes. La temperatura ambiente en el invernadero al inicio de la aplicación era de 29° C y la humedad relativa del 59%.

La evaluación de daños se realizó observando 5 brotes terminales del dosel de hojas en todas y cada una de las plantas de las dos filas centrales de las parcelas elementales. Para la cuantificación de daños se utilizó la escala de Barrat-Horsfall (0-11) de porcentaje de superficie foliar comida por las larvas de *S. exigua*. Asimismo se observaron y anotaron todas las larvas de cualquier estadio que se encontraron en estos 5 brotes terminales del dosel de hojas. Estas observaciones se realizaron en el conteo previo, un día antes de la aplicación insecticida (T-1) y a los 8 días de la aplicación (T+8), observándose en este último los 5 brotes terminales del dosel de hojas, aunque hubiesen tenido desarrollo vegetativo. No pudieron realizarse controles más alejados del tratamiento, pues la parcela se perdió a causa del virus del bronceado del tomate (TSWV), quedando las plantas muy deterioradas para la realización de los siguientes controles.



## **6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN**



## 6.1. BIOLOGÍA DE LA ESPECIE EN LABORATORIO

### 6.1.1. EFECTOS DE LA TEMPERATURA

#### Duración de los estados de desarrollo:

Los ensayos llevados a cabo a temperaturas constantes de 15, 20, 25 y 30°C, con alimentación a base de dieta artificial, ofrecieron los valores medios de duración en días que se recogen en la Tabla 1. En ella se muestran los valores para el conjunto de machos y hembras de todos aquellos individuos que completaron el desarrollo a temperaturas de 20, 25 y 30°C, eliminando los datos pertenecientes a larvas o pupas que no llegaron al estado adulto, para evitar los efectos del incremento del tiempo de desarrollo en aquellas larvas que pudieran estar afectadas por entomopatógenos u otras alteraciones fisiológicas.

En los datos correspondientes a 15°C, se han incluido todos los individuos ya que no se consiguió el desarrollo completo en ningún caso, habiendo terminado el desarrollo larvario y pupación sin emergencia de adultos.

Los valores de duración del estado de huevo para temperaturas de 15, 25 y 30°C ofrecieron en todas las tandas de ensayos valores de 7, 3 y 2 días respectivamente, sin variación alguna, por lo que para los valores de incubación de huevos se han utilizado además los datos obtenidos en los ensayos de fertilidad, en los que se anotó el día de eclosión después de la puesta en cada uno de los plastones que se aislaron para dicho ensayo. No obstante, para los valores totales del desarrollo se han utilizado los datos de duración de los huevos que se utilizaron para iniciar las tandas de los ensayos de desarrollo en laboratorio.

La duración del estado de prepupa, siguiendo el criterio de RICHARDS y DAVIES (1983) se incluyó dentro del desarrollo larvario en el cómputo de la duración del estado de larva en la Tabla 1, por no existir intermuda. Sin embargo, por su inmovilidad y ausencia de actividad alimenticia, este estado se ha diferenciado en los cálculos de los valores de duración de los diferentes estadios larvarios que se pueden apreciar en la Tabla 2. Para el ensayo realizado a 15°C se incluye la duración de los estadios supernumerarios que en este caso llegaron hasta estadio L<sub>6</sub> en los valores de desarrollo larvario.

En la Tabla 2 se muestran los valores de duración en días del desarrollo para los estadios larvarios. Solamente para temperatura de 15°C se obtuvieron individuos que presentaron estadios supernumerarios (L<sub>6</sub>) en un 24% de los casos. En la misma tabla se recoge además la duración del estado de prepupa cuyo de comienzo a efectos de contabilizar los días se consideró que era el momento en el que las larvas L<sub>5</sub> entraron en un estado de inactividad alimenticia y motriz, con disminución del tamaño y pérdida de turgencia del tegumento.

Los resultados del análisis para la duración del desarrollo de los estados de huevo, larva y pupa mostraron diferencias significativas entre todos los valores de temperatura.

**Tabla 1.** Duración media de los diferentes estados de desarrollo de *Spodoptera exigua* a temperaturas constantes alimentados con dieta artificial.

Estado	Temperatura (°C)	Duración (**) Días ± I.C. (95%)
HUEVO (*)	15	7.18 ± 0.05 a
	20	4.40 ± 0.03 b
	25	3.82 ± 0.02 c
	30	2.01 ± 0.00 d
LARVA	15	34.90 ± 1.81 a
	20	22.44 ± 1.56 b
	25	15.35 ± 0.37 c
	30	10.43 ± 0.27 d
PUPA	15	-
	20	8.90 ± 0.47 a
	25	7.80 ± 0.16 b
	30	5.09 ± 0.21 c
TOTAL DESARROLLO	15	-
	20	36.63 ± 2.24 a
	25	26.15 ± 0.39 b
	30	17.53 ± 0.32 c

(\*) Datos de incubación incluyendo los valores obtenidos en los ensayos de fertilidad.

(\*\*) Valores seguidos con distinta letra en la columna muestran diferencias significativas (MDS; P=0.05).

Los resultados obtenidos en la duración media de los estados de desarrollo, se asemejan bastante a los datos aportados por otros autores. Así, el tiempo de incubación en nuestros resultados es ligeramente más bajo para temperaturas de 15 y 20°C que los datos aportados por HOGG y GUTIERREZ (1980) a temperaturas similares, estando más igualados a 25 y 30°C. Sin embargo, la estimación de CAYROL (1972) a 19,8°C de 6.0 días para la incubación, es bastante mayor que los resultados obtenidos en nuestros ensayos a 20°C que ofrecen una duración de 4.40 días.

SANNINO *et al.* (1986 y 1987) obtuvieron un tiempo de duración del estado de huevo de 1.63 días para una temperatura de 28.1°C, valor más bajo que los 2.01 días estimados por nosotros para una temperatura mayor (30°C). Más parecidos son los datos de FYE y McADA (1972) que ofrecen una duración de 3 días para una temperatura entre 25 y 27°C.

El valor obtenido para la duración del estado de larva de 15.35 días a 25°C, difiere del aportado por CAYROL (1972) de 12.5 días a la misma temperatura, así como el valor de 16.4 días obtenido a temperaturas entre 20 y 22°C, muy distantes de los 22.4 días que ofrecen los resultados de nuestro ensayo.

Los valores aportados por la autora anterior para el desarrollo de pupas de 10 y 6 días para 25 y 30°C son, por el contrario, más elevados que los obtenidos por nosotros a las mismas temperaturas, los cuales ofrecen valores de 7.8 y 5.1 días respectivamente. El dato

aportado por FYE y McADA (1972) de 2 días para el estado de pupa a 25°- 27°C es bastante inferior a los 7.8 obtenidos en el ensayo.

HOGG y GUTIERREZ (1980) obtuvieron para la suma de los estados de larva y pupa una duración de 34.1 y 18.8 días para 21.1 y 26.7°C, respectivamente. La duración a temperaturas similares observada en nuestro ensayo, ofrece 31.34 y 23.15 días para 20 y 25°C, siendo por tanto algo inferior para 20°C y algo superior para 25°C. Nuestros datos a 30°C de 19.52 días de duración se asemejan más a los 18.8 días que los autores anteriores asignan a una temperatura de 26.7°C.

Por otra parte en lo concerniente a las temperaturas más bajas ensayadas, CAYROL (1972) estima una duración de 18 días a 15.4°C mientras que a 16.7°C HOGG y GUTIERREZ (1980) ofrecen una duración de 55 días al desarrollo conjunto de larva y pupa. En nuestro ensayo las pupas que se obtuvieron en la tanda de 15°C no llegaron a desarrollarse hasta adultos en ningún caso, permaneciendo en estado de pupa durante un tiempo de más de 60 días, pasado el cual se comprobó la falta total de movilidad y pérdida de peso respecto a otros individuos vivos en estado de pupa. La disección de los ejemplares mostró la ausencia de tejidos vivos.

Los valores registrados para el desarrollo de los distintos estadios larvarios y que se muestran en la Tabla 2, ofrecen diferencias significativas en cada uno de los estadios para las distintas temperaturas, excepto para el segundo estadio, L<sub>2</sub>, en el que no se aprecian diferencias significativas entre 15 y 20°C (MDS; P=0.05).

El cálculo de los valores medios que cada estadio aporta en porcentaje sobre el total del desarrollo larvario para todas las temperaturas, muestra porcentajes bastante similares, del orden del 14 al 17% de duración de cada estadio, excepto para el primer estadio (L<sub>1</sub>) que supone un 21.47% en valor medio. En el extremo contrario se encuentran los valores de prepupa con un 12.93% sobre el total del desarrollo. Sin embargo, calculando estos porcentajes a las distintas temperaturas, se observa que para 15°C la duración del estadio L<sub>1</sub> es proporcionalmente más corto en relación al resto de temperaturas (16.27% frente al 21.47% medio), siendo el estadio L<sub>3</sub> el que aporta mayor porcentaje de duración al desarrollo de larvas a 15°C con un 20.57% (frente al 15.98% medio de las 4 temperaturas ensayadas).

A las temperaturas constantes ensayadas, con alimentación a base de dieta artificial, solamente a 15°C se alcanzaron larvas con estadios supernumerarios, llegando el 24.0% de las larvas a mudar en L<sub>5</sub> y alcanzar el estadio larvario L<sub>6</sub>. La presencia de estadios supernumerarios en larvas de *S. exigua*, ha sido relacionada con una escasa conveniencia de la dieta alimenticia y/o condiciones ambientales extremas (ALI y GAYLOR, 1992).

En la Tabla 2 se muestra el valor de duración media del estadio L<sub>6</sub> a 15°C. Incluyendo todas las larvas que se dispusieron a esa temperatura, el valor medio es de 1.64 días. Considerando solamente las larvas que tuvieron estadio L<sub>6</sub>, el valor medio de duración del mismo fue de 6.83 días.

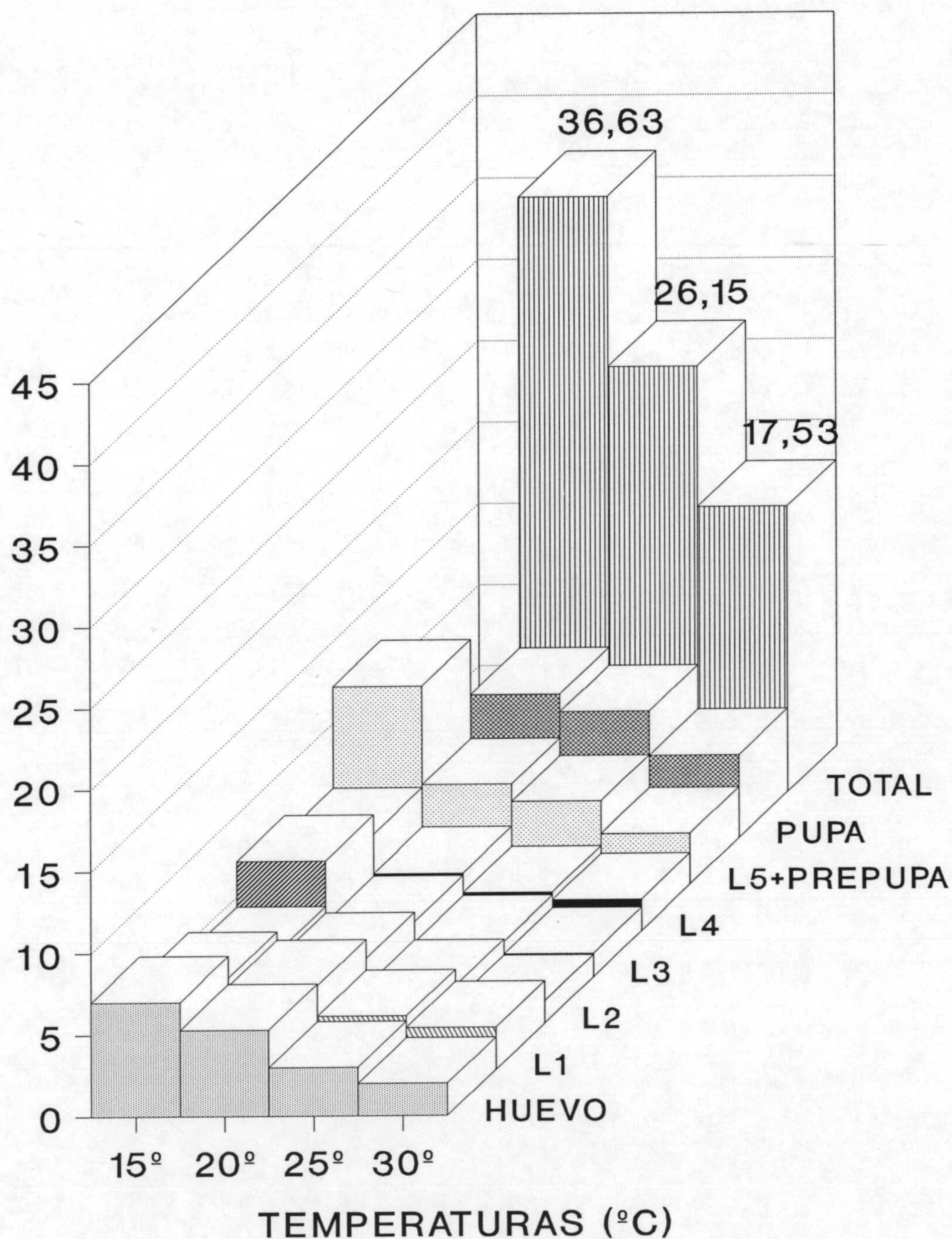
En la Figura 1 se muestran representados los valores de duración en días de los distintos estadios y estados de desarrollo de *S. exigua* a las distintas temperaturas ensayadas.

**Tabla 2.** Duración media de los diferentes estadios larvarios de *Spodoptera exigua* a temperaturas constantes alimentados con dieta artificial.

Estadio	Temperatura (°C)	Duración (**) Días ± I.C. (95%)
L <sub>1</sub>	15	5.68 ± 0.26 a
	20	5.17 ± 0.56 b
	25	3.31 ± 0.09 c
	30	2.61 ± 0.10 d
L <sub>2</sub>	15	4.42 ± 0.38 a
	20	4.04 ± 0.44 a
	25	2.33 ± 0.09 b
	30	1.36 ± 0.11 c
L <sub>3</sub>	15	7.18 ± 0.77 a
	20	3.44 ± 0.32 b
	25	2.20 ± 0.12 c
	30	1.43 ± 0.16 d
L <sub>4</sub>	15	6.00 ± 0.45 a
	20	3.60 ± 0.34 b
	25	2.39 ± 0.11 c
	30	1.91 ± 0.13 d
L <sub>5</sub>	15	6.66 ± 0.76 a
	20	3.75 ± 0.23 b
	25	3.00 ± 0.16 c
	30	1.56 ± 0.16 d
L <sub>6</sub>	15	6.83 ± 1.38 (*)
	20	-
	25	-
	30	-
PREPUPA	15	4.20 ± 0.36 a
	20	2.44 ± 0.26 b
	25	2.13 ± 0.14 c
	30	1.56 ± 0.17 d
TOTAL LARVA	15	34.90 ± 1.81 a
	20	22.44 ± 1.56 b
	25	15.35 ± 0.37 c
	30	10.43 ± 0.27 d

(\*) Duración de L<sub>6</sub> para el 24.0% de los casos

(\*\*) Valores seguidos con distinta letra en las columnas muestran diferencias significativas (MDS; P=0.05)



**Figura 1.** Duración media en días del desarrollo de *Spodoptera exigua* a temperaturas constantes (15, 20, 25 y 30 ± 2°C, H.R. = 60 ± 10% y ciclo de Luz:Oscuridad de 16:8 horas) en condiciones de laboratorio con dieta artificial.

### Duración del desarrollo para machos y hembras:

La duración media en días para los distintos estados de desarrollo de la especie diferenciados por sexos se muestra en la Tabla 3.

A pesar de que la duración del estado completo de larva no muestra diferencias significativas, se han encontrado diferencias entre sexos en el estado de prepupa para temperaturas de 20 y 30°C. La duración del estado de pupa muestra diferencias entre sexos para temperaturas de 20 y 25°C. Para los valores del desarrollo total, desde huevo hasta adulto, no han aparecido diferencias entre sexos para ninguna de las temperaturas en el análisis realizado a pesar de la diferencias encontradas entre prepupas a 25 y 30°C y pupas a 20 y 25°C. Estos resultados concuerdan parcialmente con los obtenidos por FYE y McADA (1972) en los que presentan una mayor necesidad de temperatura en Grados-día para el desarrollo de machos que para hembras para el estado de pupa aunque no para larvas. Sin embargo HOGG y GUTIERREZ (1980) muestran diferencias entre los dos sexos tanto para el estado de larva como pupa.

**Tabla 3.** Duración media en días de los distintos estados de desarrollo de *Spodoptera exigua* según sexos.

Estado de desarrollo	Temperatura		
	20° C	25° C	30° C
LARVA	♂♂ 21.50 a	♂♂ 15.11 a	♂♂ 10.48 a
	♀♀ 23.54 a	♀♀ 15.61 a	♀♀ 10.34 a
PUPA	♂♂ 9.53 a	♂♂ 8.16 a	♂♂ 5.26 a
	♀♀ 8.16 b	♀♀ 7.41 b	♀♀ 4.91 a
TOTAL DESARROLLO (huevo + larva + pupa)	♂♂ 35.89 a	♂♂ 26.27 a	♂♂ 17.75 a
	♀♀ 37.50 a	♀♀ 29.02 a	♀♀ 17.25 a

Valores seguidos con la misma letra en las columnas, no muestran diferencias significativas (MDS; P=0.05).

### Proporción de sexos:

La proporción de sexos, expresada como el cociente entre el número de hembras y machos (♀♀/♂♂) que alcanzaron el estado de pupa, para las distintas temperaturas en los ensayos realizados en laboratorio, es prácticamente 1. Los valores obtenidos en las diferentes tandas fueron de 1.12, 1.07, 0.88 y 1.00 para las temperaturas de 15, 20, 25 y 30°C respectivamente. Las pequeñas diferencias respecto a la relación 1/1 son debidas al azar en la elección de larvas neonatas para las distintas tandas.



**Cálculos de temperatura umbral y desarrollo expresado en Grados-día:**

Utilizando todos los datos de duración del desarrollo de los individuos que completaron el mismo, se realizaron los cálculos para obtener la tasa de desarrollo "r" a temperaturas constantes, expresada como el inverso de la duración del desarrollo de cada estado en días.

Los valores del inverso de la duración del desarrollo en días así obtenidos para huevo y larvas, en relación a las temperaturas de 15, 20, 25 y 30°C, y de pupas y total del desarrollo para 20, 25 y 30°C, permitieron el cálculo de las ecuaciones de regresión lineal que relacionaban estas variables, utilizándose para ello solamente los datos de los individuos que completaron el desarrollo.

Igualando las ecuaciones a cero, es decir, asignando cero a la tasa de desarrollo "r", se estiman las temperaturas umbrales para cada estado de desarrollo. El valor inverso de la pendiente de la ecuación de regresión lineal nos permitió además calcular las necesidades de temperatura en Grados-día para completar la duración de los distintos estados de desarrollo. Los valores obtenidos de las ecuaciones de regresión lineal fueron los siguientes, donde "r" es la tasa de desarrollo y "T" la temperatura en °C.

HUEVO:	$r = -0.27928 + 0.02521 \cdot T$ ( $R^2=0.8977$ : $P < 0.01$ )
	Temperatura umbral ( $r=0$ ): 11.08°C.
	Grados-día (1/pendiente): 39.66 Grados-día
LARVA:	$r = -0.04647 + 0.00465 \cdot T$ ( $R^2=0.7938$ : $P < 0.01$ )
	Temperatura umbral ( $r=0$ ): 9.99°C.
	Grados-día (1/pendiente): 215.05 Grados-día
PUPA:	$r = -0.08260 + 0.00909 \cdot T$ ( $R^2=0.5452$ : $P < 0.01$ )
	Temperatura umbral ( $r=0$ ): 9.09°C.
	Grados-día (1/pendiente): 110.01 Grados-día
TOTAL DESARROLLO:	$r = -0.03273 + 0.00294 \cdot T$ ( $R^2=0.8232$ : $P < 0.01$ )
	Temperatura umbral ( $r=0$ ): 11.13°C.
	Grados-día (1/pendiente): 340.14 Grados-día

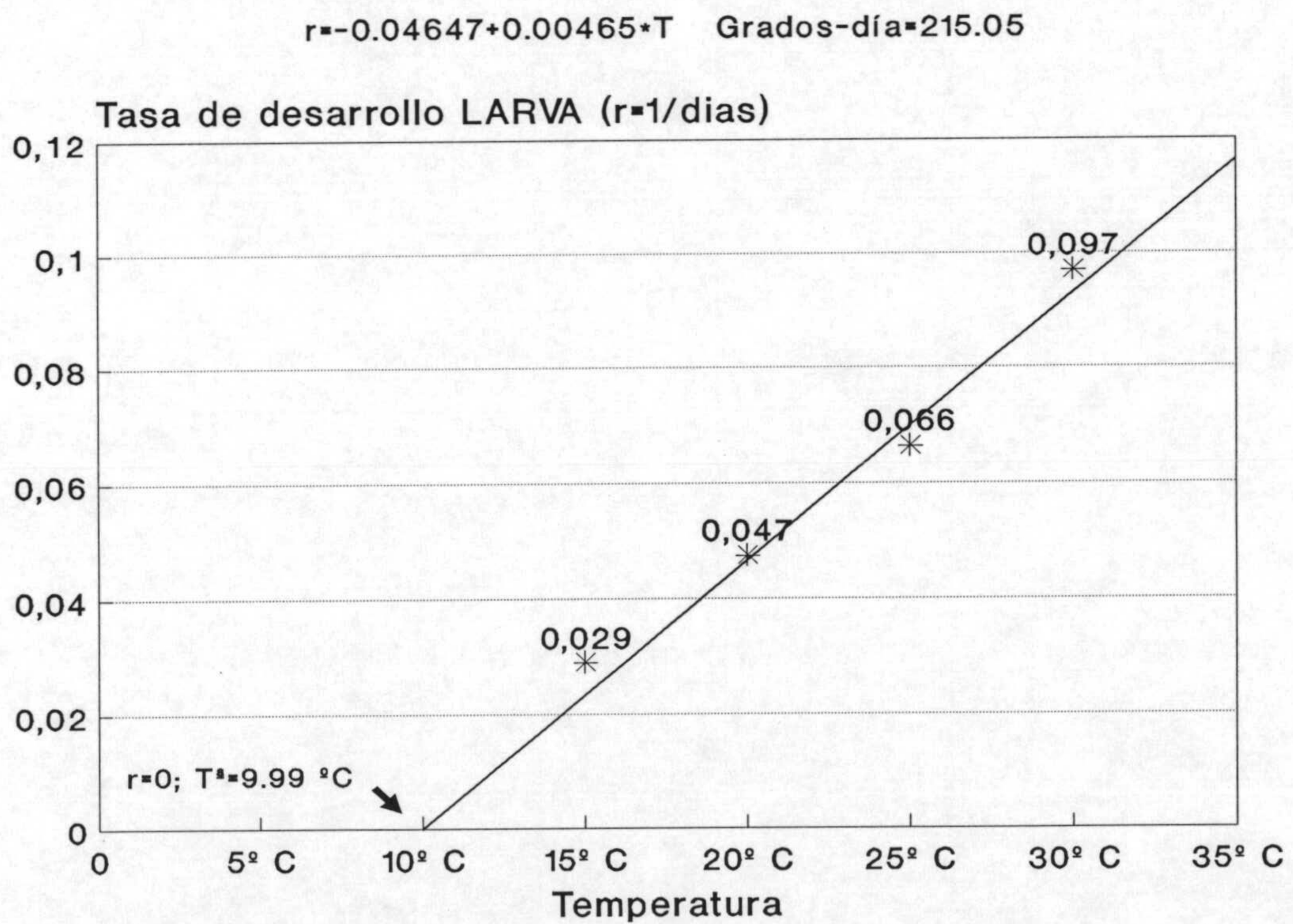
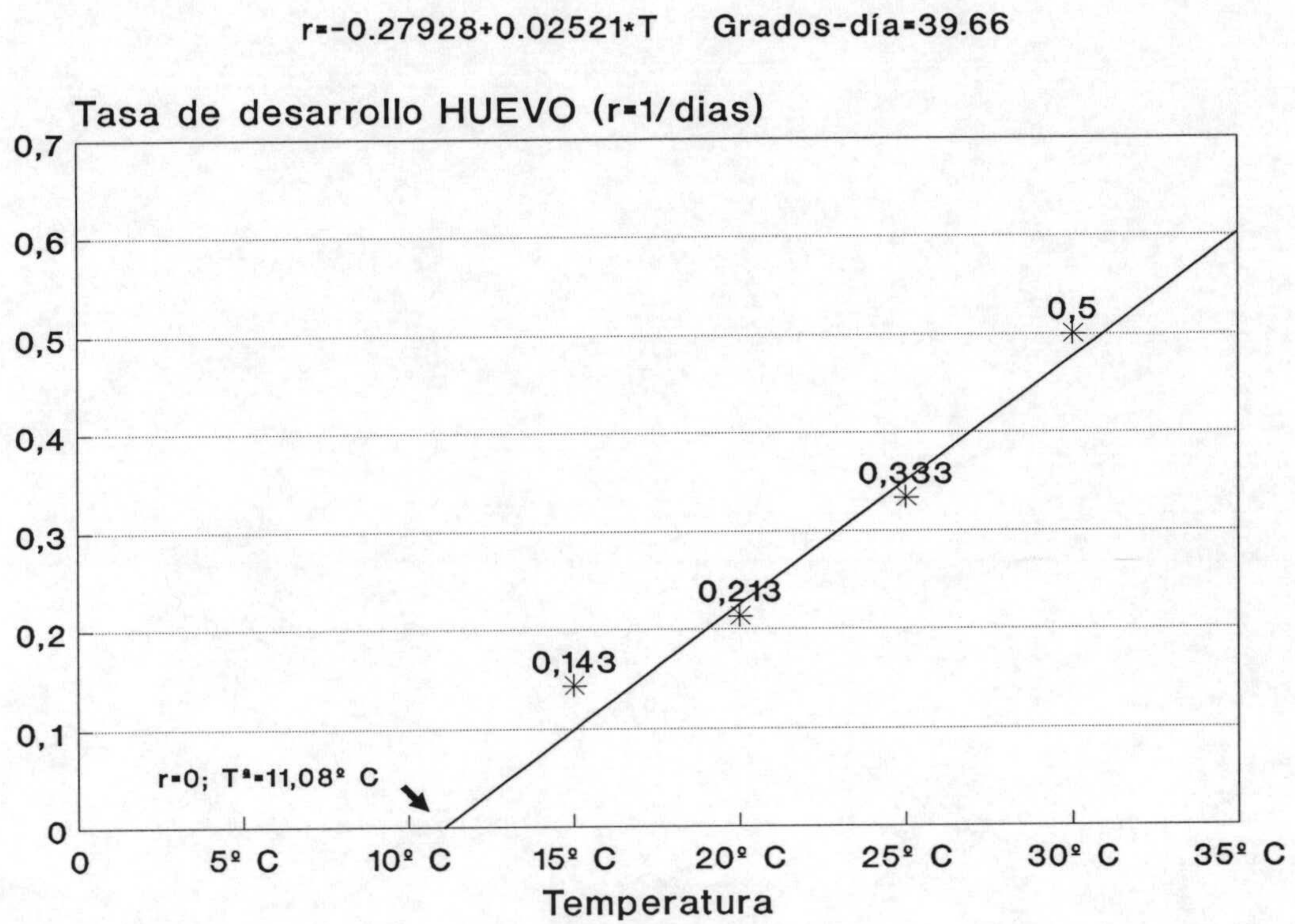
En las Figuras 2 y 3 están representados los valores de las tasas de desarrollo y el ajuste de regresión lineal de las mismas, así como las ecuaciones de regresión y valores calculados de temperaturas umbrales y Grados-día, para los estados de desarrollo de huevo, larva, pupa y desarrollo total a temperaturas constantes.

Los valores umbrales obtenidos con las rectas de regresión para el estado de huevo, larva, pupa y desarrollo total, difieren en cierta medida a los obtenidos por otros autores. Para el umbral de desarrollo del huevo, el valor que nosotros calculamos de  $11.08^{\circ}\text{C}$  es muy parecido, aunque algo inferior, a los obtenidos por CAYROL (1972) de  $12^{\circ}\text{C}$ , HOGG y GUTIERREZ (1980) de  $12.3^{\circ}\text{C}$  y ALI y GAYLOR (1992) de  $12.42^{\circ}\text{C}$ . La estimación de Grados-día calculada en el ensayo de 39.66 es muy similar a los valores apuntados por los anteriores autores de 39.37 Grados-día (ALI y GAYLOR, 1992), y los 39.16 Grados-día que señalan EL-REFAI y DEGHEELE (1988).

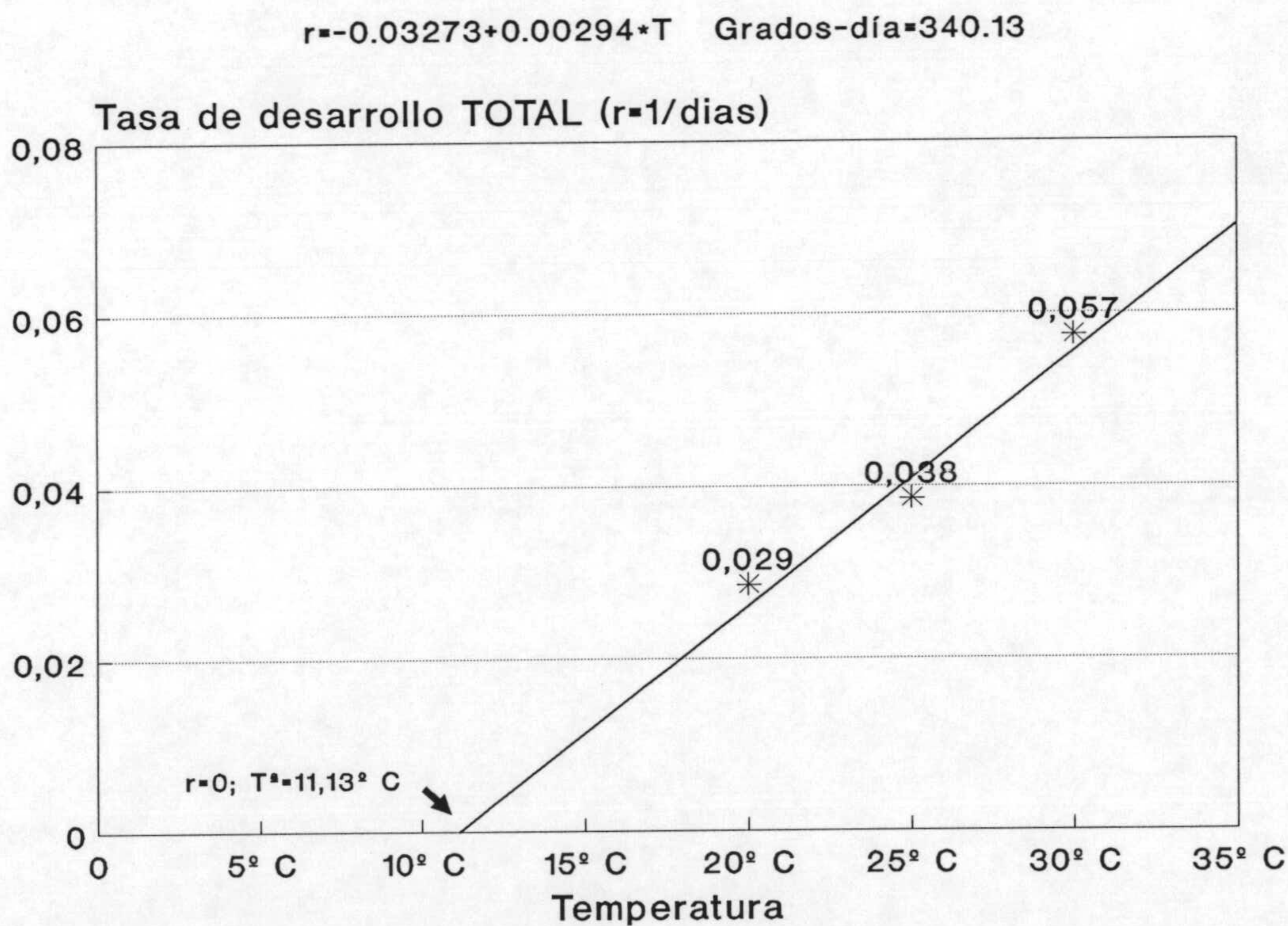
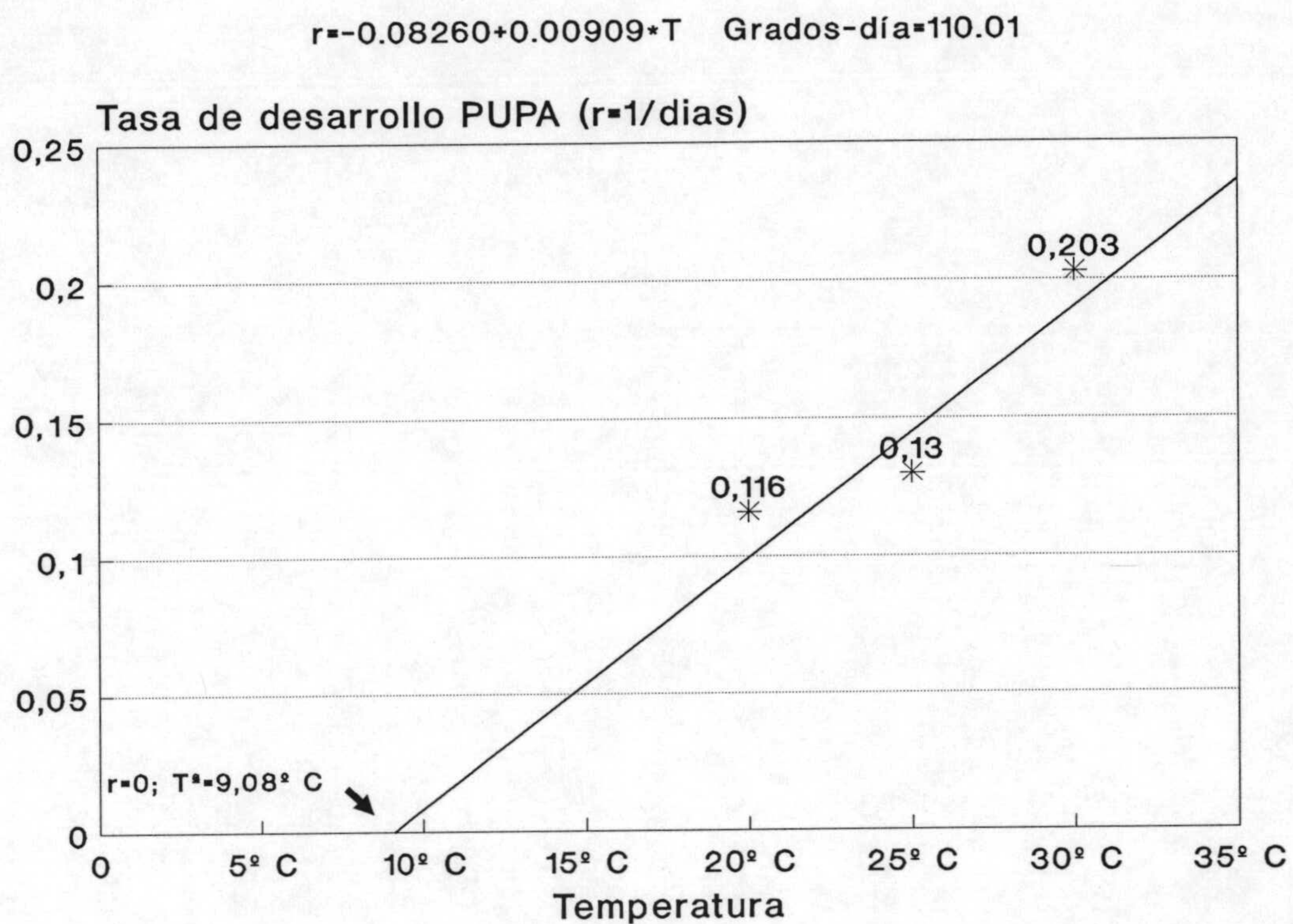
El umbral mínimo de desarrollo para larvas, que se estima de la regresión lineal es de  $9.99^{\circ}\text{C}$ , bastante inferior a los umbrales estimados por ALI y GAYLOR (1992) de  $13.18^{\circ}\text{C}$ , EL-REFAI y DEGHEELE (1988) de  $14^{\circ}\text{C}$  y más cercanos a los  $11^{\circ}\text{C}$  de umbral reseñados por CAYROL (1972). La estimación de los Grados-día necesarios para completar el desarrollo larvario aún presenta más variación según autores. El valor de 215.05 Grados-día que estimamos en nuestros ensayos, contrasta con los 128,7 Grados-día apuntados por ALI y GAYLOR (1992) aunque más próximo a los 227.12 de EL-REFAI y DEGHEELE (1988).

Para el desarrollo de pupas, nuestra estimación de la temperatura umbral de  $9.09^{\circ}\text{C}$  también es mucho menor que los  $13.5$  y  $14.02^{\circ}\text{C}$  aportados por ALI y GAYLOR (1992) y EL-REFAI y DEGHEELE (1988) respectivamente. Las necesidades de Grados-día son por tanto más elevadas en nuestras estimaciones, siendo de 110.01 Grados-día frente a los 86.21 y 95.76 Grados-día estimados por dichos autores.

Los valores umbrales para el desarrollo de pupas, estimados con nuestros datos de 20, 25 y  $30^{\circ}\text{C}$  con la regresión lineal en  $9.09^{\circ}\text{C}$ , contrastan con los resultados del ensayo a  $15^{\circ}\text{C}$  en el que no se consiguió completar el desarrollo de pupas. Comparando con los datos de otros autores que estiman el umbral muy cercano a  $15^{\circ}\text{C}$ , y teniendo en cuenta las diferentes condiciones de los ensayos, tanto fluctuaciones en humedad relativa como diferentes fotoperiodos (los datos de ALI y GAYLOR (1992) se obtuvieron con un fotoperiodo de 14:10 L:O), creemos que la temperatura umbral debe ser más elevada de la que los cálculos de regresión con nuestros datos definen y consideramos necesario el planteamiento de posteriores ensayos probando varias condiciones de humedad y fotoperiodo.



**Figura 2.** Tasa de desarrollo ( $r$ ) de los estados de huevo (fig. superior) y larva (fig. inferior) de *S. exigua* en relación a las temperaturas constantes ( $15, 20, 25$  y  $30 \pm 2^\circ\text{C}$ , H.R. =  $60 \pm 10\%$  y L:O de 16:8 horas) en los ensayos en laboratorio con dieta artificial, y ajuste por medio de regresión lineal de dichos valores.



**Figura 3.** Tasa de desarrollo (r) de los estados de pupa (fig. superior) y desarrollo total (fig. inferior) de *S. exigua* en relación a las temperaturas constantes (20, 25 y 30 ± 2°C, H.R. = 60 ± 10% y L:O de 16:8 horas) en los ensayos en laboratorio con dieta artificial, y ajuste por medio de regresión lineal de dichos valores.

### Longevidad y fecundidad de adultos:

Los ensayos se realizaron a temperaturas de 20, 25 y 30°C a partir de pupas obtenidas en las diferentes temperaturas. Para 15°C se utilizaron adultos emergidos a 25°C pasados a las cámaras de puesta a 15°C el mismo día de su emergencia por lo que no incluimos los datos a esta temperatura. En la Tabla 4 se muestran los valores medios de longevidad de adultos en las condiciones del ensayo.

**Tabla 4.** Valores medios de longevidad de adultos (machos, hembras y total) de *Spodoptera exigua* en días según la temperatura (20, 25 y 30 ± 2°C).

Temperatura (°C)	Longevidad en días ± I.C.(95%)		
	♂♂	♀♀	Total
20	17.84 ± 2.27 a	15.39 ± 1.45 a	16.61 ± 1.57 a
25	19.80 ± 3.02 a	16.36 ± 2.76 a	18.38 ± 1.98 a
30	12.00 ± 1.74 b	10.20 ± 1.20 b	11.08 ± 1.17 b

Valores seguidos por la misma letra en las columnas no muestran diferencias significativas (MDS; P=0.05)

La duración media de la vida de los adultos muestra diferencias entre 30°C y el resto de temperaturas para machos, hembras y valor medio de ambos. Los valores más altos, aunque sin diferencias con 20°C para longevidad, se alcanzan a 25°C. La longevidad de adultos, comparada por sexos, no muestra diferencias significativas a ninguna de las temperaturas ensayadas. La duración del estado adulto de *S. exigua* en nuestro ensayo ofrece valores algo superiores a la longevidad estimada por SANNINO *et al.* (1987) que estima una duración de 10.16 días del estado adulto para 28°C y muy similares a los estimados por HOGG y GUTIERREZ (1980) en sus ensayos de laboratorio para hembras, alcanzando 16.5 días a 15.6°C, 17.5 días a 21.1°C y 10.5 días a 26.7°C.

La Tabla 5 muestra los valores de fecundidad, períodos de preoviposición, oviposición y postoviposición de las hembras de *Spodoptera exigua* a temperaturas de 20, 25 y 30°C constantes.

**Tabla 5.** Valores medios de los períodos de pre y postoviposición y vida oviposicional de las hembras en días y fecundidad en número de huevos por hembra a las temperaturas ensayadas (20, 25 y 30 ± 2°C).

Temperatura (°C)	Fecundidad (Huevos/♀)	Preoviposición (días)	Oviposición (días)	Postoviposición (días)
20	1081.0 ± 189.4 ab	2.94 ± 0.41 a	9.79 ± 1.49 a	2.96 ± 0.95 ab
25	1296.6 ± 228.1 a	2.55 ± 0.31 a	8.52 ± 1.18 a	4.89 ± 2.57 a
30	911.4 ± 184.6 b	2.70 ± 0.37 a	6.31 ± 0.83 b	1.66 ± 0.71 b

Valores seguidos por la misma letra en las columnas no muestran diferencias significativas (MDS; P=0.05)

El período de preoviposición establecido en días, no muestra diferencias entre las hembras de las parejas ensayadas a distintas temperaturas y es muy próximo a los valores estimados por SANNINO *et al.* (1987) de 2.47 días a 28°C confirmando la aseveración de HOGG y GUTIERREZ (1980) de la necesidad de al menos 2 días para alcanzar la madurez sexual. De hecho en nuestros ensayos a las distintas temperaturas, en ningún caso hubo oviposición el primer día del emparejamiento de los adultos.

Los datos aportados por WAKAMURA (1990), que apunta 4.8 días de vida oviposicional de hembras a 25°C, son más próximos a la duración obtenida en nuestro ensayo a 30°C (6.31 días) mientras que para la misma temperatura los resultados de nuestro trabajo ofrecen un valor superior, de 8.52 días de vida oviposicional de las hembras. Estos resultados muestran diferencias significativas entre la duración del período oviposicional a 30°C respecto a 20 y 25°C.

El tiempo de postoviposición es mayor a 25°C y menor a 30°C, existiendo diferencias significativas entre ambas temperaturas pero no entre 20 y 25°C, o entre 20 y 30°C. Esta mayor duración del período de postoviposición a 25°C puede tener su explicación en la mayor longevidad de las hembras a esa temperatura. De hecho, al correlacionar ambas variables, longevidad de hembras y período de postoviposición, el coeficiente de correlación de Pearson ofrece un valor de 0.8030 ( $n=90$ ;  $P<0.01$ ) mayor que el coeficiente de 0.3847 ( $n=90$ ;  $P<0.01$ ) de la correlación entre longevidad de machos y período de postoviposición. Los valores obtenidos para las distintas temperaturas no se apartan mucho de los de SANNINO *et al.* (1987), que para 28°C ofrecen un período medio de postoviposición de 2.55 días.

La fecundidad, estimada en número medio de huevos por hembra, muestra diferencias significativas entre los valores para 25 y 30°C, mientras que las diferencias para 20°C y las temperaturas de 25 o 30°C no son significativas. Estos valores son mucho mayores que los aportados por SANNINO *et al.* (1987) de 331 huevos/♀ a 28°C y los de WAKAMURA (1990) de 713 huevos/♀ a 25°C frente a los 1296 huevos/♀ a la misma temperatura en nuestro ensayo los cuales son algo menores que los datos de HOGG y GUTIERREZ (1980) de 1079.6, 1430.7 y 1724.7 para 15.6, 21.1 y 26.7°C respectivamente. Al igual que los de estos autores, nuestros resultados muestran mayor fecundidad a temperaturas cercanas a los 25 que a los 20°C, mientras que para 30°C la fecundidad en nuestro ensayo disminuyó.

Los valores mínimos y máximos de oviposición por hembra en los ensayos realizados a las distintas temperaturas, ofrecen valores desde 106 a 1930 huevos/♀ a 20°C, 130 a 1990 huevos/♀ a 25°C y 35 a 1976 huevos/♀ a 30°C. Se observa que el máximo de huevos es muy similar a las 3 temperaturas, siendo los rangos además muy parecidos, excepto para 30°C donde el mínimo es menor que a las otras temperaturas siendo el rango inferior muy similar al apuntado por SANNINO *et al.* (1987) para 28°C.

Por otra parte, en el ensayo en laboratorio realizado para determinar la distribución de la puesta dependiente del fotoperíodo, se ha encontrado que el 90.17% de las puestas se realizaron en la escotofase, con una variación entre el 47.7 y el 100% de las puestas realizadas en la misma según los casos. Estos datos corroboran la asunción de CAYROL (1972) y WAKAMURA (1989) de una pauta oviposición nocturna en *S. exigua*.

### Distribución de la puesta en relación a la edad de las hembras:

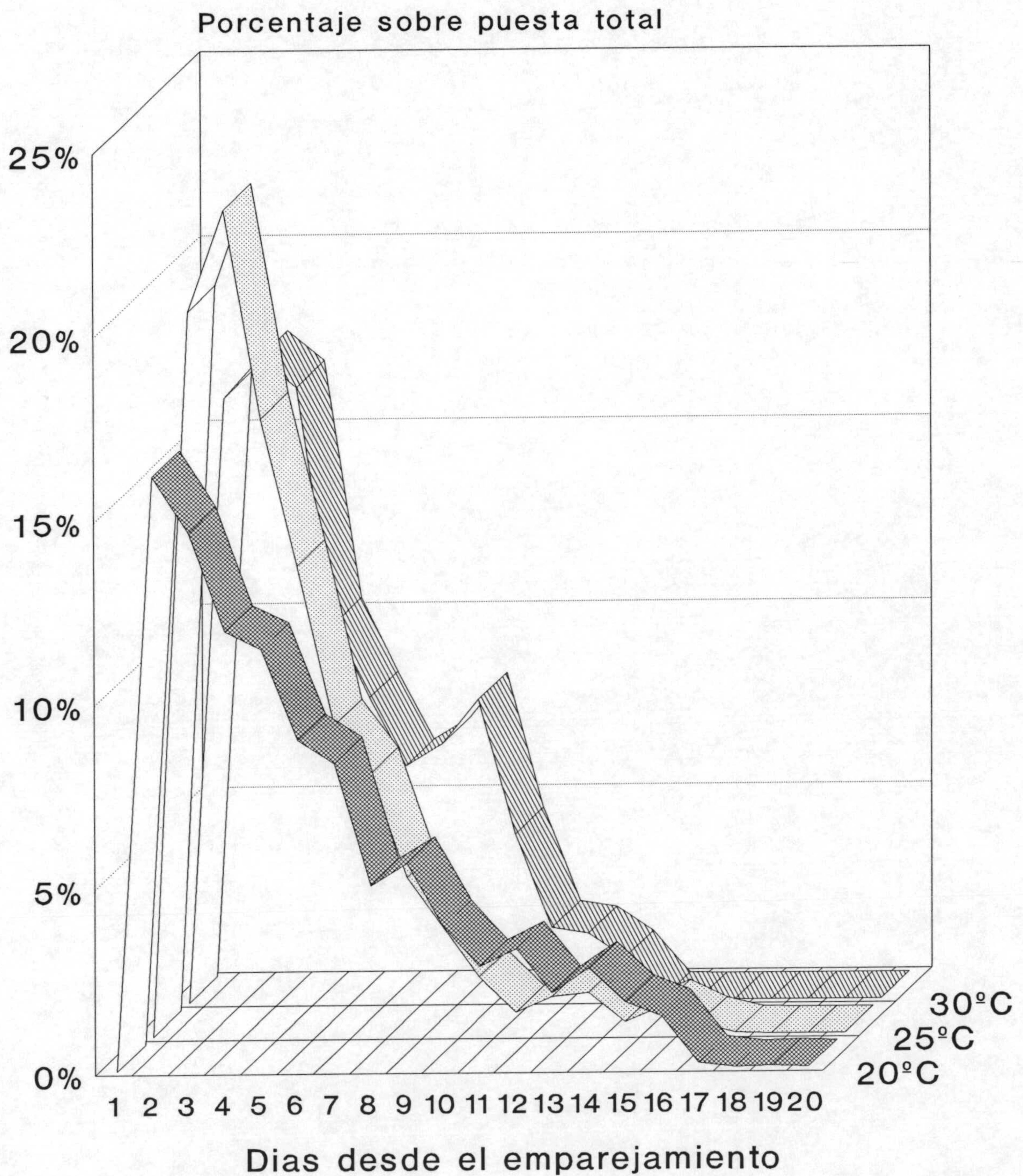
En la Tabla 6 se recoge la fecundidad media diaria de la hembras desde el emparejamiento para los ensayos realizados a 20, 25 y 30°C. Igualmente muestra el porcentaje acumulado a lo largo de la vida de las hembras. En dicha tabla puede apreciarse que en los 5 primeros días, desde el emparejamiento, se realizó al menos el 50% de la puesta a las diferentes temperaturas, siendo este porcentaje mayor a 25°C (71.61%, en ese período). En valor medio, estos datos no llegan al apuntado por WAKAMURA (1990) de un 40% de la puesta realizada el primer día después de la cópula.

La tendencia de las hembras a ovipositar el mayor porcentaje de huevos en los primeros días después de la cópula, fue comprobado para otras especies de Noctuidos por ADLER *et al.* (1991), los cuales encontraron para *Heliothis zea* y *Spodoptera ornithogalli* (Guenée) que los picos de oviposición se obtenían muy pronto después de la cópula, declinando rápidamente en los siguientes días.

**Tabla 6.** Distribución del porcentaje medio y acumulado de huevos depositados por hembra y día a partir del día del emparejamiento a las temperaturas ensayadas (20, 25 y 30 ± 2°C).

DIAS	Temperaturas					
	20° C		25° C		30° C	
	% Puesta	% Acumulado	% Puesta	% Acumulado	% Puesta	% Acumulado
1	0	0	0	0	0	0
2	16.14	16.14	19.66	19.66	16.41	16.41
3	14.61	30.75	22.44	42.10	17.50	33.91
4	11.89	42.64	16.77	58.87	16.69	50.60
5	11.41	54.05	12.74	71.61	10.24	60.84
6	8.93	62.98	8.40	80.01	8.23	69.07
7	8.29	71.27	7.07	87.08	6.36	75.43
8	4.98	76.25	4.27	91.35	6.94	82.37
9	5.57	81.82	2.91	94.26	8.16	90.53
10	3.86	85.68	1.58	95.84	4.48	95.01
11	2.79	88.47	0.60	96.44	1.97	96.98
12	3.27	91.74	1.03	97.47	1.81	98.79
13	2.06	93.80	1.13	98.60	1.16	99.95
14	2.72	96.52	0.33	98.93	0.02	≈ 100
15	1.80	98.32	0.74	99.67	0	
16	1.41	99.73	0.27	99.94		
17	0.14	99.87	0.02	≈ 100		
18	0.02	99.89	0			
19	0.05	≈ 100				
0	0					

En la Figura 4 se muestran los datos anteriores del porcentaje medio diario de huevos depositados sobre el total a las temperaturas ensayadas de 20, 25 y 30°C. Se puede apreciar los altos porcentajes a partir del 2º día del emparejamiento y el declive progresivo del porcentaje de huevos depositados por las hembras a partir del 3º o 4º día desde el emparejamiento.



**Figura 4.** Distribución del porcentaje diario de puesta de *S. exigua* a lo largo del período de oviposición en condiciones de laboratorio a las distintas temperaturas constantes ( $20, 25$  y  $30 \pm 2^\circ\text{C}$ , H.R. =  $60 \pm 10\%$  y L:O de 16:8 horas).



**Tasa de eclosión de huevos según la temperatura:**

El número de huevos eclosionados respecto al total de huevos que se dispusieron para los ensayos de fertilidad nos proporciona el porcentaje de eclosión a las distintas temperaturas. Asimismo se ha recogido la distribución de la eclosión a partir del día de la puesta en porcentaje sobre el total de huevos eclosionados. Estos resultados se muestran en la Tabla 7. En ella se incluyen los valores para 15, 20, 25 y 30°C.

Los porcentajes medios de eclosión muestran diferencias significativas entre 15 y 25°C y entre estas temperaturas y 20 y 30°C, pero no entre éstas últimas. El mayor porcentaje de eclosión corresponde a la temperatura más baja, siendo los menores porcentajes los correspondientes a 20 y 30°C.

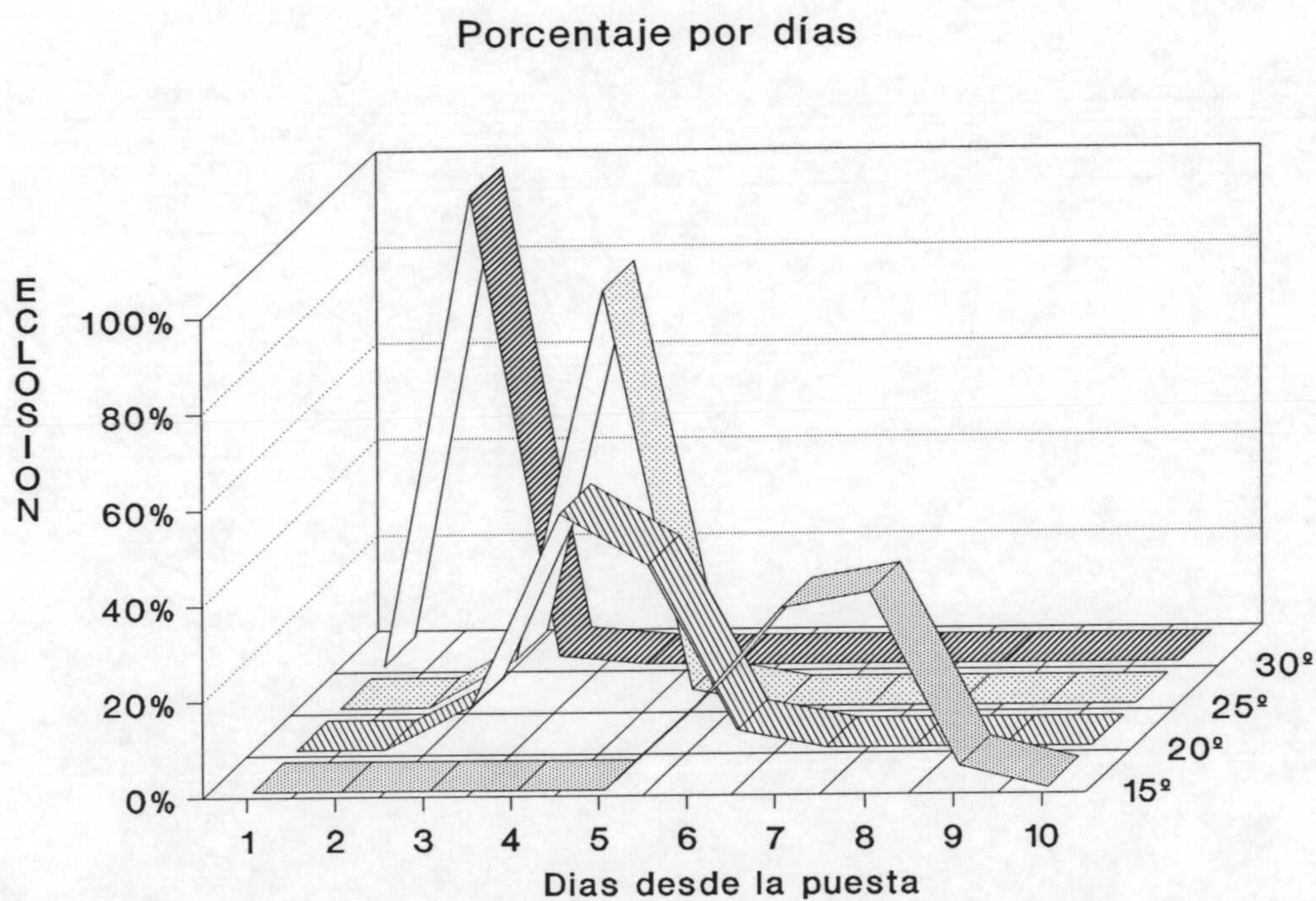
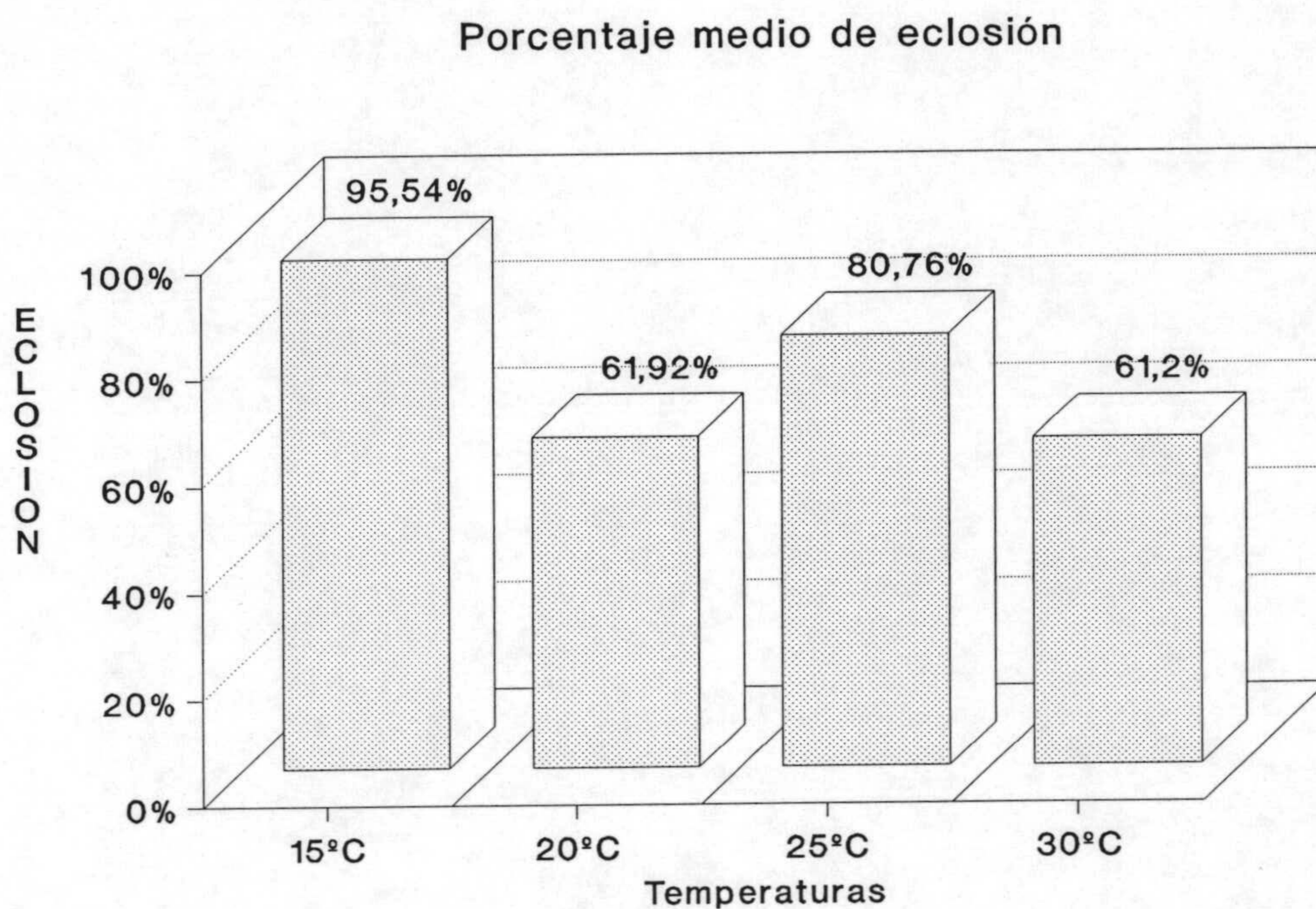
**Tabla 7.** Valores medios del porcentaje de eclosión total de huevos a distintas temperaturas y distribución del porcentaje en relación a los días transcurridos desde la puesta.

Días desde la puesta	Temperaturas			
	15°C	20°C	25°C	30°C
1	0	0	0	0
2	0	0	0	97.95
3	0	8.96	9.87	1.85
4	0	49.00	86.65	0.19
5	0	38.25	3.48	0
6	16.72	3.79	0	0
7	37.68	0	0	0
8	41.00	0	0	0
9	4.60	0	0	0
10	0	0	0	0
% Total eclosión	95.54a	61.92c	80.76b	61.20c

Todos los valores a las distintas temperaturas en tanto por ciento.

Valores del total seguidos por la misma letra en la fila no muestran diferencias significativas (MDS: P=0.05).

En los resultados obtenidos se aprecia que para las temperaturas más bajas, el porcentaje de eclosión está más repartido a lo largo de los 3 o 4 días que dura el intervalo de eclosión, concentrándose prácticamente el 90% de los huevos eclosionados en dos días. Para las temperaturas más altas, hay una mayor concentración en el porcentaje de eclosión, que se agrupa mucho más en un día, confirmando una mayor sincronización para tiempos de incubación menores. Estos resultados pueden observarse en forma gráfica en la Figura 5 en la que se muestra el porcentaje medio de eclosión total y la distribución a lo largo de los días transcurridos desde la puesta.



**Figura 5.** Porcentaje medio de eclosión de huevos de *S. exigua* (fig. superior) y distribución del mismo a partir del día de la puesta (fig. inferior), en condiciones de laboratorio a las distintas temperaturas constantes (15, 20, 25 y 30 ± 2°C, H.R. = 60 ± 10% y L:O de 16:8 horas).

### 6.1.2. EFECTOS DE LA DIETA

Para el estudio de los efectos de la dieta sobre la biología de *Spodoptera exigua* en condiciones de laboratorio, se comparan los resultados obtenidos en dieta artificial a temperatura constante de 25°C y en dieta de hojas de pimiento para la misma temperatura.

Los resultados están presentados con el objeto de valorar las diferencias que puedan existir en cuanto al tiempo de desarrollo y peso de las pupas como indicador de la calidad nutritiva de las hojas de pimiento, longevidad de adultos y fecundidad de hembras en ensayos realizados con ejemplares criados sobre dieta de hojas de pimiento y dieta artificial.

#### Efectos en el desarrollo:

En la Tabla 8 se muestra la duración media en días de los estados de larva y pupa y desarrollo total con comparación de los valores medios obtenidos en las dietas ensayadas.

**Tabla 8.** Duración media de los estados de desarrollo de *Spodoptera exigua* con alimentación en dieta artificial y en hojas de pimiento a 25°C constantes.

ALIMENTO	Estado de desarrollo (*)		
	LARVA	PUPA	TOTAL DESARROLLO
Dieta artificial	15.35 ± 0.37 a	7.80 ± 0.16 a	26.15 ± 0.39 a
Hojas pimiento	16.62 ± 2.15 b	8.64 ± 0.42 b	28.27 ± 2.38 b

(\*) Duración en días ± intervalo de confianza (P=0.05). Valores seguidos por la misma letra en las columnas no muestran diferencias significativas (MDS; P=0.05)

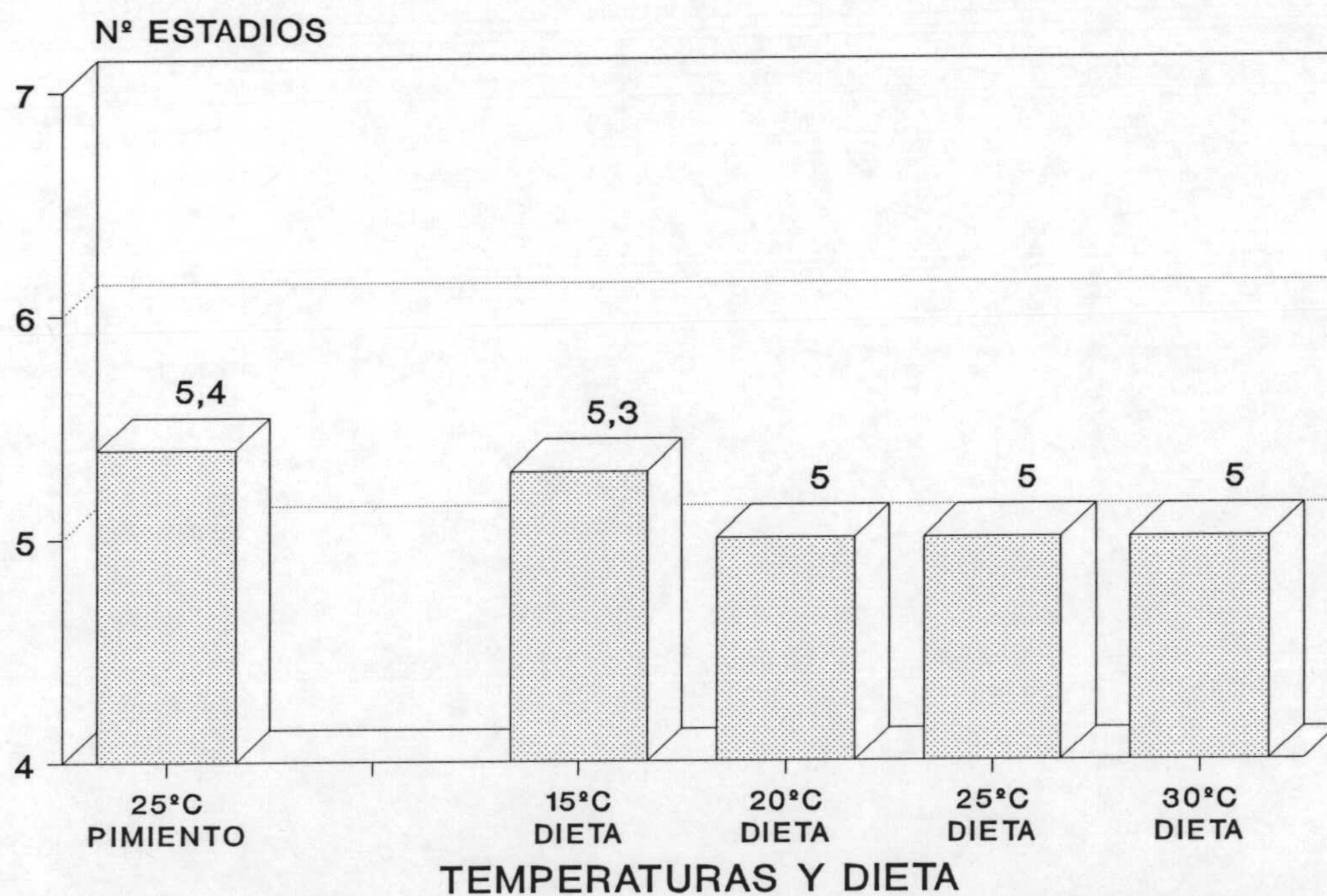
Para los estados de desarrollo aparecen diferencias significativas en larvas y pupas, entre los individuos alimentados con dieta artificial y dieta a base de hojas de pimiento. Esta diferencia aparece también para el total del desarrollo de *S. exigua*. Hay que señalar además que las larvas alimentadas en dieta de hojas de pimiento presentan estadíos supernumerarios L<sub>6</sub> y L<sub>7</sub> en algunos individuos. Además de estos estadíos que evidentemente distinguen los dos tipos de dieta, aparecen diferencias significativas en la duración media del estado de prepupa (2.13 días en dieta frente a 1.62 en pimiento) lo que implica una menor duración de este estadío por la presencia de estadíos supernumerarios. En el resto de estadíos, L<sub>1</sub> a L<sub>5</sub>, no se presentó efecto de la dieta en el análisis de varianza.

Estos resultados, que reflejan un aumento en el tiempo de desarrollo en los individuos alimentados con hojas de pimiento, se corresponden con las apreciaciones de ALI y GAYLOR (1992), los cuales comprueban, respecto a la alimentación con dieta artificial, una mayor duración del desarrollo en larvas alimentadas con hojas de algodón y las pupas de ellas procedentes aunque no con dieta a base de hojas de *Amaranthus hybridus* que es uno de los hospedadores preferidos de la especie. El efecto de la dieta en el desarrollo también

queda patente en otra especie como *Spodoptera frugiperda*, la cual emplea más tiempo en el desarrollo y alcanza porcentajes de mortalidad más elevados cuando se alimenta con algodón o soja frente a la alimentación con una planta hospedadora más adecuada para tal especie como es el maíz (PITRE y HOGG, 1983). No obstante, y a pesar de las diferencias halladas en los análisis de nuestro ensayo, la mayor duración del desarrollo en los individuos alimentados con hojas de pimiento, no es lo suficientemente elevada para considerar a las hojas de pimiento como una dieta pobre, más si tenemos en cuenta la teórica idoneidad en el aporte nutritivo de la dieta artificial utilizada.

Por otra parte, la presencia de estadíos supernumerarios en individuos criados en dieta de hojas de pimiento, debe interpretarse como un efecto de la adición de varios factores ambientales que confluyen sobre las menores cualidades alimenticias de la dieta de hojas de pimiento. Entre estos factores podemos citar la humedad relativa y el fotoperíodo de las condiciones del ensayo en laboratorio que difieren de las condiciones de campo, donde según los resultados de los seguimientos de *Spodoptera exigua* en cultivo de pimiento, ésta presenta 5 estadíos larvarios. Este hecho puede atribuirse también a una mayor capacidad en campo de elección de los sustratos alimenticios en función de las necesidades de los diferentes estadíos larvarios (esto es, hojas jóvenes o viejas, órganos florales, frutos etc...) que en los ensayos de laboratorio no eran posibles. En este sentido, la alimentación con distintos estados fenológicos de plantas de soja, causó diferentes mortalidades en larvas de *Pseudoplusia includens* (Walker) y *Anticarsia gemmatalis* Hübner (NAULT *et al.*, 1992).

En la Figura 6 se representa el valor medio del número de estadíos larvarios de *Spodoptera exigua* a las distintas temperaturas tanto en dieta artificial como en dieta de hojas de pimiento.



**Figura 6.** Número medio de estadíos larvarios de *S. exigua* obtenidos en los ensayos de laboratorio a temperaturas constantes para dieta de pimiento ( $25 \pm 2^\circ\text{C}$ ) y dieta artificial ( $15, 20, 25$  y  $30 \pm 2^\circ\text{C}$ ); H.R. =  $60 \pm 10\%$  y L:O = 16:8.

**Efectos en el peso de pupas:**

Los resultados de los ensayos realizados para comparar el peso de las pupas de *Spodoptera exigua* por efecto de la dieta arrojaron diferencias en el peso de las mismas en cuanto al sexo se refiere. En la Tabla 9 se muestran estas diferencias para pupas obtenidas en dieta artificial a 25°C constantes, tanto en cría de forma aislada como agrupada y se aprecian diferencias significativas entre sexos en todos los casos, siendo menores los valores correspondientes a ♂♂, lo que se traduce en un menor tamaño de los ejemplares adultos.

**Tabla 9.** Peso medio en miligramos de pupas macho y hembra de 3 días de edad obtenidas a partir de larvas criadas aisladas y larvas criadas en grupos.

SEXO	Peso pupas (*)		
	Aisladas	Agrupadas	Total
♂♂	107.6 ± 3.6 a	85.3 ± 2.9 a	94.3 ± 3.3 a
♀♀	116.9 ± 4.1 b	92.3 ± 4.0 b	103.6 ± 4.0 b

(\*) Peso de las pupas en mg ± intervalo de confianza (P=0.05). Valores seguidos por distinta letra en las columnas muestran diferencias significativas (MDS; P=0.05)

Aparte de las diferencias que existen entre pupas de los dos sexos, el parámetro a considerar, es decir, los efectos de la dieta, están reflejados en la Tabla 10. En ella se compara el peso en miligramos a los tres días de pupación, de individuos alimentados con dieta artificial y dieta de hojas de pimiento, tanto para pupas obtenidas en cría individualizada como en cría de larvas agrupadas a una temperatura constante de 25°C.

**Tabla 10.** Peso medio en miligramos de pupas de 3 días de edad obtenidas con alimentación de larvas en dieta artificial y dieta de hojas de pimiento procedentes de larvas criadas aisladas y en grupos.

Alimento	Peso pupas aisladas (mg.)			Peso pupas agrupadas (mg.)		
	♂♂	♀♀	Total	♂♂	♀♀	Total
Dieta artificial	107.6 a	116.9 a	112.6 a	85.3 a	92.3 a	88.7 a
Hojas de pimiento	89.4 b	95.5 b	91.3 b	57.3 b	55.4 b	56.3 b

Valores seguidos por distinta letra en las columnas muestran diferencias significativas (MDS; P=0.05).

Todos los valores obtenidos tanto entre sexos como entre cría aislada o agrupada muestran diferencias entre los dos tipos de dietas alimenticias, siendo estos valores en todos

los casos menores para los individuos alimentados en hojas de pimiento. Estos resultados corroboran los obtenidos por ALI y GAYLOR (1992) los cuales encuentran gran influencia de la dieta en el peso de las pupas, obteniendo pesos significativamente menores en pupas criadas en dietas de hojas de algodón y hojas de *Amaranthus* que aquellas criadas en dieta artificial. Este efecto se ha comprobado también para el peso de larvas de *S. frugiperda*, las cuales alimentadas con distintos órganos vegetales mostraron diferencias (WISEMAN *et al.*, 1986). Asimismo, y para esta misma especie, el peso de larvas estaba influido por la resistencia o no a la plaga de extractos de cultivares introducidos en la dieta (WILLIAMS y BUCKLEY, 1992).

En el plantamiento de este ensayo se consideró también la diferencia que podría existir entre individuos criados individualmente y criados agrupados (20 a 30 individuos por recipiente) con alimento suficiente. Estos resultados obtenidos anteriormente se muestran en la Tabla 11 comparando las diferencias existentes entre la forma de cría.

**Tabla 11.** Peso medio en miligramos de pupas a los 3 días de edad obtenidas en cría individualizada o agrupada de larvas alimentadas con dieta artificial y dieta de hojas de pimiento.

Forma de cría	Peso en dieta artificial (mg.)			Peso en dieta de hojas de pimiento (mg.)		
	♂♂	♀♀	Total	♂♂	♀♀	Total
Individuos aislados	107.6 a	116.9 a	112.6 a	89.4 a	95.5 a	91.3 a
Individuos agrupados	85.3 b	92.3 b	88.7 b	57.3 b	55.4 b	56.3 b

Valores seguidos por distinta letra en las columnas muestran diferencias significativas (MDS; P=0.05).

Los resultados ofrecen diferencias significativas en todos los casos en cuanto al peso de las pupas para los dos tipos de dieta alimenticias, sexo y forma de cría. También se observó un menor tamaño de las pupas obtenidas en cría de forma agrupada. Estas diferencias pueden obedecer a un efecto de grupo que acelera el desarrollo, alcanzando el estado de pupa con un peso más bajo.

#### Efectos de la dieta en la longevidad y fecundidad:

Los efectos de la dieta administrada a larvas fue comprobada en los datos de longevidad de adultos y fecundidad de hembras. Para ello se compararon los valores obtenidos de los adultos emergidos de individuos criados en dieta de hojas de pimiento con aquellos obtenidos de larvas criadas en dieta artificial, en este caso procedentes todos de cría aislada de larvas, teniendo en cuenta que la alimentación de los imagos fue la misma para los dos grupos (agua-miel 10%). Los resultados obtenidos y su comparación se muestran en la Tabla 12.

**Tabla 12.** Longevidad de adultos, fecundidad, períodos de pre y postoviposición y vida oviposicional de hembras en adultos obtenidos a partir de individuos criados aislados en dietas de hoja de pimiento y dieta artificial a 25°C constantes.

Parámetros estudiados en adultos ( $\pm$ I.C. 95%)	Alimentación de larvas precursoras a 25°C		Comparación de medias (*)
	Dieta artificial	Hojas de pimiento	
Longevidad (días)			
♂♂	19.79 $\pm$ 3.01	16.62 $\pm$ 1.94	n.s.
♀♀	16.36 $\pm$ 2.76	12.87 $\pm$ 2.30	n.s.
Total	18.38 $\pm$ 1.98	14.75 $\pm$ 1.71	n.s.
Fecundidad (huevos/♀)	1296.6 $\pm$ 228.1	1063.0 $\pm$ 300.1	n.s.
Preoviposición (días)	2.55 $\pm$ 0.31	2.50 $\pm$ 1.18	n.s.
Oviposición (días)	8.52 $\pm$ 1.18	8.75 $\pm$ 1.16	n.s.
Postoviposición (días)	4.89 $\pm$ 2.56	1.62 $\pm$ 1.18	n.s.

(\*) n.s.; Diferencias no significativas entre los valores de las filas (MDS; P=0.05)

La tabla anterior muestra que si bien los valores son algo más bajos en los parámetros estudiados en adultos procedentes de larvas alimentadas con dieta de hojas de pimiento, no existen diferencias significativas entre los datos contrastados para los dos tipos de dieta alimenticia de larvas.

Estos resultados nos muestran que una vez alcanzado el estado adulto, los parámetros estudiados sólo dependen de la alimentación de los imagos, tal como demostraron SIMMONS y LYNCH (1990) para otras especies de Noctuidos, y no de la alimentación de las larvas. No obstante y con los resultados del peso de pupas y número de estadíos larvarios, podemos considerar que la alimentación con dieta a base e hojas de pimiento, afecta al tamaño y peso de la pupas, causando una reducción del mismo, y al número de estadío larvarios, proporcionando estadíos supernumerarios, pero una vez emergidos los adultos éstos tienen un comportamiento en cuanto a longevidad y fecundidad similar a otros adultos procedentes de la cría a la misma temperatura.

### 6.1.3. TABLAS DE VIDA

La confección de tablas de vida nos proporciona información sobre la supervivencia y tasa de mortalidad de las diferentes edades (estados o estadíos) de una especie (SOUTHWOOD, 1978) siendo por tanto muy útiles en el estudio de los factores que concurren en la mortalidad para el seguimiento de poblaciones en distintos cultivos así como para el cálculo del potencial biótico de especies plaga (GARCÍA-MARÍ, 1992).

En este apartado hemos considerado los valores obtenidos en los ensayos realizados en laboratorio, confeccionando tablas de vida a las distintas temperaturas para los estados de

desarrollo y los factores de supervivencia y fecundidad de hembras en los ensayos de laboratorio.

### Estados de desarrollo:

Los valores de supervivencia, mortalidad y tasa de mortalidad en tanto por ciento para los estados de desarrollo en los ensayos de laboratorio se muestran en la Tabla 13. Los datos correspondientes al estado de huevo son suministrados por los resultados de los ensayos de fertilidad realizados a las distintas temperaturas. Los datos para los estados larvarios, incluyen los distintos estadios ( $L_1$  a  $L_5$  y prepupa) habiendo asimilado al último estadio larvario  $L_5$  los estadios supernumerarios que aparecen a  $15^\circ\text{C}$ .

En la Tabla 13 se puede apreciar la tabla de vida específica de la edad para los ensayos en laboratorio. Los datos de mortalidad adquieren valores más altos para los estados de huevo, prepupa y pupa (valores medios de 31.0, 24.1 y 27.3% de mortalidad respectivamente). Al observar los resultados por temperaturas, se aprecia que para  $15^\circ\text{C}$ , la tasa de mortalidad es del 100% para el estado de pupa; de hecho ninguno de los individuos en este estado evolucionó hasta adulto. A esta misma temperatura, la tasa de mortalidad adquiere valores altos en los últimos estadios larvarios, siendo muy baja en estado de huevo. Para temperaturas de 20, 25 y  $30^\circ\text{C}$  la tendencia es muy parecida, apareciendo valores apreciables de mortalidad, tanto en los primeros estadios larvarios como en los últimos y en el estado de pupa, mostrando valores casi nulos en los estadios  $L_2$  a  $L_4$ .

Estos resultados nos demuestran una sensibilidad mayor, traducida en mayores valores de mortalidad, para los individuos en los estadios cercanos a los cambios de estado de desarrollo, es decir, huevo a larva y larva a pupa. Podemos considerar que estos estadios son más susceptibles a la acción de los factores de mortalidad, como han sido las infecciones por el virus de la poliedrosis nuclear de *Spodoptera exigua* (VPNSE), sobre todo para los primeros estadios larvarios, y alteraciones en la muda de los últimos estadios, principalmente  $L_5$  a prepupa y de ésta a pupa que han aparecido en los ensayos de laboratorio. La mortalidad en estado de prepupa se manifestó en muchos casos como incapacidad de formación del pupario, apareciendo individuos deformados que no llegaron a conseguir la forma correcta de pupas.

Por otra parte, los valores de supervivencia de adultos, expresados como tanto por uno de los individuos que alcanzaron el estado adulto, arrojan valores entre el 20 y 50% de la población inicial, excepto para  $15^\circ\text{C}$ , temperatura en la que la supervivencia fue 0. Más concretamente, las tasas de supervivencia de adultos fueron de 0.20, 0.52 y 0.30 para temperaturas de 20, 25 y  $30^\circ\text{C}$  respectivamente, siendo el valor ponderado para el total de 0.32. El valor a  $25^\circ\text{C}$  obtenido en nuestro ensayo es muy similar, aunque algo superior, al valor de 0.45 que obtuvo WAKAMURA (1988) en ensayos de laboratorio a la misma temperatura. Nuestros valores de la tasa de supervivencia de adultos, se asemejan mucho también a los obtenidos por CABELLO *et al.* (1984b) para *Spodoptera littoralis* con distintas dietas alimenticias en laboratorio a  $21^\circ\text{C}$  constantes.

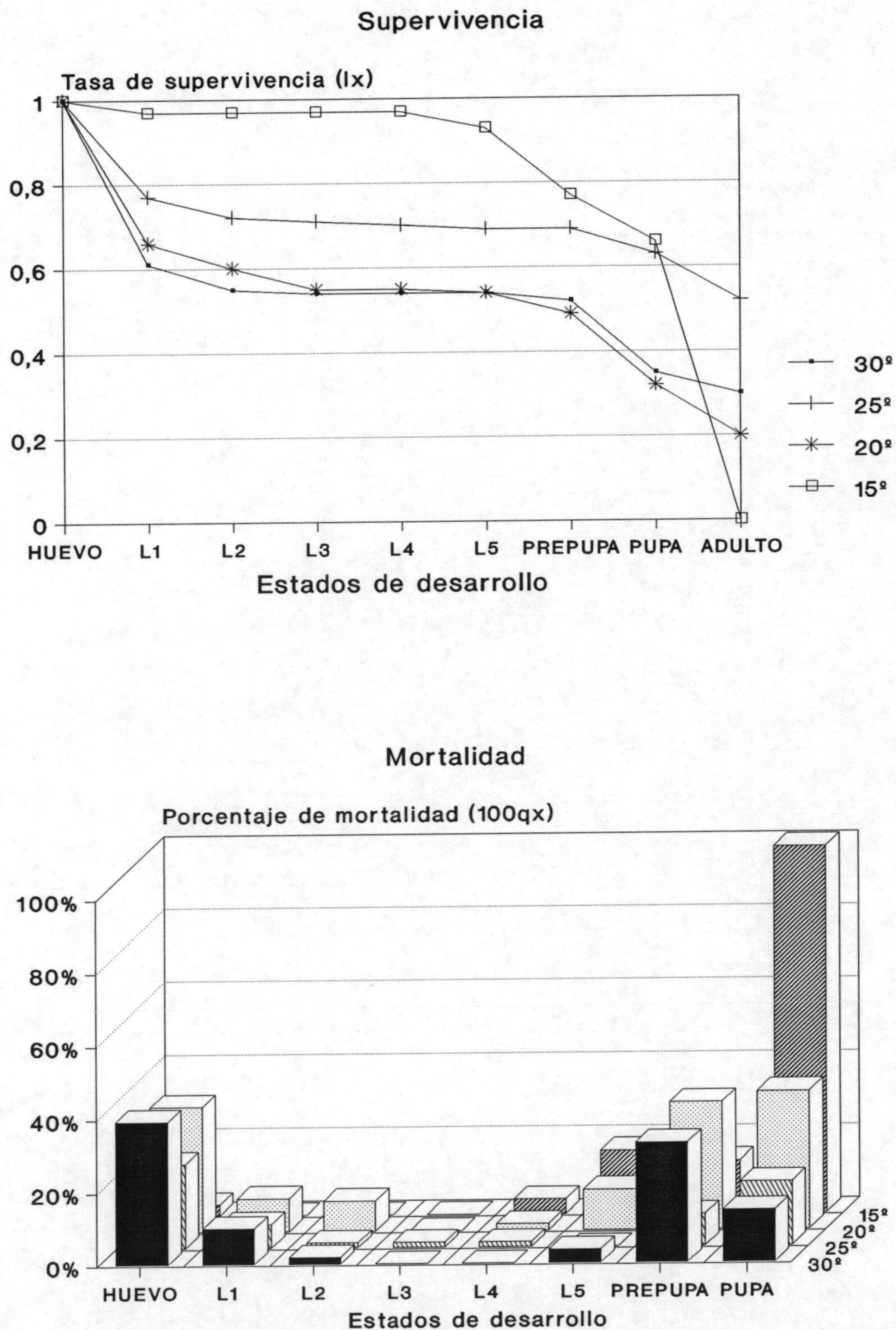
En la Figura 7 se muestran representados los valores de la tasa de supervivencia y tasa de mortalidad para los distintos estados de desarrollo a 15, 20, 25 y  $30^\circ\text{C}$ .



**Tabla 13.** Valores de supervivencia (lx), mortalidad (dx) y tasa de mortalidad (100qx) para los estados de desarrollo de *Spodoptera exigua* en los ensayos de laboratorio a temperaturas constantes.

ESTADO / Estadío	Temperaturas (°C)												TOTAL		
	15°			20°			25°			30°					
	x	lx	dx	100qx	lx	dx	100qx	lx	dx	100qx	lx	dx	100qx	lx	dx
HUEVO	1.00	0.03	3.0	1.00	0.34	34.0	1.00	0.23	23.0	1.00	0.39	39.0	1.00	0.31	31.0
LARVA															
L <sub>1</sub>	0.97	0.00	0.0	0.66	0.06	9.1	0.77	0.05	6.5	0.61	0.06	9.8	0.69	0.05	7.2
L <sub>2</sub>	0.97	0.00	0.0	0.60	0.05	8.3	0.72	0.01	1.4	0.55	0.01	1.8	0.64	0.02	3.1
L <sub>3</sub>	0.97	0.00	0.0	0.55	0.00	0.0	0.71	0.01	1.4	0.54	0.00	0.0	0.62	0.01	1.6
L <sub>4</sub>	0.97	0.04	4.1	0.55	0.01	1.8	0.70	0.01	1.4	0.54	0.00	0.0	0.61	0.01	1.6
L <sub>5</sub>	0.93	0.16	17.2	0.54	0.06	11.1	0.69	0.00	0.0	0.54	0.02	3.7	0.60	0.02	3.3
Prepupa	0.77	0.11	14.3	0.49	0.17	34.7	0.69	0.06	8.7	0.52	0.17	32.7	0.58	0.14	24.1
PUPA	0.66	0.66	100.0	0.32	0.12	37.5	0.63	0.11	17.5	0.35	0.05	14.3	0.44	0.12	27.3
ADULTO	0.00			0.20			0.52			0.30			0.32		

x = estado/estadío desarrollo, lx = supervivencia en tanto por uno, dx = mortalidad en tanto por uno, 100qx = tasa de mortalidad en tanto por ciento



**Figura 7.** Tasa de supervivencia (fig. superior) para los estados de desarrollo y adultos y correspondiente porcentaje de mortalidad (fig. inferior) de los estados de desarrollo de *S. exigua* en laboratorio a las distintas temperaturas constantes (15, 20, 25 y 30 ± 2°C, H.R. = 60 ± 10% y L:O = 16:8 horas).

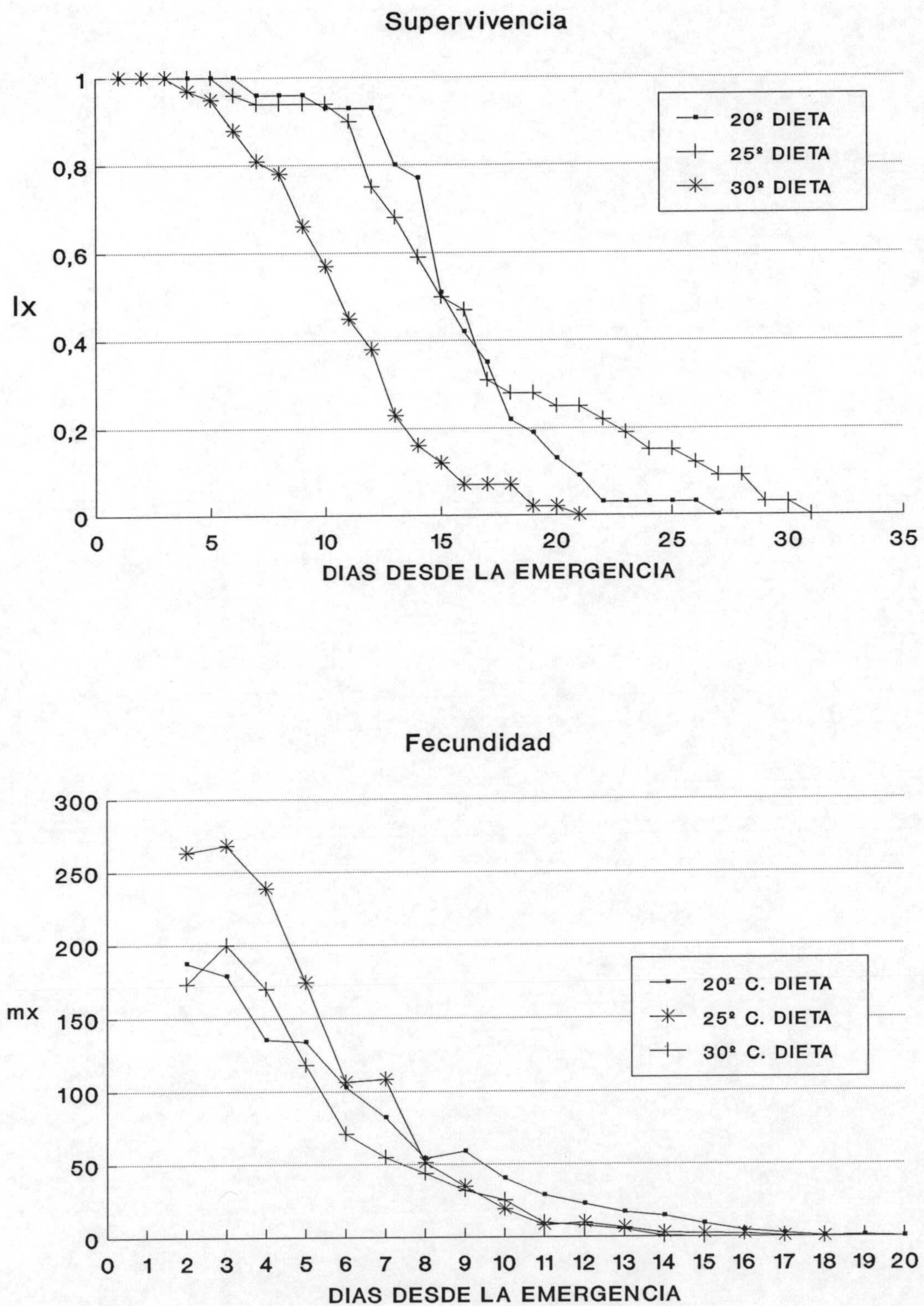
**Hembras adultas:**

Los valores de supervivencia (lx) y fecundidad (mx) para las hembras de *S. exigua* en los ensayos de laboratorio a temperaturas constantes se muestran en la Tabla 14 para 20, 25 y 30°C. En ella se representa la tasa media de supervivencia diaria en tanto por uno, desde el día de emergencia de las hembras adultas y los valores de fecundidad media de huevos depositados por día. La representación comparativa de estos valores de supervivencia y fecundidad media diaria se pueden apreciar en la Figura 8.

**Tabla 14.** Valores de supervivencia y fecundidad de hembras de *Spodoptera exigua* en laboratorio a distintas temperaturas constantes.

EDAD (días)	Temperaturas								
	20° C			25° C			30° C		
	N	lx	mx	N	lx	mx	N	lx	mx
1	31	1.00	0.0	32	1.00	0.0	42	1.00	0.0
2	31	1.00	187.5	32	1.00	263.6	42	1.00	173.4
3	31	1.00	178.9	32	1.00	268.2	41	1.00	199.9
4	31	1.00	135.4	32	1.00	238.8	40	0.97	170.0
5	31	1.00	133.7	31	1.00	174.6	37	0.95	118.0
6	30	1.00	103.0	30	0.96	106.6	34	0.88	71.0
7	30	0.96	82.4	30	0.94	108.3	33	0.81	54.9
8	30	0.96	54.2	30	0.94	51.1	28	0.78	43.7
9	29	0.96	59.0	30	0.94	34.5	24	0.66	32.0
10	29	0.93	40.2	27	0.94	19.4	19	0.57	25.2
11	29	0.93	28.7	24	0.90	8.2	16	0.45	9.8
12	25	0.93	22.6	22	0.75	9.8	10	0.38	7.9
13	24	0.80	17.1	19	0.68	6.4	7	0.23	5.2
14	16	0.77	14.5	16	0.59	2.7	5	0.16	0.3
15	13	0.51	9.1	15	0.50	2.2	3	0.12	0.0
16	11	0.42	4.7	10	0.47	2.0	3	0.07	
17	7	0.35	2.3	9	0.31	0.5	3	0.07	
18	6	0.22	0.3	9	0.28	0.0	1	0.07	
19	4	0.19	0.7	8	0.28		1	0.02	
20	3	0.13	0.0	8	0.25		0	0.02	
21	1	0.09		7	0.25		0		
22	1	0.03		6	0.22				
23	1	0.03		5	0.19				
24	1	0.03		5	0.15				
25	1	0.03		4	0.15				
26	0	0.03		3	0.12				
27	0	0		3	0.09				
28	0			1	0.09				
29	0			1	0.03				
30	0			0	0.03				
31					0				

N = número de hembras; lx = supervivencia en tanto por uno; mx = fecundidad media (huevos/♀)



**Figura 8.** Tasa de supervivencia (fig. superior) y fecundidad media (fig. inferior) de hembras de *S. exigua* a partir del día de la emergencia en los ensayos de laboratorio a las distintas temperaturas constantes (20, 25 y 30 ± 2°C, H.R. = 60 ± 10% y L:O = 16:8 horas).

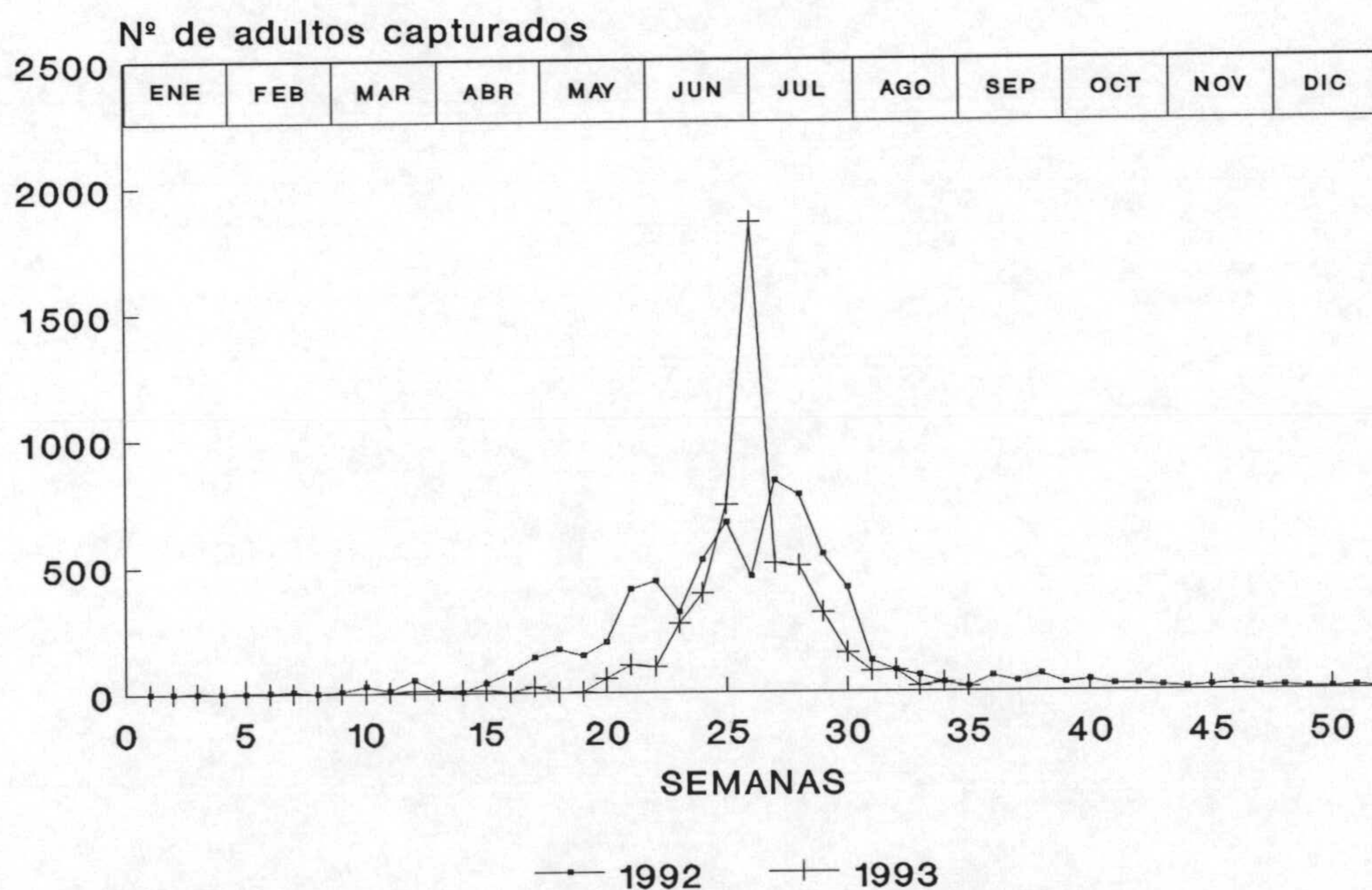
Los valores medios ofrecen una supervivencia de las hembras del 100% a todas las temperaturas ensayadas hasta aproximadamente 3 - 6 días desde su emergencia, comenzando un declive en la tasa, más acusado para temperaturas de 15 y 30°C, y más suave para el ensayo a 25°C. A esta temperatura se alcanzan los máximos valores de fecundidad a los 2 y 3 días desde la emergencia, presentado a partir de esta edad unos valores muy similares entre las 3 temperaturas, con un declive suave en las curvas de fecundidad. Se observa además el efecto que produce la temperatura por el cual, a mayor temperatura, antes comienza a disminuir la tasa de supervivencia media de las hembras adultas, siendo al 4º día a 30°C, al 6º día a 25°C y al 7º día a 20°C.

## 6.2. AUTOECOLOGÍA

### 6.2.1. FENOLOGÍA DE ADULTOS MEDIANTE TRAMPAS DE FEROMONAS Y LUZ

Los valores totales de capturas por semana de ejemplares adultos de *Spodoptera exigua* en trampa de luz y los valores medios de las capturas en las trampas de feromonas exteriores y trampas de feromonas dentro de los invernaderos, para los distintos años de seguimiento, se muestran en la Tabla 15.

Las curvas de capturas en valores del número de individuos totales de la especie, machos y hembras, capturados en la trampa de luz por semanas se muestran en la Figura 9. A lo largo del tiempo en el que la trampa ha estado en funcionamiento, se han obtenido capturas en todos los meses del año, excepto en 4 semanas no consecutivas de los meses de enero y febrero del año 1992 y 6 semanas no consecutivas en los meses de enero, febrero y marzo del año 1993. En este año, hubo además una semana, la 18, en el mes de mayo en la que tampoco se realizaron capturas.



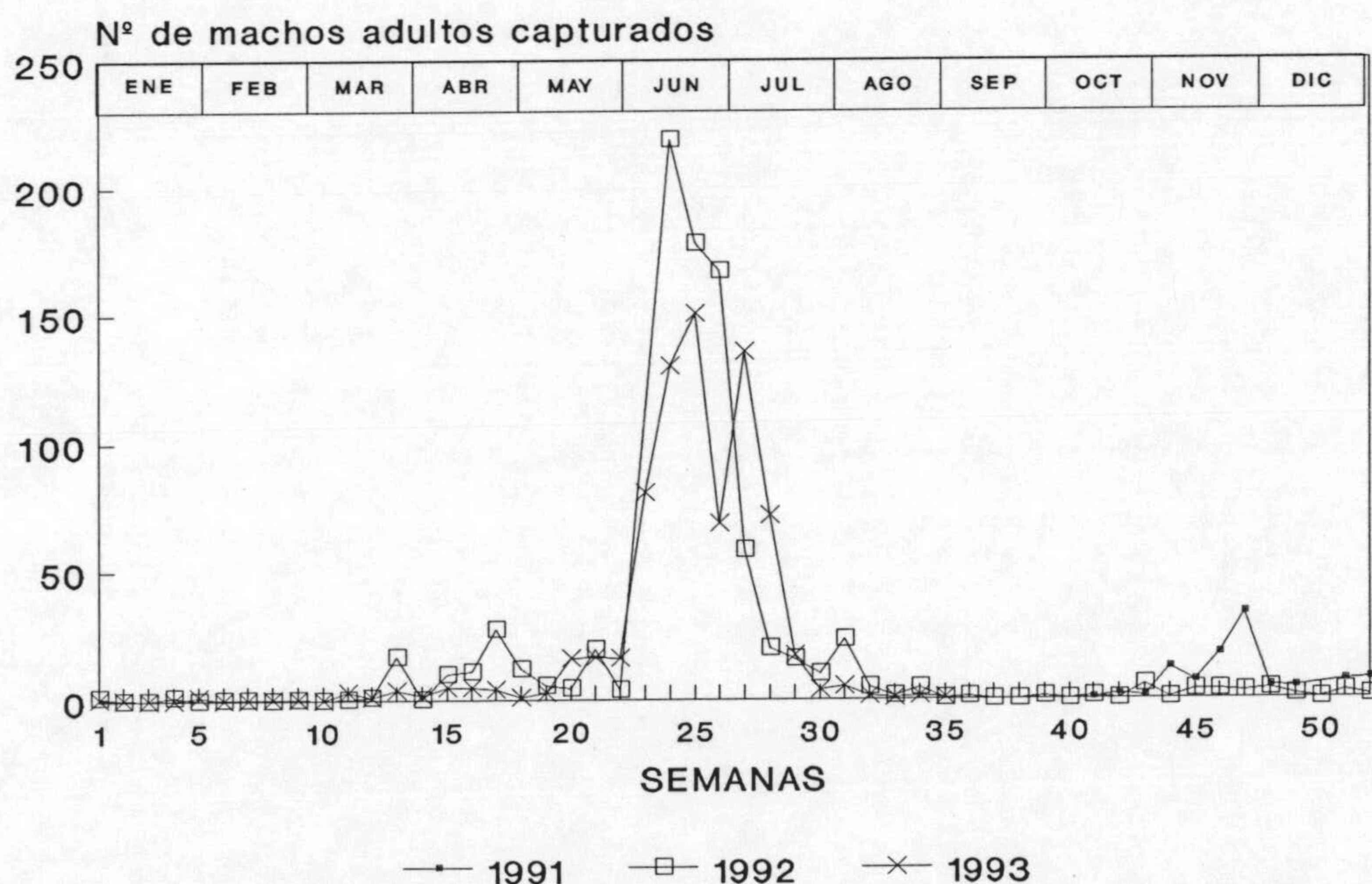
**Figura 9.** Valores de las capturas totales semanales de individuos adultos, macho y hembra de *S. exigua*, en trampa de luz en el seguimiento realizado durante los años 1992 y 1993.

**Tabla 15.** Valores totales y totales medios del número de capturas de adultos macho y hembra en trampa de luz y machos en trampas de feromonas durante los años 1991, 1992 y 1993 en el poniente almeriense.

SEMANA DEL AÑO	TIPO DE TRAMPA								
	LUZ			FEROMONAS					
				Exterior del invernadero ( $\bar{x}$ )			Dentro del invernadero ( $\bar{x}$ )		
	1991	1992	1993	1991	1992	1993	1991	1992	1993
1		0	0		1.5	0.7		0.0	0.0
2		0	0		0.0	0.3		0.0	0.0
3		1	2		0.0	0.0		0.0	0.0
4		1	0		1.5	0.0		0.0	0.0
5		0	2		0.0	1.3		0.0	0.5
6		2	0		0.5	0.0		1.0	0.5
7		8	1		0.5	0.0		0.5	0.0
8		0	1		0.0	0.5		0.5	0.0
9		8	0		0.5	0.5		1.0	0.0
10		29	0		0.0	0.0		0.5	0.0
11		12	2		0.5	3.3		0.0	0.0
12		53	11		1.0	1.0		2.5	0.0
13		7	10		17.0	4.0		0.0	0.7
14		2	11		0.5	1.7		0.0	0.5
15		37	12		10.0	5.0		0.5	0.0
16		79	3		11.0	5.0		0.0	1.0
17		139	23		27.5	4.3		1.5	0.7
18		169	0		12.0	1.0		0.0	0.7
19		145	3		5.5	3.0		0.0	0.5
20		200	54		4.5	16.3		0.0	0.7
21		408	109		19.5	16.7		2.5	1.7
22		439	101		4.0	16.3		2.5	7.2
23		318	273		-	80.7		0.0	14.7
24		522	389		219.0	129.7		2.0	32.0
25		671	738		178.0	150.3		-	6.0
26		458	1860		167.0	68.5		-	2.5
27		834	509		58.5	135.3		-	17.2
28		778	499		20.0	71.7		-	5.2
29		545	314		16.0	17.3		-	0.5
30		413	152		10.0	4.0		-	0.7
31		122	79		23.5	5.3		1.5	2.7
32		83	83		5.0	1.3		0.5	0.0
33		62	19		1.5	0.7		1.0	0.0
34		36	34		4.5	1.3		0.5	0.0
35		16	17		0.5	0.7		0.0	0.0
36		58			1.0			0.0	
37		37			0.0			0.0	
38		67			0.0			0.0	
39		30			1.0			0.0	
40		42			0.0			0.5	
41		23		0.5	1.0		0.0	0.0	
42		23		2.0	0.0		1.0	0.0	
43		16		1.0	5.5		0.5	0.0	
44		11		12.0	0.5		0.5	0.0	
45		18		7.0	3.5		1.0	0.0	
46		26		17.5	3.5		0.5	0.5	
47		11		33.5	3.0		0.5	0.0	
48		15		5.0	4.0		0.5	0.0	
49	37	5		4.0	1.5		0.5	0.5	
50	11	5		-	0.0		0.5	0.5	
51	15	11		7.0	3.0		0.0	0.0	
52	2	7		7.5	1.0		0.0	0.0	

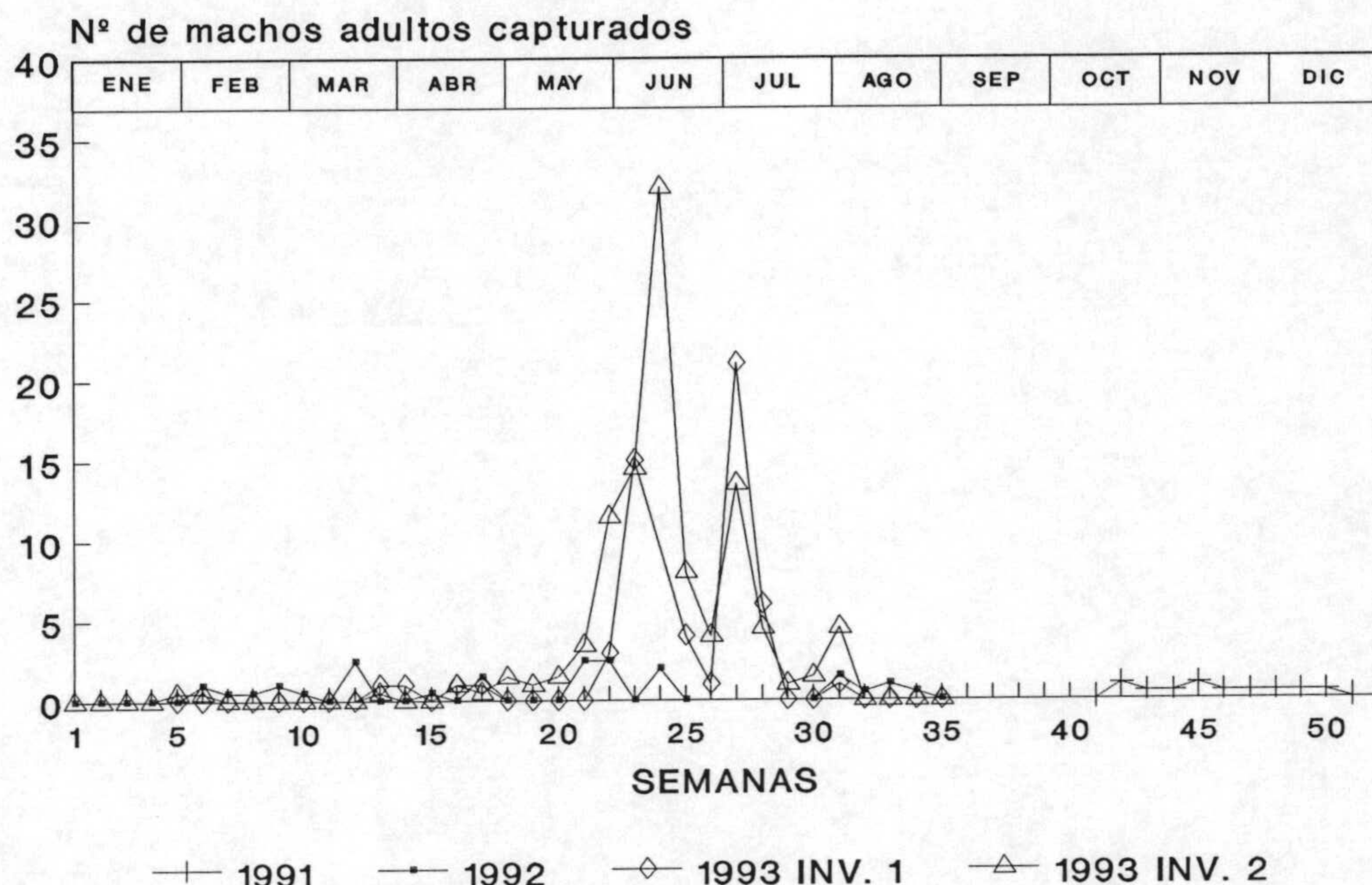
Los datos de capturas semanales totales ofrecen una coincidencia en los distintos años de los niveles más altos de capturas entre las semanas 20 a 35 correspondientes al período entre finales del mes de mayo y finales de agosto. Durante el resto del año, el número de capturas es sensiblemente inferior. A pesar de la tendencia similar en los 2 años en los que se recogen las fechas de máximas capturas, se aprecia que el inicio de aumento de capturas en el año 1992 se adelanta unas 4 semanas respecto al año 1993. Sin embargo, el máximo absoluto de capturas se recoge en la semana 26 (finales del mes de junio, principios de julio) del año 1993 con un total de 1860 individuos/semana de *S. exigua*. Por otra parte, y como puede apreciarse en la Figura 9, los valores más altos de capturas se encuentran en un intervalo de tiempo más estrecho en el año 1993.

Los resultados de las trampas de feromonas sexuales, tanto las colocadas en el interior como en el exterior de los invernaderos, muestran en sus valores medios un comportamiento muy similar, alcanzándose los picos de capturas totales de machos entre las semanas 20 y 32 para las trampas de feromonas dentro de los invernaderos y semanas 15 y 32 para las trampas exteriores, coincidentes con los valores arrojados por la trampa de luz. Estos valores pueden apreciarse en las Figuras 10 y 11 respectivamente para las capturas fuera y dentro de los invernaderos. Como en el caso de la trampa de luz, durante todo el período de seguimiento se realizaron algunas capturas, incluso en los meses invernales en las trampas de feromonas exteriores, mientras que en las trampas dentro de invernaderos hay períodos de ausencia de capturas correspondientes a las dos últimas semanas de los años 1991 y 1992, 5 primeras semanas de 1992 y las 4 primeras de 1993.



**Figura 10.** Valores medios del número de capturas semanales de adultos macho de *S. exigua* en trampas de feromonas sexuales colocadas en el exterior de los invernaderos, para los años 1991, 1992 y 1993.





**Figura 11.** Valores medios del número de capturas semanales de adultos macho de *S. exigua* en trampas de feromonas sexuales dentro de invernaderos, durante los años 1991, 1992 y 1993.

#### Comparación entre modelos de trampas y localización de las mismas:

La comparación del número de capturas de la trampa de luz respecto a trampas de feromonas y entre éstas en todo el período de seguimiento, arrojan para las proporciones de capturas entre trampas calculadas por semana, las relaciones en valores medios que a continuación se muestran:

$$\text{Trampa de luz / trampa de feromonas exteriores} = 14.62 / 1$$

$$\text{Trampa de luz / trampa de feromonas interior} = 97.81 / 1$$

$$\text{Trampa de feromonas exterior / trampa de feromonas interior} = 10.67 / 1$$

Estos valores reflejan un volumen de capturas de unas 15 veces mayor en la trampa de luz respecto a los valores medios de las trampas de feromonas colocadas en el exterior de los invernaderos, y unas 100 veces mayor que las colocadas dentro de los invernaderos. Por su parte, la relación entre las capturas en las trampas de feromonas exteriores respecto a las colocadas dentro de los invernaderos es aproximadamente 10 veces mayor.

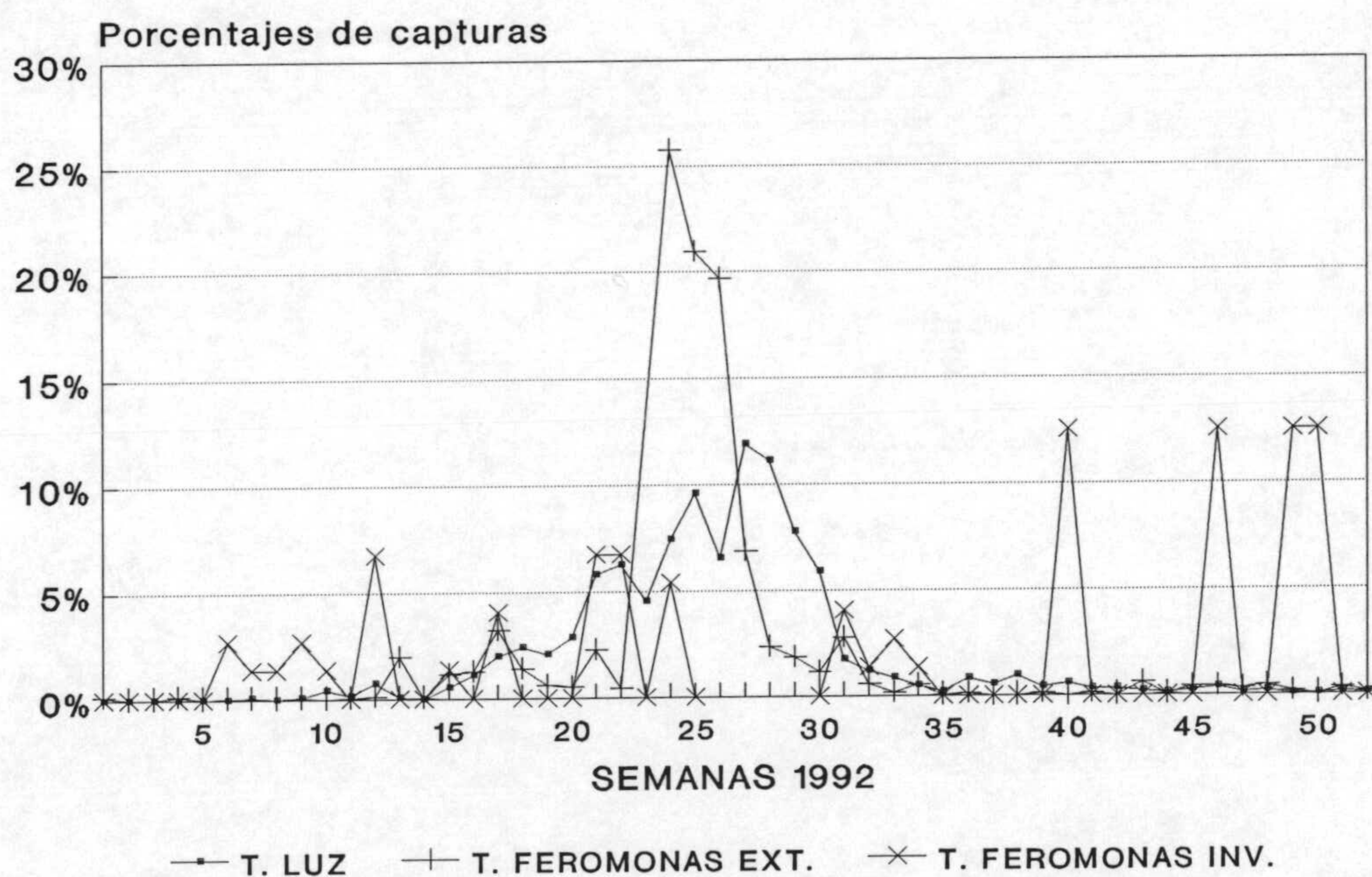
Las proporciones en las que intervienen el número de capturas en trampa de luz, están sobrevaloradas puesto que en ellas se contempla tanto el número de machos como hembras, mientras que en las trampas de feromonas solamente se evalúan machos. Por lo tanto la

relación entre trampa de luz y trampas de feromonas exteriores considerando solamente las capturas de machos en las fechas en que los adultos de la trampa de luz fueron sexados es de 7.78 / 1, prácticamente la mitad de la proporción que hay cuando se contemplan el total de individuos. La relación entre los machos en trampa de luz y trampas de feromonas dentro del invernadero es de 56.68 / 1, aproximadamente la mitad que el valor con machos y hembras.

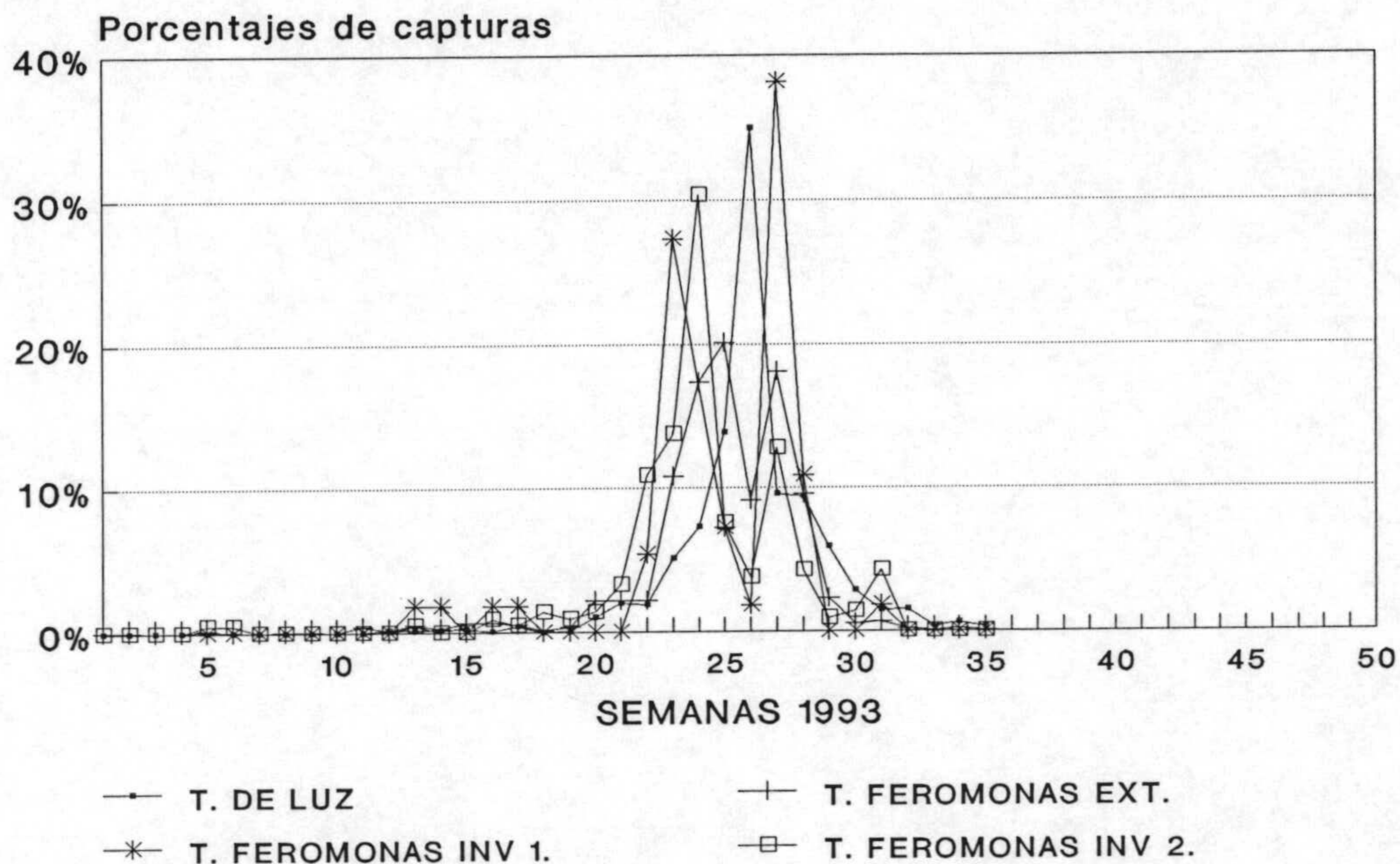
Estos datos que nos reflejan la eficacia relativa del modelo de trampa y ubicación de las mismas en cuanto al número total de capturas, deben completarse con un estudio de la distribución temporal de las mismas. Para ello se homogenizó la escala, mostrando los valores de capturas en porcentajes semanales sobre el total de las mismas. Estos valores para los años 1992 y 1993 se muestran respectivamente en las Figuras 12 y 13.

Los valores de la Figura 12 para el año 1992 muestran una dispersión de los picos de porcentajes del número medio de capturas en trampas de feromonas dentro del invernadero respecto a las trampas de luz y feromonas exteriores. Entre éstas últimas si existe una concordancia en el tiempo más ajustada a las semanas centrales en las trampas de feromonas exteriores.

Esta discordancia en la sincronización de capturas dentro del invernadero y fuera se explica por los valores tan bajos en trampas de feromonas dentro del invernadero, desde 0 hasta un máximo de 2.5 machos/trampa y semana correspondientes a los picos entre las semanas 40 y 52.



**Figura 12.** Porcentajes semanales sobre el total de cada tipo de trampa, de capturas de adultos de *S. exigua* en trampas de luz y feromonas, durante el año 1992.



**Figura 13.** Porcentajes semanales sobre el total de cada tipo de trampa, de capturas de adultos de *S. exigua* en trampas de luz y feromonas, durante el año 1993.

Los valores en porcentaje semanal sobre el total de capturas para el año 1993 (Figura 13) si muestran por el contrario una gran concordancia en las fechas y porcentajes para las trampas de luz y feromonas dentro y fuera de invernaderos. Estos valores transformados con  $\log(x + 1)$  para los datos medios de los 3 años pueden observarse en la Figura 14. Los coeficientes de correlación para los tres tipos de trampas fueron en todos los casos positivos con una probabilidad altamente significativa ( $P < 0.01$ ;  $n = 83$ ), mostrando los siguientes valores:

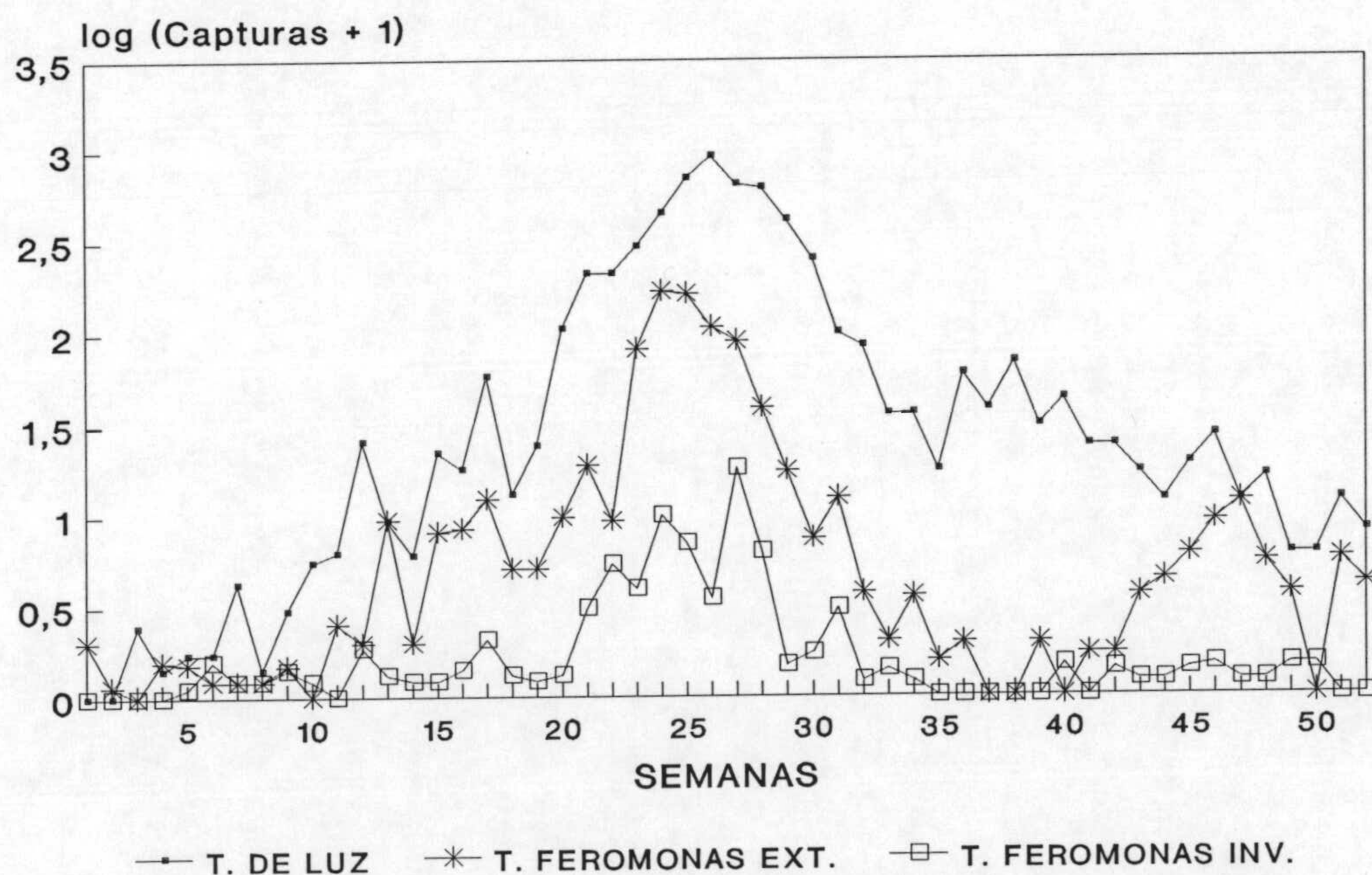
	$\log(TLUZ + 1)$	$\log(TFFU + 1)$
$\log(TFFU + 1)$	0.7289	
$\log(TFIN + 1)$	0.5855	0.7177

Donde: TLUZ = capturas en trampa de luz  
 TFFU = media de capturas en trampas de feromonas exteriores  
 TFIN = media de capturas en trampas de feromonas en invernadero

La correlación más alta se produce entre los valores de capturas de trampa de luz y trampas de feromonas exteriores, seguido por éstas con las trampas de feromonas dentro de invernaderos. Aunque con una correlación netamente positiva, el menor valor corresponde a la correlación entre capturas de trampa de luz y trampas de feromonas en invernadero.

Sobre la base de los resultados anteriores, podemos afirmar que las trampas de feromonas exteriores proporcionan una información fiable sobre la fenología de adultos de la especie, en cuanto al principio y final de la actividad de vuelo de los mismos. Esta utilidad ya fue demostrada por TRUMBLE y BAKER (1984) en ensayos con distintos modelos de trampas de feromonas en California.

Todos los datos anteriormente reflejados nos permiten diferenciar el comportamiento de las trampas en invernadero y exteriores, ya sea de luz o feromonas. Aparte de los valores absolutos de capturas, que son mucho menores dentro de los invernaderos, los valores de capturas de machos dentro de los mismos en épocas de gran actividad de vuelo en el exterior, pueden estar más influenciados por los niveles de infestación en los cultivos dentro del invernadero que por las pautas de vuelos en el exterior de los mismos. Si consideramos además que son estructuras "teóricamente" cerradas, esta suposición tiene más base, puesto que tras su emergencia, los adultos macho al alcanzar la madurez sexual tienen grandes posibilidades de ser atraídos por las feromonas sexuales de las hembras, antes de encontrar salidas al exterior. Por otra parte, debemos considerar la aseveración de VAN DEN BOS (1983) según la cual, las feromonas de *S. exigua* no funcionan bien dentro de los invernaderos.



**Figura 14.** Valores medios de los años 1991, 1992 y 1993 del número de capturas de adultos de *S. exigua* en los distintos tipos de trampas, con valores transformados con  $\log(n^\circ \text{ capturas} + 1)$ .

### Relaciones entre las capturas en los diferentes tipos de trampas:

Aunque en el apartado anterior se ha comparado la eficacia relativa de los distintos modelos de trampas utilizados en el seguimiento de la fenología de la especie, con interpretación de los resultados obtenidos, se han estimado además las relaciones que se establecen entre estas variables, número de capturas a lo largo del período de seguimiento en las diferentes trampas, por medio de funciones matemáticas. Para el cálculo de estas funciones se utilizaron los datos semanales registrados de las capturas en trampa de luz y trampas de feromonas colocadas al aire libre y dentro de invernaderos.

El ajuste de los datos se realizó, por una parte, para los valores obtenidos en trampa de luz y los valores medios en trampas de feromonas exteriores, y por otra parte, para los valores medios de capturas en trampas de feromonas exteriores y valores medios de capturas en trampas de feromonas dentro de los invernaderos para todas las fechas (semanas) de los años 1991, 1992 y 1993 en las que se recogieron los datos. En ambos casos se realizó el ajuste por medio de regresión lineal de las variables transformadas con  $\log(x+1)$  forzando en origen, siendo  $x$  el número de capturas.

Así, la relación que existe entre las capturas en trampa de luz y trampas de feromonas exteriores a invernaderos pudo establecerse mediante la siguiente ecuación en la que se utilizan solamente los valores de capturas de machos en trampa de luz:

$$\psi = e^{[0.58955 \cdot \ln(P+1)]-1} \quad (r^2=0.8113; P < 0.01)$$

Donde  $\psi$  es el número de capturas en las trampas de feromonas fuera de invernaderos y  $P$  es el número de machos capturados en trampa de luz.

La relación que se establece entre el número de capturas en trampas de feromonas exteriores a los invernaderos y trampas de feromonas en el interior de los mismos, calculada con el mismo procedimiento anterior, viene determinada por la ecuación:

$$\pi = e^{(0.02068 \cdot \psi) - 1} \quad (r^2=0.8019; P < 0.01)$$

Siendo  $\pi$  el número de capturas en trampas de feromonas dentro de invernaderos y  $\psi$  el número de capturas en trampas de feromonas fuera del invernadero.

Con estas ecuaciones puede establecerse una estimación de las capturas posibles en un determinado modelo de trampa del que se desconozcan los datos, partiendo de los valores conocidos de capturas, bien en trampa de luz o bien en trampas de feromonas al aire libre o dentro de invernaderos.

### Relación de las capturas en función de las temperaturas:

La comparación de los valores medios de capturas en trampa de luz con las temperaturas exteriores registradas, calculando las medias de máximas y mínimas semanales y el valor de Grados-día acumulados se muestran en la Figura 15 para los años 1992 y 1993.

Otros factores ambientales, como son precipitaciones, viento o efectos de la iluminación lunar nocturna, no se han considerado basándonos en estudios precedentes realizados por otros autores. TRUMBLE y BAKER (1984) no encontraron correlación significativa entre la lluvia y el número de capturas en trampas así como tampoco se consiguió establecer una relación entre la velocidad y dirección del viento en ciertos períodos con los movimientos migratorios y vuelos de adultos. Tampoco en el estudio de HOGG y GUTIERREZ (1980) se muestra una aparente correlación entre los períodos lunares o períodos de fuertes vientos y los niveles de capturas en trampas de luz.

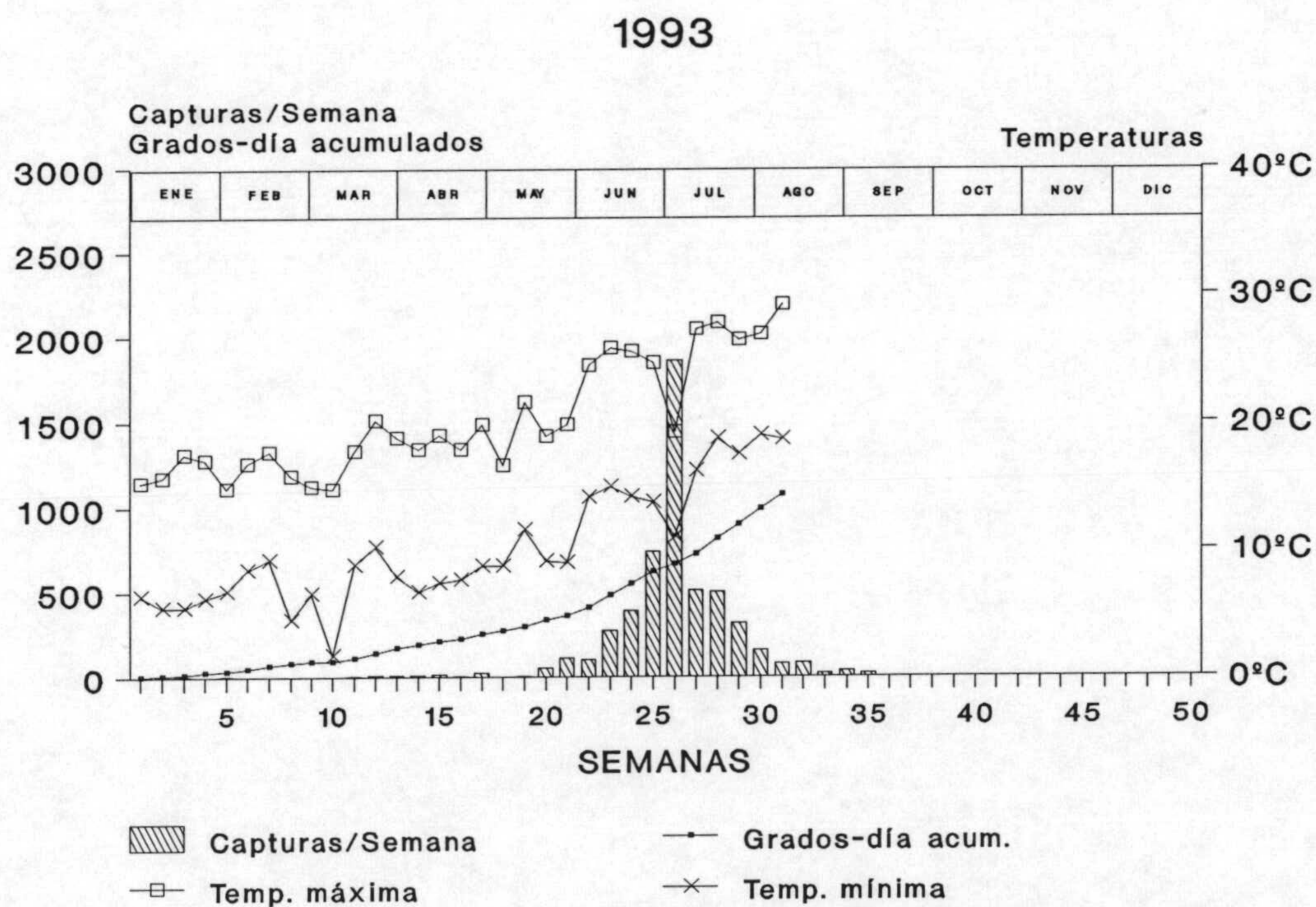
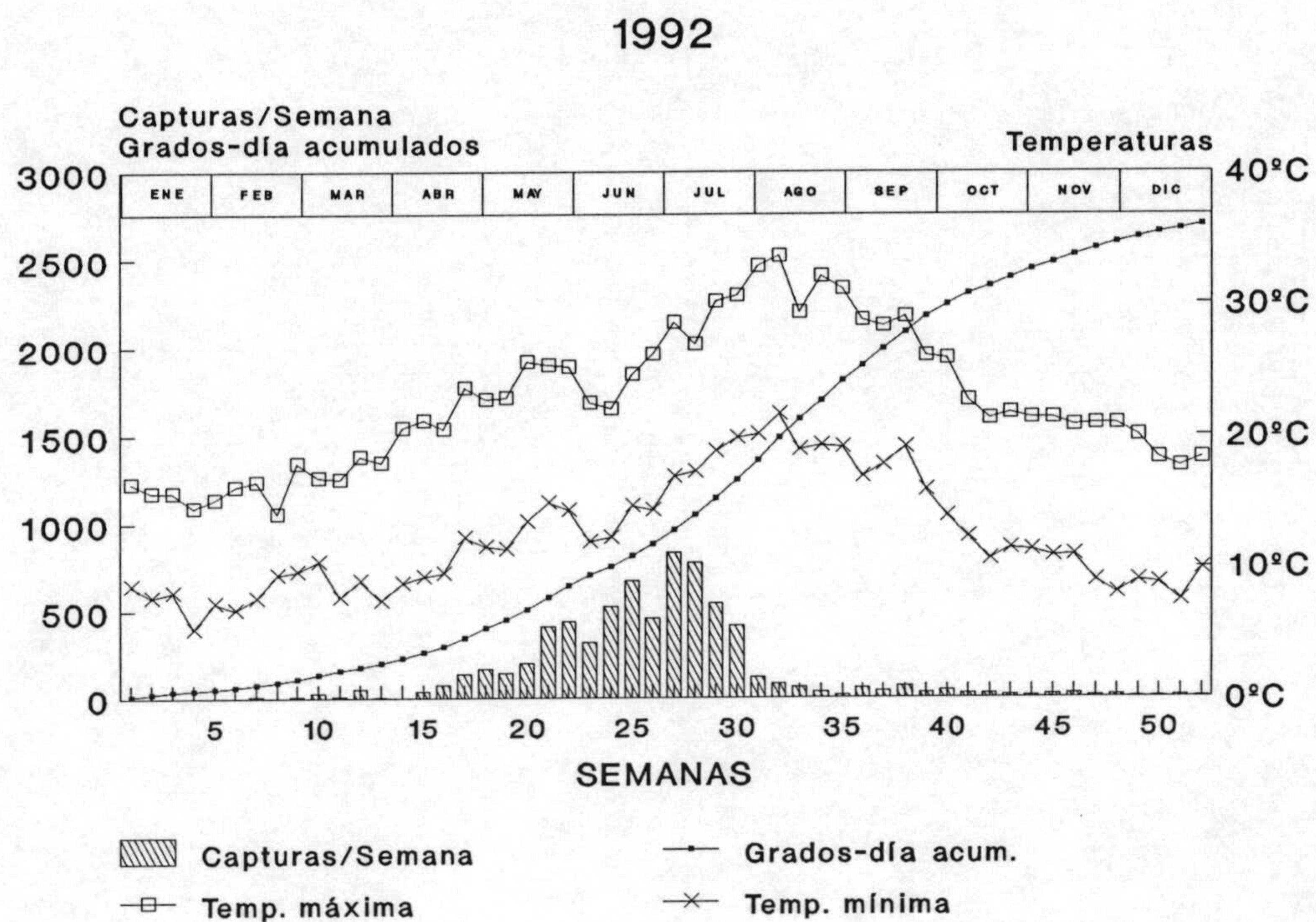
El otro factor considerado, las temperaturas máximas y mínimas diarias expresadas en valores medios semanales, no muestran una correlación significativa con el número de capturas, resultados que coinciden con los obtenidos por TRUMBLE y BAKER (1984).

En seguimientos de fenología realizados en California, McNALLY (1983) estima una distancia entre 380 y 560 Grados-día entre los picos de capturas en el período de seguimiento, que para temperaturas entre 15.5 y 32.2°C suponen unos  $24 \pm 4.5$  días.

En la evolución de capturas en el año 1992 se observa un ascenso suave a partir de la semana 15, con acompañamiento de la curva de los Grados-día acumulados. El cálculo de los Grados-día acumulados se realizó sobre un umbral mínimo de 10°C de acuerdo con la estimación de AARVIK (1981) sobre las necesidades térmicas para el vuelo en migraciones de *S. exigua*, y según nuestras observaciones en los ensayos de laboratorio, utilizando la metodología y cálculo desarrollado por GONZÁLEZ y HERNÁNDEZ (1990).

En la semana 28, en la que comienza el descenso de capturas, se han colectado el 75% de los individuos del año en valor acumulado. Este porcentaje corresponde a 5320 capturas en la trampa de luz, y para este valor, se llevan acumulados en esa semana unos 1050 Grados-día. En el año 1993, el 77% de las capturas acumuladas se alcanza prácticamente en la misma semana, la 27, pero con un número menor de capturas (4114). En esta semana además se corresponden solamente 721 Grados-día acumulados, bastantes menos que en las mismas fechas del año anterior. Para valores de capturas comparables al año 1992 tenemos que irnos en este año 1993 a la semana 31, en la que se acumulan 5158 capturas, correspondiendo a 1074 Grados-día acumulados.

Como vemos el valor aproximado de 1000 Grados-día acumulados corresponde a unas 5100 y 5300 capturas para los años 1992 y 1993 respectivamente. Esta coincidencia en ambos años de seguimiento para las semanas 28 y 31 en las que se aprecia ya un marcado descenso de las capturas semanales, tiene una correspondencia en los valores cercanos a 1700 capturas acumuladas a los 600 - 650 Grados-día que se alcanzan en las primeras semanas en las que aparecen valores importantes de capturas (24 y 32% respectivamente para los años



**Figura 15.** Capturas semanales de adultos de *S. exigua* en trampa de luz en relación con los valores medios semanales de temperaturas máximas y mínimas, y valor de los Grados-día acumulados, para los años 1992 (fig. superior) y 1993 (fig. inferior).

1992 y 1993). No obstante, y como es apreciable y ha sido comentado anteriormente, en el año 1992 los valores de capturas comienzan la subida hacia el máximo y su posterior descenso de forma muy gradual, mientras que en el año 1993 los picos de máximas capturas están más marcados en las semanas centrales. Si tenemos en cuenta que en el año 1992 las temperaturas, consideradas en Grados-día acumulados, tienen un ascenso mayor desde varias semanas antes que en 1993, podemos explicar la mayor actividad de vuelo desde la semana 15, mientras que en 1993 hay que esperar hasta la semana 20 para obtener el inicio del aumento de capturas.

### **Proporción de machos capturados en trampa de luz:**

Las capturas en trampa de luz a lo largo de las semanas del año, en el período de seguimiento, muestran valores de proporción de machos muy altos en los primeros meses del año y en las últimas semanas de 1992. Estos resultados son muy similares en los primeros meses del año 1993. En ambos casos, la proporción de machos en las semanas centrales del año descienden a valores inferiores al 50%.

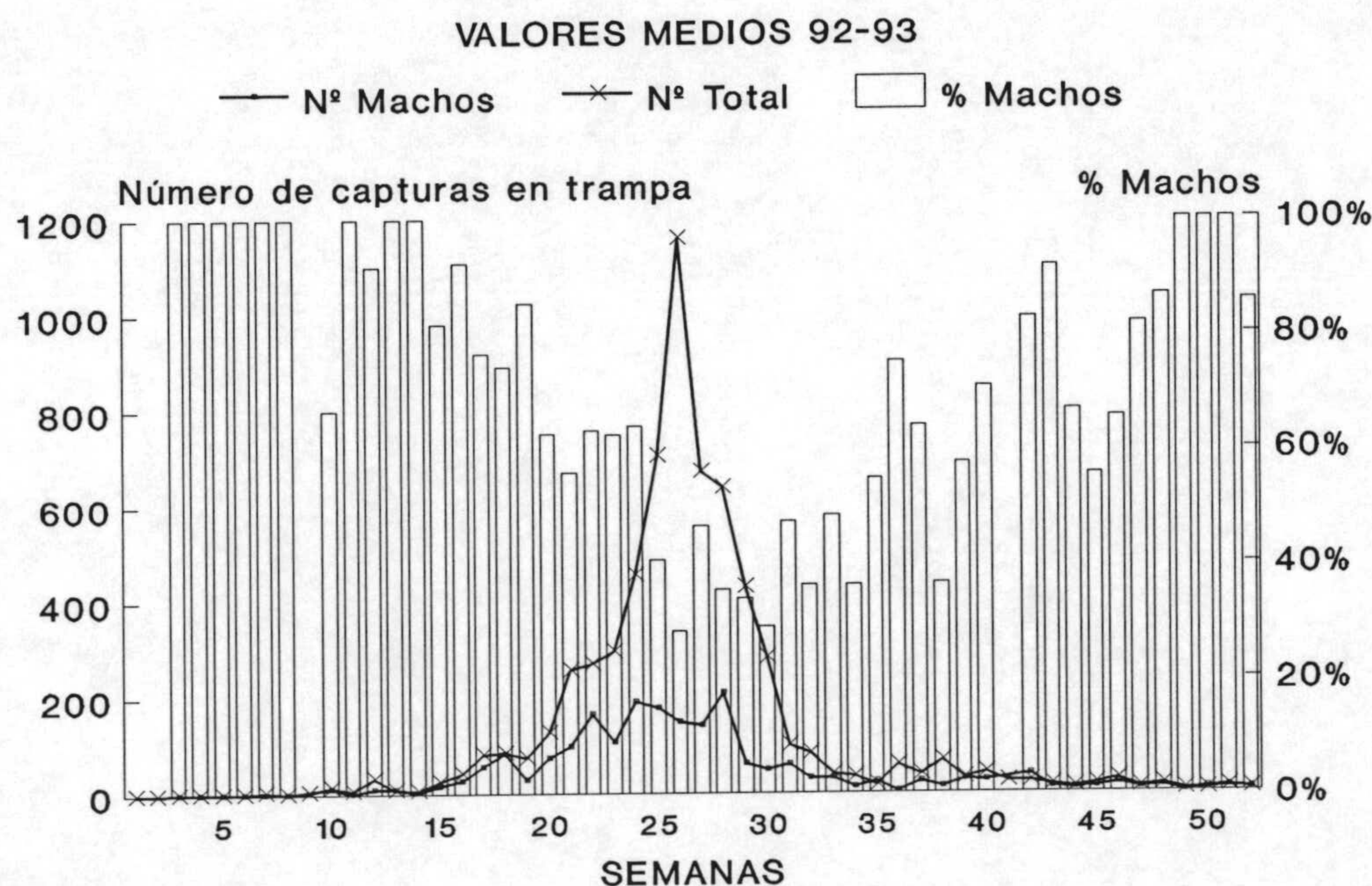
Para todo el período de seguimiento, la proporción media de machos capturados es de 72.13%, bastante mayor que la proporción resultante de los ensayos de cría en laboratorio que se aproximó bastante a un 50%.

Los valores medios de la proporción de machos durante los dos años, en relación al número de capturas totales y capturas de machos solamente, en trampa de luz se muestran en la Figura 16. En estos datos se aprecia una correlación negativa entre proporción de machos y número total de capturas. La correlación realizada con los datos de capturas transformados con  $\log(x+1)$  estiman un coeficiente de -0.9330 con una probabilidad altamente significativa ( $P < 0.01$ ).

Esta variación en la proporción de sexos a lo largo de las semanas del año en los 2 períodos no puede explicarse solamente por el retraimiento de individuos que puede ejercer las capturas en trampas de feromonas exteriores que se encuentran en las proximidades de la trampa de luz, sino que más bien obedece a condicionamientos biológicos y ecológicos. De hecho, en las fechas en las que la trampa de luz captura unos porcentajes muy altos de machos, también existen capturas en las trampas de feromonas, aunque en valores bajos, y sería por tanto lógico que para proporciones iguales de sexos, en la trampa de luz se hubieran capturado proporciones más similares de hembras.

El mayor número de machos capturados, en valores medios para los distintos años, contradice la suposición de que una parte de los mismos en el potencial de población de adultos, pudiera ser "retirada" por las trampas de feromonas que se localizaban en los alrededores de la trampa de luz. De hecho se han apuntado otros fenómenos causantes de diferencias en proporciones de sexos en capturas en trampa de luz. Así para otras especies como *Hydraecia imnanis* Guenée y *Papaipema nebris* (Guenée) se han llegado a capturar solamente un 8.56 y 10.8% de hembras respectivamente, justificando estos resultados por una menor atracción de las hembras por la trampa de luz, o por una mayor permanencia de las mismas en los lugares de puesta sin entrar en el ámbito de atracción de la trampa (LEVINE, 1989). En este sentido, en el seguimiento de la fenología de otra especie de





**Figura 16.** Proporción semanal de machos de *S. exigua* capturados en trampa de luz en relación a los valores de capturas totales de individuos adultos y de individuos macho en valores medios para los años 1992 y 1993.

Noctuido, *Euoxa ochrogaster* (Guenée), GERBER y WALKOF (1992) también encontraron una mayor proporción de machos en las capturas con trampa de luz, y aunque consideran la hipótesis de otros autores de una menor atracción de las hembras hacia la trampa, para esta especie la explicación que parece tener más consistencia es la de un comportamiento más sedentario por parte de las hembras. El hecho de que en nuestros datos, se produzca proporcionalmente más capturas de machos en los meses de invierno y en general en temporada frías que incluyen períodos de primavera y otoño, nos lleva a considerar la siguiente hipótesis; al existir en esos períodos unos niveles poblacionales menores, y ser las hembras por tanto más escasas, una mayor proporción de machos asegura la cópula y fecundación, y por tanto la supervivencia de la especie. Esto no ocurre en verano puesto que existe una mayor proporción de hembras en los picos de capturas y por tanto hay una densidad de población abundante de la especie. Los factores que pueden condicionar este comportamiento en las diferencias de la proporción de sexos, a lo largo del año, debemos buscarlos en los efectos que la temperatura y fotoperíodo puedan ejercer en la fisiología de la especie.

### Ecofisiología de hembras:

Otro aspecto estudiado en los ejemplares capturados en trampa de luz ha sido el relativo al estado de las hembras en cuanto a si se trataba de hembras vírgenes o apareadas, y en este caso, el número de veces que las mismas se habían apareado, para lo cual se realizó la disección de la bolsa copulatrix de las mismas, contando el número de espermatozoides que contenían en su interior, lo que refleja el número de apareamientos producidos.

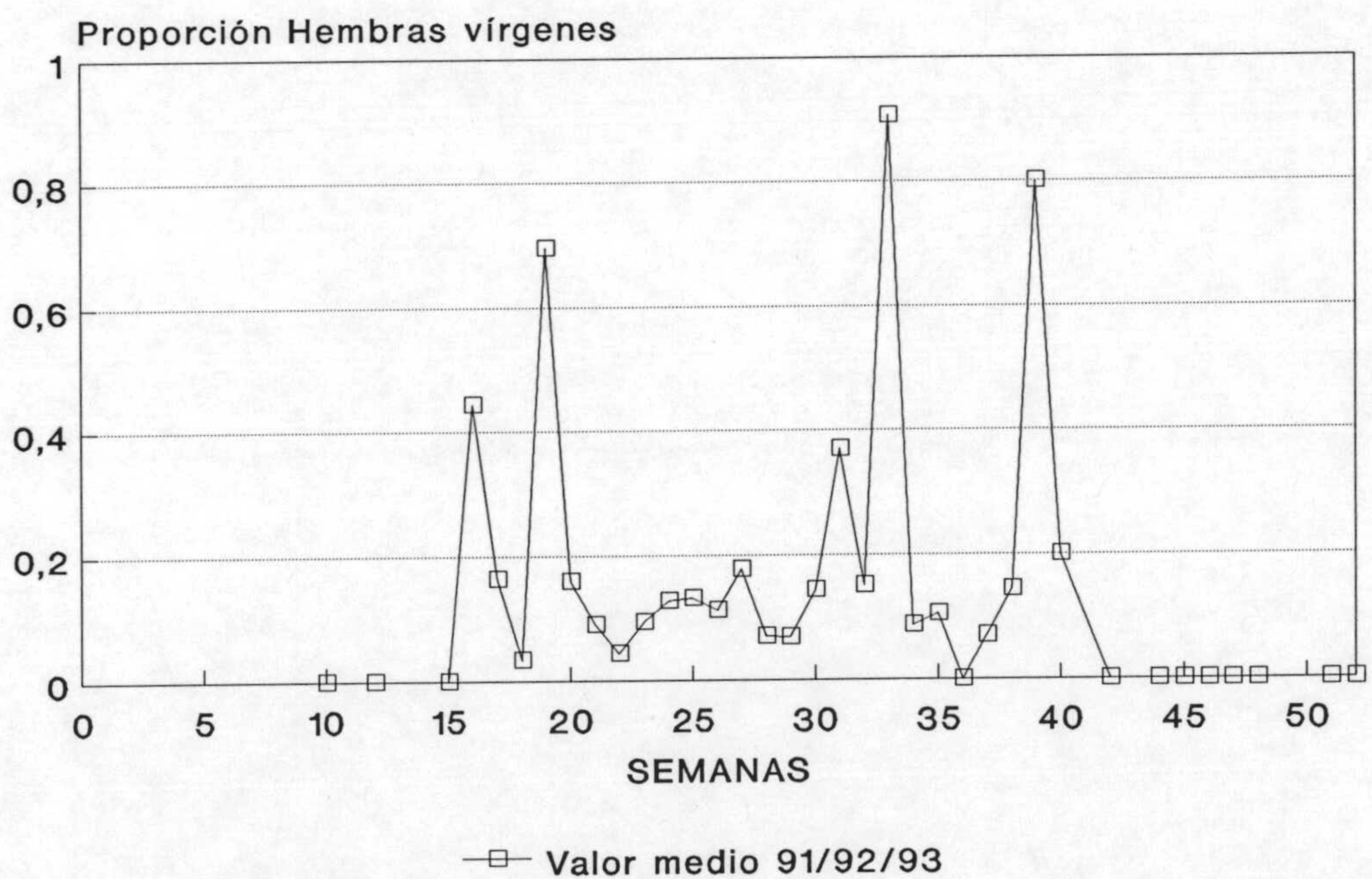
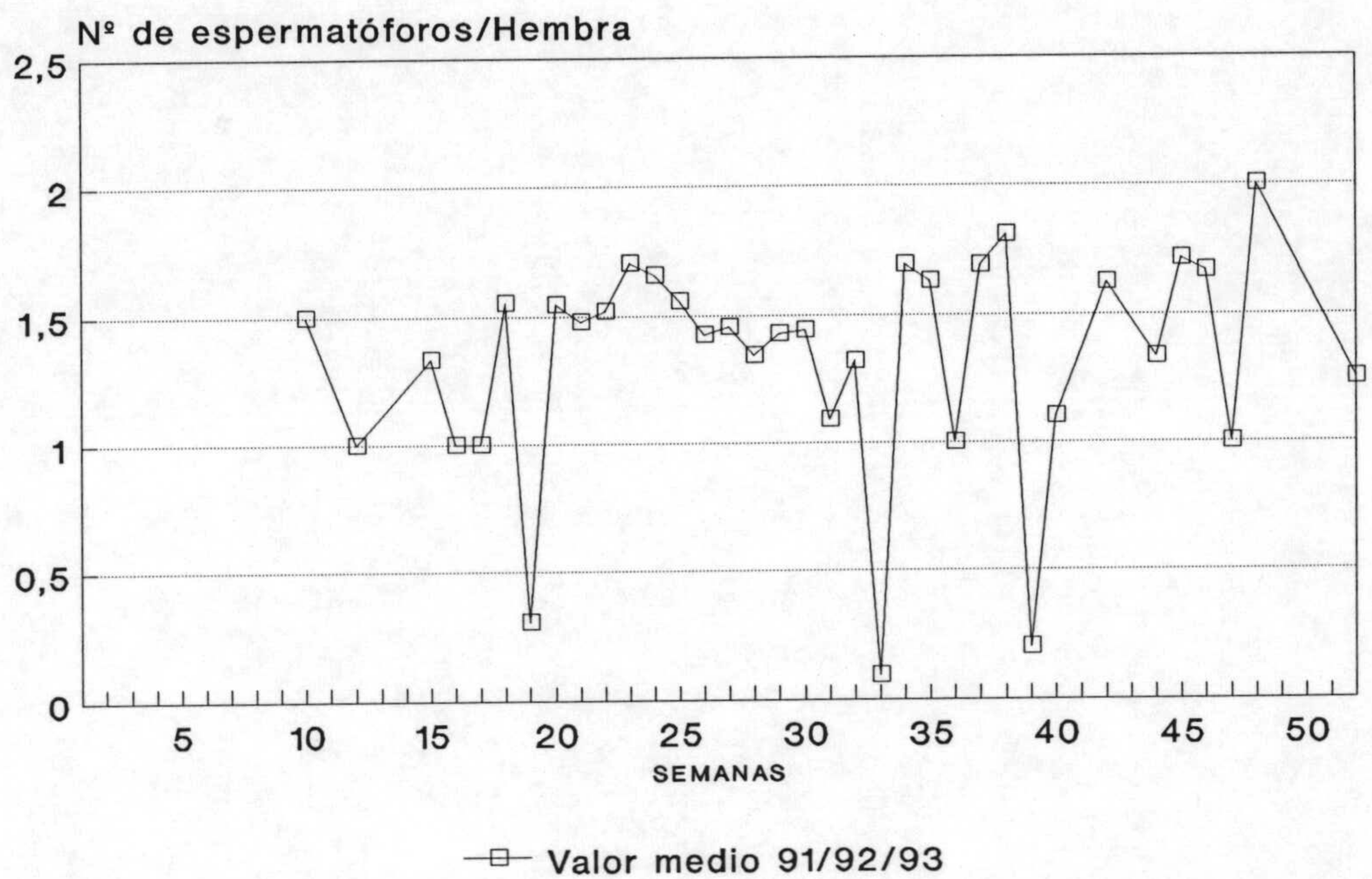
El número medio de espermatozoides por hembra, del total de 3212 hembras diseccionadas, fue de 1.35 espermatozoides / hembra, lo que es igual a decir número de apareamientos / hembra, en todo el período de seguimiento de la trampa de luz. Los valores extremos fueron un mínimo de 0 y un máximo de 6 espermatozoides / hembra.

Los valores medios para los años 1992 y 1993 expresados a lo largo de las semanas del año en las que hubo capturas de hembras se muestran en la Figura 17. En ella se observa una distribución uniforme en el período central entre 1 y 2 espermatozoides / hembra excepto para las semanas 19, 33 y 39.

La evolución media de la proporción de hembras vírgenes capturadas a lo largo de las semanas del año para valores medios de 1992 y 1993 se puede observar en la Figura 17. En la misma se observan porcentajes muy altos, entre el 70 y el 90% de hembras vírgenes en las semanas 19, 33 y 39, coincidentes como por otra parte es lógico, con los puntos en los que la media de espermatozoides/hembra son más bajos, además de la semana 16 en la que se alcanza un 44.4% de hembras vírgenes para una media de 1 espermatozoides/hembra. En estos valores hay una coincidencia con los datos aportados por GERBER y WALKOF (1992) que han observado que para la especie *Euoxa ochrogaster*, durante las 2 - 3 primeras semanas de capturas la mayoría de las hembras eran vírgenes, indicando además que no se inicia la actividad reproductora hasta la 4 semana del período de vuelo.

La distribución anual tanto del número medio de espermatozoides/hembra como la proporción de hembras vírgenes en sus valores extremos, coincidentes con las semanas en que comienzan a producirse niveles importantes de capturas y en las fechas en que decaen éstas, sugiere que estos picos obedezcan a migraciones importantes de adultos de esta especie, lo que por otra parte es un comportamiento ampliamente reconocido (FRENCH, 1969; MIKKOLA, 1970; CAYROL, 1972; AARVIK, 1981). Según los datos obtenidos, las capturas de hembras vírgenes de las semanas 16 y 19 corresponderían a individuos inmigrantes y las de las semanas 33 y 39 a hembras emigrantes. Estos movimientos son los que producirían el aumento de capturas a partir de esas semanas y el posterior descenso de las mismas.

Para esta especie, que tiene reconocido carácter migratorio, los resultados obtenidos pueden explicar el aumento de los niveles de capturas a partir del mes de abril y disminución a partir de agosto como un fenómeno de migración. Por otra parte, y como queda contrastado por las capturas que se realizan el resto del año, hay una proporción de las mismas procedentes de la población autóctona que tiene su mayor aportación porcentual en las capturas de los meses de invierno. Una vez establecidas las poblaciones inmigrantes entre los meses de abril y octubre, los niveles de capturas son muy elevados, como producto de la



**Figura 17.** Número medio de espermatozoides por hembra (fig. superior) y proporción de hembras vírgenes (fig. inferior) capturadas en trampa de luz, para valores medios semanales de los años 1991, 1992 y 1993.

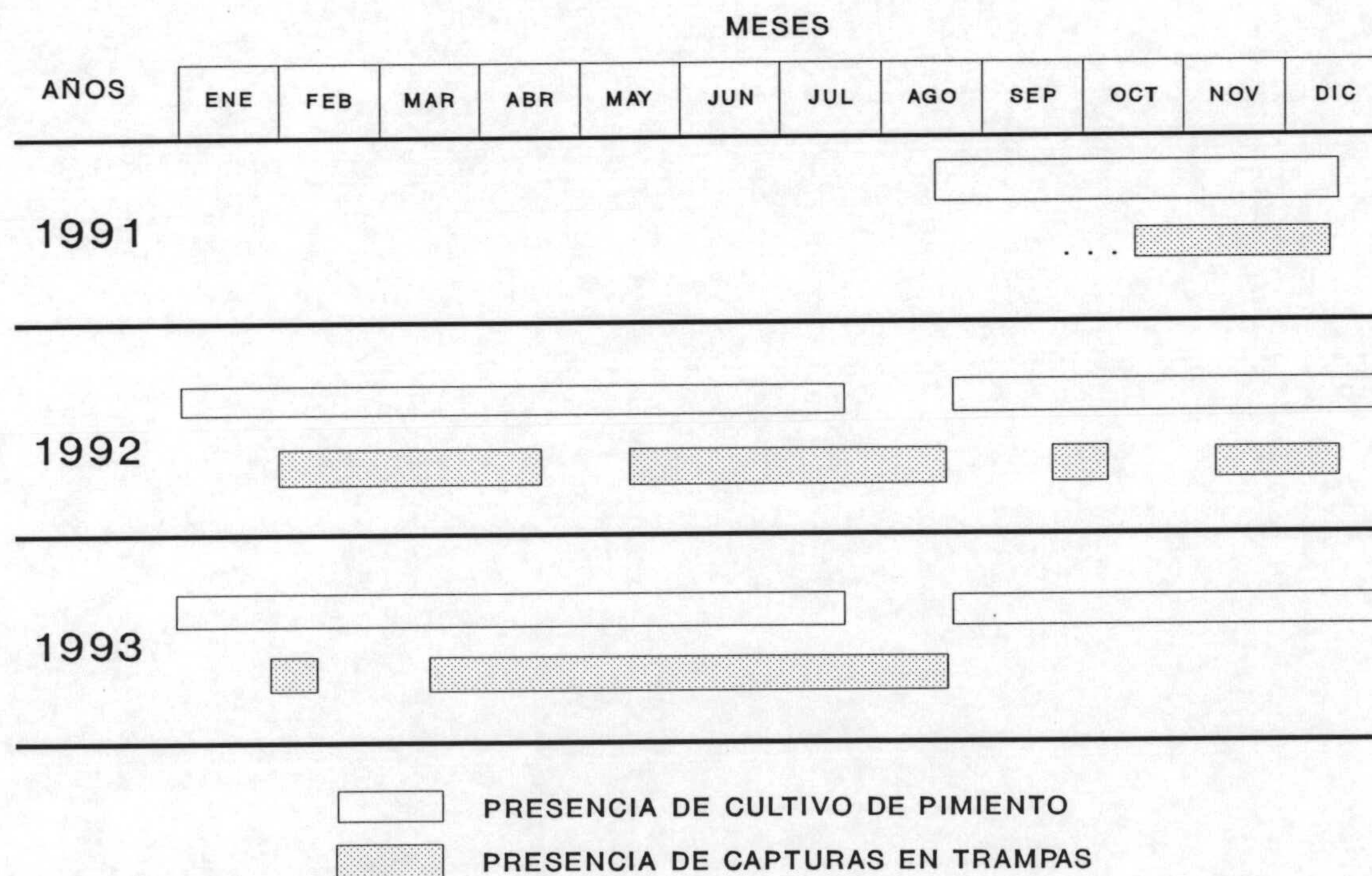
evolución de las poblaciones en campo y descendencia de las mismas.

Sin embargo, con los datos de fenología y ecofisiología de hembras, podemos apreciar una escasez de hembras en las primeras 15 ó 16 semanas del año, apareciendo las primeras en las capturas sin haber realizado la cópula, por lo que las fechas de puestas y posterior desarrollo de población se dilata hasta mediados o finales de abril, pudiendo considerar que esta es la época en la que pueden producirse las primeras infestaciones importantes de los cultivos.

**Relación entre fenología de la plaga y de los cultivos:**

En este apartado se discuten las relaciones que pueden existir entre capturas dentro o fuera de los invernaderos, con la presencia y fenología de los cultivos en los mismos.

Los invernaderos en los que fueron colocadas las trampas de feromonas, prácticamente estuvieron constantemente ocupados por cultivos de pimiento en las campañas de otoño y primavera, excepto algunas semanas en julio y agosto. En la Figura 18 se representa la presencia de cultivos a lo largo de los meses en los años de seguimiento de trampas. En la misma figura se muestran además los períodos en los que se produjeron algunas capturas en trampas de feromonas dentro del invernadero con carácter cualitativo, tomando el criterio de considerar los períodos de ausencia cuando estos ocupaban 3 o más semanas seguidas, ya que por los bajos niveles de capturas obtenidos, dentro de los períodos



**Figura 18.** Asociación de la presencia de capturas de *S. exigua* en trampas de feromonas dentro de los invernaderos con la presencia de cultivos de pimiento en los mismos para los diferentes años de seguimiento.

señalados existen algunas semanas sueltas en las que no se contabilizaron individuos.

La comparación de estos datos no reflejan las relaciones que deberían esperarse de ausencia de capturas en ausencia de cultivo, en los meses de verano en períodos anteriores a la plantación de nuevos cultivos de pimiento. Sin embargo, la ausencia de capturas durante algunas semanas en los meses de invierno, o las ausencias intermitentes dentro de las franjas de capturas, sí pueden explicarse por una menor actividad de vuelo de la especie en estos meses fríos. Lo anterior queda patente al observar las figuras de fenología en trampas de luz y feromonas exteriores, al comprobar la ausencia de capturas en semanas puntuales en los distintos años, y en trampas de feromonas dentro de invernaderos por la ausencia de capturas, como consecuencia de los niveles generales más bajos de las mismas.

Las capturas que se realizan una vez finalizado el ciclo de cultivo, en la temporada en que no existen plantaciones en los invernaderos, pueden ser atribuidas en parte a emergencia de adultos de poblaciones larvarias que infestaron los cultivos y que puparon durante la existencia del mismo, en parte procedentes de infestaciones de malas hierbas residuales en la parcela del invernadero, y en parte a adultos que puedan ser atraídos hacia las trampas de feromonas del interior aún sin presencia de cultivos. Esta última suposición tiene sustentación en los niveles de vuelo apreciables que en esas fechas aún se detectan en el exterior, aunque ya en clara disminución del número de capturas. No obstante, estos niveles de vuelos exteriores, aunque bajos en la época de plantaciones de nuevos cultivos de pimiento, son suficientes para asegurar la infestación de los mismos y el desarrollo de una nueva generación sobre pimiento que en estos primeros estados fenológicos son muy susceptibles a los daños causados por las larvas.

Con los datos obtenidos de capturas en trampas en el interior de invernaderos, los valores de duración del desarrollo de la especie y los datos de presencias de larvas en plantas de pimiento, se confirma un solapamiento de generaciones, con incorporación de nuevos adultos desde el exterior, y no se puede establecer una relación entre los picos de capturas o momentos de ausencia de las mismas con una fenología de diferentes generaciones en invernaderos. Este hecho se corrobora además por la presencia de poblaciones en distintos estados de desarrollo y estadios larvarios sobre el cultivo.

En cuanto a presencia y fenología de cultivos en relación a capturas exteriores en trampas de feromonas y luz, éstas detectan vuelos de adultos durante todo el año, como ya hemos comentado, existiendo un declive de capturas, aunque con ciertos valores de las mismas, coincidiendo con los períodos de ausencia de cultivos en invernaderos. Los máximos niveles de capturas alcanzados en las trampas exteriores en los meses de junio y julio, corresponden con la finalización de los cultivos de la campaña de primavera, que aunque en nuestro caso se ha cultivado pimiento, a nivel general predominan los cultivos de sandía que son muy susceptibles de ser atacados por *S. exigua*, coincidiendo también con el inicio de algunas plantaciones tempranas de pimiento. Estas poblaciones de adultos que se detectan con gran proliferación en esta época, pueden derivar tanto de las poblaciones de larvas que se han desarrollado en los cultivos o malas hierbas del interior de los invernaderos, como de poblaciones exteriores a los mismos que viven sobre plantas cultivadas o adventicias del enorme grupo de las mismas que son susceptibles de ser hospedadoras de la especie (BROWN y DEWHURST, 1975).

### 6.2.2. EVOLUCIÓN DE POBLACIONES Y TABLAS DE VIDA EN CULTIVO DE PIMIENTO EN INVERNADERO

#### **Desarrollo de la especie en cultivo de pimiento en invernadero:**

El estudio del desarrollo de los estados inmaduros de *S. exigua* en cultivo de pimiento en invernadero se realizó utilizando los datos obtenidos en los 4 ensayos de seguimiento de población en cámaras aisladas con plantas de pimiento.

Los datos de presencia de individuos de los diferentes estados de desarrollo y estadíos larvarios se obtuvieron en los recuentos realizados con una periodicidad entre 3 y 5 días en las diferentes tandas de seguimiento en las cámaras. Para este estudio de desarrollo bajo temperaturas fluctuantes en campo se ha utilizado como tiempo fisiológico el valor de Grados-día acumulados entre los umbrales estimados en los ensayos de laboratorio, utilizando las temperaturas máximas y mínimas diarias aplicando la fórmula de cálculo de Grados-día (GONZÁLEZ y HERNÁNDEZ, 1990).

Como umbral mínimo de desarrollo se tomó 10°C por aproximación a los 3 valores obtenidos en laboratorio (11.07°C para huevo, 9.99°C para larvas y 9.08°C para pupas). Como umbral superior se estableció 36°C tomando como referencia los estudios de HOGG y GUTIERREZ (1980) y ALI y GAYLOR (1992).

Para establecer la relación existente entre el desarrollo y el tiempo fisiológico, se acumularon los datos de presencia de los distintos estadíos o estados de *S. exigua* en los diferentes muestreos realizados para cada subensayo, y se representaron en porcentajes para los Grados-día correspondientes a cada fecha de muestreo. A estos valores para cada estadío o estado, se ajustaron ecuaciones de regresión lineal. Los resultados de los cálculos de estas ecuaciones de regresión se muestran en la Tabla 16, donde Y es el porcentaje de desarrollo y X los valores de Grados-día acumulados.

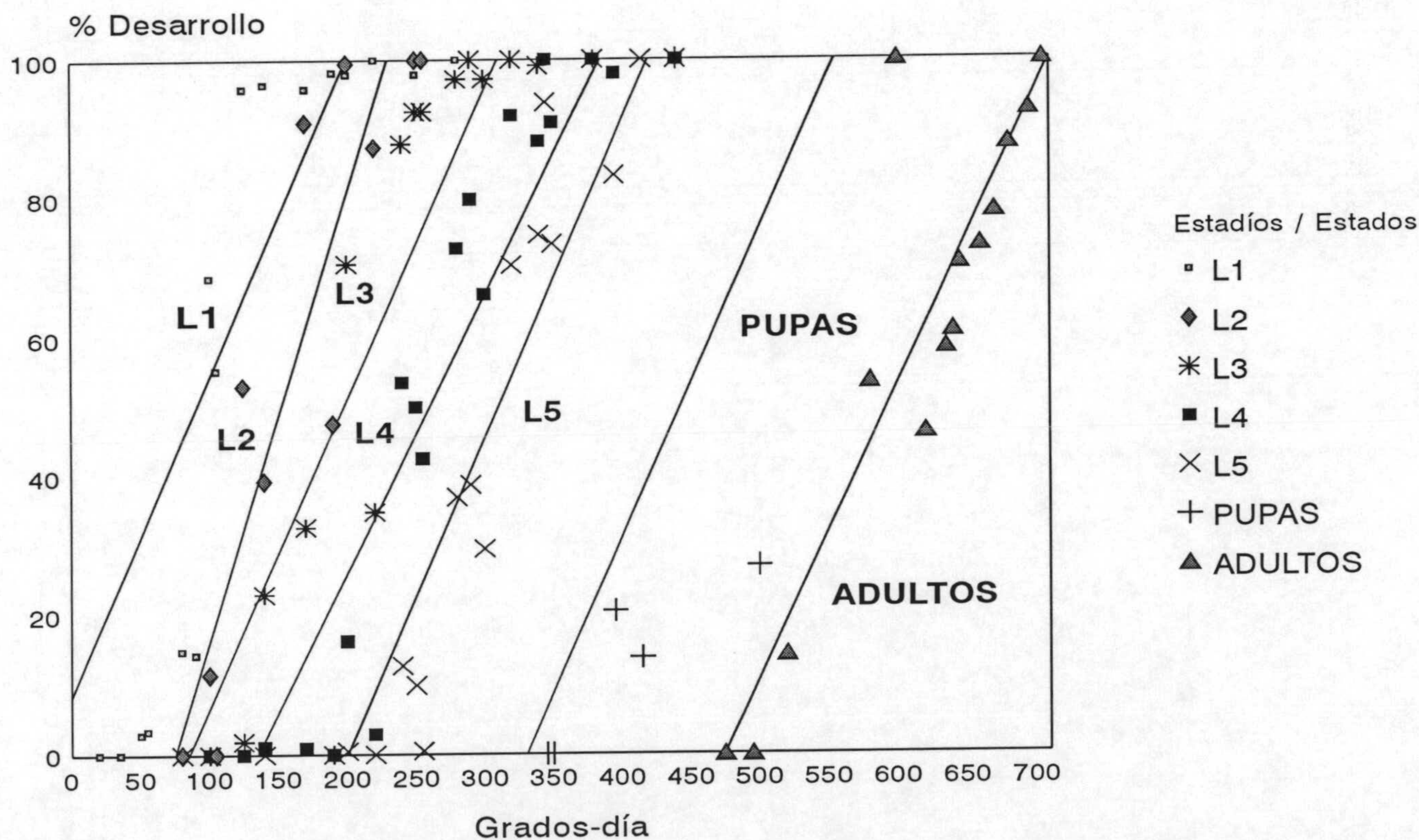
En la Figura 19 se muestran representados los valores obtenidos para los diferentes estadíos larvarios y estados de pupa y adulto así como la recta de regresión lineal correspondiente a los mismos en función de los Grados-día.

Con la metodología empleada y los resultados obtenidos, se pudo estimar la duración media en cada estadío o estado, calculando los Grados-día existentes entre los valores de Grados-día en los que se ha desarrollado el 50% de la población de dicho estadío o estado y el 50% de desarrollo de la población del estadío o estado siguiente. La diferencia entre estos valores de Grados-día es considerada como la duración media de dicho estadío o estado en tiempo fisiológico. Además, la estimación de la primera aparición de individuos de cada estadío o estado se pudo predecir usando el valor de intercepción de la recta de regresión en el eje de las X.

**Tabla 16.** Ecuaciones de regresión calculadas para la relación entre el porcentaje de individuos de *S. exigua* en cada estado o estadio y el tiempo fisiológico en Grados-día en cultivo de pimiento en invernadero.

Estado	Estadío	Ecuación de regresión	r
Huevo	-	$Y = 40.6375 + 0.37154 * X$	0.6686
Larva	L <sub>1</sub>	$Y = 8.3069 + 0.45062 * X$	0.8044
	L <sub>2</sub>	$Y = -50.6340 + 0.65099 * X$	0.8517
	L <sub>3</sub>	$Y = -39.4684 + 0.44860 * X$	0.8903
	L <sub>4</sub>	$Y = -54.0546 + 0.39560 * X$	0.9241
	L <sub>5</sub>	$Y = -90.7535 + 0.45191 * X$	0.9201
	Total	$Y = -7.13398 + 0.27679 * X$	0.9716
Pupa	-	$Y = -149.570 + 0.44589 * X$	0.5696
Adulto	-	$Y = -199.151 + 0.41917 * X$	0.8049

Y: Porcentaje de individuos en el estado o estadio. X: Tiempo en Grados-día



**Figura 19.** Relación entre los porcentajes de desarrollo de los distintos estados y estadios de *S. exigua* respecto a la edad fisiológica en Grados-día sobre la temperatura umbral y regresión lineal de los datos para los diferentes ensayos de seguimiento de poblaciones en pimiento en invernadero.

En la Tabla 17 se muestran estos valores de primera aparición y duración media en el estadio o estado para larvas (L<sub>1</sub> a L<sub>5</sub>), pupas y adultos en función de los Grados-día acumulados.

**Tabla 17.** Momento de primera aparición y tiempo medio de cada estado y estadio en Grados-día de *S. exigua* en cultivo de pimiento en invernadero.

Estado	Estadio	1ª aparición (Grados-día)	Duración media en estado o estadio (Grados-día)
Huevo	-	0	67.32
Larva	L <sub>1</sub>	25.77	62.06
	L <sub>2</sub>	77.78	44.85
	L <sub>3</sub>	87.98	63.59
	L <sub>4</sub>	136.64	48.43
	L <sub>5</sub>	200.82	136.12
	Total	25.77	241.16
Pupa	-	335.44	146.81
Adulto	-	475.11	-

Los resultados anteriores ofrecen un valor de 241.16 Grados-día para el total del desarrollo larvario, muy similar a los 215.05 Grados-día estimados en los ensayos de laboratorio en dieta artificial, aunque más próximos a los 227.12 Grados-día apuntados por EL-REFAI y DEGHEELE (1988). Para el estado de pupa, los 146.81 Grados-día obtenidos en la serie de ensayos en campo, se muestran algo superiores también a los 110.01 de los ensayos de laboratorio y a los obtenidos por los autores anteriormente citados y ALI y GAYLOR (1992) que ofrecen valores inferiores a 100 Grados-día obtenidos en ambos trabajos. Las mayores diferencias se obtienen para la duración del desarrollo del estado de huevo, donde los 67.32 Grados-día obtenidos en los ensayos de campo contrastan por su valor superior con los 39.66 obtenidos en laboratorio y los 39.16 y 39.37 estimados por EL-REFAI y DEGHEELE (1988) y ALI y GAYLOR (1992) respectivamente para el mismo estado.

Estas discrepancias entre los resultados obtenidos en los diferentes ensayos deben relacionarse con las diferentes dietas consumidas por larvas en los ensayos en laboratorio y campo. Así, si convertimos a Grados-día la duración del estado de larva y pupa en los ensayos para determinar los efectos de la dieta en laboratorio, obtenemos unos valores de 249.3 Grados-día para larvas y 129.6 Grados-día para pupas, bastante más próximos a los valores obtenidos en este ensayo en campo. A pesar de ello, las variaciones de ciertas condiciones ambientales, como humedad relativa y fotoperíodo, que en los ensayos de laboratorio permanecen constantes durante todo el desarrollo, pueden ser los que condicionan las diferencias halladas. En este sentido, para *Trichoplusia orichalcea* F., CABELLO (1988b) encontró efectos del fotoperíodo en la duración del desarrollo de larvas y pupas, sobre todo



las diferencias halladas. En este sentido, para *Trichoplusia orichalcea* F., CABELLO (1988b) encontró efectos del fotoperíodo en la duración del desarrollo de larvas y pupas, sobre todo a temperaturas bajas. Para el factor de temperatura, el régimen constante o fluctuante de las mismas a lo largo del día, puede influir en la tasa de desarrollo de la especie. Esta asunción quedó demostrada por TAYLOR y SHIELDS (1990) para *Pseudaletia unipuncta* (Haworth), la cual mostró para todos los estados inmaduros, un tiempo de desarrollo más corto cuanto mayor era la amplitud de las fluctuaciones en los regímenes de temperaturas diarias.

Consideramos por los resultados obtenidos, que esta metodología empleada es muy válida para el estudio del desarrollo de poblaciones en condiciones de campo, más si tenemos en cuenta las ligeras diferencias con los resultados de laboratorio, intuyendo que nuevos ensayos en laboratorio con condiciones fluctuantes de temperatura, humedad relativa o fotoperíodo pueden aproximar aún más estas estimaciones.

#### Tabla de vida en cultivo de pimiento en invernadero:

Con los datos obtenidos en las cámaras de seguimiento en campo se calcularon las tasas de supervivencia de cada estado o estadío, supervivencia en la unidad de tiempo y el correspondiente porcentaje de mortalidad de *S. exigua* para cada uno de los ensayos realizados. Los valores calculados de supervivencia en la unidad de tiempo se tomaron en función del tiempo fisiológico, es decir, para Grados-día.

La tasa de supervivencia en la unidad de tiempo ( $S=e^{\theta}$ ) se estimó por el método I de Richards y Waloff modificado por Dempster (SOUTHWOOD, 1978). En este método;

$$N_t = N_0 \cdot S^t$$

Siendo:

$$\begin{aligned} N_t &= \text{número de individuos en el estado o estadío} \\ N_0 &= \text{número de individuos entrando en el estado o estadío} \\ S &= \text{tasa de supervivencia en la unidad de tiempo} \\ t &= \text{tiempo (Grados-día)} \end{aligned} \tag{1}$$

Este método consiste en el ajuste por regresión lineal de la ecuación (1) previa transformación a logaritmos, donde:

$$\log N_t = \log N_0 + t \log S \tag{2}$$

Este ajuste se realiza a partir de la caída de los valores del número de individuos desde el máximo de la curva que muestran al representar los valores del número de individuos en cada estadío o estado en relación al tiempo.

La constante de la ecuación (2) ( $\log N_0$ ) es el logaritmo en base 10 del número de individuos entrando en el estado o estadío, mientras que el logaritmo de la pendiente ( $\log S$ ) es la supervivencia en la unidad de tiempo.

número de individuos en el estado o estadío):

$$\sum_i^n N_{it} \quad (3)$$

es decir, acumular el número de individuos en el estado  $i$ , más el número de individuos en el estado  $i+1$ , más el número de individuos en el estado  $i+n$ , ya que esta modificación estima mejor los valores de  $N_0$  y  $S$ .

Una vez estimada la supervivencia en la unidad de tiempo  $S$ , se calculó la supervivencia para cada estado o estadío considerando una función de supervivencia de la cohorte exponencial (BIRLEY, 1977) según la ecuación:

$$S_b = S^T$$

Donde: (4)

$S_b$  = tasa de supervivencia del estado o estadío

$S$  = tasa de supervivencia en la unidad de tiempo

$T$  = duración del estado (Grados-día)

La duración del estado ( $T$ ) se tomó de los Grados-día obtenidos en los ensayos de laboratorio.

Por último la mortalidad se calculó como la diferencia entre la unidad y la tasa de supervivencia de cada estado o estadío, expresada en tanto por ciento.

En la Tabla 18 se muestran los resultados obtenidos para la tasa de supervivencia en la unidad de tiempo ( $S$ ), tasa de supervivencia del estado o estadío ( $S_b$ ) y mortalidad en tanto por ciento para los distintos estados y estadíos larvarios calculados para las diferentes cámaras de ensayos. Se muestran además los valores medios para el conjunto de las experiencias.

Estos resultados en sus valores medios, son algo mayores en conjunto a los obtenidos en los ensayos de laboratorio para la tasa de mortalidad, lo que por otra parte es lógico debido a las diferentes condiciones externas. No obstante, para los valores del estado de huevo, el ensayo en campo arroja un valor medio de 9.46% de mortalidad con una variación entre 0.51 y 14.38% según los diferentes ensayos, contrastando con el valor medio obtenido en laboratorio, mucho mayor (31.0%) entre un rango de 3.0% de mortalidad a 15°C y 39.0% a 30°C. Para larvas, en el total del desarrollo de este estado, el ensayo de campo muestra un valor medio de mortalidad del 41.65% muy cercano al valor total para desarrollo de larvas en laboratorio que llega al 40.9%. Sin embargo, para pupas la mortalidad encontrada en campo es muy superior (52.49%) a la obtenida en laboratorio como media (27.3%), si bien en estos últimos ensayos, la mortalidad de pupas fue del 100% a 15°C, existiendo una disminución de la misma al aumentar la temperatura del ensayo.

**Tabla 18.** Tasa de supervivencia en la unidad de tiempo (en Grados-día) (S), tasa de supervivencia del estado o estadios (S<sub>b</sub>) y correspondiente porcentaje de mortalidad (M) de *S. exigua* en cultivo de pimiento en invernadero.

Nº Ensayo	Fechas	Estado	Estadio	S	S <sub>b</sub>	M
1	16/1/92 al 3/7/92	Huevo		0.9975	0.8910	10.90
		Larva	L <sub>1</sub>	0.9965	0.8341	16.59
			L <sub>2</sub>	0.9979	0.9295	7.05
			L <sub>3</sub>	0.9976	0.9247	7.50
			L <sub>4</sub>	1.0000	1.0000	0.00
2	20/7/92 al 11/8/92	Huevo		0.9967	0.8562	14.38
		Larva	L <sub>1</sub>	0.9975	0.8808	11.92
			L <sub>2</sub>	0.9965	0.8840	11.60
			L <sub>3</sub>	0.9973	0.9135	8.64
			L <sub>4</sub>	0.9968	0.8876	11.24
			L <sub>5</sub>	0.9972	0.8213	17.87
		Total larva	0.9959	0.4054	59.46	
Pupa		0.9933	0.4907	50.92		
3	20/7/92 al 10/8/92	Huevo		0.9972	0.8794	12.06
		Larva	L <sub>1</sub>	0.9967	0.8551	14.49
			L <sub>2</sub>	0.9962	0.8762	12.38
			L <sub>3</sub>	0.9973	0.9142	8.58
			L <sub>4</sub>	0.9965	0.8800	12.00
			L <sub>5</sub>	0.9974	0.8346	16.54
		Total larva	0.9969	0.5080	49.20	
Pupa		0.9922	0.4351	56.48		
4	6/11/92 al 27/1/93	Huevo		0.9998	0.9948	0.51
		Larva	L <sub>1</sub>	0.9998	0.9931	0.69
			L <sub>2</sub>	0.9996	0.9862	1.38
			L <sub>3</sub>	0.9993	0.9771	2.29
			L <sub>4</sub>	1.0000	1.0000	0.00
			L <sub>5</sub>	1.0000	1.0000	0.00
		Total larva	0.9992	0.8371	16.29	
Pupa		0.9935	0.4992	50.07		
Valores medios		Huevo		0.9978	0.9053	9.46
		Larva	L <sub>1</sub>	0.9976	0.8908	10.92
			L <sub>2</sub>	0.9975	0.9190	8.10
			L <sub>3</sub>	0.9978	0.9324	6.75
			L <sub>4</sub>	0.9983	0.9983	5.81
			L <sub>5</sub>	0.9982	0.9982	11.47
		Total larva	0.9973	0.5835	41.65	
Pupa		0.9930	0.4750	52.49		

Las diferencias que nos muestran los resultados parecen indicar una mortalidad similar para el estado de larva si bien para huevo la mortalidad en laboratorio es mayor, mientras que para pupa es mayor en condiciones de campo.

Por otra parte, si nos atenemos a los resultados de los ensayos parciales en las distintas cámaras y fechas, observamos que existen diferencias notables entre los valores de los ensayos realizados en verano y en invierno para los estados de huevo y estadíos larvarios. Estas diferencias, que muestran una menor mortalidad en fechas de fotoperíodo corto en los meses de invierno, suponen que en los meses de verano, con fotoperíodo largo, existe una mayor tasa de mortalidad. Estos resultados concuerdan con los obtenidos en laboratorio, en los cuales, los valores de mortalidad de huevos y larvas fueron más bajos para la temperatura más baja ensayada de 15°C constantes. Aquí debemos de volver a considerar la influencia que el fotoperíodo puede tener en las tasas de mortalidad de *S. exigua*. Además, aunque con unos valores muy bajos, para estas diferencias puede tener su aportación los niveles de control natural por una mayor incidencia de parasitoides o por una mayor virulencia de las epizootias causadas por entomopatógenos en esas épocas.

No obstante, y a pesar de las diferencias en los valores absolutos de los diferentes estados de desarrollo, se puede apreciar para larvas un comportamiento muy similar de la evolución de la tasa de mortalidad según los estadíos larvarios. Así, tanto en campo como en laboratorio, los primeros estadíos larvarios y los últimos muestran unas tasas de mortalidad mayores, mientras que en los estadíos L<sub>3</sub> y L<sub>4</sub> los valores son los más bajos. Podemos considerar como críticos, en cuanto a mortalidad, los cambios de estado de desarrollo de *S. exigua*, lo que queda demostrado tanto en laboratorio como en campo.

### 6.3. MODELO DE SIMULACIÓN DE LA FENOLOGÍA DE *SPODOPTERA EXIGUA* EN CULTIVO DE PIMIENTO EN INVERNADERO

El modelo matemático se ha realizado para la fenología en trampas de luz a partir de los datos de capturas en la misma obtenidos de nuestro seguimiento, siendo una modificación del modelo realizado por HOGG y GUTIERREZ (1980) para esta misma especie en California central. En nuestra modificación se han introducido los datos de biología que se han obtenido en los diferentes ensayos realizados en este trabajo.

Los fórmulas utilizadas en la construcción del modelo para los valores de capturas de adultos en trampas para los cálculos matemáticos proceden de los diferentes ensayos realizados tanto en laboratorio como en campo en otros apartados de este trabajo. En algunos casos se han utilizado algunos parámetros que no se han estimado en el mismo procedentes de datos de la bibliografía existente.

#### Duración y umbrales de los estados de desarrollo:

Los datos utilizados en el modelo de la duración del desarrollo de los diferentes estados de *S. exigua* proceden de los obtenidos en los ensayos de laboratorio sumados por edades y en tiempo fisiológico, es decir, utilizando los datos de duración en Grados-día de los diferentes estados de desarrollo a partir de las ecuaciones de regresión lineal y tomándolos acumulados para las distintas edades. Los valores así estimados fueron los que se muestran en la Tabla 19.

**Tabla 19.** Valores de la duración de los distintos estados de desarrollo de *S. exigua* en tiempo fisiológico y tiempo fisiológico acumulado a la edad en Grados-día y estadísticos del ajuste.

Estado de desarrollo	Tiempo fisiológico (Grados-día)	Tiempo fisiológico acumulado (Grados-día)	Valor de $r^2$ en la regresión	Significación
HUEVO	39.66	39.66	0.8977	P < 0.01
LARVA	215.05	254.71	0.7938	P < 0.01
PUPA	110.01	364.72	0.5452	P < 0.01

La elección de los datos de biología en laboratorio frente a los obtenidos en los ensayos de campo, se debe a que en éstos últimos la estimación del tiempo en Grados-día para cada estado se realizó en función de la estimación del tiempo fisiológico transcurrido entre el 50% de individuos en cada edad, por lo que los valores obtenidos en los ensayos de laboratorio creemos que ofrecen mayor precisión. En nuestro caso se han utilizado los valores de desarrollo tanto de machos como hembras puesto que al final del mismo, en los

ensayos de laboratorio, no aparecieron diferencias significativas entre ambos a pesar de existir en algunos estados para algunas temperaturas.

Por otro lado, las temperaturas umbrales inferior y superior para los estados inmaduros de *S. exigua* que se tomaron en la construcción del modelo, proceden asimismo de los datos obtenidos en los ensayos en laboratorio. Para el umbral mínimo de desarrollo, se tomó 10°C para todos los estados, por similitud con los valores de 11.08, 9.99 y 9.09 obtenidos para huevo, larva y pupa respectivamente, con objeto de simplificar la estructura de cálculo del programa informático, dada la proximidad de los mismos y la coincidencia con las estimaciones de otros autores (HOGG y GUTIERREZ, 1980; ALI y GAYLOR, 1992). Para el umbral superior de desarrollo fue utilizado el valor aportado por ALI y GAYLOR (1992) de 36°C que fue estimado a partir del descenso de la tasa de desarrollo en función de la temperatura.

#### Supervivencia de estados inmaduros:

Aunque la influencia que puede tener la tasa de supervivencia de los estados inmaduros a edad específica no tiene gran peso en la fenología de adultos, los valores de la misma para cada generación si influye en la tendencia de la abundancia de adultos (HOGG y GUTIERREZ, 1980). Por ello, en nuestro estudio hemos considerado una tasa de supervivencia constante para todos los estados de desarrollo utilizando los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio y campo para su cálculo, en función de los valores para los estados de huevo, larva y pupa. Así, la supervivencia media,  $S_m$  de cada estado se calculó a partir de los valores de  $S_b$  (supervivencia del estado en campo) y  $lx$  (supervivencia del estado en laboratorio) presentados en función de la edad fisiológica en Grados-día.

Para el cálculo de los valores de  $S_m$ , supervivencia media de la edad, a partir de los resultados de laboratorio a las diferentes temperaturas ensayadas, se utilizó la ecuación siguiente que relaciona la supervivencia del estado o estadío con la edad en tiempo fisiológico:

$$S_m = \sqrt[t]{lx}$$

Donde  $t$  es la edad en tiempo fisiológico (Grados-día) del estado y  $lx$  la supervivencia del estado de desarrollo.

Por otra parte, los valores de supervivencia media del estado,  $S_m$ , obtenidos en los ensayos de evolución de poblaciones en campo, son los que se utilizan directamente para la estimación de la supervivencia media de los estados de desarrollo. Estos valores para los ensayos de laboratorio y campo, se muestran en la Tabla 20.

**Tabla 20.** Tasas de supervivencia en la unidad de tiempo en Grados-día ( $S_m$ ) calculadas a partir de las tasas de supervivencia para cada estado de *S. exigua* en laboratorio ( $l_x$ ) y campo ( $S_b$ ).

Estado de desarrollo	Duración de cada estado (Grados-día)	Edad al final del estado (Grados-día)	$l_x$ ó $S_b$	$S_m$
<b>LABORATORIO</b>				
Huevo	39.66	39.66	0.690	0.9907
Larva	215.05	254.71	0.591	0.9975
Pupa	110.01	364.72	0.727	0.9971
<b>CAMPO</b>				
Huevo	67.32	67.32	0.905	0.9978
Larva	241.16	308.48	0.583	0.9973
Pupa	146.81	455.29	0.475	0.9930

Como la ecuación que relaciona la supervivencia dependiente de la edad es la siguiente;

$$S = e^{rt}$$

Donde,  $S$  es la supervivencia media en la unidad de tiempo,  $t$  el tiempo fisiológico en Grados-día y  $r$  un número real de valor constante.

Realizando un ajuste de regresión lineal entre ambas variables, es decir, entre los valores de  $S_m$  y los correspondientes valores de  $t$  en Grados-día, podemos estimar el valor de  $r$  siguiendo las siguientes operaciones:

$$\ln S = rt \cdot \frac{\ln e}{1}$$

$$\ln S = rt$$

Siendo  $r$  la constante de la ecuación de regresión lineal, su valor queda estimado por la constante de la ecuación de regresión calculada, tomando el valor de -0.00292 que es el que se utilizó como constante de supervivencia de los estados inmaduros en la construcción del modelo de fenología.

### Supervivencia y longevidad de adultos:

Para la introducción en el modelo de los valores de las tasas de supervivencia y la longevidad de los adultos de *S. exigua* se han utilizado los cálculos de supervivencia a edad específica a partir de los datos obtenidos en los ensayos de biología en laboratorio. Por otra parte se ha calculado una tasa de supervivencia dependiente de la temperatura en orden de establecer un control en la supervivencia para períodos de temperatura baja que alarguen de una manera irreal la longevidad de los adultos, tal como estipulan HOGG y GUTIERREZ (1980).

**A) Cálculo de la supervivencia a edad específica:**

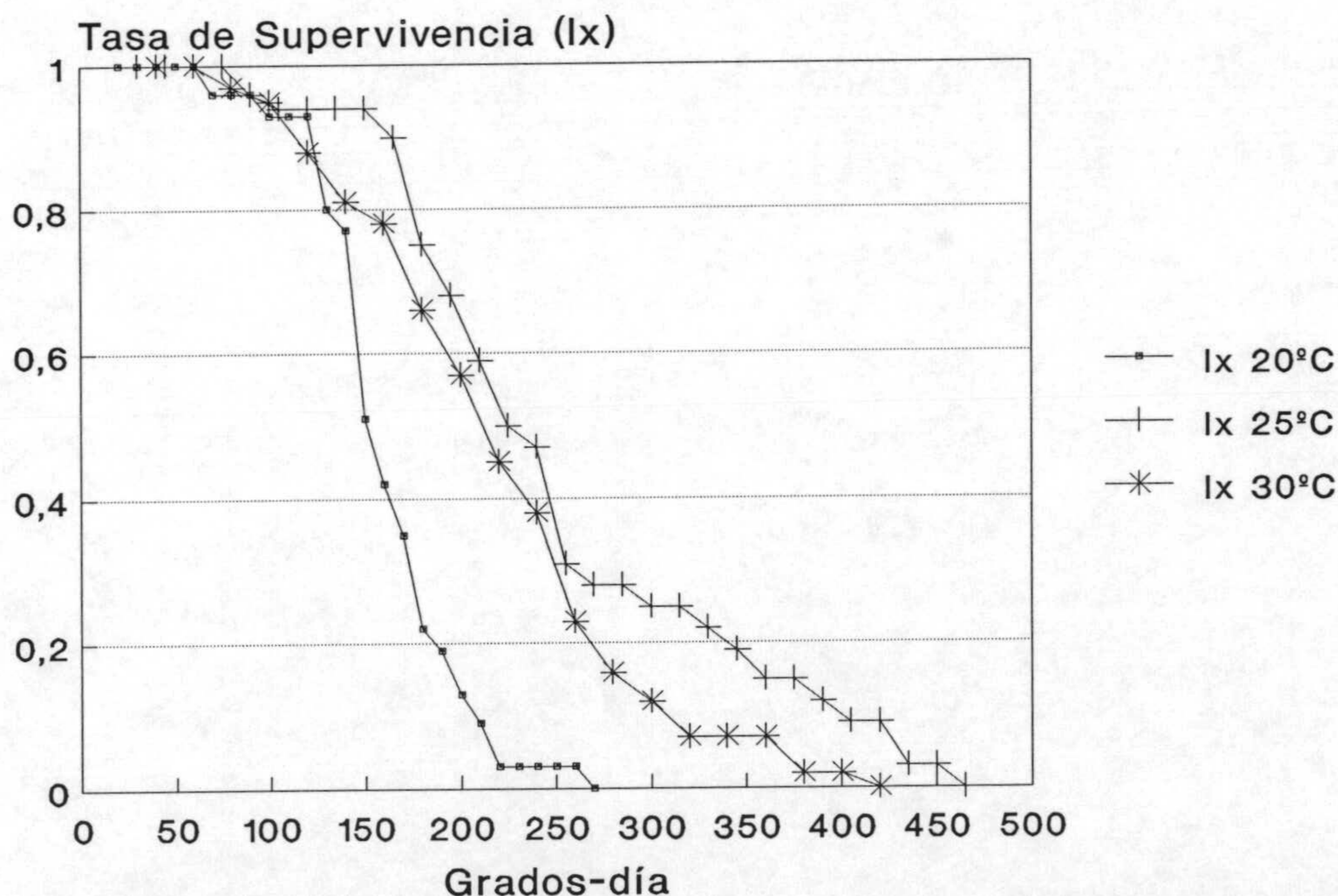
La supervivencia a edad específica se calculó a partir de los datos de biología de la Tabla 14 convertidos a tiempo fisiológico en Grados-día. Estos valores se encuentran representados en la Figura 20.

Para el cálculo de la supervivencia se tomaron distintamente los valores de la curva en los que ésta permanece constante sin que exista mortalidad ( $lx_2 = 1$ ). Este tramo de la curva se mantiene hasta una edad de 65 Grados-día en los tres ensayos realizados a temperaturas constantes, y por lo tanto para estos valores en el modelo la supervivencia se mantiene en 1.00. Para el cálculo de la tasa a partir de este momento se realizó una regresión lineal entre los valores de supervivencia ( $lx$ ) y edad (Grados-día) con los valores de supervivencia de los ensayos de laboratorio a temperaturas constantes.

El resultado de los cálculos realizados para supervivencia para las distintas edades en tiempo fisiológico es por tanto el siguiente:

$$lx_2 = \begin{cases} 1.0 & 0 \leq A \leq 65 \text{ Grados-día} \\ 1.0962 - 0.00285 \cdot A & 65 \leq A \leq 377.5 \text{ Grados-día} \end{cases}$$

Siendo  $A$  la edad de los adultos en Grados-día.



**Figura 20.** Supervivencia de los adultos de *S. exigua* en relación a la edad fisiológica en Grados-día entre las temperaturas umbrales (10 y 36°C) obtenida en los ensayos en laboratorio a las diferentes temperaturas constantes (20, 25 y 30 ± 2°C, H.R. = 60 ± 10% y L:O = 16:8 horas).



**B) Supervivencia dependiente de la temperatura:**

Esta función de supervivencia dependiente de la temperatura establece una ecuación para el modelo en la que la supervivencia es dependiente de la edad en días de los adultos. Los datos utilizados con este propósito proceden de los ensayos de laboratorio para confección de las tablas de vida (Tabla 14) que se encuentran representados en la Figura 8. Este criterio es introducido en la construcción del modelo con el fin de limitar la longevidad de los adultos para períodos de temperaturas bajas ya que de lo contrario y con la anterior ecuación permanecería en valores muy elevados. No obstante, y por el valor estimado de la duración máxima en días de longevidad de adultos, esta función va a afectar muy poco los cálculos matemáticos del modelo, sobre todo para períodos de temperaturas elevadas. Los valores de supervivencia dependientes de la temperatura ( $lx_3$ ) considerados para el primer tramo con el mismo criterio que la anterior, es decir  $lx_3 = 1$  para los 5 primeros días, y calculando la función de regresión lineal entre la tasa de supervivencia y la edad de adultos en días. Estos valores por lo tanto quedarían:

$$lx_3 = \begin{cases} 1.0 & 0 \leq D \leq 5 \text{ Días} \\ 1.16995 - 0.04551 \cdot D & 5 \leq D \leq 30 \text{ Días} \end{cases}$$

Siendo  $D$  la edad de adultos en días.

**Fecundidad de hembras:**

Los datos de fecundidad de hembras utilizados son los que figuran en la Tabla 14 de los resultados de los ensayos de laboratorio a temperaturas constantes. Estos valores, expresados en porcentajes de fecundidad acumulados en función de la edad de las hembras en Grados-día, son los que se muestran en la Figura 21.

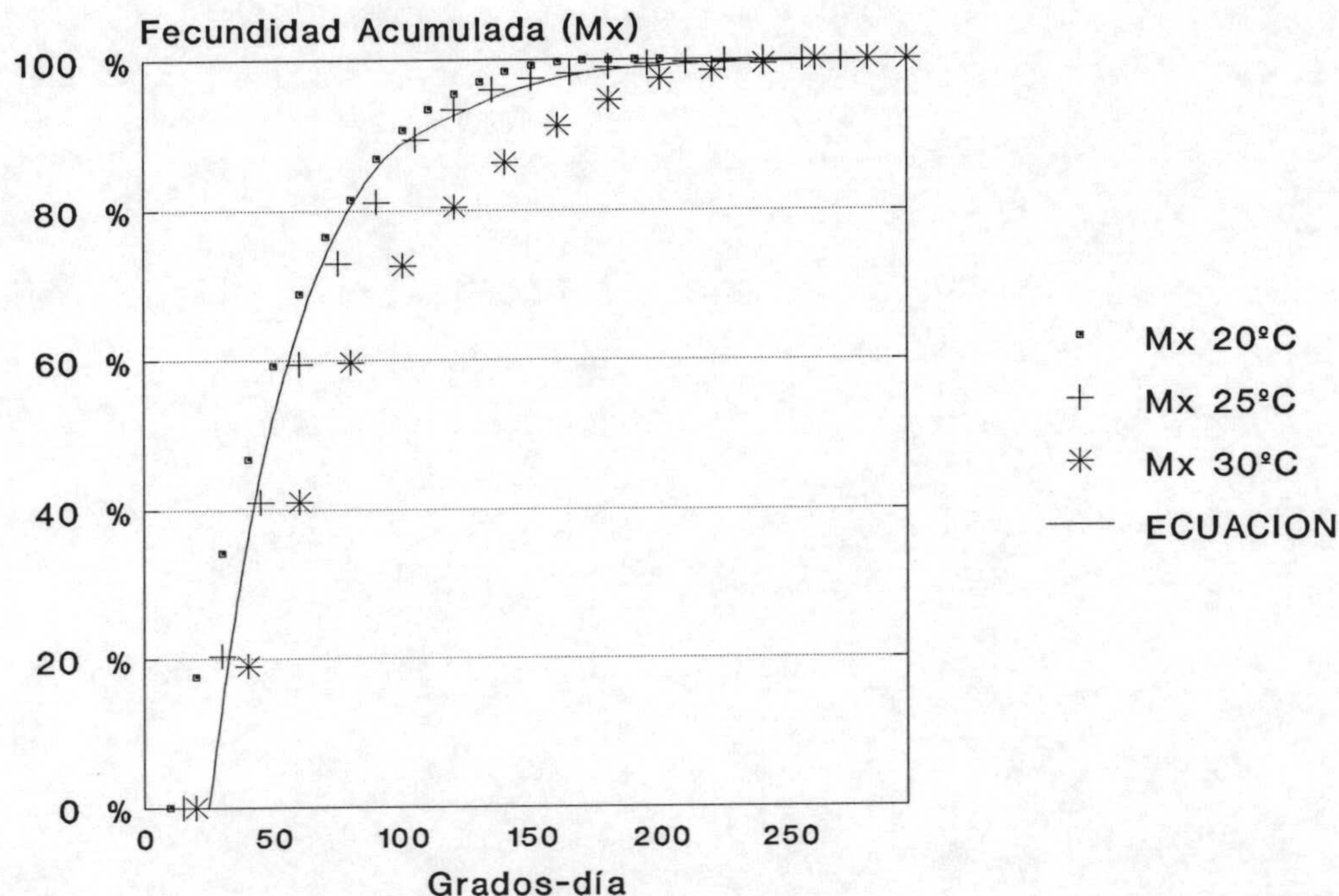
La función que describe el patrón de oviposición de *S. exigua* fue calculada a partir de los datos anteriores quedando establecida como:

$$\sum Mx = 1.0 - 2.1324 \cdot e^{(-0.03014 \cdot GD)}$$

Siendo  $GD$  la edad de los adultos en Grados-día.

Esta función, representada junto con los datos obtenidos en los ensayos de laboratorio puede apreciarse en la Figura 21.

Por otra parte, otro valor que es introducido en el modelo matemático es el período de preoviposición de las hembras, calculado también a partir de los datos del ensayo de biología en laboratorio. Este valor estimado es de 2.73 días, lo que equivale a una edad fisiológica de 40.55 Grados-día.



**Figura 21.** Porcentajes acumulados de fecundidad (Mx) de la hembras de *S. exigua* en relación a los Grados-día entre los umbrales (10 y 36°C) y ecuación de ajuste de los datos obtenidos para las diferentes temperaturas constantes (20, 25 y 30 ± 2°C, H.R. = 60 ± 10% y L:O = 16:8 horas) en los ensayos de laboratorio.

**Proporción de sexos:**

La proporción de sexos de los individuos adultos de la especie no se mantiene constante en todos los períodos del año, tal como demuestran los datos fenología mediante las capturas en trampa de luz en los años 1992 y 1993. Al establecer la curva de los valores de la proporción de machos a lo largo del período de seguimiento, se ha encontrado que existe una relación lineal entre este parámetro y la temperatura máxima media, en valores semanales, que es el modulo que se tomó para los datos de capturas en trampas. Esta relación, en forma de regresión lineal viene representada por la siguiente ecuación:

$$P = 165.648 - 4.0688 \cdot T_{Mms} \quad (r^2=0.7669; P < 0.001)$$

Siendo *P* el porcentaje de machos y *T<sub>Mms</sub>* la temperatura máxima media semanal en grados centígrados.

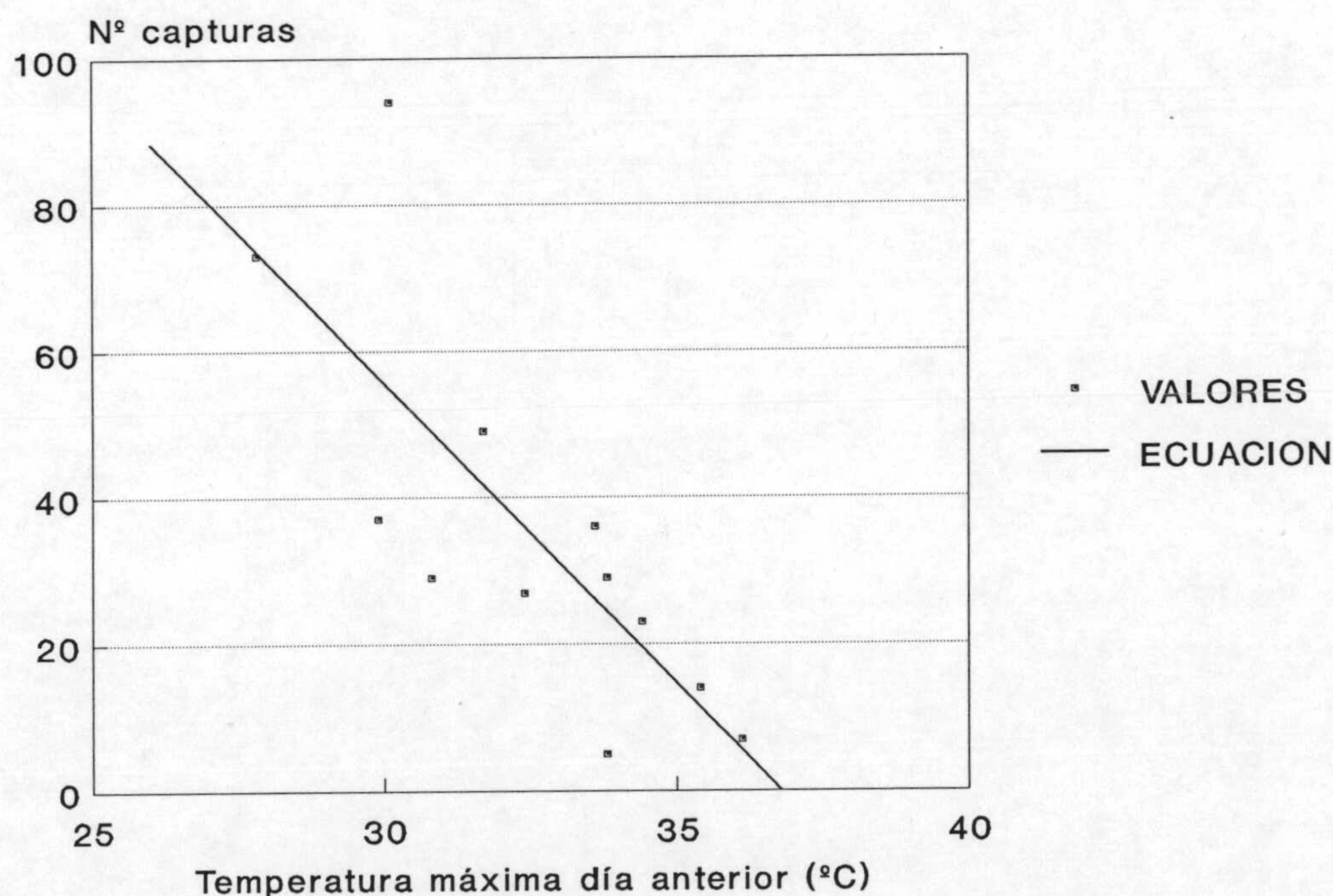
Como ha sido reflejado en otra parte de este trabajo, existen más capturas de machos en invierno, parte de primavera y parte del otoño, es decir en los meses más fríos del año. A efectos de la construcción del modelo hemos encontrado una buena relación entre el valor de las temperaturas máximas medias semanales y la proporción de machos, por lo que ha

sido éste el parámetro considerado en los cálculos.

### Relación de las capturas con las temperaturas:

Dentro de los factores ambientales, es la temperatura la que ejerce una mayor influencia en la actividad de vuelo de los adultos de *S. exigua*. De hecho, HOGG y GUTIERREZ (1980) en sus estudios, comprobaron la nula influencia de la luminosidad lunar nocturna o la velocidad o dirección de los vientos en la fenología de esta especie. Estos autores consideran que existe una relación muy significativa entre el número de capturas y las temperaturas de esa noche.

Como primer parámetro a considerar de la relación de las temperaturas con el número de capturas en la inclusión en el modelo matemático, se han establecido los umbrales inferior y superior para el vuelo de los adultos. Así, para el umbral inferior se han utilizado las observaciones realizadas en los ensayos de longevidad y fecundidad en laboratorio para adultos a las distintas temperaturas, habiéndose observado que a la temperatura más baja ensayada, de 15°C constantes, apenas si existía actividad de vuelo. Este hecho, junto con la procedencia de los adultos, que sólo pudieron ser evolucionados a partir de las tandas de 20°C, fue determinante para no incluir estos datos en los ensayos de biología y para considerar los 15°C la temperatura umbral inferior del vuelo de los adultos de *S. exigua*. Este valor prácticamente coincide con el estimado por HOGG y GUTIERREZ (1980), los cuales consideran la temperatura umbral inferior para el vuelo de 15,6°C.



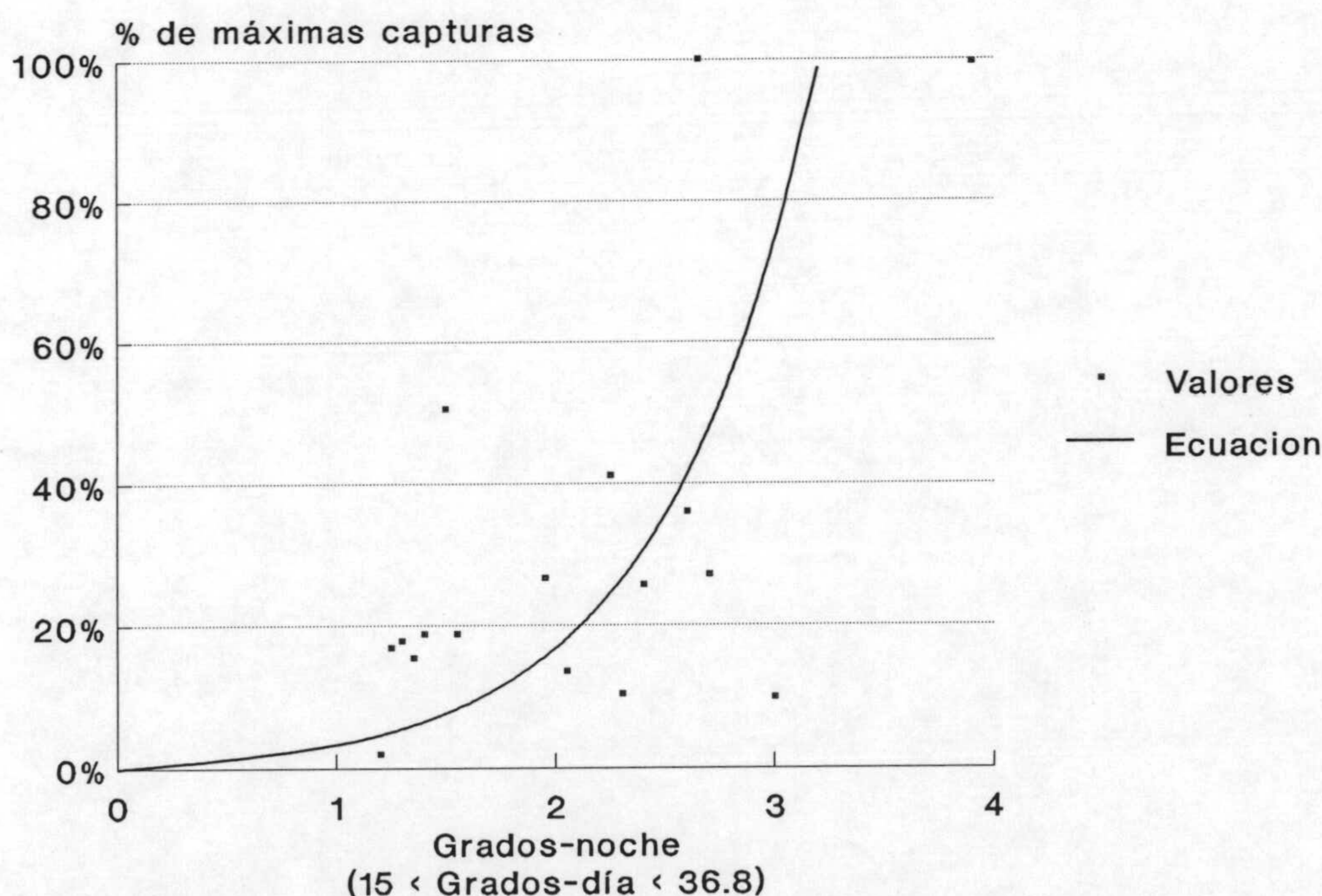
**Figura 22.** Relación entre los valores del número de capturas de adultos de *S. exigua* en trampa de luz y las temperaturas máximas externas del día anterior a las mismas, y ecuación de regresión lineal de los valores obtenidos.

La temperatura umbral superior se obtuvo a partir de los datos de capturas en la trampa de luz en dos períodos que se esperaba una uniformidad y abundancia de las mismas en función de la evolución anterior de los niveles de capturas. De esta forma se tomaron dos períodos que abarcaron desde el 13 de julio al 16 de julio y desde el 27 de julio al 6 de agosto del año 1992. El cálculo de la regresión existente entre los valores del número de capturas y la temperatura máxima del día anterior nos permitió calcular la ecuación de regresión. En ésta, por una simple operación de cálculo, se nos muestra el valor de temperatura al cual el número de capturas se convierte en 0, y por tanto, nos muestra la temperatura umbral superior estimada. La forma de la ecuación de regresión es la siguiente:

$$N = 301.840 - 8.20699 \cdot T \quad (r^2=0.6057; P < 0.01)$$

Siendo  $N$  el número de capturas y  $T$  la temperatura máxima del día anterior. Al igualar la ecuación a 0,  $T$  toma el valor de  $36.8^\circ\text{C}$ , considerada como temperatura umbral superior. Esta ecuación, así como los datos que la originan, se muestran en la Figura 22.

Una vez estimados los umbrales de vuelo éstos se utilizan para el cálculo del factor que hemos considerado que permite establecer una mejor relación de los niveles de capturas con las temperaturas y que no es otro que los Grados-noche, entendiendo éstos como los Grados-día entre los umbrales acumulados durante la noche, que pueden estimarse de forma



**Figura 23.** Relación entre el porcentaje de máximas capturas en trampa de luz de *S. exigua* y el número de Grados-día acumulados durante la noche entre los umbrales de vuelo de la especie, y ecuación de ajuste de los datos obtenidos.

simplificada por la división por 2 de los Grados-día de la jornada anterior a la recogida de las capturas. La relación se estableció entre los valores así calculados de los Grados-noche y el porcentaje máximo de capturas que se alcanzó en el período comprendido entre 18 de mayo y el 18 de junio de 1992. Esta relación, que adquiere forma exponencial se muestra en la Figura 23, y es originada por la ecuación:

$$\% Mc = e^{(1.43854 \cdot GN) - 1} \quad (r^2=0.9232; P < 0.01)$$

Siendo % *Mc* el porcentaje máximo de capturas y *GN* los Grados-noche.

### **Programa informático:**

El programa informático que desarrolla los cálculos del modelo matemático de fenología en trampa de luz está estructurado en un programa principal y 8 subprogramas para realizar diferentes bloques de operaciones. El programa puede ser ejecutado directamente desde el sistema operativo MS-DOS, al haber sido convertido en fichero ejecutable. El título del programa ejecutable es SIMFENSE, y una copia en soporte magnético de 3 1/2 pulgadas se adjunta en los anejos (Anejo III). El tiempo medio de ejecución del programa de simulación, desde el momento en que se han introducido los datos, es de unos 30 segundos utilizando un procesador 486. El listado del programa completo, en lenguaje Q-BASIC, se encuentra asimismo en los anejos (Anejo I).

En el programa principal, además de los datos identificativos de la aplicación, se realiza la declaración de todas las variables que se utilizan en los diferentes subprogramas. Al iniciar la ejecución se van llamando los distintos subprogramas, de los cuales se relacionan las principales operaciones que realizan:

- DATOSCLIMATICOS: Programa para la lectura de los datos climáticos, temperaturas máximas y mínimas diarias del año de la simulación, bien desde un fichero ASCII o bien desde el teclado.

- TMPSUM: Calcula los Grados-día para los estados inmaduros y adultos, así como los grados noche para el vuelo de adultos.

- DATOSINICIALES: Introducción del número inicial de adultos en la primera captura en trampa de luz para comienzo de la simulación.

- DESARROLLO: Subprograma para incrementar la edad de los estados de desarrollo y determinar la emergencia de adultos después de aplicar las mortalidades correspondientes.

- OVIPOSICION: Subprograma para incrementar la edad y determinar la supervivencia de los adultos así como la oviposición de hembras.

- CALCULO: Calcula el número de individuos en cada estado y determina las capturas en trampa de luz en función de las temperaturas de la noche.

- **CONVERSION:** Convierte los datos iniciales y cálculos realizados de su expresión en semanas y días de la semana a días de simulación.

- **SALIDA:** Obtención de los resultados de la simulación por impresora o pantalla.

La salida del programa por pantalla, además de los datos identificativos (título, localización, semana inicial de los datos climáticos, semana inicial y final de la simulación, total días de la simulación y días inicial y final de la simulación), proporciona los datos de simulación diarios, en el siguiente formato por medio de 3 listados parciales:

1º.- Día simulación, semana, huevos nuevos, huevos viejos, larvas, pupas, adultos.

2º.- Día simulación, Grados-día acumulados inmaduros, Grados-día acumulados adultos, hembras en preoviposición, hembras en oviposición.

3º.- Día simulación, capturas en trampa de luz,  $\log(n^\circ \text{ capturas} + 1)$ , capturas potenciales,  $\log(n^\circ \text{ capturas potenciales} + 1)$ .

Además, por pantalla aparece también el listado de los datos de simulación en períodos semanales:

Semana de simulación, capturas en trampa de luz,  $\log(n^\circ \text{ capturas} + 1)$ , capturas potenciales,  $\log(n^\circ \text{ capturas potenciales} + 1)$ .

La salida por impresora, junto con los datos identificativos, ofrece los datos de simulación en períodos semanales en el siguiente formato:

Semana de simulación, capturas en trampa de luz,  $\log(n^\circ \text{ capturas} + 1)$ , capturas potenciales,  $\log(n^\circ \text{ capturas potenciales} + 1)$ .

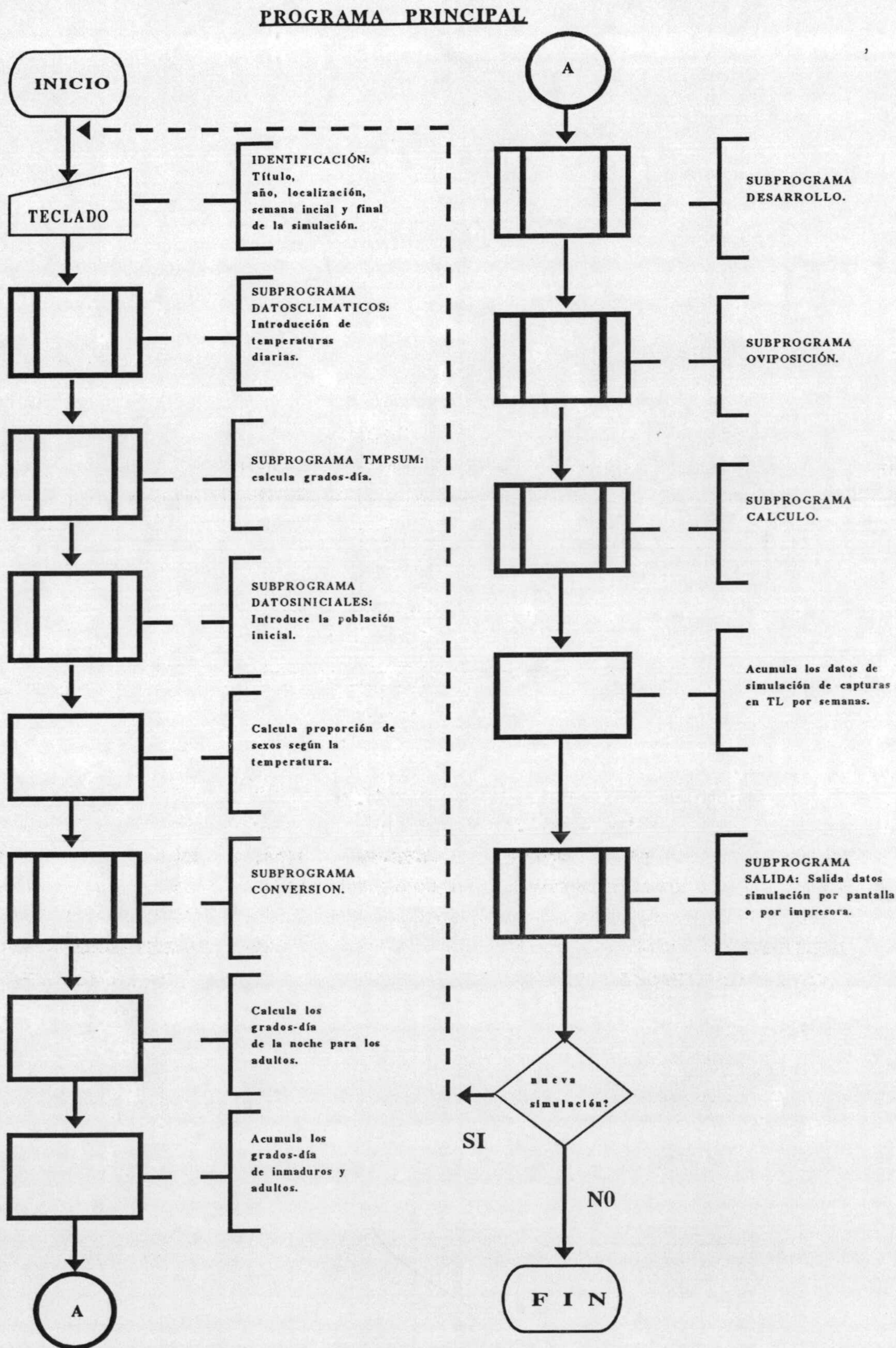
En el Diagrama 3 de la página siguiente, puede observarse el diagrama de flujo del programa principal.

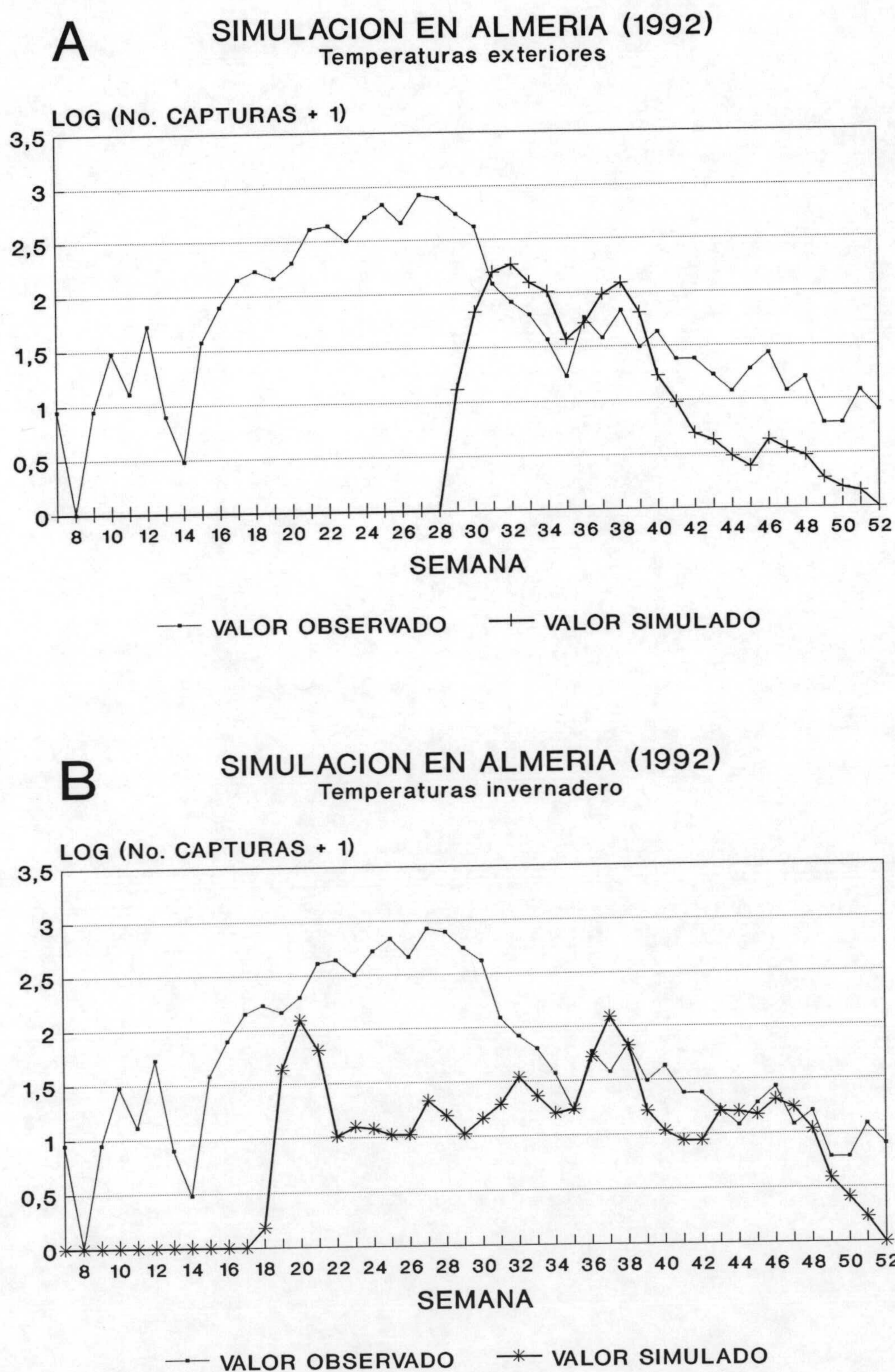
### **Resultados de la simulación:**

En la Figura 24 se muestran los valores reales y simulados por el programa, del número de capturas semanales de adultos de *S. exigua* en trampa de luz, con los datos transformados con  $\log(x+1)$ , correspondientes al año 1992, cuando el programa se ejecutó empleando las temperaturas máximas y mínimas registradas fuera (Figura 24 A) y dentro (Figura 24 B) de invernadero en Almería. En la Figura 25, se muestran las mismas variables, en valores semanales de capturas, para los datos del año 1993.

En la simulación realizada durante 1992, se observa un mejor ajuste de los datos observados cuando se utilizaron en el programa los valores de temperatura del interior del invernadero, que cuando se utilizan los datos exteriores. Este mismo hecho se aprecia para la simulación en el año 1993.

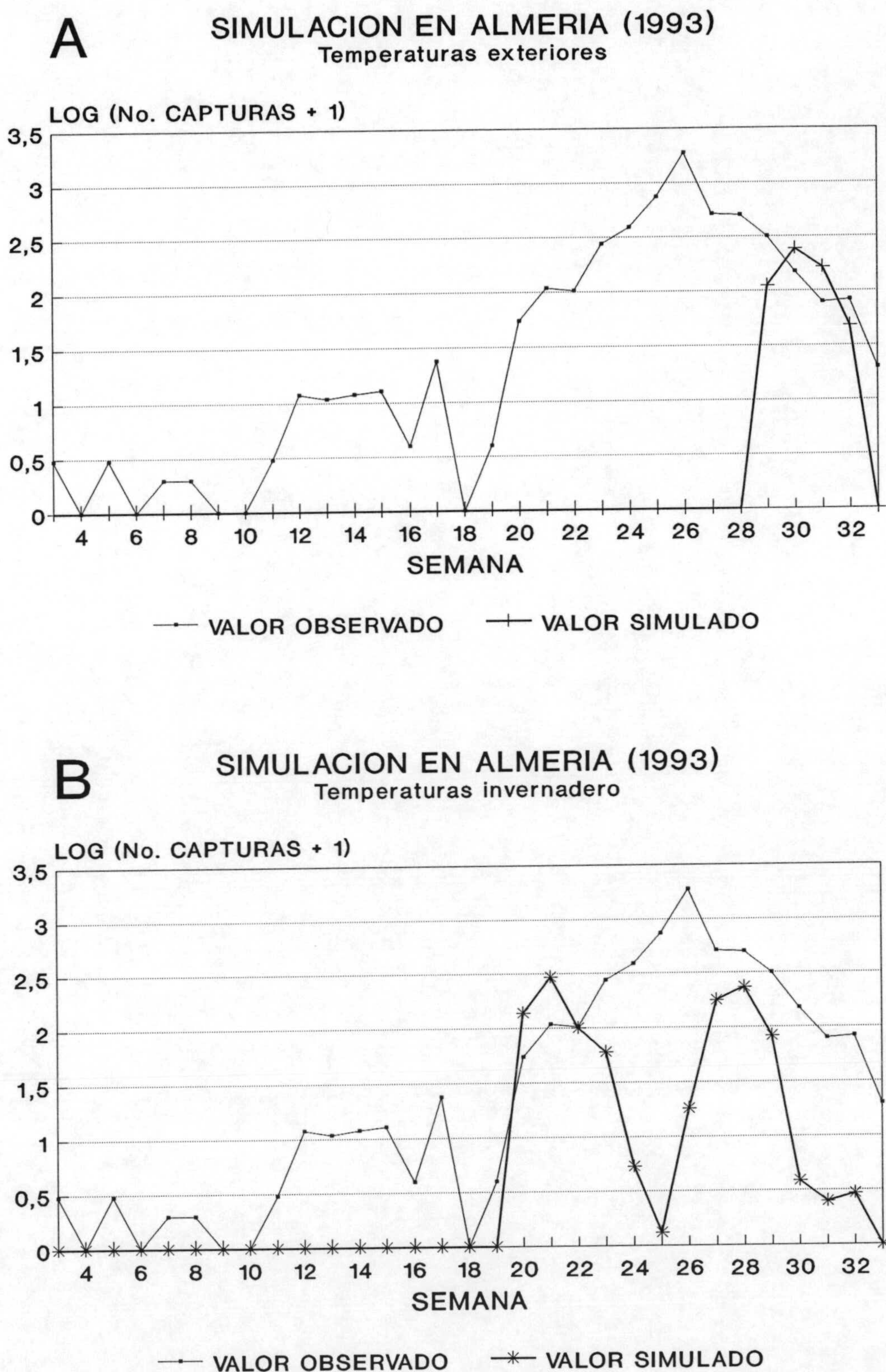
**DIAGRAMA 3: DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROGRAMA.**





**Figura 24.** Valores observados y simulados mediante el programa del modelo de fenología, de las capturas semanales de adultos de *S. exigua* en trampa de luz durante el año 1992, utilizando temperaturas exteriores (Figura A) e interiores (Figura B) de invernaderos de Almería.





**Figura 25.** Valores observados y simulados mediante el programa del modelo de fenología, de las capturas semanales de adultos de *S. exigua* en trampa de luz durante el año 1993, utilizando temperaturas exteriores (Figura A) e interiores (Figura B) de invernaderos de Almería.

En función de estos resultados, podemos deducir que los niveles poblacionales de adultos de *S. exigua* en la zona estudiada, están influenciados por las poblaciones que existen en los cultivos dentro de los invernaderos. Si analizamos los valores observados y simulados, se comprueba que hasta la semana 18 para 1992 y semana 20 para 1993, no se inician las capturas en la simulación. Teniendo en cuenta que el programa empieza a incrementar las poblaciones a partir del desarrollo de una generación completa, estimándose por el tiempo fisiológico establecido como el sumatorio de la integral térmica en Grados-día a partir de las primeras capturas detectadas en la trampa, quiere decir que durante el período anterior a las semanas 18 para 1992 y 20 para 1993, las capturas observadas tienen su correspondencia con 2 posibles orígenes:

1.- Ejemplares pertenecientes a adultos inmigrantes procedentes de zonas más cálidas, como puede ser el norte de Africa, teniendo en cuenta el reconocido carácter migratorio de la especie (FRENCH, 1969; JOHNSON, 1969; CAYROL, 1972).

2.- Ejemplares procedentes de poblaciones del año anterior (períodos anteriores al año natural) que pasan el invierno sobre cultivos o plantas adventicias dentro de invernaderos.

Esta última hipótesis viene avalada por las observaciones que se han realizado durante los períodos más fríos del año de larvas de la especie sobre cultivos de pimiento (BELDA, datos sin publicar).

Debemos considerar, y de hecho creemos que es lo más probable, que los adultos capturados en las semanas anteriores a las que marcan el comienzo de las capturas en la simulación, tengan su origen en ambas de las hipótesis enunciadas. Esta misma hipótesis, fue puesta de manifiesto para explicar la procedencia de las poblaciones de otra especie emigrante, *Heliothis armigera*, en los estudios de fenología llevados a cabo por CABELLO y SALMERÓN (1989) en la Vega de Granada, especie en la que existen mezclas de poblaciones autóctonas e inmigrantes.

Por otra parte, se pueden observar discrepancias entre los valores observados y simulados entre las semanas 22 y 34 para el año 1992 y entre las semanas 23 y 27 para 1993. En dichos períodos, el número de capturas reales fue bastante superior a los resultados obtenidos en la simulación. Este hecho puede ser debido a que en el modelo existe una limitación por el umbral de temperatura máxima para el vuelo de adultos, establecido en 36°C y en las épocas consideradas se supera durante gran parte del día ese valor umbral, por lo que se limita la actividad de adultos durante ese período. Otra causa que debemos considerar, es que durante esas semanas quizás se produzca una entrada de población procedente de vuelos migratorios sur-norte como consecuencia de un reagrupamiento de individuos para comenzar las migraciones hacia el norte, tal como considera CAYROL (1972), cuya actividad no estaría limitada por los umbrales superiores de temperatura, ya que los valores de temperaturas máximas al aire libre no producen una reducción de los valores estimados por el modelo.

*S. exigua* en su condición de plaga polífaga, además de colonizar cultivos de pimiento en invernadero, presenta una incidencia variable en numerosos cultivos y plantas adventicias en la zona de estudio, que por otra parte están coexistiendo con los cultivos de pimiento en

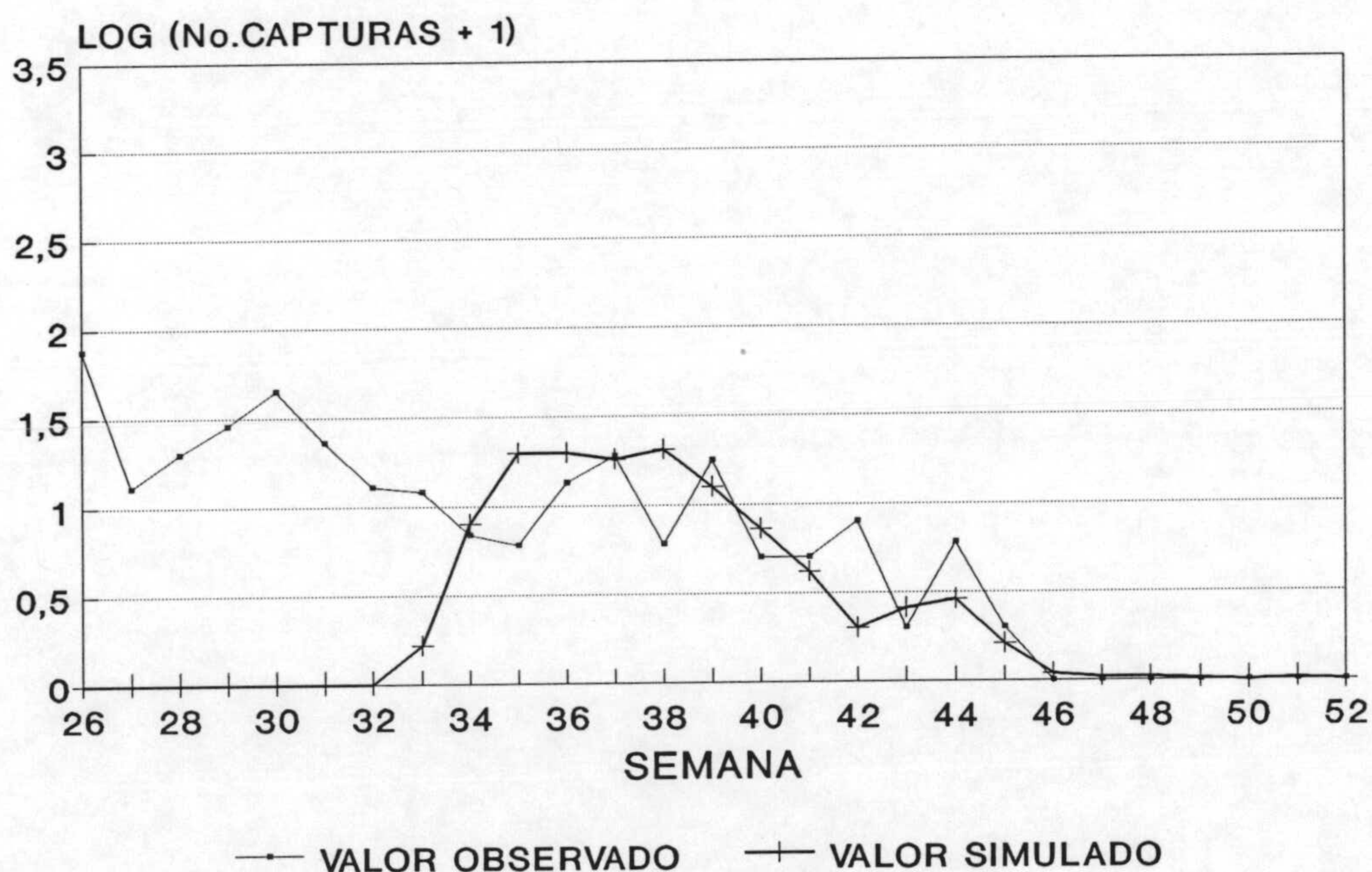
invernadero en gran parte del período en que los valores simulados no se ajustan a los observados. En este sentido, HOGG y GUTIERREZ (1980) consideran su modelo solamente apto para el Valle de San Joaquín y para cultivo de algodón, mostrando fallos en el ajuste para otras comarcas en las que existe mayor diversidad de cultivos y otras características climáticas. En nuestra zona de estudio, existen otras especies vegetales, cultivadas o espontáneas que no han sido contempladas en la estimación de los parámetros a incluir en el modelo y que pueden ser parte de la causa de la falta de ajuste.

### Validación del modelo:

El modelo ha sido construido, como se ha indicado con anterioridad, con los parámetros de *S. exigua* obtenidos en los ensayos realizados en Almería. Su validación exige su contraste con datos no utilizados para la construcción del modelo. Para ello se utilizaron los datos de las capturas de *S. exigua* realizados en trampa de luz durante los años 1986, 1987 y 1988 en el C.I.D.A. de Granada (CABELLO, 1988a).

En las Figuras 26, 27 y 28 se muestran los resultados de las capturas de *S. exigua* en valores observados y simulados, para los años 1986, 1987 y 1988 respectivamente, en trampa de luz en la Vega de Granada.

### SIMULACION EN GRANADA (1986)



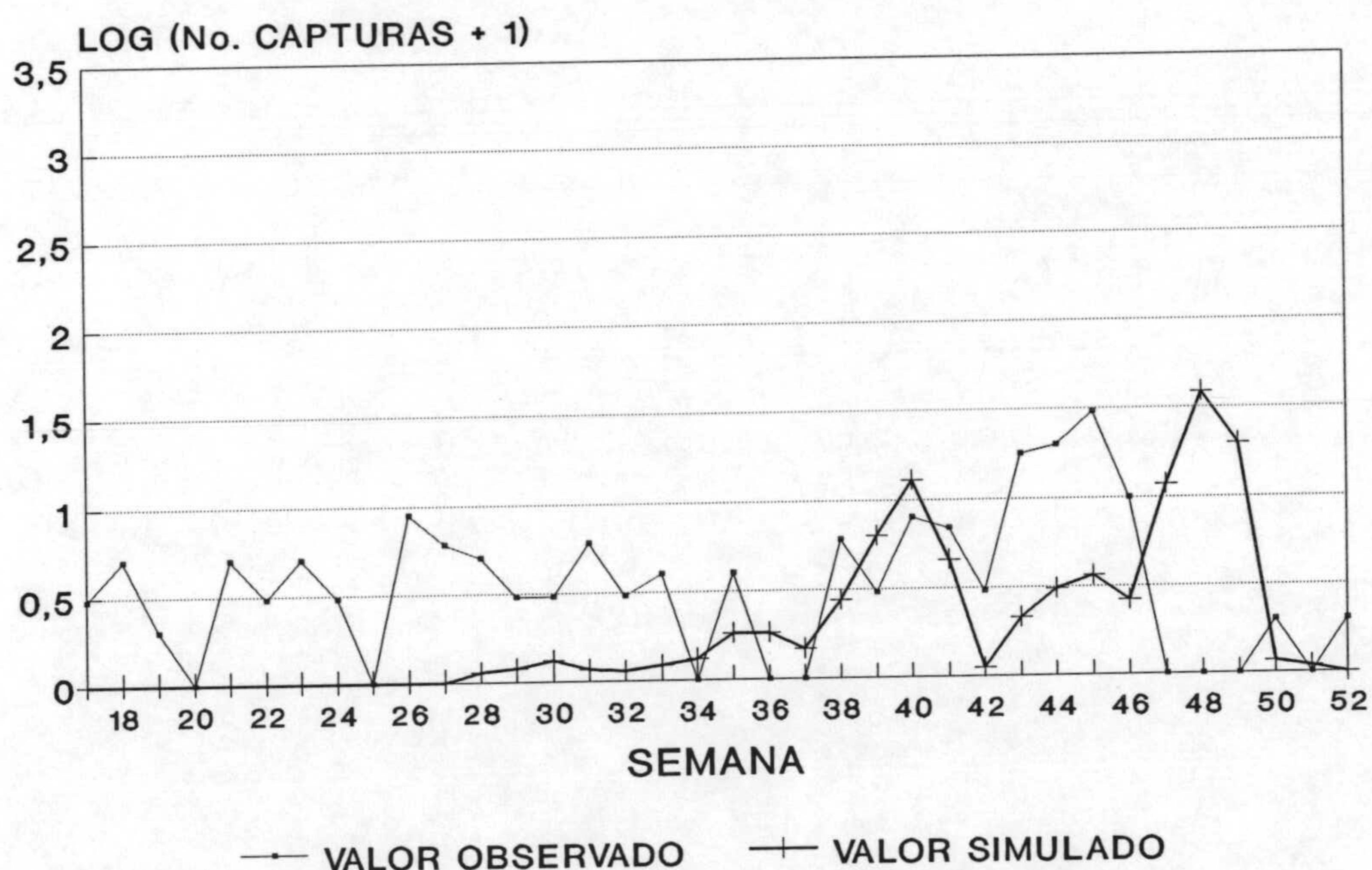
**Figura 26.** Valores observados y simulados mediante el programa del modelo de fenología, de las capturas semanales de adultos de *S. exigua* en trampa de luz durante el año 1986 en la Vega de Granada.

La Figura 26, para simulación en Granada en el año 1986, muestra los valores reales de capturas desde que se tienen datos en la semana 26, con tendencia a la disminución en los niveles de capturas hasta la semana 46. Los valores simulados por el modelo, comienzan a mostrar capturas a partir de la semana 33, ajustándose bastante bien a los datos reales, aunque sin mostrar las oscilaciones de estos que se producen entre las semanas 37 y 44, aunque si se ajusta en la ausencia de capturas, a partir de la semana 47 al final del año.

En los valores de capturas reales, y simulación de las mismas, que se muestran en la Figura 27, se aprecia un fenómeno similar; los valores reales de capturas fluctuantes en las primeras semanas registradas, aunque con niveles bajos, y los valores de simulación que no comienzan a mostrar capturas hasta la semana 27. En el resto del año, y a partir de la semana 37, los valores simulados se ajustan a los observados hasta la semana 42, momento en el que hay un declive pronunciado de la simulación que no se corresponde con las capturas detectadas en la trampa de luz. En la simulación, además, hay un desplazamiento del último pico de capturas del año hacia unas 3 semanas posteriores.

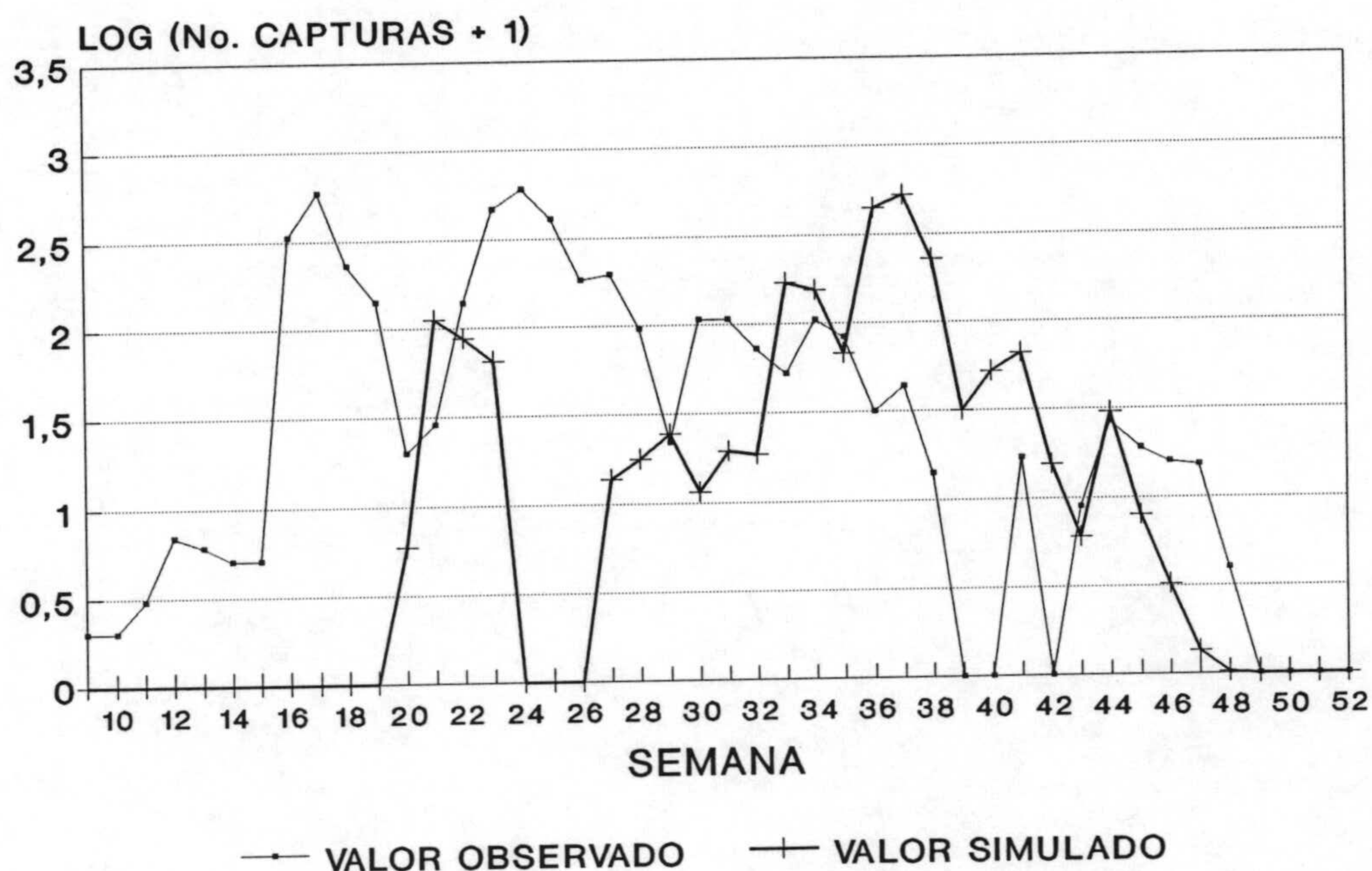
La simulación en Granada durante el año 1988, que se muestra en la Figura 28, presenta unos valores reales de capturas con 2 picos muy bien marcados en las semanas 16 a 19 y 22 a 28, que no se corresponden con los valores de la simulación con el modelo de fenología. Estos picos de capturas muestran valores elevados en comparación con los años

### SIMULACION EN GRANADA (1987)



**Figura 27.** Valores observados y simulados mediante el programa del modelo de fenología, de las capturas semanales de adultos de *S. exigua* en trampa de luz durante el año 1987 en la Vega de Granada.

## SIMULACION EN GRANADA (1988)



**Figura 28.** Valores observados y simulados mediante el programa del modelo de fenología, de las capturas semanales de adultos de *S. exigua* en trampa de luz durante el año 1988 en la Vega de Granada.

anteriores en esa misma localización, manteniendo además picos de capturas hasta la semana 39, en la que se produce un descenso marcado de las capturas. Estas se vuelven a producir en la semana 41 y 43, permanecen hasta la semana 49. Las oscilaciones detectadas en la capturas reales y los picos son parcialmente seguidos por la simulación del modelo, aunque desplazados en el tiempo, mostrando también el declive de las curvas al final del año.

En los resultados globales de la simulación del modelo con los datos de capturas realizadas en trampa de luz en la Vega de Granada durante los años 1986, 87 y 88, apreciamos que el modelo comienza a simular las capturas de la especie a partir de las semanas 21 a 33 según el año. Esta dilatación en el inicio de la simulación se debe, como antes hemos comentado, a la necesidad del modelo de completar la integral térmica para el desarrollo de al menos una generación de *S. exigua*. Si tenemos en cuenta que en Granada, las temperaturas de las primeras 15 o 20 semanas del año son bastante frías, explica para alcanzar la integral térmica para el desarrollo se precisen de 21 a 30 semanas, según los años. Sin embargo, al igual que ocurre en Almería, durante las primeras semanas de los años en los que se han realizado seguimientos con las trampas de luz, se han producido niveles variables de capturas de adultos de la especie, por lo que la hipótesis de la entrada de adultos procedentes de inmigraciones adquiere más entidad por los resultados obtenidos en Granada y nos hace considerar con más fuerza la importancia que estos individuos inmigrantes tienen

sobre los niveles poblacionales que se alcanzan en el sureste de España.

Por otra parte, por lo que se deduce de la interpretación de las curvas de simulación, en la validación del modelo, observamos que los máximos de capturas reales y los de los valores simulados, a partir de las semanas iniciales en las que comienza la simulación, son muy similares aunque con cierto desfase en el tiempo. Tenemos que considerar aquí una vez más, las desviaciones que pueden sufrir los parámetros biológicos estimados en el modelo con los datos de Almería, producidos por la existencia en Granada por gran variedad de cultivos y plantas adventicias susceptibles de ser hospedadores de *S. exigua*, y por lo tanto su influencia en la dinámica de población de la plaga no se ha contemplado.

Con estas últimas consideraciones queremos mostrar la relatividad de la precisión del modelo de simulación cuando se aplica a otras zonas agrícolas o cultivos, y sobre todo, a áreas de policultivos, como es el caso de Almería y Granada. Esta consideración ya ha sido realizada por HOGG y GUTIERREZ (1980) para su modelo en California central, el cual sólo se adaptaba bien en la simulación para una zona geográfica concreta, prácticamente con monocultivo de algodón.

Este análisis de los resultados nos lleva a considerar la necesidad de una integración de diversos aspectos de la biología de la especie en otras plantas hospedantes, no solo pimiento, incluyendo factores que pueden variar entre zonas, como pueden ser los niveles de control ejercido por enemigos naturales y sobre todo, aspectos del carácter emigrante de la especie. Todo ello puede servir para la revisión del modelo de simulación de fenología de *S. exigua*, de forma que se adapte mejor a la zona considerada en este trabajo.

#### 6.4. ENEMIGOS NATURALES

La prospección realizada con objeto de determinar la acción de los enemigos naturales de *Spodoptera exigua* en cultivos y plantas adventicias en invernaderos en Almería, ofreció una escasa variedad y número de agentes de control natural en comparación con los resultados obtenidos por otros autores en diversos cultivos al aire libre, más aún si consideramos que HERTING y SIMMONDS (1976), tienen catalogadas 75 especies de himenópteros en el complejo de parasitoides de *S. exigua*.

De las 400 larvas, en distintos estadíos, y 10 plastones de huevos que fueron recolectados en campo, aislados y evolucionados en laboratorio, solamente se encontraron 2 especies de Himenópteros Icneumónidos; *Hyposoter didymator* (Thunberg) y *Sinophorus* sp., y se detectó un entomopatógeno, el virus de la poliedrosis nuclear de *Spodoptera exigua* (VPNSE). No obstante, y aunque no se han evaluado los niveles de predación, se han observado en las parcelas de cultivo diferentes especies de depredadores generalistas con niveles poblacionales muy bajos o anecdóticos que pueden ejercer su acción sobre huevos y larvas de *S. exigua*. Entre estas especies hay que destacar *Chrysoperla carnea* (Stephens) y *Chrysopa formosa* (Brauer) (Neuroptera: Chrysopidae) y diversas especies del género *Orius* (Heteroptera: Anthocoridae).

Las especies de parasitoides encontradas ya habían sido previamente citadas como parasitoides de larvas *S. exigua* en cultivos al aire libre en el sur de España (CABELLO, 1989; CABALLERO *et al.*, 1990) y en Israel (SCHWARTZ *et al.*, 1980). Por otra parte, la presencia del VPNSE se había detectado en el sur de España al aire libre (CABALLERO *et al.*, 1990) así como en cultivos en invernaderos en Almería (CABALLERO *et al.*, 1992a). Sin embargo, en la prospección realizada, no ha aparecido ningún ejemplar de la especie parasitoide *Apanteles plutellae* Kurdjumov (Hymenoptera: Braconidae) que previamente había sido detectada en cultivos de tomate en invernadero por RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ (1988) en La Mojonera en el año 1986.

La escasa variedad de especies de parasitoides encontrados en nuestra prospección, contrasta con las 14 especies detectadas por OATMAN *et al.* (1983) en cultivos de tomate en California, las 18 que determinó SCHWARTZ (1980) en Israel, o las 9 que aporta CABELLO (1989) para el sur de España. Teniendo en cuenta que en nuestra prospección el mayor número de larvas aisladas procedían de invernaderos (98%) y dado que estos agrosistemas presentan una menor diversidad de especies, tanto por ser estructuras "teóricamente" cerradas como por la frecuente realización de tratamientos insecticidas, no debe sorprendernos la escasa presencia de parasitoides.

Así, el nivel medio de parasitismo encontrado para el total de larvas aisladas solo llega al 2.56%, siendo un valor muy bajo si lo comparamos con los valores encontrados en cultivos al aire libre. Este dato es muy inferior al 18.7% de parasitismo medio encontrado por CABELLO (1989) o el 24.2% que apuntan CABALLERO *et al.* (1990) en prospecciones en el sur de España. Fuera de nuestro país, los valores son incluso superiores, indicando SCHWARTZ (1980) en Israel una media del 19.54% de larvas parasitadas en alfalfa y del

25.88% en maíz. Por su parte, en California, OATMAN *et al.* (1983) obtienen unos valores medios de parasitismo del 29.86% en tomate, mientras que ALVARADO-RODRIGUEZ (1987) ofrece valores entre el 16 y el 63% de parasitación según las localidades muestreadas de este mismo cultivo en el norte de Méjico.

En la Tabla 21 se muestra la relación de especies de parasitoides encontradas en la prospección de enemigos naturales de *S. exigua* realizada en Almería, así como diferentes datos de las larvas hospedadoras.

**Tabla 21.** Especies de parasitoides encontrados en la prospección de enemigos naturales, número de ejemplares, localidades, fechas y estadíos larvarios en los que se colectaron las larvas de *S. exigua*, así como cultivos o plantas hospedantes de las mismas.

Parasitoide (Hym.: Ichneumonidae)	nº de ejemplares	Localidad	Fecha	Estadío larvario en la recolección	Planta hospedante
<i>Hyposoter didymator</i> (Thunb.)	2	La Mojonera	17/1/92	L <sub>3</sub> - L <sub>4</sub> (*)	Pimiento
	1	La Mojonera	5/2/92	L <sub>3</sub> - L <sub>4</sub> (*)	Pimiento
	1	La Mojonera	12/3/92	L <sub>3</sub> - L <sub>4</sub>	Pimiento
	2	La Mojonera	25/5/93	L <sub>3</sub> - L <sub>4</sub>	Pimiento
	1	San Isidro	4/5/93	L <sub>4</sub>	Melón (**)
<i>Sinophorus</i> sp.	2	San Isidro	11/5/93	L <sub>2</sub> - L <sub>3</sub>	Melón (**)

(\*) Parasitoides encontrados dentro de frutos de pimiento en los que se habían introducido larvas de *S. exigua*.  
(\*\*) En plantas adventicias.

En los invernaderos prospectados, solamente han aparecido parasitoides de larvas de *S. exigua* en dos de ellos; uno localizado en La Mojonera y otro en el Campo de Níjar. Ambos invernaderos eran visitados por técnicos como consecuencia de ensayos de puesta a punto de técnicas de manejo integrado y ensayos de distribución de especies plaga, por lo que el control fitosanitario de los mismos fue llevado con muy pocas aplicaciones de plaguicidas.

Los datos de la Tabla 21 muestran, dentro de la escasez de ejemplares encontrados, una predominancia de la especie *H. didymator* con 7 ejemplares, apareciendo tanto en La Mojonera como en San Isidro, localidades separadas unos 50 km, la primera al oeste de la capital almeriense y la segunda al noreste de la misma. Las especies encontradas procedían de muestras aisladas en cultivos de pimiento y melón, si bien en este último invernadero, las muestras fueron recogidas de plantas adventicias (*Amaranthus* sp. y *Chenopodium* sp.).

En cuanto a las fechas de aparición de los parasitoides, se observa que existe una dispersión en los diferentes meses para los dos años de la prospección. Incluso se han encontrado 3 ejemplares en los meses de enero y febrero, además de marzo y mayo. Este hecho, que no es frecuente al aire libre, sin duda viene condicionado por las suaves temperaturas que en esos períodos se registran en los invernaderos de Almería. Estos datos, por la escasez de los mismos, no debemos de considerarlos representativos para establecer la incidencia estacional de las especies de parasitoides detectadas.



En lo que respecta a los estadios larvarios del hospedador, que fueron aislados y se encontraron parasitados, se relacionan desde L<sub>2</sub> hasta L<sub>4</sub>, siendo para *H. didymator* desde L<sub>3</sub> hasta L<sub>4</sub> y para *Sinophorus* sp. desde L<sub>2</sub> hasta L<sub>3</sub>. Aunque con escasez de datos, estos resultados se asemejan mucho a los aportados por CABELLO (1989) para los estadios larvarios de parasitación por estas mismas especies, señalando a *H. didymator* parasitando a L<sub>4</sub> y a *Sinophorus xanthostomus* con un rango de L<sub>2</sub> a L<sub>5</sub>. No obstante, hemos de reflejar que los ejemplares de La Mojonera de enero y febrero fueron encontrados dentro de frutos y por lo tanto no hay certeza del estadio larvario de *S. exigua* parasitado, pero debido a las observaciones realizadas en cuanto a la edad de las larvas al penetrar en los frutos, estimamos que éstas se encontraban parasitadas en L<sub>3</sub> - L<sub>4</sub>. Por otra parte hay que señalar que no se encontraron huevos parasitados en ninguno de los 10 plastones de huevos aislados.

Además de la mortalidad producida por parasitoides, en el total de larvas aisladas en la prospección se ha encontrado un nivel de mortalidad mayor. Así hemos calculado que ha existido un 12.53% de mortalidad de larvas aisladas en el laboratorio, producido por diversas causas que no han sido parasitoides, entre ellas la acción del baculovirus de la poliedrosis nuclear de *S. exigua* (VPNSe).

Aunque no se ha comprobado la causa de mortalidad de cada una de las larvas por aislamiento de posibles patógenos, se ha seguido el criterio del aspecto externo e interno de las mismas en el momento de su muerte cuando esta se produjo de forma prematura a la evolución a los estados de pupa o adulto. Aquellas en las que se sospechó la infección por el baculovirus, por presentar un aspecto exterior de color marrón a marrón oscuro, consistencia blanda y presencia de un líquido lechoso en el interior del cuerpo, fueron seleccionadas para realizar preparaciones del fluido que se observaron en el microscopio de contraste de fase, detectándose en al menos 2 poblaciones de las larvas aisladas que los ejemplares muertos presentaban poliedros del virus en dicho líquido. El resto de los individuos que no alcanzaron el estado adulto mostraron una mortalidad que atribuimos a diferentes causas, bien como consecuencia de la falta de viabilidad de los individuos que ya presentaron antes de su aislamiento por causas de inanición o deshidratación y estrés en el cambio de dieta, o bien por mortalidad natural en las condiciones de cría artificial en laboratorio. En este sentido, el valor de mortalidad de las larvas de *S. exigua* aisladas, alcanzó un valor del 8.31% que es muy similar a la mortalidad en el estado de prepupa que (8.7%) que se obtuvo en los ensayos de laboratorio a 25°C. Por lo tanto, podemos considerar que esta mortalidad no atribuible a enemigos naturales es muy posible que se deba a las propias condiciones de la cría artificial.

Dado que en la prospección en campo no se observaron larvas con los típicos síntomas de estar afectadas por baculovirus, tales como consistencia blanda y colores marrones o incluso colgadas bocabajo de las hojas sujetas por un par de falsas patas abdominales (VAUGHN, 1974), los ejemplares que se contabilizaron fueron los que mostraron síntomas en laboratorio.

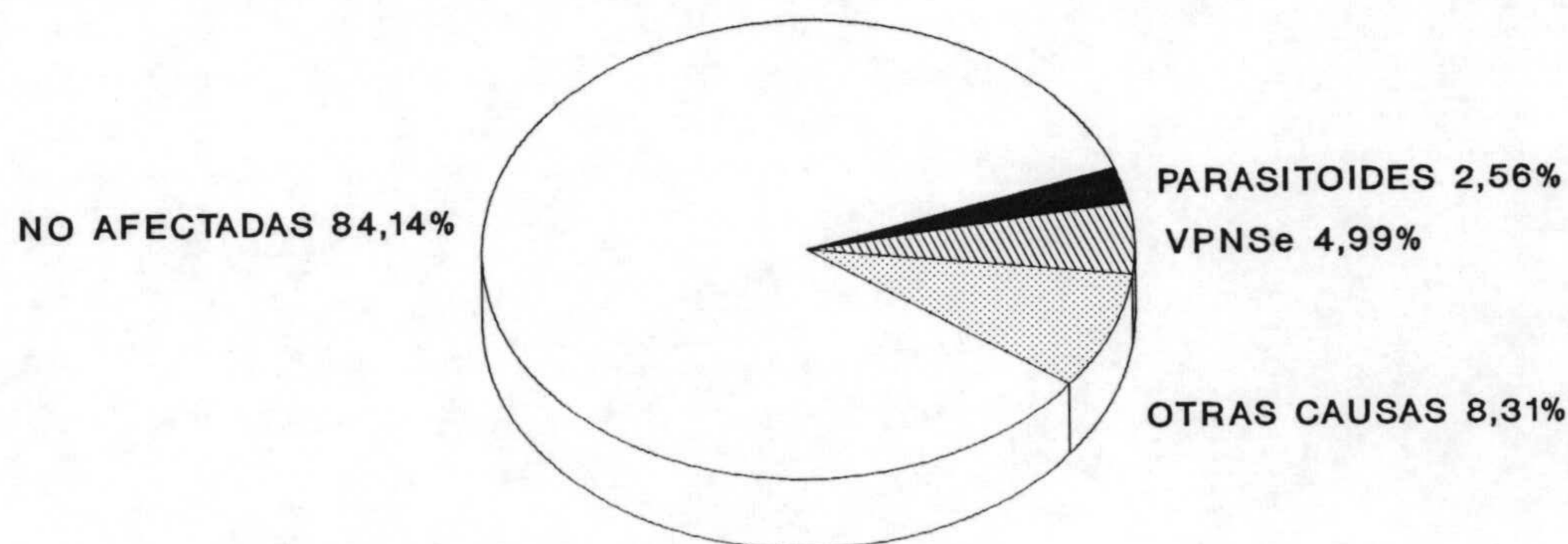
A partir de los ejemplares que se consideró que murieron por VPNSe, se calculó el valor medio de mortalidad producida por esta causa, que tomó un valor del 4.99% de larvas infectadas y muertas por el baculovirus. No hemos considerado en este trabajo la posible presencia de larvas infectadas que fueran viables para desarrollarse en pupas o adultos y por

tanto en lo relativo específicamente a la infección, los datos están subvalorados, puesto que a efectos prácticos solamente se ha considerado la tasa de mortalidad producida por el VPNSe.

El valor obtenido del 4.99% de mortalidad, se reparte en 2 poblaciones concretas, una procedente de una parcela de cultivo de pimiento en La Mojonera y otra de cultivo de melón en el Campo de Níjar (San Isidro), ambos en invernadero. En estas poblaciones, los porcentajes de infección, traducidos en mortalidad de larvas aisladas en laboratorio, ascendían a valores del 11.92% en la parcela de pimiento en La Mojonera y del 16.66% en la parcela de melón en el Campo de Níjar. Hay que señalar que en la primera de estas poblaciones, los ejemplares fueron recogidos y aislados en el mes de octubre de 1993, mientras que en la segunda, lo fueron durante el mes de mayo del mismo año. En ambos casos las muestras fueron recogidas tanto en el cultivo como en plantas adventicias (*Amaranthus* sp., *Convolvulus* sp. y *Chenopodium* sp.). Aunque no se planteó la prospección como un seguimiento de las infecciones por entomopatógenos, y por lo tanto estas muestras no recogen la evolución total de la población de *S. exigua* en el cultivo, prácticamente fueron tomadas al final del ciclo del mismo, por lo que los porcentajes de infección pueden considerarse los valores finales de la población en esos invernaderos.

Estos valores encontrados para infecciones por VPNSe contrastan con los señalados por CABALLERO *et al.* (1992a) en parcelas de cultivos de pimiento y tomate en El Ejido, una localidad muy próxima a La Mojonera, durante la primavera del año 1990. Estos autores estudiaron la evolución de la epizootia durante 6 fechas en los meses de mayo y junio, encontrando valores de infección de larvas desde el 22.5% hasta el 100% al final del cultivo. Nuestro valor es asimismo menor que el valor medio del 30.2% de larvas de *S. exigua* muertas por el VPNSe, con máximos de infección del 75 y 100% de mortalidad larvaria en distintas zonas del estado mejicano de Sinaloa que encontró ALVARADO-RODRIGUEZ, (1987). El valor que resulta de nuestra prospección, si bien mucho menor que los antes citados, pude señalar una buena potencialidad de los aislados del VPNSe que se han hallado en Almería (CABALLERO *et al.*, 1992b) como agente de control de *S. exigua* con un adecuado manejo de las epizootias o con inoculación artificial (CABALLERO, com. pers.) o bien con aplicación de estos aislados ya formulados para su aplicación en pulverización que tan buenos resultados han dado a otros autores para el control de esta plaga en los Países Bajos en invernadero (SMITS *et al.*, 1987 y 1988) y Norteamérica en cultivos de pimiento, tomate y garbanzo (KOLODNY-HIRSCH *et al.*, 1993).

En la Figura 29 se muestran los valores de mortalidad en laboratorio que se produjo sobre los ejemplares recolectados en la prospección de enemigos naturales en Almería. Los resultados nos ofrecen un valor muy bajo del control natural (7.55%) de las poblaciones de *S. exigua* en cultivos en invernadero. Este valor total es mucho menor, si lo comparamos una vez más con los porcentajes de mortalidad que ocurren en cultivos al aire libre en el sur de España (CABELLO, 1989; CABALLERO *et al.*, 1990) o en el extranjero (SCHWARTZ *et al.*, 1980; ALVARADO-RODRIGUEZ, 1983). En este último caso y como valor extremo, se encuentra la apreciación de HOGG y GUTIERREZ (1980) que estiman un valor de mortalidad natural del 98% de larvas de *S. exigua* en cultivo de algodón en California, aunque en esta estimación incluye todos los factores de mortalidad y no solo los enemigos naturales.



**Figura 29.** Porcentajes de mortalidad por diferentes causas en larvas de *S. exigua* aisladas y evolucionadas en laboratorio, procedentes de la prospección en campo de enemigos naturales.

Con los resultados obtenidos confirmamos la poca incidencia que los enemigos naturales producen en el control de las poblaciones de estados de desarrollo de *S. exigua* en invernaderos. Los bajos niveles de parasitismo pueden estar condicionados por una excesiva presión de aplicaciones de fitosanitarios sobre las diversas plagas y enfermedades de los cultivos de pimiento en invernadero (CABELLO y CAÑERO, 1993b) y por unas condiciones climáticas en los mismos que no son las más adecuadas a las especies de parasitoides. Respecto a la primera hipótesis, debemos constatar que en los invernaderos en los que se han aislado los parasitoides, se ha llevado a cabo un control químico racional de las plagas y enfermedades. En el caso del invernadero de melón en el Campo de Níjar por tratarse de una parcela en la que se realizó una experiencia de puesta a punto de control integrado y en el caso de la parcela de La Mojonera por tratarse de una parcela de la finca experimental en la que se realizaron experiencias con un número muy bajo de aplicaciones insecticidas y fungicidas.

Por su parte, la incidencia de entomopatógenos, concretada en la presencia del VPNSe, se muestra en unos niveles mayores de mortalidad de larvas de la especie plaga, aunque sin llegar a ejercer un buen control de la misma considerando el total de la población potencial en los diferentes invernaderos de la zona, si bien en casos concretos puede llegar a producir unos valores aceptables de mortalidad en algunas parcelas de cultivo. Por todo lo anterior, sugerimos, que para un incremento de la abundancia de enemigos naturales, sobre

todo en el caso de las especies de parasitoides, hay que llegar a un control más racional de las plagas y enfermedades que se traduzca en una disminución de tratamientos y una mejor elección de las materias activas a emplear buscando unos efectos colaterales más inocuos para la fauna auxiliar. En el caso del VPNSe, la elevación de su potencial como agente de control, pasa por la realización de diversos estudios para su aislamiento y posterior producción en laboratorio para aplicaciones convencionales o para manejo de las epizootias cuando estas sean detectadas, consecuciones que quedan fuera de los objetivos de este estudio.

## 6.5. DISTRIBUCIÓN DE LA ESPECIE EN CULTIVO DE PIMIENTO EN INVERNADERO

### 6.5.1. DISTRIBUCIÓN ENTRE PLANTAS

Con objeto de establecer un sistema adecuado de muestreo de las poblaciones de estados inmaduros de *S. exigua* en los cultivos de pimiento en invernadero, se diseñó un experimento para determinar la distribución en la parcela de las puestas y larvas de la especie, y analizar la eficacia de distintos tipos de muestreo a ensayar. Además, los datos de los recuentos realizados se utilizaron para intentar el ajuste a una distribución binomial negativa de los estados inmaduros de *S. exigua* evaluados. El ajuste a este tipo de distribución viene justificado por las propias observaciones en campo (BELDA, 1990b) de la distribución en las infestaciones de esta especie en los invernaderos de pimiento.

#### Análisis de los datos de distribución:

El análisis de los datos de distribución se realizó mediante análisis de varianza de parcelas divididas en el tiempo (STEEL y TORRIE, 1985) para recuentos del número de puestas y larvas en valores acumulados en los 7 muestreos. Los valores fueron transformados con  $\sqrt{x+0.5}$ .

En la Tabla 22 se muestran los resultados medios por bloques de los valores transformados del número de puestas detectadas en plantas de pimiento en el ensayo con los diferentes tipos de muestreo. Los resultados de los valores acumulados en los diferentes muestreos no muestran grandes diferencias entre los tipos de muestreo y bloques.

**Tabla 22.** Resultados medios del número de puestas acumuladas de *S. exigua* en valores transformados  $\sqrt{x+0.5}$  para los distintos tipos de muestreo

Tipo de muestreo	BLOQUES				Suma	Media
	I	II	III	IV		
M-1	5.82	4.95	5.47	4.95	21.19	5.29
M-2	4.95	5.82	6.34	4.97	22.09	5.52
M-3	4.95	6.34	6.34	5.98	23.62	5.90
Total	15.72	17.11	18.15	15.88		

En los resultados del análisis no aparecen diferencias significativas entre los distintos tratamientos, así como tampoco existen diferencias en las interacciones de fechas de muestreo con bloques o fechas de muestreo con tratamientos. Solamente aparecen diferencias con un nivel de significación de  $P < 0.05$  para el factor de fechas de muestreo.

Estas diferencias encontradas mediante este análisis son perfectamente esperadas y lógicas desde el momento que hay un incremento en el número de puestas a lo largo del

período de seguimiento de los diferentes tipos de muestreo.

La Tabla 23 muestra los valores medios transformados del número de larvas por planta de pimiento obtenidas en los diferentes tipos de muestreo para el acumulado de los diferentes recuentos.

**Tabla 23.** Resultados medios del número de larvas acumuladas de *S. exigua* en valores transformados  $\sqrt{x + 0.5}$  para los distintos tipos de muestreo

Tipo de muestreo	BLOQUES				Suma	Media
	I	II	III	IV		
M-1	6.98	16.16	12.72	9.19	45.05	11.26
M-2	6.63	10.85	17.61	11.41	46.51	11.62
M-3	10.08	26.11	16.37	13.95	66.51	16.62
Total	23.69	53.12	46.70	34.55		

Los datos ofrecen a simple vista unos valores algo mayores para el tipo de muestreo M-3 en los bloques I y II respecto a los otros dos tipos de muestreo, mientras que los demás valores presentan bastante uniformidad.

Como ocurre en el análisis realizado para puestas, en los valores de larvas solamente aparecen diferencias significativas ( $P < 0.05$ ) entre las fechas de muestreo, sin obtenerse diferencias entre las distintas modalidades de muestreo o la interacción entre éstas y fechas de muestreo o bloque y fechas de muestreo. Estos resultados confirman los obtenidos con los valores de puestas, en la lógica diferencia hallada entre fechas debida a un aumento de población durante el período de seguimiento.

Con los datos obtenidos en los muestreos de campo y los resultados de los análisis realizados, podemos suponer que las formas de muestreo elegidas no influyen en la estima de población del número de puestas o larvas de *S. exigua* en cultivo de pimiento en invernadero. Siendo así, la elección de uno u otro va a depender de la facilidad o economía que se estime para el tiempo empleado en llegar a la localización de las plantas a muestrear. En este sentido, la elección de los tipos de muestreo que localizan el mayor número de plantas juntas, conllevan un menor tiempo para el desplazamiento a otros grupos de plantas. Por el sistema de cultivo y entutorado, este sistema permite el recuento de todas las plantas entrando en una sola fila y por lo tanto representa un ahorro de tiempo. Además, para el muestreo sistemático, para filas de plantas de excesiva longitud, el desplazamiento si supone una incremento en el tiempo empleado.

Estos resultados que se obtienen en este ensayo coinciden plenamente con los resultados de BYERLY *et al.* (1978) para muestreo de artrópodos en algodón. En este trabajo, que inspiró nuestra metodología, no aparecen diferencias entre los 3 tipos de muestreo para poblaciones de distintas especies de artrópodos, excepto para el caso de *Geocoris* sp., en sus estados inmaduros, que éste método de muestreo con 6 plantas separadas

en la misma fila, detecta significativamente mejor. El resto de artrópodos en sus diferentes estados, son estimados sin diferencias por los métodos de muestreo de tres plantas juntas en dos filas adyacentes (M-1 en nuestro ensayo), 2 grupos de 3 plantas juntas en la misma fila (3 plantas juntas en 2 filas en M-2 de nuestro ensayo) ó 6 plantas separadas en la misma fila (M-3), aunque éste último, como en nuestro caso para población de larvas de *S. exigua*, proporciona ligeramente mayores estimas de población.

#### **Ajuste de la distribución de puestas y larvas a una binomial negativa:**

Los datos del número medio de plastones y larvas por planta se utilizaron para el ajuste a una distribución binomial negativa utilizando el procedimiento desarrollado por el programa de ordenador realizado para tal efecto por CABELLO *et al.* (1992). Este programa utiliza las ecuaciones de ajuste recogidas por JOHNSON y KOTZ (1969), PIELOU (1977), SOUTHWOOD (1978) y KREBS (1989) con cálculos de K por cuatro métodos: Método 1 por primera aproximación, método 2 con cálculo de K por el segundo momento, método 3 de máxima verosimilitud por el tercer momento y cálculo de K para muestras de  $n < 20$ , media  $> 10$  y frecuencia de ceros mayor de 1/3 del total.

Para los cálculos, el programa utiliza la distribución de frecuencias de las variables consideradas a lo largo de los distintos muestreos realizados. En nuestro ensayo se consideraron por separado los distintos estados de desarrollo utilizando los datos de puestas y larvas, con lo cual se realiza el ajuste para la frecuencia del número de plastones por planta en los 7 muestreos y la frecuencia del número de larvas por planta para los 7 muestreos.

En la Tabla 24 se muestran los resultados del ajuste para la distribución de frecuencias de plastones de huevos por planta, mientras que en la Tabla 25 se muestran los resultados para el total de larvas de los distintos estadíos.

En todos los muestreos para puestas y larvas solamente aparecen dos fechas para larvas (muestreos del 6/11 y 21/11) en los que hay un ajuste significativo ( $P = 0.05$ ) de K por el segundo momento (varianza) para la distribución de larvas. Para el cómputo general de todos los muestreos, los resultados indican que no se puede ajustar la distribución de plastones de huevos o larvas a una distribución binomial negativa. Estos resultados pueden ser originados por un número bajo de muestreos (3 con presencia de puestas y 7 con presencia de larvas). No obstante, los valores de K calculados por los métodos 1 y 4 en aquellas fechas en las que ha podido realizarse la estimación, son para puestas  $> 1$  en 2 casos y negativo en el muestreo del 21/11. Para larvas, los valores de K en los muestreos 1 a 5 y 7 son menores de 1, solamente superado con  $K = 1.130$  en el muestreo del 6/11.

Al no ajustarse los datos a una distribución binomial negativa, no podemos utilizar los valores de K como un índice de dispersión (SOUTHWOOD, 1978). A pesar de ello, los valores de media y varianza ofrecen cierta información sobre el tipo de distribución. En todos los casos para larvas y en 2 para puestas (30/10 y 6/11) los valores de la varianza son superiores a la media muestral y por tanto la relación  $s^2/m$  es mayor que uno, lo que apunta una tendencia a una distribución agregativa, contagiosa o agrupada, como por otra parte es lo más común en las poblaciones de artrópodos (GARCÍA-MARÍ, 1992).

**Tabla 24.** Resultados del ajuste a distribución binomial negativa de los datos del número de plastones de huevos de *S. exigua* por planta en cada fecha de muestreo. Valores de número de muestras, media, varianza y estadísticos de comprobación.

Valores	Fechas						
	3/10	11/10	16/10	23/10	30/10	6/11	21/11
N	12	12	12	12	12	12	12
Media	0	0	0	0	0.583	0.500	0.250
$\sigma^2_{n-1}$	-	-	-	-	0.811	0.636	0.205
K(1)	-	-	-	-	1.497	1.833	-1.375
K(2)	-	-	-	-	-	-	-
U	-	-	-	-	-	-	-
S.D.U.	-	-	-	-	-	-	-
K(3)	-	-	-	-	-	-	-
T	-	-	-	-	-	-	-
S.D.T.	-	-	-	-	-	-	-
K(4)	-	-	-	-	1.200	1.444	-1.000

**Tabla 25.** Resultados del ajuste a distribución binomial negativa de los datos del número de larvas de *S. exigua* por planta en cada fecha de muestreo. Valores de número de muestras, media, varianza y estadísticos de comprobación.

Valores	Fechas						
	3/10	11/10	16/10	23/10	30/10	6/11	21/11
N	12	12	12	12	12	12	12
Media	1.833	0.333	1.583	0.833	0.583	14.417	28.917
$\sigma^2_{n-1}$	40.333	1.333	23.720	2.152	2.265	198.265	576.813
K(1)	0.087	0.111	0.133	0.527	0.202	1.130	0.920
K(2)	-	-	-	-	-	0.539 <sup>(*)</sup>	0.250 <sup>(*)</sup>
U	-	-	-	-	-	-201.55	-265.238
S.D.U.	-	-	-	-	-	283.49	477.438
K(3)	-	-	-	-	-	-	-
T	-	-	-	-	-	-	-
S.D.T.	-	-	-	-	-	-	-
K(4)	-	-	0.024	0.391	0.090	-	-

 (\*) Ajuste significativo a  $P = 0.05$



### Índices de agregación:

En el estudio de poblaciones de artrópodos plaga adquiere gran interés el conocimiento de la tendencia a la agregación o repulsión de sus diferentes estados, como base para el mejor conocimiento de la distribución de las mismas y sus implicaciones en los diseños muestrales (GARCÍA-MARÍ, 1992).

La tendencia a la agregación o dispersión puede inferirse a partir de los índices expresados en la ley potencial de Taylor al establecer una relación entre la varianza de la muestra y la media muestral en la forma:

$$s^2 = a \cdot m^{-b} \quad (1)$$

donde  $a$  y  $b$  son los índices de agrupamiento, siendo  $b$  muy característico para cada especie como índice de agregación, mientras que  $a$  presenta más dependencia de la unidad de muestreo (GARCÍA-MARÍ y COSTA-COMELLES, 1992).

En nuestro trabajo, para los cálculos de los índices de agregación de *S. exigua* en su distribución en cultivo de pimiento en invernadero, se han utilizado los índices de IWAO (1968) que son de uso común con los de Taylor en los trabajos de distribución de artrópodos plaga (GARCÍA-MARÍ y COSTA-COMELLES, 1992; MICO *et al.*, 1992; BELDA *et al.*, 1992). Estos índices  $\alpha$  y  $\beta$  son obtenidos de la relación lineal que existe entre el índice de hacinamiento medio de LLOYD,  $m^*$ , definido por la expresión:

$$m^* = m + \sigma^2 / m - 1 \quad (2)$$

y la media poblacional o media de agrupamiento en la relación establecida por IWAO (1968) mediante la ecuación:

$$m^* = \alpha + \beta m \quad (3)$$

Con estas ecuaciones, utilizando los datos de media muestral y el índice de dispersión de Morisita (SOUTHWOOD, 1978) calculado a partir de la expresión:

$$Id = n \left[ \frac{\sum x^2 - \sum x}{(\sum x)^2 - \sum x} \right] \quad (4)$$

$$m^* = (Id)(\bar{x}) \quad (5)$$

obtenemos el índice de agrupamiento  $m^*$  de la ecuación (5) a partir de los datos muestrales, permitiendo así calcular mediante regresión lineal los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  de la ecuación (3) de IWAO.

Los valores utilizados para el cálculo de los índices de agregación en la ecuación de IWAO para los estados de huevo (en puestas) y larvas de *S. exigua*, se muestran en la Tabla 26. En ella se ha calculado el índice de Morisita ( $I_d$ ) y la media de agrupamiento ( $m^*$ ) a partir de la anterior.

**Tabla 26.** Valores de los distintos parámetros utilizados en las ecuaciones para el cálculo del estado de agregación de puestas y larvas de *S. exigua* por el método de IWAO.

Estado de desarrollo	Fecha Muestreo	Parámetros					
		n	$\Sigma x$	$\Sigma x^2$	$I_d$	$m^*$	$m(\bar{x})$
Puestas	30/10	12	7	13	1.714	0.999	0.583
	6/11	12	6	10	1.600	0.800	0.502
	21/11	12	3	3	0	0	0.250
Larvas	13/10	12	22	484	12	22.000	1.833
	11/10	12	4	16	12	4.000	0.333
	16/10	12	19	291	9.543	15.108	1.583
	23/10	12	10	32	2.933	2.443	0.833
	30/10	12	7	29	6.286	3.665	0.583
	6/11	12	173	4675	1.816	26.175	14.417
	21/11	12	347	19745	1.939	56.060	28.917

La regresión de  $m^*$  y  $m(\bar{x})$  ofreció para nuestros datos los valores para los índices  $\alpha$  y  $\beta$  que se muestran en la Tabla 27.

**Tabla 27.** Índices de agregación para huevos (puestas) y larvas de *S. exigua* en cultivo de pimiento en invernadero, para plantas como unidad básica, calculados a partir del método de regresión de IWAO.

Estado	Nº de muestras	Índices de IWAO			$r^2$	Significación
		$\alpha$	$(\alpha + 1)$	$\beta$		
Huevo (puestas)	36	-0.754	0.246	3.042	0.9979	$P < 0.05$
Larvas	84	7.143	8.143	1.638	0.8795	$P < 0.05$

El índice de contagio básico,  $\alpha$ , nos muestra un valor negativo (-0.754) en puestas y bastante elevado con signo positivo ( $\alpha = 7.143$ ) para larvas, con valores de  $r^2$  altos y una significación de la regresión de  $P < 0.05$  en ambos casos. Este índice, que es característico para las distintas especies, nos muestra la tendencia a la agregación o repulsión (GARCÍA-MARÍ y COSTA-COMELLES, 1992). Con el valor negativo que adquiere en nuestros

cálculos para puestas, nos indica una tendencia a la repulsión de las mismas, mientras que para larvas se puede interpretar como una tendencia de éstas a la agregación.

El coeficiente  $\beta$ , estima el nivel de agregación de la unidad básica, que en nuestro caso serían larvas entre plantas, tomada ésta como unidad de muestreo. Para puestas,  $\beta$  toma un valor mayor que uno, lo que indicaría una distribución al azar de la puesta, alcanzando un valor de  $\beta = 3.042$ , lo que se interpreta como una tendencia a la agregación en las unidades básicas (plantas). Para larvas este índice toma un valor de 1.638, bastante menor que el anterior, lo que muestra una tendencia ligera a la agregación en la unidad básica aunque menor que en las puestas.

Según estos resultados, la distribución de las puestas o plastones de huevos de *S. exigua* en pimiento en invernadero, tiene una tendencia a la repulsión, es decir, no localizar más de una puesta por planta. De hecho, en la observación de los datos de campo las puestas tienden a distribuirse en número de una por planta muestreada. Esto parece lógico desde el punto de vista adaptativo, por el hecho de que las hembras al realizar las puestas aseguran un substrato alimenticio abundante a su descendencia al no realizar más de una puesta por planta y por tanto no permitir una sobreexplotación por la descendencia. Por otra parte, el índice  $\beta$  para puestas, con un alto grado de agregación en la unidad básica, sugiere que las hembras no recorren mucha distancia dentro del cultivo para realizar la oviposición, eligiendo para ello plantas vecinas. Este comportamiento coincide con las observaciones realizadas en las infestaciones de cultivo de pimiento que inicialmente se producen por focos (BELDA, 1990b).

Las larvas, por el contrario, en base a los índices calculados, se distribuyen en la planta de forma agregada con un elevado valor del índice de contagio básico ( $\alpha = 7.143$ ) que justifica la tendencia a encontrar varias larvas por planta. Sin embargo, la distribución de las plantas con larvas, expresada por el índice de agregación de la unidad básica,  $\beta$ , con un valor de 1.143 sugiere una tendencia a distribuirse algo aleatoriamente.

El valor elevado de índice  $\alpha$  de contagio básico representando un alto grado de agregación de larvas en las plantas es perfectamente asumible por el origen de las mismas a partir de puestas de un número elevado de huevos. El índice  $\beta$  para larvas que ofrece una distribución que se acerca a la distribución al azar de las mismas, tiene su origen en la tendencia a la dispersión de larvas en los estadios  $L_3$  a  $L_5$  invadiendo plantas vecinas, y por la procedencia de las larvas de varias puestas realizadas en distintas plantas.

### 6.5.2 DISTRIBUCIÓN DENTRO DE LA PLANTA

Los datos de los muestreos realizados para los análisis de distribución de la especie entre plantas en cultivo de pimiento se utilizaron para el estudio de la distribución de los estadios larvarios dentro de la planta. Esto pudo realizarse ya que se diferenciaron los distintos estadios larvarios y su localización dentro de las plantas en los diferentes órganos

y partes de los mismos. Así, se hizo la diferenciación en la localización de larvas en hojas, flores y frutos, y dentro de las primeras, entre aquellas que se localizadas en el tallo principal (hasta la cruz), hojas del dosel y hojas del resto de la planta.

Los resultados, en porcentajes de presencia de cada uno de los estadios larvarios en cada órgano y parte de la planta se muestran mediante sus valores en los 7 muestreos en la Tabla 28.

**Tabla 28.** Valores medios de la distribución de los porcentajes de ocupación de los distintos estadios larvarios de *S. exigua* en los distintos órganos y partes de la planta de pimiento en invernadero.

Estadio	N	Órganos y partes de la planta					
		HOJAS			TOTAL	FLORES	FRUTOS
		T. principal	Dosel	Resto			
L <sub>1</sub>	51	0.00	10.56	2.21	12.77	45.26	41.97
L <sub>2</sub>	53	0.00	13.66	1.02	14.68	43.60	41.72
L <sub>3</sub>	25	0.67	27.80	5.96	34.42	24.97	40.60
L <sub>4</sub>	13	0.00	54.70	18.08	72.78	1.92	25.30
L <sub>5</sub>	10	10.00	80.00	0.00	90.00	0.00	10.00
Total	152	0.77	22.82	3.62	27.21	34.66	38.13

En los valores de porcentaje de presencia en cuanto a órganos vegetales, puede apreciarse una tendencia de las larvas de los primeros estadios a ocupar preferentemente flores (L<sub>1</sub> y L<sub>2</sub>) y frutos (L<sub>1</sub> a L<sub>3</sub>) frente a las larvas mayores, L<sub>4</sub> y L<sub>5</sub> que se ubican preferentemente en hojas y algo en frutos, pasando prácticamente desapercibidas en flores. En este caso aparece un aumento del porcentaje de ocupación de las hojas en relación con la edad de la larva, ascendiendo desde un 12.77% de L<sub>1</sub> en hojas hasta un 72.78% para L<sub>5</sub>.

En cuanto a los valores porcentuales de distribución en hojas para las distintas partes establecidas en la planta de pimiento, aparecen unos niveles muy bajos de presencia en las hojas bajas del tallo principal, apareciendo la mayor proporción en el dosel de hojas, prácticamente ocupado por el tercio superior de la planta. Haciendo distinciones entre estadios, son las larvas L<sub>5</sub> las que con un valor del 80% se encuentran en hojas del dosel, seguidas de L<sub>4</sub> y L<sub>3</sub> con proporciones menores pero ya encontrándose de forma apreciable en el resto de las hojas.

Puesto que en este ensayo de distribución también se realizaron distinciones entre la edad o tamaño de los órganos vegetales ocupados por las larvas de *S. exigua*, los resultados del número total de larvas en cada órgano y parte de la planta según su estado o tamaño se muestran en la Tabla 29.

**Tabla 29.** Distribución de larvas de *S. exigua* en porcentajes de ocupación en los distintos órganos y partes de la planta de pimiento considerando el estado de madurez o tamaño de los órganos vegetales.

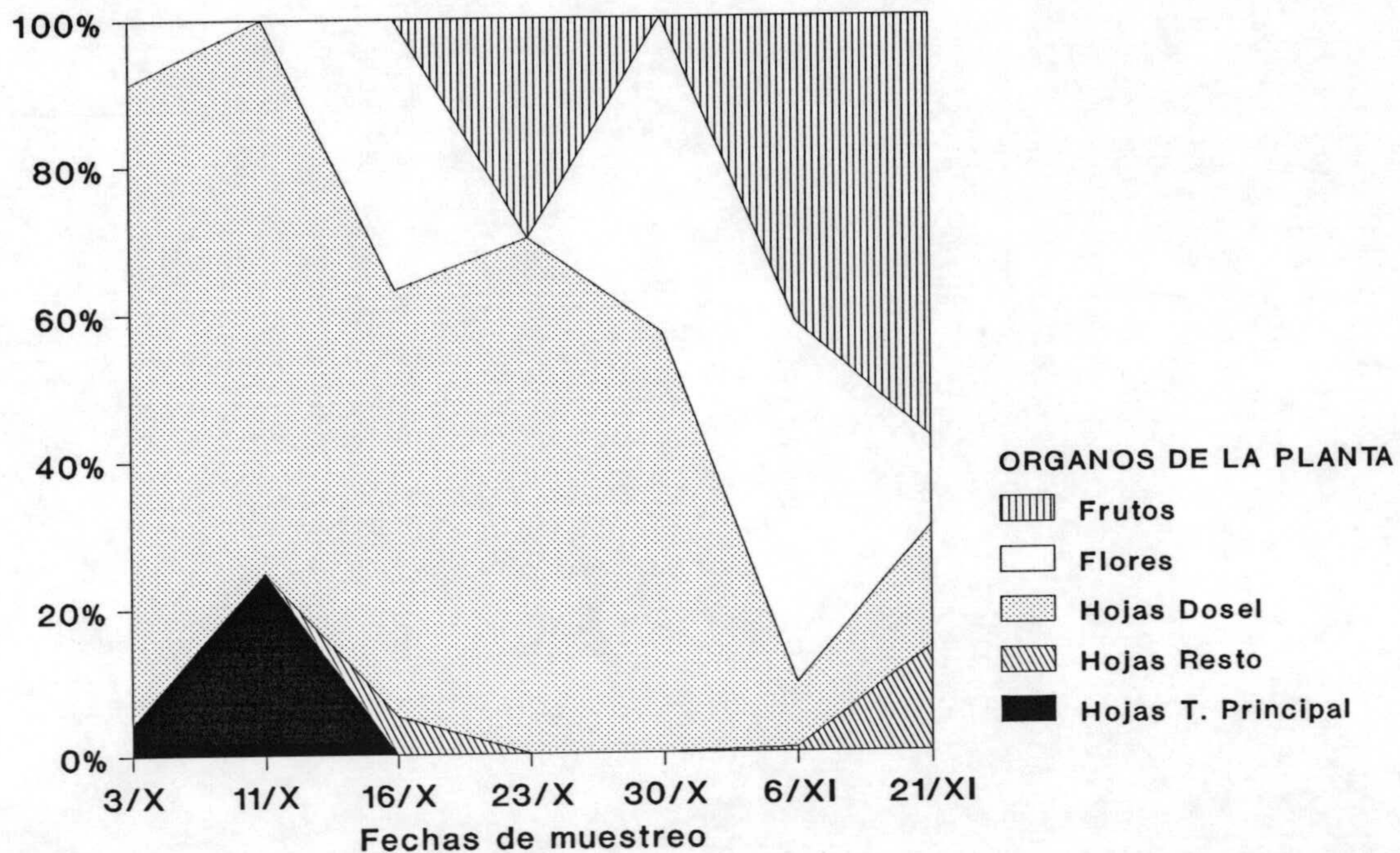
Estado o tamaño	Órganos y partes de la planta					
	HOJAS				FLORES	FRUTOS
	T. principal	Dosel	Resto	TOTAL		
Joven / pequeño	50.00	63.55	9.03	40.86	45.74	74.51
Viejo / grande	50.00	36.45	90.97	59.14	54.26	25.49

En los porcentajes distribuidos según el estado de madurez o tamaño de los órganos vegetales, destacan dos hechos: por una parte un porcentaje de presencia de larvas en los frutos pequeños respecto a los grandes y por otra, un gran porcentaje de ocupación de las hojas viejas del resto de la planta en contraposición a las hojas del tallo principal o dosel. Este resultado está basado en el menor número de hojas jóvenes en esta parte en la planta de pimiento adulta.

La distribución de los estadios larvarios en su conjunto sobre los distintos órganos y partes del vegetal se muestra en la Figura 30 para los distintos muestreos realizados en cultivos de pimiento en invernadero. En ella se representa el porcentaje de ocupación de los distintos órganos de la planta y localizaciones consideradas para hojas a lo largo del período de seguimiento para el total de larvas de L<sub>1</sub> a L<sub>5</sub>. En la misma se observa una ocupación predominante de las hojas del dosel en los primeros muestreos, hasta el 6/11, fecha en la cual predominan las larvas sobre flores y frutos. La ocupación del tallo principal muestra ciertos valores en el primer muestreo el 3/10 y el segundo, el 11/10 con algo más del 20%. En el resto del período no aparece población sobre el tallo principal. Las hojas del resto de la planta aportan en general unos porcentajes muy bajos de ocupación, siendo más patentes en el último muestreo el 21/11.

Con los datos totales de distribución de los diferentes estadios larvarios, en las distintas partes y órganos de la planta y el estado de madurez o tamaño de los mismos, observamos que un gran porcentaje de la población puede detectarse solamente muestreando en las hojas del dosel, flores y frutos pequeños con lo que se puede localizar el 86.27% de la población de larvas de *S. exigua* en plantas de pimiento. Resulta además, que estos órganos están localizados en su mayor proporción en la parte más alta de la planta, con lo que el muestreo de estas estructuras resulta más económico en cuanto al tiempo dedicado al recuento de larvas.

En cuanto a la distribución temporal, se aprecia que excepto para el período final del seguimiento, con un gran porcentaje de ocupación en flores y frutos, el resto del período muestra una gran tasa de ocupación en las hojas del dosel. Estos resultados de la distribución temporal nos indican una tendencia a invadir flores y frutos desde el momento que existen órganos florales y las larvas ya se han desplazado desde las hojas del dosel y tallo principal al resto de estructuras vegetales y localizaciones de los mismos.



**Figura 30.** Evolución de los porcentajes de distribución de los estadios larvarios de *S. exigua* en las distintas partes y órganos de la planta de pimiento, entre las fechas de inicio y final del seguimiento.

#### Análisis de la distribución dentro de la planta:

Los resultados anteriores de distribución dentro de la planta, aparte de su valor para interpretación directa, han sido utilizados para intentar establecer de forma estadística cuales son los estadios larvarios o los órganos y partes de la planta que mejor caracterizan la distribución de *S. exigua* en las plantas de pimiento en invernadero. Para ello se ha utilizado el análisis discriminante por pasos BMDP-7M (JENNRICH y SAMPSON, 1990) como una herramienta para encontrar los subgrupos de variables que hacen mayores las diferencias entre los grupos. La forma en que el programa realiza esta tarea es buscando una combinación lineal de las variables por medio del cálculo de las funciones discriminantes que mejor caracterizan las diferencias entre los grupos. Este procedimiento es usado además como un test multivariante para las diferencias entre grupos en función de los estadísticos U (Wilks'  $\lambda$ ) y la aproximación a F.

El análisis discriminante adquiere gran interés en trabajos en los que se pretende establecer diferencias entre grupos en base a los valores de las variables consideradas, y cómo éstas "entran" en importancia en la separación de los grupos además de ofrecer la posibilidad de clasificar nuevos casos de grupos desconocidos según las funciones de clasificación calculadas. Este aspecto tiene gran interés en estudios biológicos como pueden ser estudios faunísticos o taxonómicos (BELDA, 1985).

Para el análisis de los datos de nuestro ensayo, las variables introducidas fueron:

- Número larvas de los distintos estadíos ( $L_1$  a  $L_5$ ) como grupos a discriminar.
- Partes de la planta como variables discriminantes.

En la Tabla 30 se muestran los valores medios del número de larvas de *S. exigua* en sus diferentes estadíos en cada una de las localizaciones de la planta de pimiento consideradas para el total de muestreos realizados.

**Tabla 30.** Valores medios del número de larvas de los distintos estadíos en cada una de las variables de localización en la planta.

VARIABLE	Grupos (Estadíos larvarios)				
	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$	$L_5$
Hojas del tallo principal	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.1000
Hojas del dosel	0.2941	0.8302	0.9200	1.0000	0.8000
Hojas del resto	0.0392	0.0943	0.8400	0.8461	0.0000
Flores	1.8431	1.6037	1.1200	0.0769	0.0000
Frutos	1.5686	1.7547	1.2800	1.3077	0.1000
CASOS	51	53	25	13	10

Después de calcular las desviaciones típicas y los coeficientes de variación para cada variable y grupo, el orden de entrada de las variables que mejor discriminan los grupos en este análisis se muestra en resumen, con los estadísticos F para introducir o eliminar las variables en los pasos de entrada del análisis, estadístico-U y aproximación de F, se muestran en la Tabla 31. En ella se puede observar que las variables que mejor discriminan la distribución de larvas en función de su orden de entrada son, las hojas del resto de la planta, flores, y hojas del tallo principal.

**Tabla 31.** Tabla resumen del orden de entrada de las variables para el análisis discriminante.

Paso	Variable introducida	Valor de F	Variables incluidas	Estadístico-U	Estadístico-F aproximado	Grados de libertad
1	Hojas del resto	2.928	1	0.9262	2.928	4 147.0
2	Flores	2.404	2	0.8690	2.656	8 292.0
3	Hojas tallo principal	2.227	3	0.8187	2.513	12 383.9

La combinación de las variables predictivas traducida en las funciones de clasificación para cada grupo se muestra en la Tabla 32. Las funciones de clasificación pueden ser utilizadas para la clasificación de los casos dentro de cada grupo.

**Tabla 32.** Funciones de clasificación para variables y grupos en el análisis discriminante.

VARIABLE	Grupos				
	L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>5</sub>
Hojas del tallo principal	-0.02934	-0.00655	3.40639	0.26500	7.91732
Hojas del resto	-0.09761	-0.04231	0.53095	0.59364	0.03152
Flores	0.22841	0.19466	0.08238	-0.04791	-0.00226
CONSTANTE	-1.81802	-1.76353	-1.94670	-1.85875	-2.00530

Mediante estas funciones de clasificación se confeccionó la matriz de clasificación de casos que se muestra en la Tabla 33.

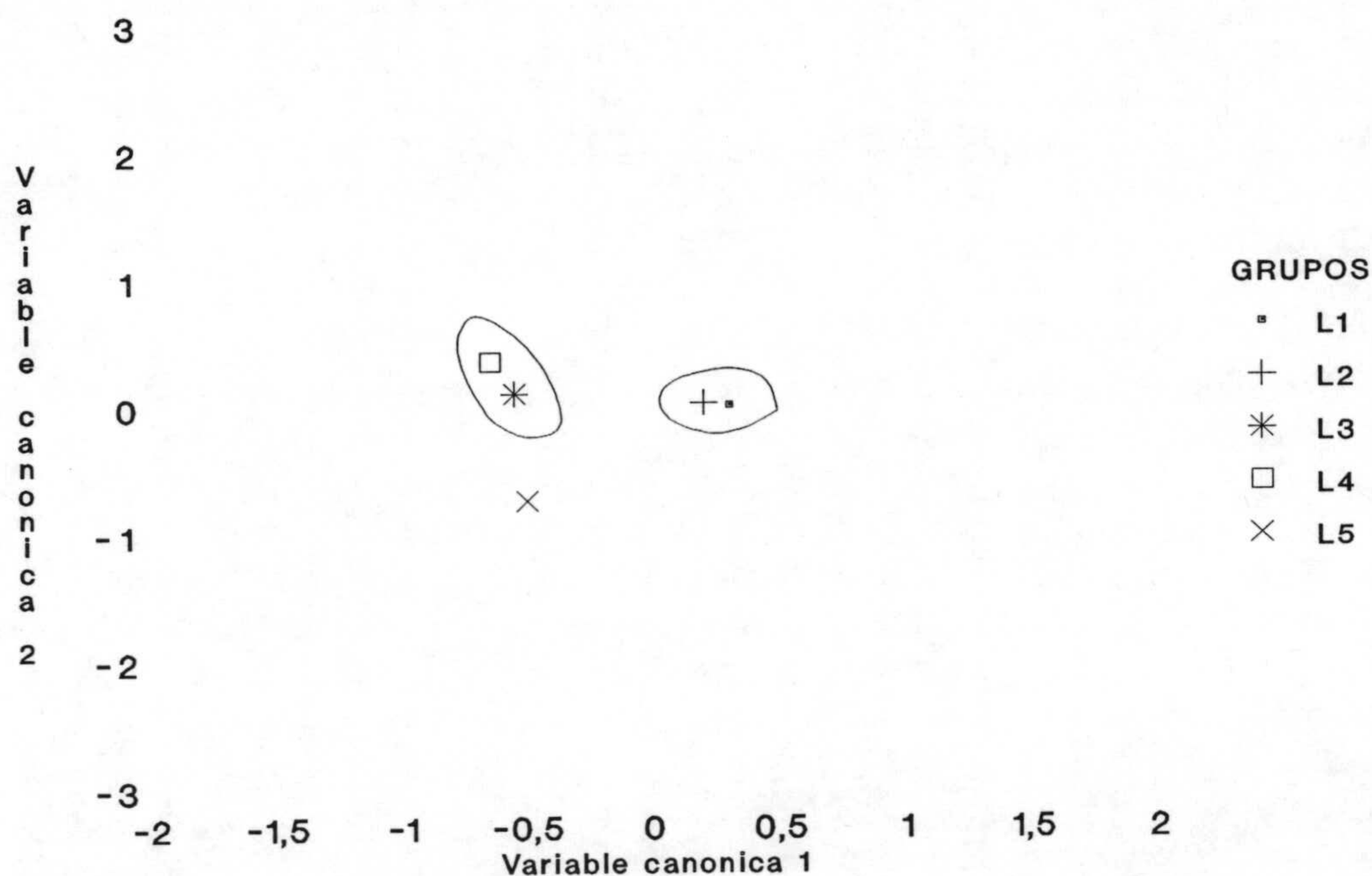
**Tabla 33.** Matriz de clasificación de los casos y porcentajes dentro de cada grupo.

Grupo	Porcentaje correcto	Numero de casos clasificados dentro de cada grupo				
		L <sub>1</sub>	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	L <sub>4</sub>	L <sub>5</sub>
L <sub>1</sub>	21.6	11	38	1	1	0
L <sub>2</sub>	66.0	16	35	1	1	0
L <sub>3</sub>	8.0	4	17	2	1	1
L <sub>4</sub>	30.8	0	9	0	4	0
L <sub>5</sub>	10.0	0	9	0	0	1
TOTAL	34.9	31	108	4	7	2

En la tabla anterior pueden observarse unos porcentajes de clasificación correcta generalmente bajos, excepto para larvas L<sub>2</sub> que alcanzan un 66.0% de casos clasificados en su grupo en función a las variables. El caso extremo lo representa las larvas L<sub>3</sub> con solo un 8% de clasificación correcta.

Por último el análisis discriminante proporciona una representación gráfica de los valores medios de cada grupo considerado (en nuestro caso larvas L<sub>1</sub> a L<sub>5</sub>) en función de dos variables (canónicas) establecidas como resultado de la correlación entre las variables que entran en el análisis discriminante y las variables simuladas que representan los grupos. La representación de los puntos correspondientes a los diferentes grupos se muestran en la





**Figura 31.** Representación gráfica de la posición de los grupos, determinados por sus centroides, que representan a los diferentes estadios larvarios de *S. exigua*, en función de las variables canónicas utilizadas en el análisis discriminante.

Figura 31. Esta gráfica representa la similitud o cercanía de los valores medios de los grupos calculados según las variables que han entrado en el análisis discriminante.

Según la Figura 31 de los valores medios de cada grupo (centroides) a partir de los cálculos realizados con las variables introducidas en el análisis discriminante, se aprecia una gran proximidad entre la posición de los valores de los grupos 1 y 2 que corresponden a larvas  $L_1$  y  $L_2$  así como otro subgrupo que establece una proximidad grande entre larvas  $L_3$  y  $L_4$ . Por último, la localización de las larvas de quinto estadio  $L_5$  queda aislada y separada de los dos subgrupos anteriores.

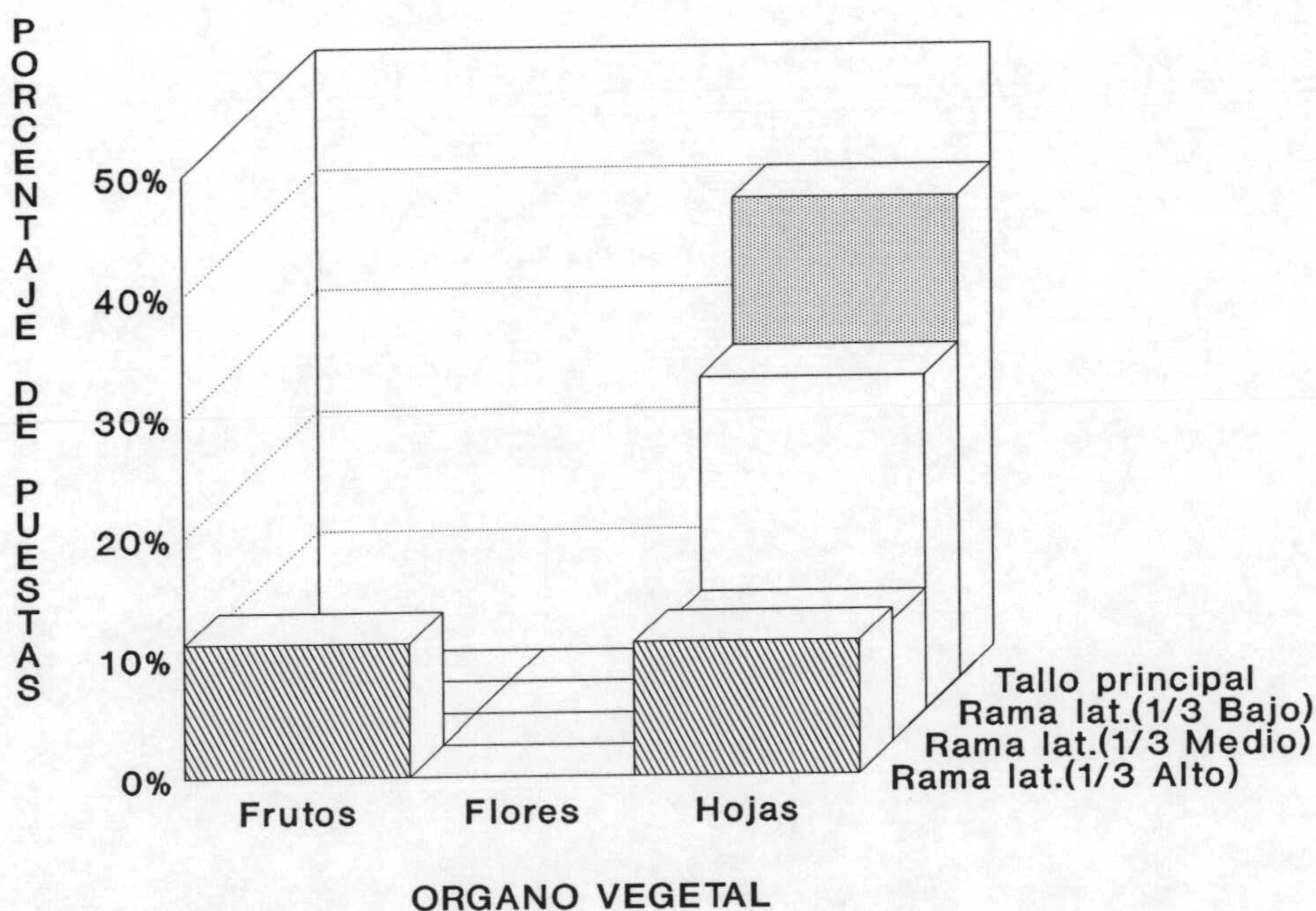
Esta representación guarda la relación que existe entre la edad de las larvas mostrada en los distintos grupos, y las similitudes entre las mismas estimadas mediante el análisis.

**Ensayo complementario de distribución de puestas y larvas dentro de la planta:**

Con objeto de completar y definir más fiablemente la distribución de larvas de *S. exigua* dentro de la planta, utilizando un mayor número de individuos y muestras y la inclusión del estado de huevo en la estimación de puestas así como una mayor delimitación de los órganos y partes en los que se diferenció la planta de pimiento, se realizó el ensayo complementario para distribución de la especie dentro de la planta pero ya eligiendo plantas con un grado de infestación elevado.

Para este ensayo de distribución se realizó la separación entre órganos vegetales y entre partes de la planta, distinguiendo entre las distintas ramas de la planta de pimiento, y dentro de ellas divisiones en 3 partes; 1/3 bajo, 1/3 medio y 1/3 alto. Esta división espacial de la planta puede verse en la figura esquemática de la planta de pimiento en la página 49.

En la Figura 32 se recoge la distribución de puestas de *S. exigua* según su localización en la planta y órganos de la misma. Se puede observar que dentro de la planta las puestas se localizaron en la partes bajas de la misma: tallo principal (40.0%) y tercio bajo de las ramas laterales (27.8%), significativamente ( $\chi^2=105.44$ , g.l. = 3,  $P < 0.01$ ). En relación a los órganos de la planta, las hojas fueron los órganos más preferidos por las hembras para la oviposición (88.9% de las puestas encontradas), más que los frutos (11.1%). Los datos

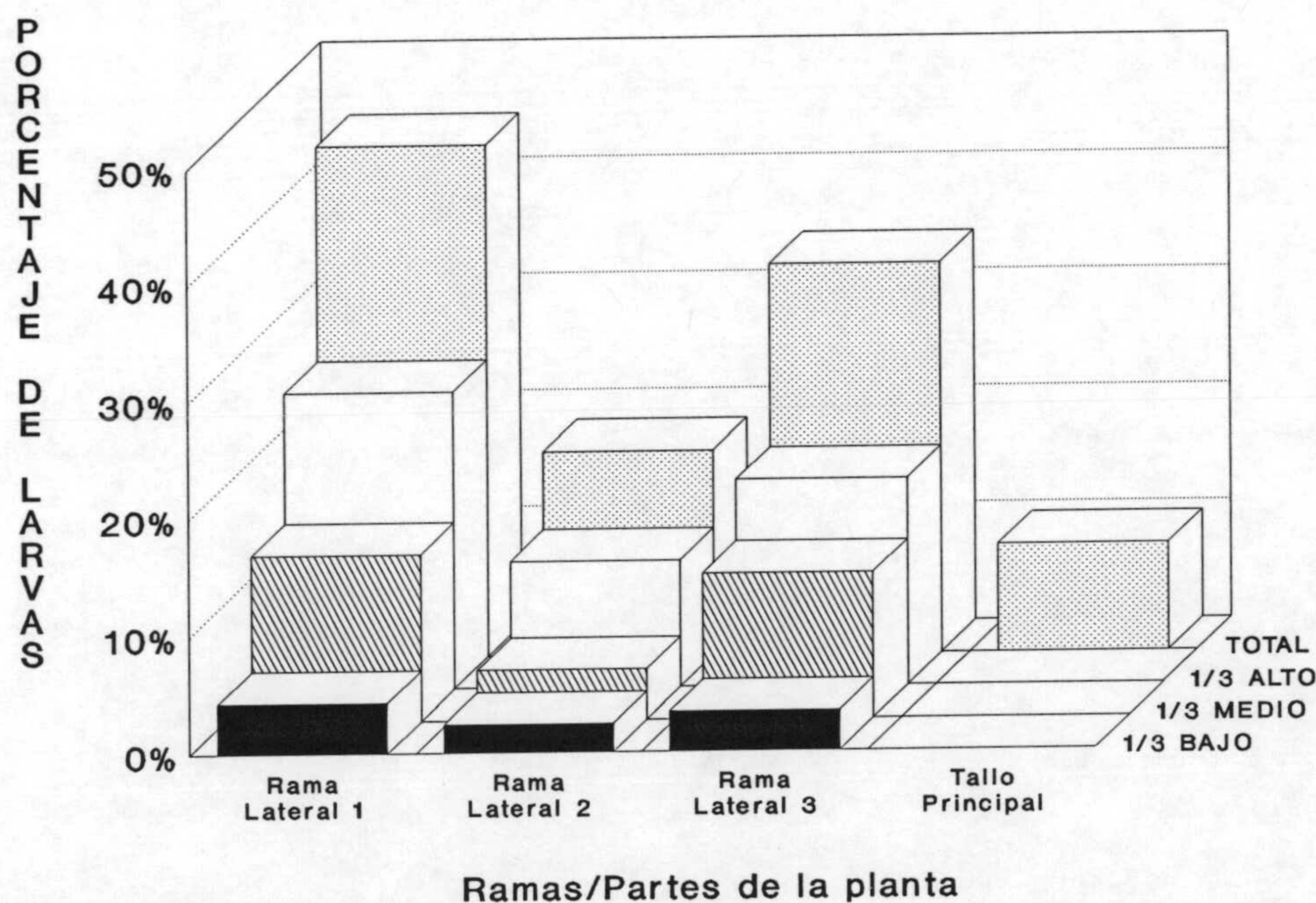


**Figura 32.** Distribución de los porcentajes de puestas de *S. exigua* en la planta de pimiento en invernadero, según altura y órgano vegetal.

encontrados coinciden con los de SMITS *et al.* (1986), que para esta misma especie plaga, en cultivo de crisantemo, tomate, gerbera y geranio en invernadero, encontraron que la puesta se realizó sobre las hojas de la parte baja de las plantas. Igual comportamiento ha sido encontrado para *S. frugiperda* en algodónero (ALI *et al.*, 1989).

Por último, en relación a los resultados encontrados para las puestas, se deben indicar que las situadas en hojas estaban sobre el envés, y pocas sobre el haz, en este caso, las hojas estaban dobladas, quedando hacia el suelo el haz.

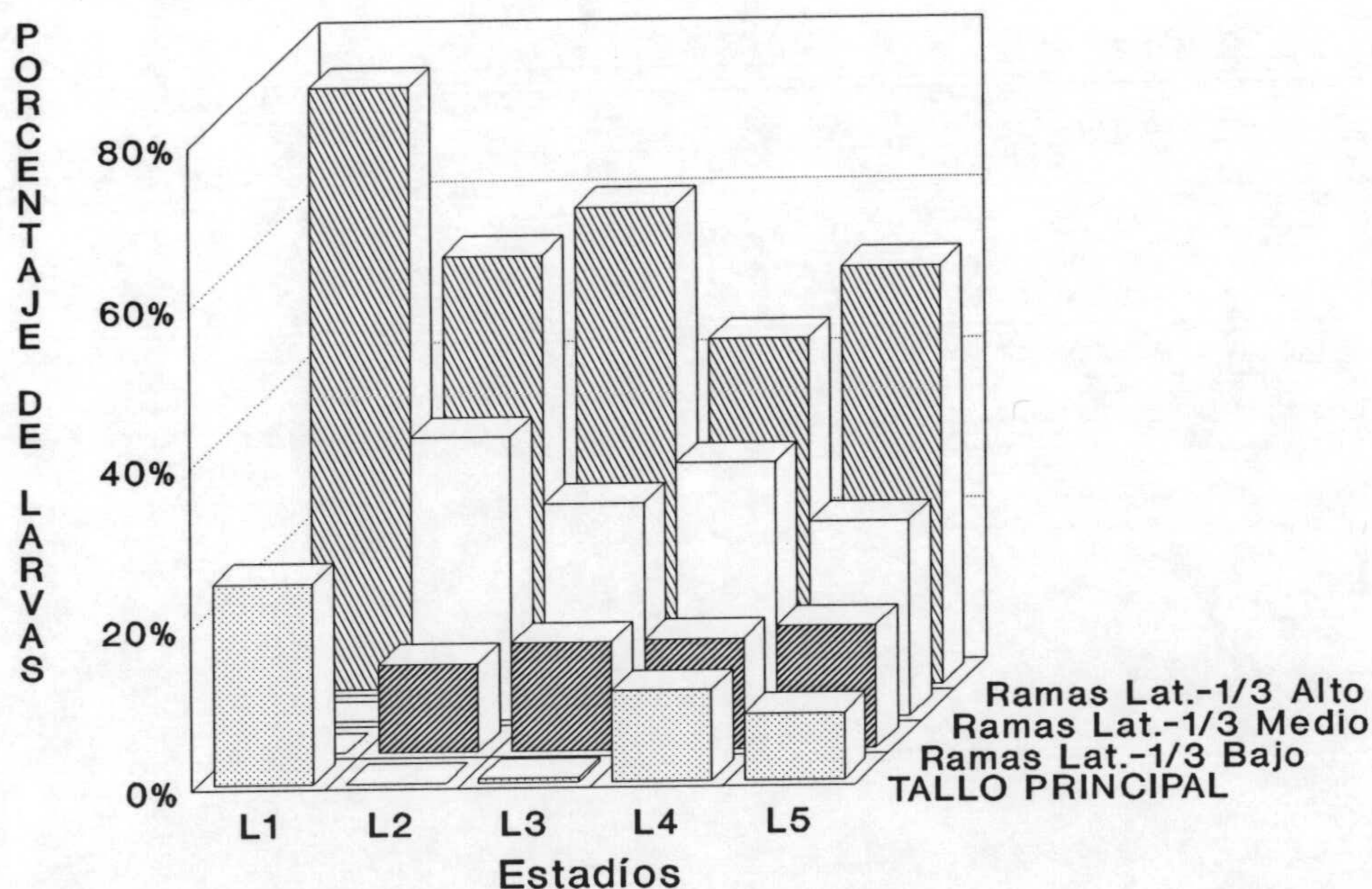
La distribución, dentro de la planta, del total de larvas de *S. exigua* es recogida en la Figura 33, según altura y partes de la misma. Por alturas, las larvas tienen una tendencia a situarse sobre el tercio alto de las ramas laterales (53.6%), más que en el tallo principal o tercio bajo de las ramas laterales (9.1 y 10.1%, respectivamente) de forma significativa ( $\chi^2 = 30.66$ , g.l. = 3,  $P < 0.01$ ). Ello señala hacia que el total de larvas se situaron en la parte de más desarrollo y abundancia de hojas de la planta. Lo anterior queda confirmado al existir un porcentaje, significativamente mayor sobre la rama lateral (43.7%) más desarrollada, seguido de la opuesta (33.3%) y, por último, de la rama intermedia (17.4%), que es, cuando existe, la de menor desarrollo ( $\chi^2 = 9.92$ , g.l. = 3,  $P < 0.05$ ).



**Figura 33.** Distribución del conjunto de los estadios larvarios de *S. exigua* en la planta de pimiento en invernadero, según altura y partes de la planta consideradas.

En la Figura 34 se representa la distribución de los distintos estadios de larvas en la planta de pimiento según altura. Para todos estos estadios (L<sub>1</sub> a L<sub>5</sub>) el mayor porcentaje de larvas se encontró situado, de forma significativa, en el tercio alto de las ramas laterales, seguido por el tercio medio, bajo y, por último, el tallo principal ( $\chi^2 = 30.59$ , g.l. = 9, P < 0.01), con tres particularidades; la primera es que las larvas del primer estadio se encontraron repartidas entre el tercio alto de las ramas laterales (75.0%) y el tallo principal (25.0%), debido en parte a la localización de las puestas en la parte baja de la planta, y en parte a la respuesta fotopositiva de este estadio, como se discute posteriormente, que hace que las larvas se trasladen a la parte alta de la planta. Las otras dos diferencias hacen referencia a los estadios L<sub>4</sub> y L<sub>5</sub>, que además de encontrarse en el tercio alto, también se encuentran sobre el tallo principal (11.3 y 8.3%, respectivamente).

Los datos encontrados están de acuerdo con los de GRISWOLD y TRUMBLE (1985a) en lo relativo a la fuerte respuesta fotopositiva de las larvas L<sub>1</sub>, que explica su traslado a la parte alta de la planta, localizándose en la parte de la misma expuesta a la luz, así como la permanencia también del estadio L<sub>5</sub> en la parte alta, no sobre la parte externa de la planta, sino algo más internamente, ya que por la estructura de la planta de pimiento (debido a su forma de crecimiento y a la poda) es la más sombreada, al existir una mayor cantidad de hojas. La diferente localización de larvas de distinta edad fue también puesta de manifiesto



**Figura 34.** Distribución de los distintos estadios larvarios de *S. exigua* en las hojas de la planta de pimiento en invernadero según altura y partes de la misma consideradas.

por ECKEL *et al.* (1992) para *Heliothis zea* en soja, observando que la distribución de las larvas en la planta cambió con la edad de las mismas.

La distribución de los distintos estadios, en los órganos de la planta, también presentó diferencias significativas ( $\chi^2 = 56.64$ , g.l. = 2,  $P < 0.01$ ), encontrándose, como se recoge en la Figura 35, que el porcentaje de larvas en hojas se fue incrementado con la edad de la larva (desde el 41.6% para L<sub>1</sub> hasta el 72.7% para L<sub>5</sub>). El porcentaje de larvas en flores disminuyó con el aumento de la edad de la larva (desde el 25.0% para L<sub>1</sub> hasta el 0.3% para L<sub>4</sub>). Por el contrario, el número de larvas en frutos presentó un valor muy similar en todos los estadios, debido a que las larvas están dentro, ocupándolas normalmente en estadio L<sub>1</sub> y penetrando en L<sub>3</sub> ó L<sub>4</sub>, permaneciendo en el mismo, en la mayoría de los casos, hasta la pupación y emergencia del adulto, el cuál muere dentro del fruto. En otros casos puede ocurrir la salida de larvas antes de pupar, apreciándose en estos casos una nueva perforación de salida en los frutos.

El hecho de que exista un número importante de larvas de los primeros estadios en las flores de pimiento, puede tener un significado adaptativo en el sentido de una elección

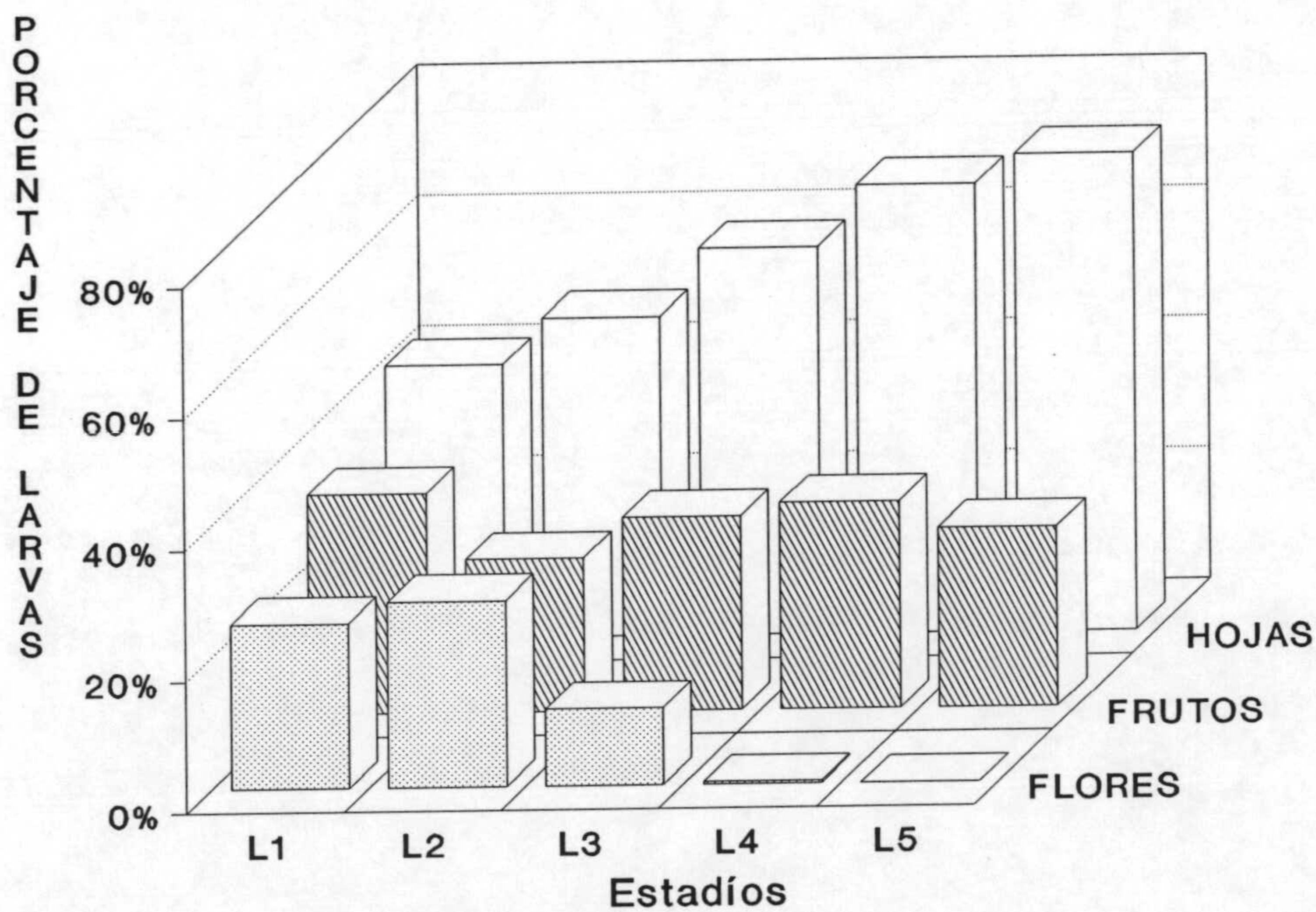


Figura 35. Distribución de los distintos estadios larvarios de *S. exigua* en los diferentes órganos (hojas, flores y frutos) de la planta de pimiento en invernadero.

del microhábitat, tanto por la protección ante la desecación, búsqueda de temperatura óptima de desarrollo o eludir ser alcanzadas por los tratamientos insecticidas, como por asegurar una posterior facilidad para introducirse en los frutos, en los cuales éstas condiciones pueden presentarse aún más favorables para las larvas de *S. exigua*. En relación con esto, BURKETT *et al.* (1983) en ensayos en invernadero, encontraron que las larvas de *Heliothis zea* que fueron depositadas en las flores de plantas de tomate, mostraron la tasa de supervivencia más alta en comparación con aquellas depositadas en otros órganos vegetales, las cuales tenían tendencia a desplazarse hacia las flores. Además comprobaron que los frutos dañados correspondieron a aquellos en los que se habían localizado larvas en las flores precursoras de los mismos.

Esta misma tendencia de las larvas de *S. exigua* por ocupar las flores, ha sido observada en otros cultivos. Así, en cultivos de sandía en invernadero, se han detectado proporciones muy elevadas de larvas L<sub>1</sub> y L<sub>2</sub> (46 a 100% según fechas) en flores (BELDA, 1990a).

En función de los datos de distribución de los estados de desarrollo de *S. exigua* dentro de la planta de pimiento, se puede establecer que para el desarrollo de técnicas de muestreo de esta especie plaga, en cultivo en invernadero, se deben examinar las hojas de la parte baja de la planta (tallo principal y tercio bajo de las ramas laterales) para detectar las puestas. Para las larvas, por el contrario, el tercio alto de las ramas o dosel, conjuntamente con todas las flores y frutos de la planta, sería la parte de la misma a muestrear. Esta suposición queda avalada por la representación que suponen estos órganos y partes de la planta en el porcentaje de larvas de los distintos estadios detectadas en los dos ensayos realizados en los que se ha estudiado la distribución dentro de la planta. Así, en el primer ensayo estas localizaciones suponen más del 95% de la población de larvas (Tabla 28) mientras que en el segundo ensayo supone un valor total para larvas del 77.34%, siendo para los distintos estadios de 75.0% para L<sub>1</sub>, 88.3% para L<sub>2</sub>, 83.6% para L<sub>3</sub>, 66.8% para L<sub>4</sub> y 73.0% para L<sub>5</sub>.

## 6.6. ESTUDIO ECONÓMICO DEL CONTROL DE *SPODOPTERA EXIGUA* EN CULTIVOS DE PIMIENTO EN INVERNADEROS DE ALMERÍA

Del estudio económico realizado, se desprende que los costes de fitosanitarios en los cultivos de pimiento en las fincas muestreadas ascendió a 265.000 Pts. Desglosándolo esta cifra, 206.600 Pts fueron en coste de productos fitosanitarios y 58.400 en coste de la mano de obra de la aplicación. En estos valores se incluyen tanto los insecticidas, acaricidas, fungicidas y bactericidas, así como otros fitosanitarios (desinfectantes de suelo, herbicidas, etc.). De este consumo de fitosanitarios, el número de materias activas que fueron empleadas para el control de *S. exigua* en los cultivos de pimiento en invernadero muestreados fue de 8, mostrándose la relación de los mismos en la Tabla 34.

En la Tabla 34 también se muestran los costes de cada materia activa, en sus valores medios para el total de las explotaciones, desglosados en costes de los productos y costes de la mano de obra de la aplicación. Los costes de las materias activas utilizadas contra *S. exigua* supone un total de 18.981 Pts/Ha, lo que representa un 7.16% sobre el total de los fitosanitarios. En referencia al trabajo de CABELLO y CAÑERO (1993b) en el que se contemplan las materias activas insecticidas para todos los cultivos hortícolas estudiados, las 8 materias activas utilizadas para el control de *S. exigua* representan un 38.11% del total de insecticidas/acaricidas.

**Tabla 34.** Relación de las materias activas insecticidas utilizadas en el control de *S. exigua* en cultivos de pimiento en invernadero y valor medio de los costes de los fitosanitarios y mano de obra de aplicación de los mismos en Pts/m<sup>2</sup>.

Materias activas	Coste de las materias activas (Pts/m <sup>2</sup> )	Coste de la mano de obra de la aplicación (Pts/m <sup>2</sup> )
alfacipermetrina	0.56	0.20
<i>Bacillus thuringiensis</i>	1.04	0.32
cipermetrina	1.25	0.58
clorpirifos	0.10	0.30
malation	1.26	0.40
metomilo	3.83	1.04
teflubenzuron	1.80	0.34
triclorfon	1.72	0.43
<b>TOTAL</b>	<b>11.56</b>	<b>3.61</b>

De la relación de insecticidas utilizados, se aprecia que los organofosforados son el grupo de materias activas que aporta un mayor valor a los costes, seguido de los piretroides y por último la bonzoilfenilurea, teflubenzuron, y el bioinsecticida *B. thuringiensis*. Estos resultados para cultivo de pimiento no se corresponden con las observaciones de CABELLO y CAÑERO (1993b) en el aspecto de un porcentaje elevado de utilización de *B. thuringiensis* (6.76% del total de las aplicaciones de insecticidas/acaricidas) para todos los cultivos hortícolas estudiados. Ello puede ser debido a una falta de confianza de la efectividad de este

bioinsecticida para el control de *S. exigua* en cultivo de pimiento, dada su peligrosidad e importancia de los daños en el mismo, que no causa tal incertidumbre en otros cultivos menos sensibles a la plaga. Es por ésto, que se utilizan más insecticidas de "choque" como son los organofosforados y piretroides, con efectos a corto plazo.

Por otra parte, para valorar la repercusión que el control químico de la plaga objeto de estudio tiene sobre el total de los costes de cultivo, se ha procedido al cálculo de los parámetros que miden la rentabilidad de la inversión (V.A.N., y T.I.R.) realizando variaciones del 10 y el 20% de los costes imputables a los productos fitosanitarios utilizados contra *S. exigua*.

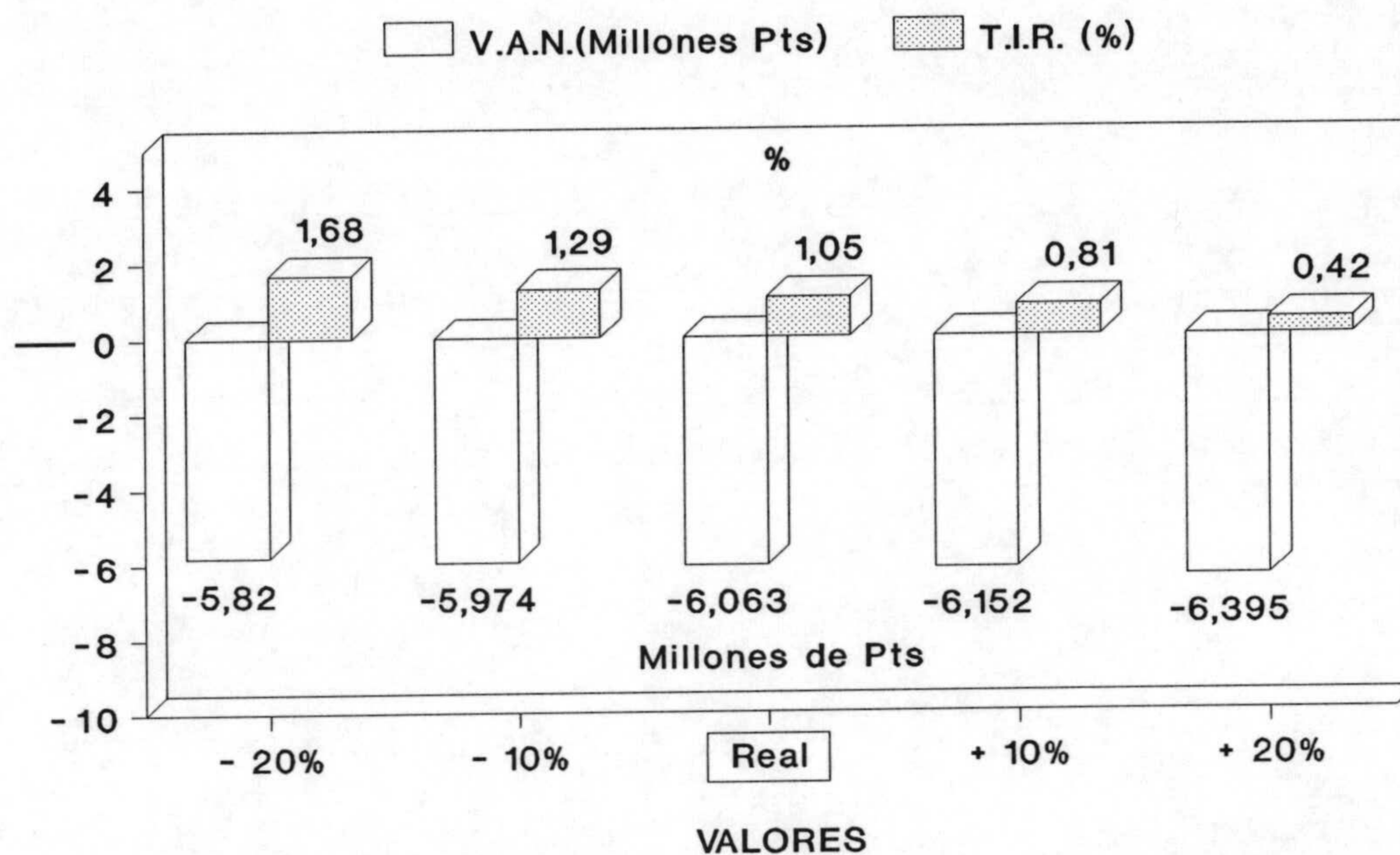
Teniendo en cuenta los valores estimados por CABELLO y CAÑERO (1993a) para los cultivos de pimiento, el valor total de la inversión para una Ha de invernadero es de 15.822.400 Pts, siendo el flujo de caja para una campaña de 3.273.128 Pts de cobros y 1.461.878 Pts de pagos. En estos últimos se considera un pago extraordinario de 499.400 Pts para renovación del plástico del invernadero cada 2 años, y un pago de 150.000 Pts para renovación de maquinaria cada 6 años.

Los resultados del cálculo de los parámetros del análisis económico se muestran en la Figura 36 con el V.A.N (Valor Actual Neto) y T.I.R. (Tasa interna de rendimiento). Asimismo se han realizado los cálculos para una variación del 10 y el 20% de los costes atribuibles a los insecticidas, incluyendo los costes de mano de obra de aplicación, que se utilizaron para el control de *S. exigua*, representándose los parámetros para esas variaciones del  $\pm 10$  y  $\pm 20\%$ .

Como puede apreciarse en la Figura 36, las variaciones realizadas tienen muy poca repercusión en la rentabilidad general de los cultivos de pimiento en invernadero (con un 0.81 al 1.29% de la T.I.R. con variaciones del 10%, y un 0.42 al 1.68% con variaciones del 20%). Esta escasa incidencia de los costes de las aplicaciones de insecticidas para el control de la plaga, permite un exceso de utilización de plaguicidas para el control de esta especie sin que suponga un incremento excesivo de los costes de producción, lo que viene motivado, entre otros factores, por la actuación de los agricultores que tienden a minimizar el riesgo de pérdidas debidas a esta especie plaga con un exceso de control químico (NORGAARD, 1976; CABELLO y CAÑERO, 1994). Esta escasa incidencia de las variaciones de los costes del control fitosanitario de *S. exigua* en los costes de producción totales, provoca también un efecto perjudicial en lo referente a un uso más racional y eficaz de los diferentes métodos de lucha contra *S. exigua* en cultivos de pimiento en invernadero, lo que podría permitir una integración de los métodos preventivos, métodos culturales y métodos de control con insecticidas biorracionales o biológicos, con el objeto de conseguir una disminución de los efectos nocivos de los plaguicidas sobre las personas y el medio ambiente.

Además de la disminución de los efectos nocivos y peligrosos de la utilización excesiva de plaguicidas, una reducción de las aplicaciones de insecticidas para el control de *S. exigua* en pimiento, permitiría elevar la eficiencia técnica del control de ésta y otras plagas en invernaderos. Así, según CABELLO y CAÑERO (1994), el control de plagas en pimiento en invernadero es en la mayoría de los casos escasamente eficiente a ineficiente para las variables del número de tratamientos y el período entre tratamientos. Este hecho, como





**Figura 36.** Análisis económico de los costes de las aplicaciones de insecticidas para el control de *S. exigua* en 1 Ha de invernadero de pimiento, medido por los parámetros del V.A.N. (Valor Actual Neto) y T.I.R. (Tasa Interna de Rendimiento) y efectos que producen variaciones del  $\pm 10$  y  $\pm 20\%$  del conjunto de aplicaciones de estos insecticidas.

resultado del estudio realizado por los autores anteriores, nos lleva de nuevo a la consideración de una excesiva aplicación de tratamientos fitosanitarios y por tanto, a la necesidad de una optimización del control de las plagas en pimiento en invernadero, y en especial, aquellas con más incidencia o repercusión económica, como es la especie *S. exigua*, objeto de este estudio.

## 6.7. ENSAYOS DE EFICACIA DE MATERIAS ACTIVAS CONTRA *SPODOPTERA EXIGUA*

### 6.7.1. EFICACIA EN LABORATORIO

#### Ensayo n° 1:

En la Tabla 35 se muestran los valores de mortalidad en tanto por ciento de las larvas de segundo estadio en el primer ensayo de laboratorio, a las 24, 48 y 120 horas desde la aplicación inicial. En los resultados se observa una eficacia del 100% en el producto considerado como estándar (clorpirifos) desde el primer recuento a las 24 horas. Como cabe esperar por su forma de actuación, el resto de materias activas ensayadas muestran unos valores muy bajos de mortalidad a las 24 horas, siendo superiores al 90% de mortalidad para los dos RCI's a las 120 horas de la primera aplicación. A este tiempo la eficacia de *Bacillus thuringiensis* muestra unos valores de mortalidad elevados (77.78%) pero menores que flufenoxuron y teflubenzuron.

Solamente los tratamientos con clorpirifos y teflubenzuron, muestran diferencias significativas con el testigo a las 24 horas de la aplicación. Sin embargo, a las 48 horas se mantienen las diferencias de clorpirifos con el testigo y de éste con el resto de tratamientos. Para este mismo tiempo de evaluación, flufenoxuron y *B. thuringiensis* presentan diferencias con el testigo, mientras que teflubenzuron no. A las 120 horas desde la primera aplicación, todos los productos ensayados muestran diferencias con el tratamiento testigo.

Los valores de mortalidad corregida respecto al testigo mediante la fórmula de Abbott se muestran en la Figura 37. En ésta hay una ligera disminución de los valores de mortalidad que obedece a la corrección con el 2.78 y 23.81% de mortalidad en los testigos a las 48 y 120 horas.

**Tabla 35.** Valores de mortalidad en tanto por ciento en el ensayo 1 de eficacia de materias activas para el control de *S. exigua*.

Materia activa	Dosis	Mortalidad (%) a tiempo desde la aplicación		
		T + 24 horas	T + 48 horas	T + 120 horas
Flufenoxuron	0.5 cc/l	5.00 bc	54.72 b	93.75 a
Teflubenzuron	0.6 cc/l	8.40 b	30.21 bc	93.30 a
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai:kurstaki</i>	1.0 gr/l	5.28 bc	37.46 b	77.78 a
Clorpirifos	2.0 cc/l	100.00 a	100.00 a	100.00 a
Testigo	-	0.00 c	2.78 c	23.81 b

Valores con distinta letra en las columnas muestran diferencias significativas (MDS; P=0.05).

### Ensayo n° 2

Los resultados de mortalidad obtenidos en el segundo ensayo de laboratorio se muestran en la Tabla 36. Al igual que ocurre en el primer ensayo, los valores de mortalidad de clorpirifos son también del 100% en todos los momentos de evaluación. A las 24 horas son más altos para flufenoxuron y teflubenzuron y similares a las 48 y 120 horas desde la primera aplicación. *B. thuringiensis* tanto a las 24, 48 y 120 horas muestra valores ligeramente menores que en el primer ensayo. A las 168 horas desde la aplicación, flufenoxuron, teflubenzuron y clorpirifos muestran unos valores muy altos de mortalidad, mientras que *B. thuringiensis* supera ligeramente el 50%.

En este ensayo, clorpirifos muestra diferencias con el resto de productos y el testigo a las 24 y 48 horas desde la aplicación, mientras que a las 120 y 168 horas estas diferencias se aprecian respecto al testigo y *B. thuringiensis*. Flufenoxuron y teflubenzuron muestran valores mayores significativamente respecto al testigo y *B. thuringiensis*, a 120 y 168 horas, mientras que este último muestra valores de mortalidad significativamente mayores que el testigo solamente a las 120 y 168 horas.

Los resultados de mortalidad corregida respecto a los tratamientos testigo con la fórmula de Abbott para este segundo ensayo, pueden observarse en la Figura 37.

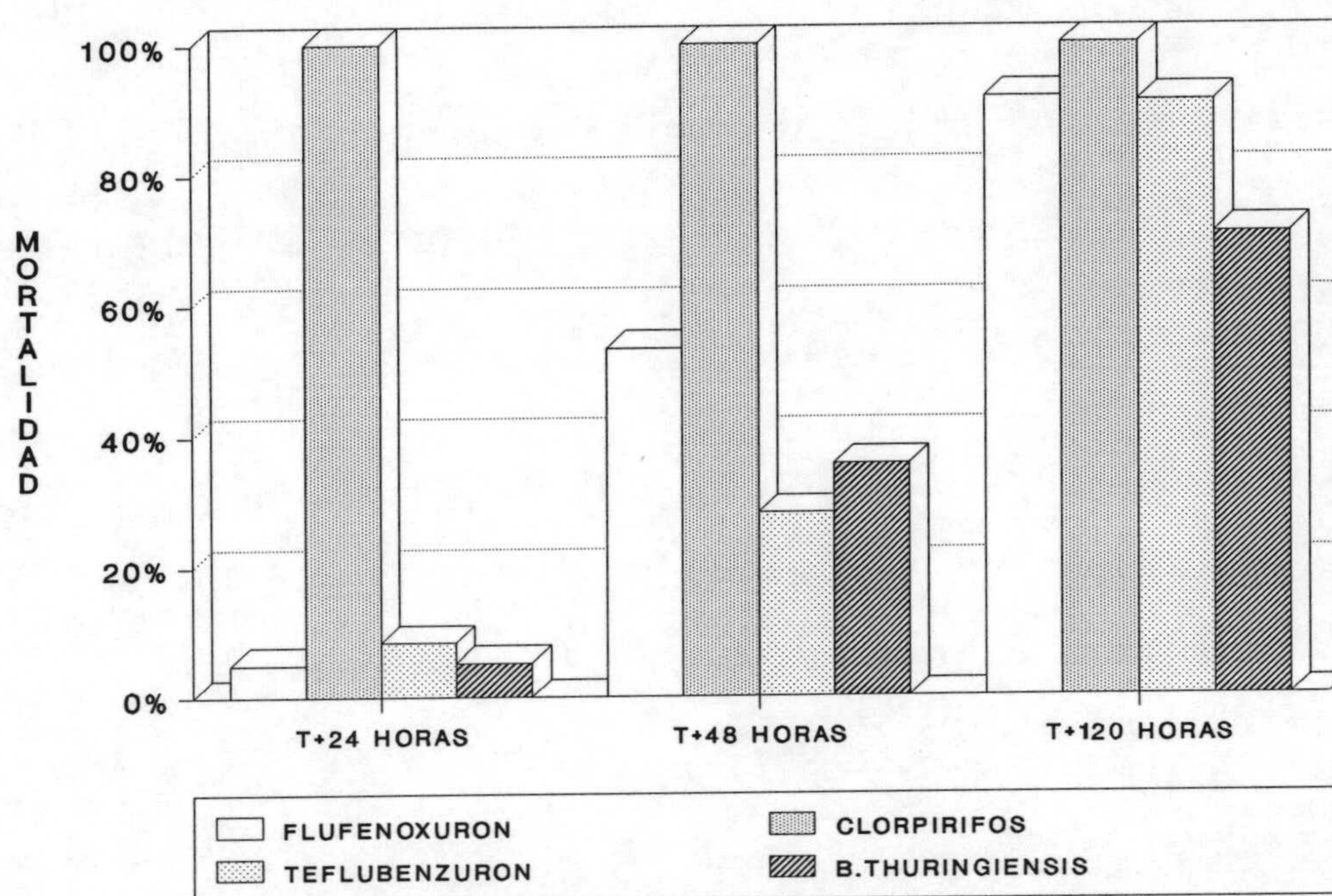
Los resultados obtenidos en los dos ensayos realizados muestran unos valores muy similares entre ellos en cuanto a mortalidad de larvas de segundo estadio para todas las materias activas utilizadas. Esta homogeneidad de los resultados para los dos ensayos nos reproduce bastante fielmente los efectos de los productos ensayados sobre larvas de *S. exigua* en cultivo de pimiento sin mostrar un aumento notable de eficacia con la adición del mojante de hojas como podría esperarse al realizar un reparto más homogéneo de los insecticidas en la superficie de la hoja.

**Tabla 36.** Valores de mortalidad en tanto por ciento en el ensayo 2 de eficacia de materias activas con adicción de mojante para el control de *S. exigua*.

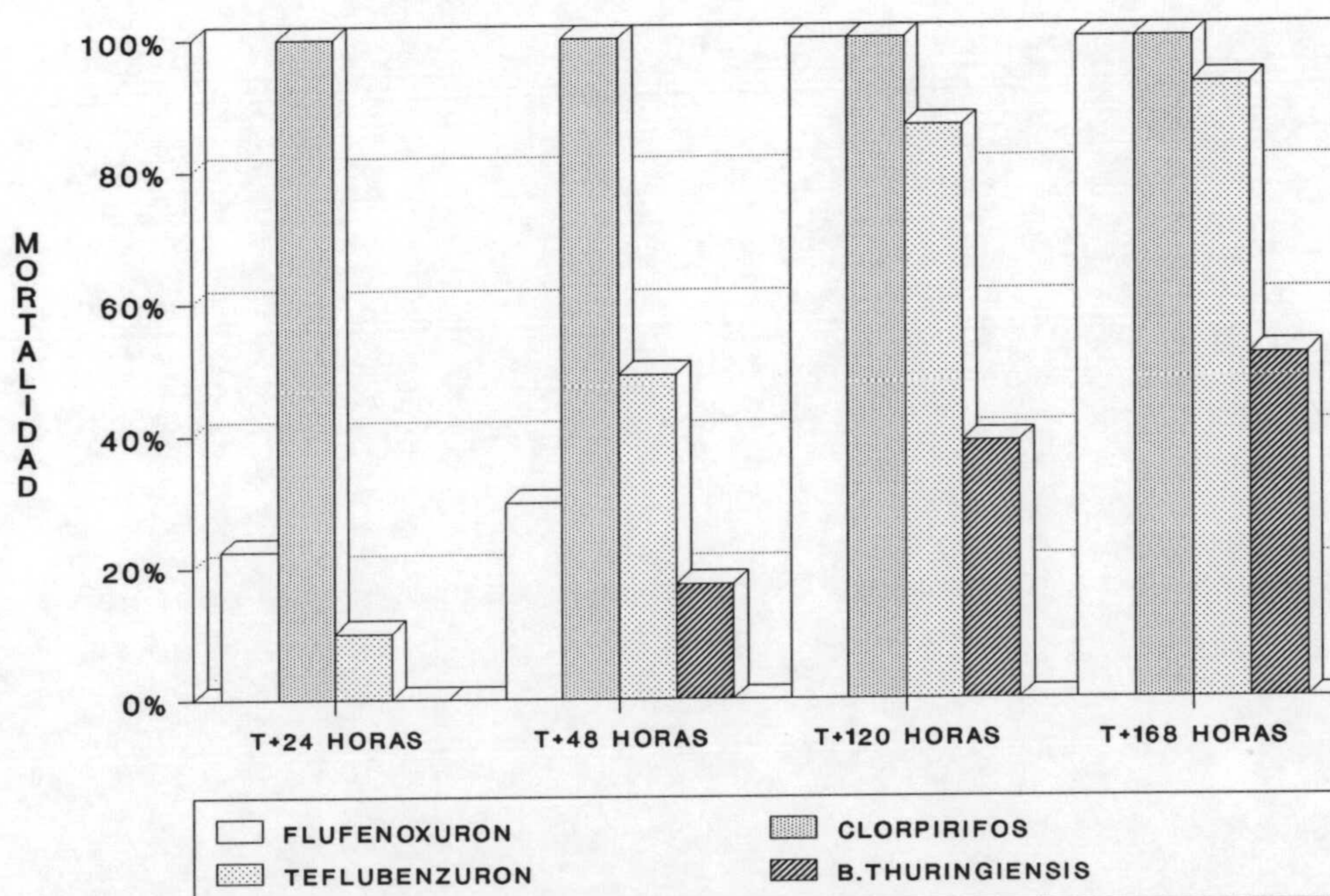
Materia activa	Dosis	Mortalidad (%) a tiempo desde la aplicación			
		T + 24 horas	T + 48 horas	T + 120 horas	T + 168 horas
Flufenoxuron	0.5 cc/l	22.50 b	31.52 bc	100.00 a	100.00 a
Teflubenzuron	0.6 cc/l	10.00 bc	50.35 b	87.15 a	93.33 a
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>aizawai:kurstaki</i>	1.0 gr/l	0.00 c	19.44 bc	41.07 b	53.75 b
Clorpirifos	2.0 cc/l	100.00 a	100.00 a	100.00 a	100.00 a
Testigo	-	0.00 c	2.50 c	3.57 c	3.57 c

Valores con distinta letra en las columnas muestran diferencias significativas (MDS; P=0.05).

### Ensayo 1 en Laboratorio



### Ensayo 2 en Laboratorio



**Figura 37.** Valores de mortalidad corregida respecto al testigo de larvas de *S. exigua* a los distintos tiempos de evaluación desde la primera aplicación, en los ensayos en laboratorio (ensayo 1 y ensayo 2) con aplicación de los insecticidas en hojas de pimiento.

Los valores de mortalidad de los productos RCI's son muy aceptables a los 5 y 7 días (120 y 168 horas) desde la primera aplicación para su utilización en el control de la plaga en campo, en sustitución de materias activas más tóxicas y residuales como es el caso del clorpirifos. Por otra parte, la acción de *Bacillus thuringiensis* subsp. *aizawai:kurstaki*, sin llegar a los valores de los productos anteriores muestra una eficacia media aceptable para su utilización, más si tenemos en cuenta que su efecto puede prolongarse a más largo plazo de la última evaluación efectuada en los ensayos. Este producto biológico, aún siendo un conjugante híbrido entre las especies *aizawai* y *kurstaki*, muestra unos valores de mortalidad a considerar para su posible utilización en campo alternando con la subespecie *kurstaki* considerada más eficaz para *S. exigua* (BEEGLE y YAMAMOTO, 1992).

### 6.7.2. EFICACIA EN CAMPO

Los niveles de población y daños de *S. exigua* al inicio del experimento, se consideran elevados, teniendo en cuenta el modo de actuación de las materias activas probadas. No obstante, fue imposible la realización del ensayo con niveles poblacionales y de daños más bajos, puesto que al ser una plaga que actúa por focos, con menores niveles no se encontró una distribución lo suficientemente homogénea de la misma.

Por otro lado, al inicio de la experiencia, y debido a la presencia del virus del bronceado del tomate (TSWV), existían algunas plantas afectadas por esta enfermedad, lo que se agravó en el siguiente control, con pérdidas de algunas plantas en las parcelas elementales. Así, el seguimiento de la acción de las materias activas ensayadas no se prosiguió más allá de los 8 días después de la aplicación, lo que hubiera sido importante para evaluar su acción a más largo plazo.

Los resultados obtenidos en el ensayo de campo quedan reflejados en los valores que se presentan en las Tablas 37 y 38. En la primera se muestran los datos correspondientes al número de larvas vivas por planta, en valor medio, para las 3 repeticiones y los valores de superficie media dañada por planta en escala de Barrat-Horsfall (B-H).

El análisis de los valores medios del número de larvas y superficie dañada según la escala de Barrat-Horsfall no muestra diferencias en el recuento previo (T-1) para ninguno de los dos parámetros estudiados. En cuanto al número medio de larvas por planta, a los 8 días de la aplicación, aparecen diferencias de todos los tratamientos, excepto Delfin, con el testigo, el cual tampoco muestra diferencias con el resto de tratamientos. En los valores de daños por la escala de B-H, la comparación de medias muestra diferencias entre Delfin y Nomolt respecto a Consult, mientras que entre los demás no se aprecian diferencias significativas.

**Tabla 37.** Valores medios del número de larvas por planta y superficie foliar dañada según la escala de Barrat-Horsfall en el recuento previo (T-1) y a los 8 días de la aplicación (T + 8).

Materia activa (PRODUCTO)	Dosis	Nº larvas/planta		Superficie dañada (B-H)	
		T - 1	T + 8	T - 1	T + 8
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i> (DELFIN)	0.75 gr/l	3.89 a	2.15 ab	1.75 a	2.00 a
Teflubenzuron (NOMOLT)	0.75 cc/l	4.19 a	1.33 a	1.78 a	2.12 a
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i> (FLORBAC)	2.60 gr/l	4.23 a	1.99 a	1.60 a	1.45 ab
Hexaflumuron (CONSULT)	1.00 cc/l	3.68 a	0.42 a	1.93 a	1.05 b
Testigo	-	2.57 a	4.01 b	1.63 a	1.83 ab

Valores seguidos por distinta letra en las columnas muestran diferencias significativas (MDS; P=0.05).

Además del análisis de los datos del número de larvas y superficie dañada en escala B-H, se han realizado los análisis para los valores de mortalidad, mortalidad corregida respecto al tratamiento testigo e incremento de superficie dañada en tanto por ciento.

El análisis de los valores del número de larvas se utilizó con la variable de mortalidad de larvas expresada en tanto por ciento a partir del cálculo:

$$\text{Mortalidad \%} = \frac{L_{T-1} - L_{T+8}}{L_{T-1}} \times 100$$

En la que:  $L_{T-1}$  = Número de larvas antes del tratamiento  
 $L_{T+8}$  = Número de larvas a los 8 días del tratamiento

Los valores negativos representan un incremento de población respecto a la inicial.

Los valores de mortalidad corregida para el número de larvas se calculó con los valores de mortalidad respecto al testigo a partir de la fórmula de Abbott:

$$\text{Mortalidad corregida \%} = \frac{P - C}{100 - C} \times 100$$

En la que:  $P$  = Mortalidad en tratamiento  
 $C$  = Mortalidad en testigo

La Tabla 38 muestra los valores medios de mortalidad, mortalidad corregida respecto a los tratamiento testigo e incremento de daños en planta en la escala B-H.

**Tabla 38.** Valores medios de mortalidad de larvas e incremento de daños en plantas en tanto por ciento a los 8 días de la aplicación (T+8) para los distintos tratamientos en el ensayo de eficacia contra *S. exigua*.

Materias activas (PRODUCTO)	Dosis	Mortalidad de larvas (%)	Mortalidad de larvas corregida (%)	Incremento de superficie dañada (B-H en %)
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i> (DELFIN)	0.75 gr/l	51.41 a	62.51 a	12.35 a
Teflubenzuron (NOMOLT)	0.75 cc/l	59.18 a	66.52 a	8.59 a
<i>Bacillus thuringiensis</i> subsp. <i>kurstaki</i> (FLORBAC)	2.60 gr/l	54.00 a	68.86 a	- 12.08 a
Hexaflumuron (CONSULT)	1.00 cc/l	88.43 a	92.18 a	- 84.06 b
Testigo	-	- 72.75 b	-	7.92 a

Valores seguidos por distintas letras en las columnas muestran diferencias significativas (MDS; P=0.05).

Para el análisis de los valores de superficie dañada, se utilizó la variable de incremento de daño en tanto por ciento calculado como:

$$\Delta \text{daño } \% = \frac{S_{T+8} - S_{T-1}}{S_{T+8}} \times 100$$

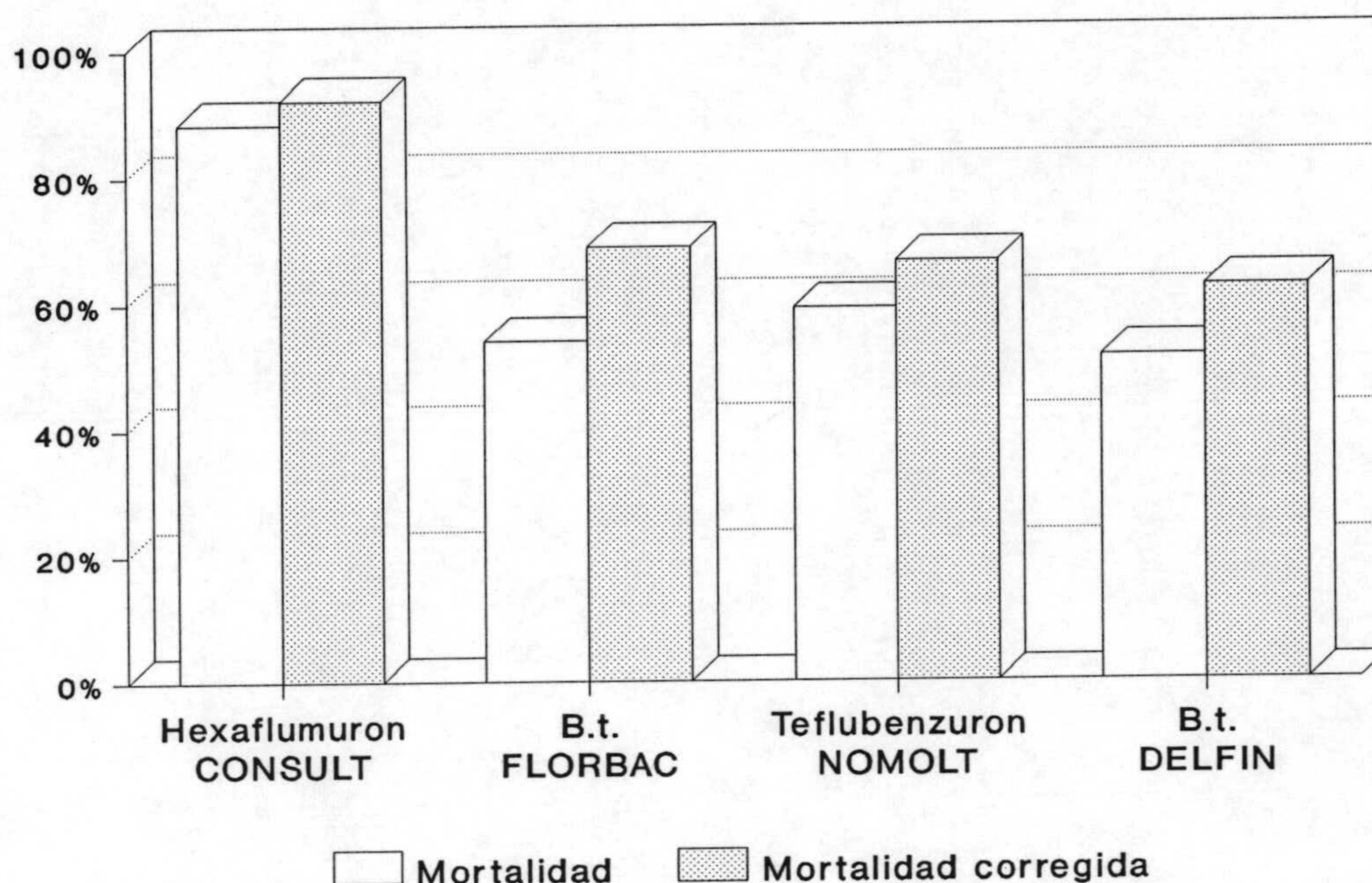
Donde:  $S_{T-1}$  = Superficie dañada en recuento previo  
 $S_{T+8}$  = Superficie dañada a los 8 días de la aplicación

Utilizando para ambos los valores de escala B-H que se emplearon en los muestreos.

Los valores negativos de esta variable, incremento de daño, se refieren a tratamientos en los que hay una disminución relativa de la superficie dañada, explicada por el desarrollo vegetativo de las plantas, puesto que se evalúan 5 brotes terminales.

En la Figura 38 se muestra los valores medios de mortalidad corregida sobre larvas de *S. exigua*. En los análisis realizados sobre mortalidad de larvas y mortalidad corregida, todos los productos ensayados muestran diferencias significativas respecto al testigo a un nivel de significación de P=0.05. Entre ellos se aprecian ligeras diferencias numéricas no diferenciadas por el análisis estadístico (Tabla 38).

Considerando que la acción de este tipo de productos se registra a medio plazo, y teniendo en cuenta que la eficacia de estas materias activas es mayor en los primeros estadios de desarrollo, y que en la aplicación se encontraban larvas de todos los estadios (con proliferación de L<sub>4</sub> y L<sub>5</sub>), podemos considerar que se han obtenido valores de mortalidad aceptables y buenos en algunos casos.

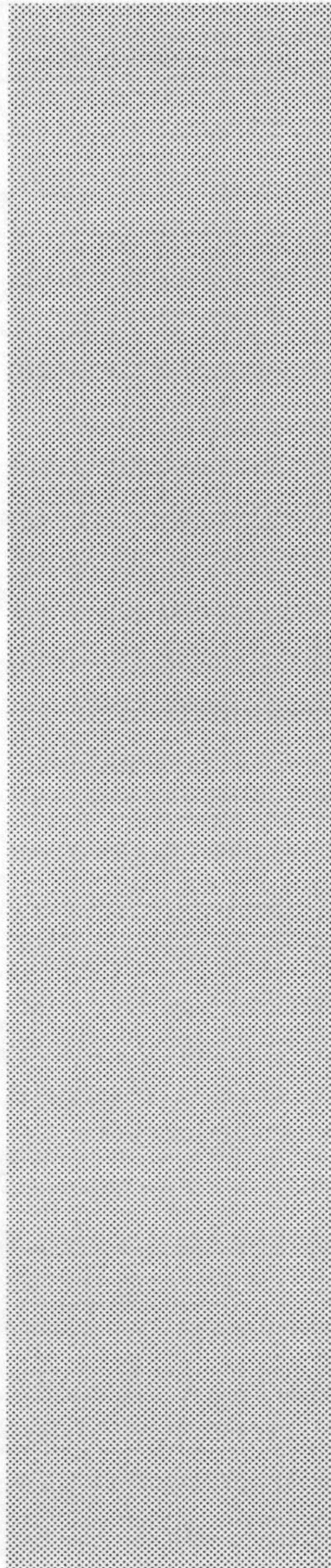


**Figura 38.** Valores de mortalidad encontrada y mortalidad corregida respecto al testigo de larvas de *S. exigua* a los 8 días de la aplicación de los insecticidas en el ensayo de eficacia en cultivo de pimiento en invernadero.

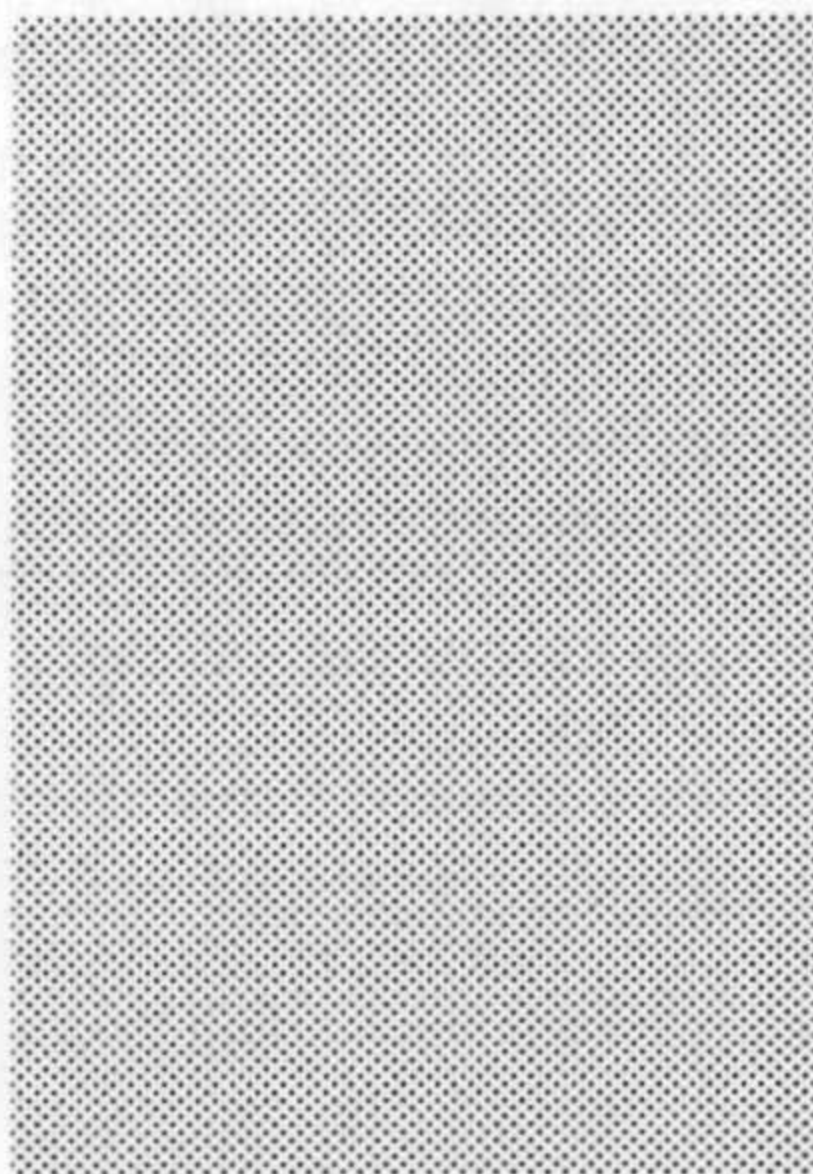
En los valores analizados de incremento de daños, solo un producto, hexaflumuron, muestra diferencias significativas con el resto, al nivel de significación de  $P=0.05$ , con una disminución de daño del 84%, mientras que el resto de productos no se diferencian significativamente del testigo (incremento del 7% de daños) aunque los valores de variación entre ellos son numéricamente bastante ligeros, y se incluye entre estos últimos un producto que ha producido una disminución del 12% de superficie dañada (Tabla 38).

Esta menor homogeneidad de los resultados en la variable utilizada de incremento de daños respecto a los valores de eficacia o mortalidad de larvas, se puede atribuir en parte, a factores externos a la propia eficacia de los productos, como puede ser la desigualdad en el crecimiento vegetativo de las plantas afectadas por virus, debido a la forma de evaluación de daños, o por el mal estado de las plantas afectadas y lo que esto pudiera influir en la zona de alimentación de las larvas.





## **7. DISCUSIÓN GENERAL**



## 7. DISCUSIÓN GENERAL

La importancia que *Spodoptera exigua* tiene en la actualidad como plaga de los cultivos de pimiento en invernaderos de Almería (CABELLO *et al.*, 1990; BELDA, 1991a; MORENO *et al.*, 1993) nos ha hecho abordar el problema que esta plaga presenta mediante un estudio lo más amplio posible, con el fin de mejorar las estrategias de control, tanto como problema individual, como dentro del concepto de manejo integrado de plagas (IPM) en cultivos de pimiento en invernadero.

En la actualidad, nos encontramos en la tercera fase o etapa del control de plagas en los cultivos. Dicha fase trata de considerar la globalidad de los aspectos que afectan a los cultivos y sus interacciones dentro de un sistema agrario. En este trabajo, más concretamente nos hemos restringido al sistema formado por *S. exigua* - cultivo de pimiento y en él, al estudio de los aspectos biológicos y ecológicos esenciales de la especie que tienen influencia en la dinámica del sistema. Dichos aspectos solamente habían sido parcialmente estudiados en invernaderos de esta zona (BELDA, 1990a 1990b y 1991b; BELDA y GUERRERO 1992; CABALLERO *et al.*, 1992b). Así, para abordar este problema, se han utilizado las técnicas de modelos de simulación, especialmente de fenología de adultos de la especie basándonos en trabajos precedentes (HOGG y GUTIERREZ, 1980), pero partiendo de datos obtenidos en el propio trabajo y las pertinentes estimaciones de ecuaciones que relacionen las principales variables utilizadas.

Para la consecución de este objetivo, se han tenido que realizar diferentes experiencias, tanto en laboratorio como en campo. En el primer aspecto, con los ensayos en laboratorio se han comprobado los efectos que la temperatura y la dieta ejercen en el desarrollo de los estados inmaduros de la especie. En este sentido, se han establecido las temperaturas umbrales de desarrollo de los diferentes estados inmaduros y se han estimado las necesidades de temperatura para los mismos en Grados-día para individuos de Almería. Algunos aspectos de la biología ya habían sido tratados por otros autores (CAYROL, 1972; FYE y McADA, 1972; SANNINO *et al.*, 1986 y 1987; EL-REFAI y DEGHEELE, 1988; ALI y GAYLOR, 1992) pero consideramos importante realizarlos con las posibles razas biológicas que pueden presentarse en nuestra zona. Los resultados obtenidos no se diferencian mucho de los anteriores, excepto en algunos datos apuntados por CAYROL (1972) y en la duración del estado de pupa a la temperatura de 15°C, que en nuestros ensayos no produjo evolución a adultos.

Los parámetros estudiados en los adultos, tales como longevidad, fecundidad y período de oviposición entre otros, nos han proporcionado información, que junto con la confección de la tabla de vida para la especie, ofrece las características del potencial biótico de *S. exigua*, con la utilidad que esos aspectos conllevan (SOUTHWOOD, 1978; GARCÍA-MARÍ, 1992). Estos estudios no hubieran sido completos, si no hubieran sido complementados con ensayos en campo. Así, por medio del seguimiento de poblaciones en cultivo de pimiento en invernadero, y utilizando un método de regresión (ZAJAC *et al.*, 1989), se ha podido estimar el tiempo fisiológico de desarrollo en Grados-día de los diferentes estados de *S. exigua*. De la misma forma, se han obtenido los momentos de primera aparición de los estados y los parámetros de supervivencia (a edad específica y dependiente de la temperatura) en condiciones de campo, en ausencia de enemigos naturales.

Otro aspecto fundamental para la integración de los aspectos ecológicos de la especie en relación a los cultivos de pimiento, era establecer la fenología de los adultos como un parámetro de la ecología que ha sido ampliamente utilizado por otros autores (McNALLY, 1983; TRUMBLE y BAKER, 1984; YOSHIDA y PARRELLA, 1987; CABELLO, 1988; ETMAN, 1989) pero que precisaba ser determinado en nuestra zona. Para ello se utilizaron trampas de feromonas sexuales y una trampa de luz. Este seguimiento proporcionó además las relaciones existentes entre los valores de capturas en ambos modelos de trampas, con una correlación altamente significativa de las mismas. Muchos de los datos obtenidos, tales como relación de las temperaturas con las capturas en trampa de luz, o proporción de sexos a lo largo del año natural, fueron imprescindibles para la resolución de ecuaciones que se utilizaron en la construcción del modelo de fenología.

Como vemos, los aspectos biológicos y ecológicos estudiados en la zona que abarca este trabajo, proporcionaron los datos básicos que fueron utilizados en la construcción del modelo de fenología, si bien aportó otros parámetros de importancia para el conocimiento de la interacciones entre el huésped y fitófago, y para la autoecología de la especie. Sin embargo, el modelo desarrollado, no simuló de forma idónea los datos reales de capturas en la zona de estudio ni en la validación con datos de capturas en Granada. Del análisis de los resultados obtenidos, tanto de la simulación y los estudios de biología y ecología, se desprende la gran influencia que tienen los individuos emigrantes de *S. exigua* en los niveles poblacionales alcanzados en los cultivos de la zona. Este comportamiento migratorio ha sido ampliamente reconocido para esta especie (FRENCH, 1969; JOHNSON, 1969; CAYROL, 1972).

Otros aspectos de la plaga que han sido abordados en el presente trabajo, aunque no utilizados en al construcción del modelo y no por ello menos importantes, son los referentes a la evaluación del control natural, distribución espacial, estudio económico del control de la especie en cultivos de pimiento en invernadero y efectividad de algunos métodos de lucha. La prospección realizada de enemigos naturales, proporcionó unos valores muy bajos de control natural de la plaga en comparación con los resultados para el sur de España de otros autores (CABELLO, 1989; CABALLERO *et al.*, 1990 y 1992a). Por los niveles de parasitismo encontrados podemos afirmar que no existe un control por parasitoides, aunque la incidencia del virus de la poliedrosis nuclear de *S. exigua* (VPNSe) muestra unos valores muy ligeramente apreciables. Sin embargo, la potencialidad de este patógeno debe de tenerse en cuenta en el futuro para contemplarlo en la estrategias de control de la plaga.

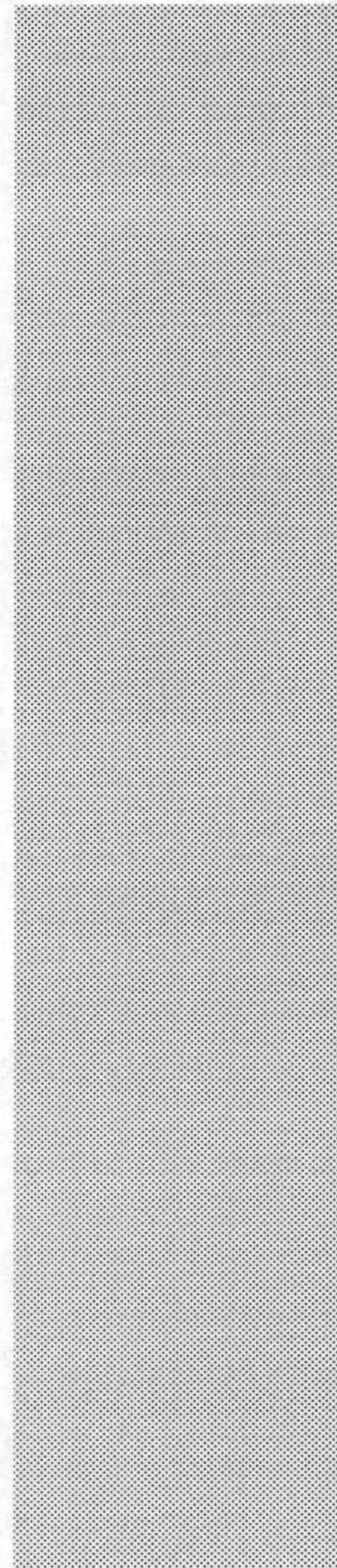
Para este último fin, la importancia que adquieren los estudios de distribución no deja ninguna duda. De esta forma, los ensayos para conocer la distribución de los estados de huevo y larva de *S. exigua* en la planta de pimiento, han arrojado datos interesantes en cuanto a la ubicación de los diferentes estados o estadios en los distintos órganos y partes de la planta, alcanzándose valores entre el 75 y 95% de la población de larvas, en el tercio superior de la misma. Asimismo, los ensayos de distribución horizontal, han proporcionado los valores de los índices de agregación de los diferentes estados o estadios, y han permitido comparar la eficacia de tres tipos de muestreo (BYERLY *et al.*, 1978) en la parcela de pimiento. No cabe duda, que el mejor conocimiento de la distribución derivará hacia una mejora en los diseños muestrales (GARCÍA-MARÍ, 1992), y por otra parte, sobre todo en la distribución de los estadios larvarios dentro de la planta, permitirá orientar a la hora de

la detección y establecimiento de las estrategias de control de la plaga, ya que por la localización de huevos y larvas más pequeñas ( $L_1$  y  $L_2$ ), éstos pasan desapercibidos, causando daños y pudiendo introducirse en los frutos antes de su detección.

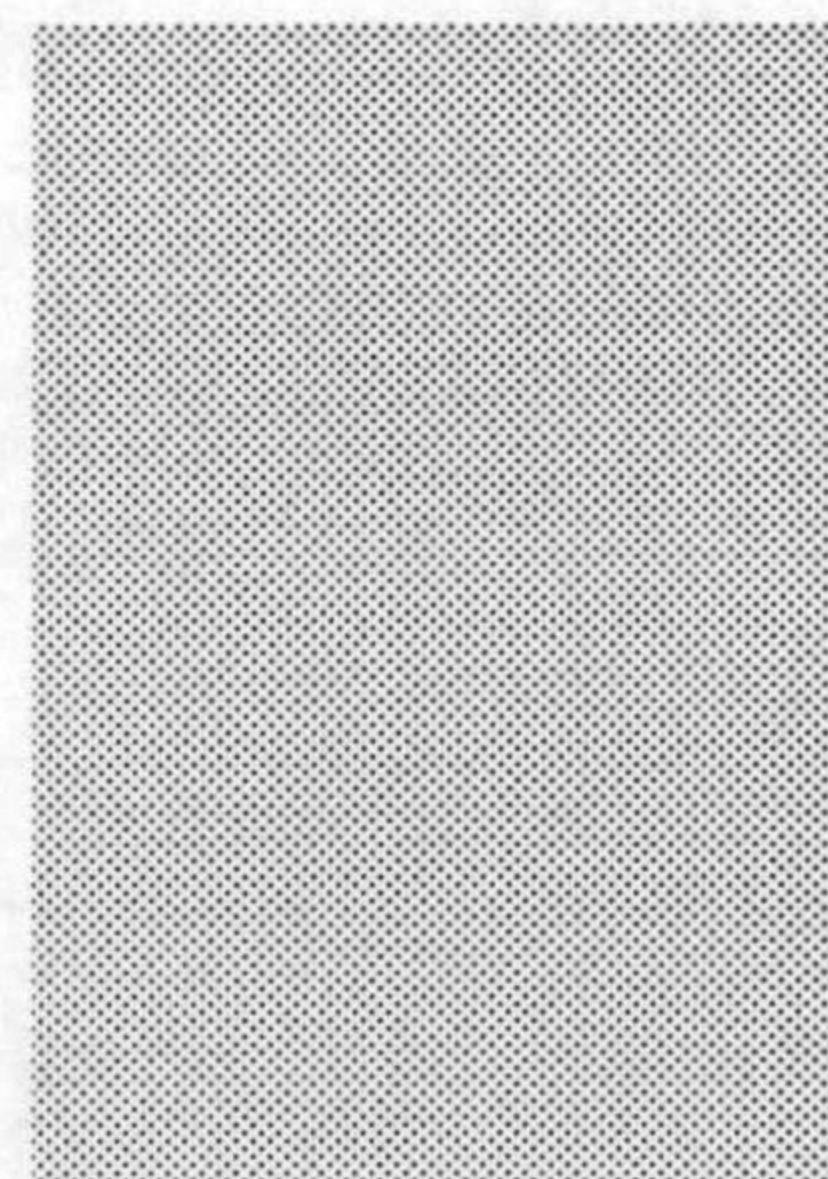
Por último, en lo referente al control fitosanitario que se realiza en la actualidad sobre *S. exigua*, se han elaborado dos estudios que por su propia naturaleza nos dan una idea del presente y futuro del control de la plaga. El estudio económico del control químico de esta especie en cultivo de pimiento, nos refleja lo que por otra parte es una idea ya plasmada (CABELLO y CAÑERO, 1993b) y que no es otra que una excesiva aplicación de plaguicidas de alta toxicidad, y una escasa incidencia de los costes de las aplicaciones insecticidas sobre los costes totales de producción. Estos resultados, explican la aplicación a veces indiscriminada de insecticidas y la poca aceptación que tienen otras posibles técnicas de lucha al basarse sólo en los costes de producción. A pesar de ello, no hay que olvidar, que el futuro de la Sanidad Vegetal debe pasar por un mayor respeto al medio ambiente y una mayor seguridad para el aplicador de los productos insecticidas utilizados.

Esta última consideración, ha llevado a la que en definitiva es la más directa solución a corto plazo de la problemática fitosanitaria en los cultivos de pimiento en invernadero, y que no es otra que la evaluación de la eficacia contra la plaga de diferentes insecticidas disponibles comercialmente. Observando el compromiso con los programas de lucha integrada y/o lucha biológica contra plagas en los cultivos como respuesta a la problemática asociada a la utilización de la lucha química (GOULD, 1987; SUNDERLAND *et al.*, 1992; MORENO *et al.*, 1993), los productos ensayados han sido productos biológicos y biorracionales, más compatibles con el respeto al medio ambiente en general y la fauna auxiliar en particular, los cuales han mostrado valores de eficacia lo suficientemente buenos como para hacerlos candidatos a reemplazar a otros plaguicidas más tóxicos. No obstante, en lo referente a los insecticidas que inhiben la formación de la cutícula, queda por delimitar individualmente y con rigor, los impactos ecológicos que producen las materias activas que los componen (SANTIAGO-ÁLVAREZ, 1988), para poder valorar la oportunidad de su utilización.

Todos los aspectos tratados, al concretarse en la interpretación de los resultados, creemos que pueden incidir en la consecución de una mejor estrategia de control de *Spodoptera exigua* en los cultivos de pimiento en invernadero. Por el planteamiento del trabajo, y al observar los resultados obtenidos en el aspecto más novedoso del mismo, creemos que el modelo de simulación desarrollado no es el más adecuado para su utilización en la zona de estudio, siendo necesaria una revisión del mismo, y creando la necesidad de desarrollar un modelo más amplio, que englobe otros aspectos además de la fenología como son los daños que la especie causa en el cultivo y las técnicas de control y aspectos económicos del mismo. Todo ello nos permitirá abordar mejor el problema y finalmente facultará la posibilidad de plasmarlo en un sistema experto.



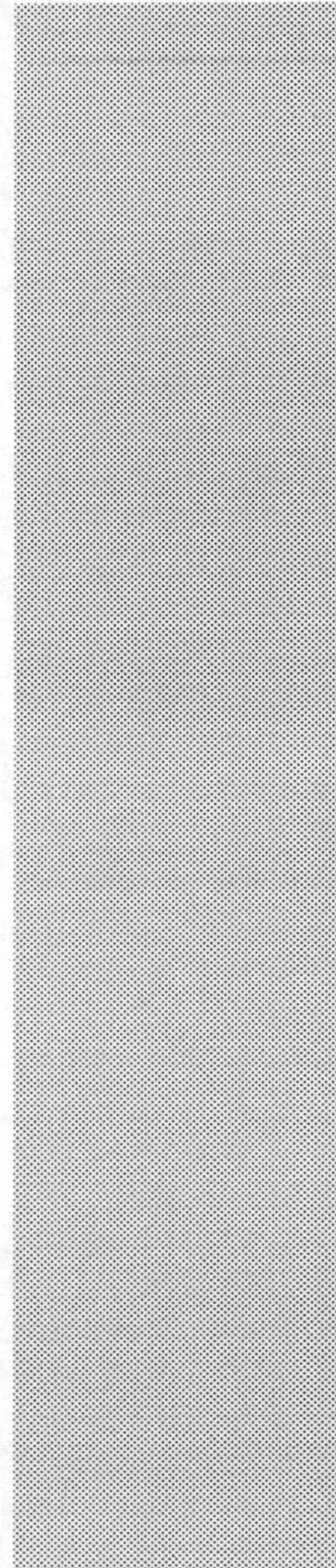
## **8. CONCLUSIONES**



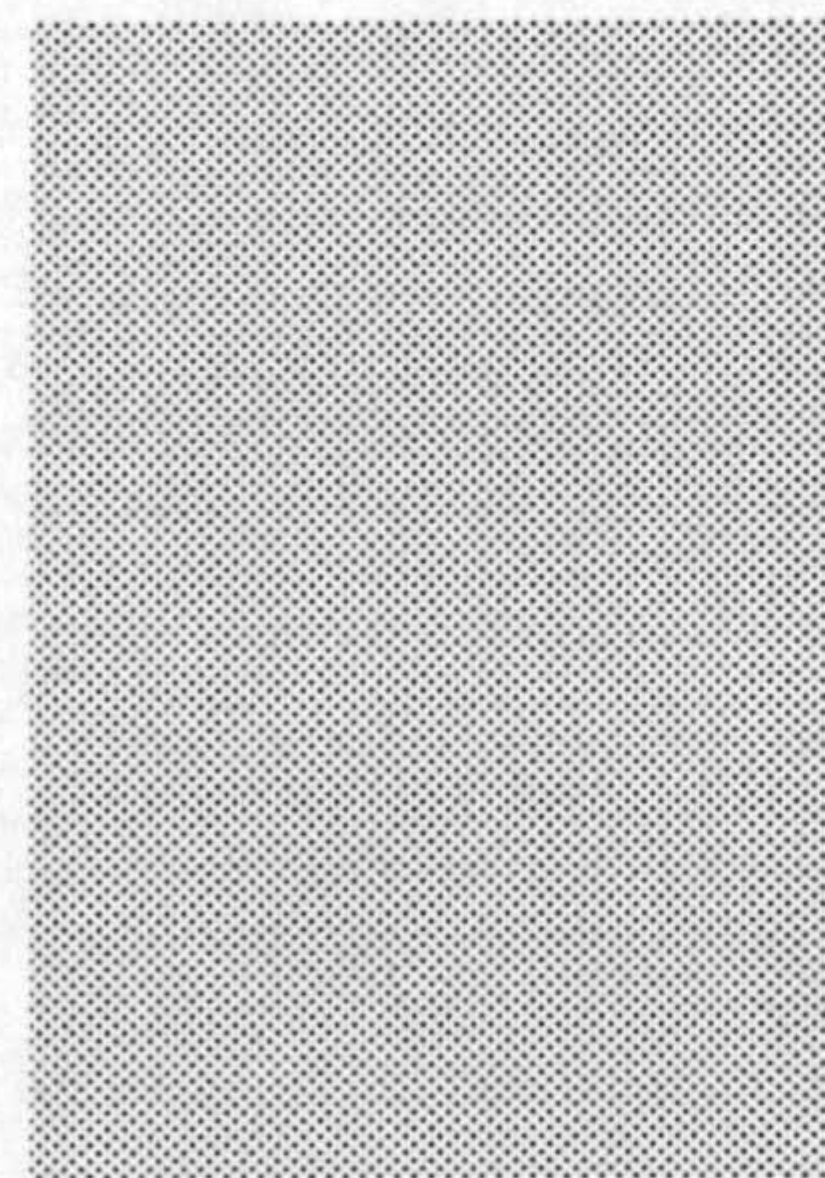
## 8. CONCLUSIONES

- 1.- La duración completa de los estados de desarrollo de *Spodoptera exigua* en laboratorio entre las temperaturas de 20 y 30°C constantes, osciló entre 36.63 y 17.53 días respectivamente, apareciendo diferencias entre temperaturas (15, 20, 25 y 30°C) para todos los estados de desarrollo. Solamente para el estadio larvario L<sub>2</sub> no se encontraron diferencias entre 15 y 20°C.
- 2.- Para la duración total del desarrollo de *Spodoptera exigua* en laboratorio no se han encontrado diferencias entre sexos. Únicamente para 20 y 25°C han aparecido diferencias para el estado de pupa, siendo significativamente mayor la duración de machos, mientras que para larvas a esas temperaturas fue superior el valor para hembras, aunque sin diferencias significativas.
- 3.- Los umbrales inferiores de desarrollo estimados para los diferentes estados de la especie en laboratorio con temperaturas constantes han sido de 11.08°C para huevo, 9.99°C para larva, 9.09°C para pupas y 11.13°C para el total del desarrollo. No obstante a 15°C no se ha podido completar el desarrollo de pupas, por lo que se considera que existen otros factores ambientales, como fotoperíodo o humedad relativa que pueden ser determinantes a bajas temperaturas.
- 4.- Las necesidades térmicas para completar el desarrollo de los distintos estados de *S. exigua* han sido estimadas en 39.66 Grados-día para huevo, 215.05 Grados-día para larva, 110.01 Grados-día para pupa y 340.14 Grados-día para todo el desarrollo en las condiciones de laboratorio.
- 5.- La longevidad media de los adultos, macho y hembra, de la especie, muestra diferencias entre 30°C y el resto de temperaturas ensayadas, siendo los valores más altos para 25°C. No se han encontrado diferencias en la longevidad de adultos al compararla por sexos.
- 6.- El valor más alto de fecundidad de las hembras, aunque sin diferencias con la obtenida a 20°C, se produce a 25°C. Para el período de preoviposición no se han encontrado diferencias a las temperaturas ensayadas, estimándose entre 2.55 y 2.94 días a 25 y 20°C respectivamente.
- 7.- La distribución en el tiempo de la puesta, concentra en los primeros 5 días de edad de las hembras, más del 50% de la puesta total a todas las temperaturas ensayadas, declinando progresivamente al aumentar la edad de las hembras.
- 8.- La dieta alimenticia aportada a las larvas influye en la duración de los estados de desarrollo de *S. exigua*, y en el peso de las pupas aunque no en la longevidad o fecundidad de adultos. A 25°C, las larvas alimentadas en dieta de hojas de pimiento necesitaron más tiempo para completar el desarrollo y la pupas de ellas procedentes tuvieron un peso significativamente más bajo. Además en esta última dieta se produjeron mudas a estadios larvarios supernumerarios L<sub>6</sub> y L<sub>7</sub>.

- 9.- La tasa de mortalidad más alta en los ensayos en laboratorio, se produjo en el estadio larvario L<sub>1</sub>, prepupa y estado de pupa, por lo que consideramos que los cambios de estado de desarrollo son los más críticos en cuanto a la supervivencia de los individuos, aspecto que también se muestra en los ensayos en pimiento en invernadero.
- 10.- La fenología de los adultos de la especie en la zona de cultivos en invernadero en Almería, muestra una gran actividad de vuelo en las semanas centrales del año, desde finales de mayo a finales de agosto, con una buena correlación entre las capturas en trampa de luz y trampas de feromonas en el exterior.
- 11.- La proporción de machos capturados en trampa de luz a lo largo del año natural, muestra variaciones importantes, con menor proporción en épocas de capturas numerosas, mientras que la proporción de hembras vírgenes muestra valores muy elevados en los momentos de inicio y final de las picos de capturas, pudiendo ser debido a movimientos migratorios de la especie.
- 12.- El modelo de simulación empleado en la fenología de *S. exigua* no se ajustó de forma idónea a los datos reales para Almería y Granada. Esto indica que las variables consideradas en el modelo son insuficientes para nuestras condiciones. Sin embargo el modelo ha permitido establecer la existencia de una gran incidencia de los adultos inmigrantes en nuestra zona del sureste de España.
- 13.- Existe una baja incidencia de enemigos naturales de *S. exigua* en invernaderos en Almería, habiéndose encontrado solamente dos especies de parasitoides (*Hyposoter didymator* y *Sinophorus* sp. (Hym.; Ichneumonidae) y un entomopatógeno, el virus de la poliedrosis nuclear de *Spodoptera exigua* (VPNSe), con niveles de control natural del 2.56% por parasitoides y 4.99% por el VPNSe.
- 14.- La distribución de los estados inmaduros en cultivo de pimiento, muestra una tendencia de las hembras a depositar un solo plastón de huevos por planta, mientras que para larvas, éstas se distribuyen de forma agrupada en las mismas, con tendencia a dispersarse a las plantas vecinas.
- 15.- La distribución dentro de las plantas de pimiento de huevos y larvas, localizan los primeros preferentemente en el envés de las hojas de la parte baja de la planta, mientras que las larvas se detectan en su mayoría en las hojas, flores y frutos del tercio alto de la misma.
- 16.- El análisis económico de los costes del control químico de *Spodoptera exigua* en cultivos de pimiento en invernadero, muestra una baja influencia respecto a los costes totales de producción. Ello justifica la excesiva utilización del control químico contra esta plaga, utilizando además insecticidas de alta toxicidad.
- 17.- Los ensayos de eficacia realizados con insecticidas biológicos y biorracionales, muestran unos valores de eficacia bastante buenos, permitiendo su empleo para el control de *S. exigua* en sustitución de materias activas más perjudiciales para el medio ambiente y/o aplicadores.



## **9. BIBLIOGRAFÍA**





## 9. BIBLIOGRAFÍA

- AARVIK, L., 1981. The migrant moth *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera, Noctuidae) recorded in Norway. **Fauna norv. Ser. B**, **28**: 90-92.
- ADLER, P.H.; WILLEY, M.B.; BOWEN, M.R., 1991. Temporal oviposition patterns of *Heliothis zea* and *Spodoptera ornithogalli*. **Entomol. exp. appl.**, **58**: 159-164.
- ALDEBIS, H.K.; VARGAS, E.; SANTIAGO-ÁLVAREZ, C., 1988. Respuesta de *Spodoptera littoralis* (Boisduval) (Lepidoptera: Noctuidae) al flufenoxuron, un regulador del crecimiento de los insectos, aplicado a larvas de quinto estadio. **Bol. San. Veg. Plagas**, **14**: 157-161.
- AL-FAZAIRY, A.A., 1986. Natural microsporidian infection in laboratory colonies of *Spodoptera* spp. **Insect Science and this Application**, **7**: 701-705.
- ALI, A.; GAYLOR, M.J., 1992. Effects of temperature and larval diet on development of the beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). **Environ. Entomol.**, **21**: 780-786.
- ALI, A.; LUTTRELL, R.G.; PITRE, H.N.; DAVIS, F.M., 1989. Distribution of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) egg masses on cotton. **Environ. Entomol.**, **18**: 881-885.
- ALVARADO-RODRIGUEZ, B., 1987. Parasites and diseases associated with larvae of beet armyworm *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae), infesting processing tomatoes in Sinaloa, México. **Florida Entomologist**, **70**: 444-449.
- AL-ZUBAIDI, F.A.; CAPINERA, J.L., 1984. Utilization of food and nitrogen by the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), in relation to food type and dietary nitrogen levels. **Environ. Entomol.**, **13**: 1604-1608.
- AL-ZUBAIDI, F.A.; CAPINERA, J.L., 1986. The effects of different types of food on the biology of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hubn.) (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Biological Sciences Research**, **17**: 153-160.
- AUDA, M.; EL-SAIDY, M.F.; DEGHEELE, D., 1991. Toxicity, retention and distribution of [<sup>14</sup>C]hexaflumuron in the last larval instar of *Leptinotarsa decemlineata*, *Spodoptera littoralis* and *Spodoptera exigua*. **Pestic. Sci.**, **32**: 419-426.
- BAKI, A.; ALI, M.H.; AL-JUBURY, A.R.Y., 1988. [Bioassay of certain insecticides against larvae of beet armyworm *Spodoptera exigua* (Hub.) (Lepidoptera: Noctuidae)]. **Mesopotamia Journal of Agriculture**, **20**: 345-363 (en árabe con resumen en inglés).
- BATTU, G.S., 1986. Nuclear polyhedrosis virus infection of lucerne caterpillar, *Laphygma exigua* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Research, Punjab Agricultural University**, **23**: 455-457.
- BAUMGÄRTNER, J.; GUTIERREZ, A.P., 1989. Simulation techniques applied to crops and pest models. **EN: CAVALLORO, R.; DELUCCHI, V. (Eds.). Parasitis 88. Proceedings of a Scientific Congress. Barcelona 25-28 de octubre 1988. Bol. San. Veg., fuera de serie 17: 175-214.**
- BEEGLE, C.C.; YAMAMOTO, T., 1992. History of *Bacillus thuringiensis* Berliner research and development. **Can. Ent.**, **124**: 587-616.
- BELDA, J., 1985. Estudios citotaxonómicos en saltamontes del género *Chorthippus*. Memoria de Licenciatura. Fac. Ciencias, Univ. Granada. 55 pp., 19 Fig.

BELDA, J., 1990a. Seguimiento y estudio de poblaciones de *Spodoptera exigua* (Lep.; Noctuidae) en cultivo de sandía en invernadero. **Memoria anual del Servicio de Protección de los Vegetales de Almería** . 6 pp.

BELDA, J., 1990b. Seguimiento de *Spodoptera exigua* en cultivo de pimiento en invernadero. **Memoria anual del Servicio de Protección de los Vegetales de Almería**. 13 pp.

BELDA, J., 1991a. Planificación y utilización de la información para el control de plagas y enfermedades: Insectos y ácaros. **Phytoma-España**, **28**: 23-27.

BELDA, J., 1991b. Lepidópteros. EN: GARIJO ALBA, C. et al.(Eds.). **Plagas del tomate. Bases para el control integrado**. Dir. Gral. de Sanidad de la Producción Agraria. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid: 53-74.

BELDA, J.E., 1992. Trips (*F. occidentalis*) - TSWV: Detección, evolución y situación actual en campo en Andalucía. Medidas tomadas, resultados y conclusiones. **Actas Jornadas técnicas sobre trips/virus del bronceado (TSWV)**. Murcia, 26-27 febrero. 41-45.

BELDA, J.; CABELLO, T., 1992. Áfidos plaga (Homoptera: Aphididae) en cultivos hortícolas bajo plástico. EN: F.I.A.P.A. (Ed.) **Curso de Protección Vegetal en Cultivos Bajo Plástico**: (en Prensa).

BELDA, J.E.; GUERRERO, L., 1992. Evaluation of some insecticides against beet armyworm (*Spodoptera exigua*) in watermelon. **Tests of Agrochemicals and cultivars 13, (Ann. Appl. Biol. 120 Suppl.)**: 12-13.

BELLÉS, X. (Ed.), 1988. **Insecticidas biorracionales**. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. 405 pp.

BENEDICT, J.H.; ALTMAN, D.W.; UMBECK, P.F.; RING, D.R., 1992. Behaviour, growth, survival, and plant injury by *Heliothis virescens* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae) on transgenic *Bt* cottons. **J. Econ. Entomol.**, **85**: 589-593.

BIRLEY, M., 1977. The estimation of insect density and instar survivorship functions from census data. **J. Anim. Ecol.**, **46**: 497-510.

BREWER, M.J.; TRUMBLE, J.T., 1991. Inheritance and fitness consequences of resistance to fenvalerate in *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). **J. Econ. Entomol.**, **84**: 1638-1644.

BREWER, J.M.; TRUMBLE, J.T.; ALVARADO-RODRIGUEZ, B.; CHANEY, W.E., 1990. Beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) adult and larval susceptibility to three insecticides in managed habitats and relationship to laboratory selection for resistance. **J. Econ. Entomol.**, **83**: 2136-2146.

BROWN, E.S.; DEWHURST, C.F., 1975. The genus *Spodoptera* (Lepidoptera, Noctuidae) in Africa and the Near East. **Bull. ent. Res.**, **65**: 221-262.

BURKETT, G.R.; SCHNEIDER, J.C.; DAVIS, F.M., 1983. Behaviour of the tomato fruitworm, *Heliothis zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae), on tomato. **Environ. Entomol.**, **12**: 905-910.

BYERLY, K.F.; GUTIERREZ, A.P.; JONES, R.E.; LUCK, R.F., 1978. A comparison of sampling methods for some arthropod populations in cotton. **Hilgardia**, **46**: 257-282.

CABALLERO, P.; VARGAS-OSUNA E.; ALDEBIS, H.K.; SANTIAGO-ÁLVAREZ, C., 1990. Parásitos asociados a poblaciones naturales de *Spodoptera littoralis* Boisduval y *S. exigua* Hb. (Lepidoptera: Noctuidae). **Bol. San. Veg. Plagas**, **16**: 91-96.

CABALLERO P.; ALDEBIS, H.K.; VARGAS-OSUNA, E.; SANTIAGO-ÁLVAREZ, C., 1992a. Epizootics caused by a nuclear polyhedrosis virus in populations of *Spodoptera exigua* in southern Spain. **Biocontrol Science and Technology**, 2: 35-38.

CABALLERO P.; ZUIDEMA, D.; SANTIAGO-ÁLVAREZ, C.; VLAK, J.M., 1992b. Biochemical and biological characterization of four isolates of *Spodoptera exigua* nuclear polyhedrosis virus. **Biocontrol Science and Technology**, 2: 145-147.

CABELLO, T., 1986. Plagas de lepidópteros en cultivos del Valle del Guadalquivir (nota preliminar). **Actas de las VIII Jornadas de la Asociación Española de Entomología**: 839-848.

CABELLO, T., 1988a. Especies de Noctuidos (Lep.: Noctuidae) de interés agrícola en la Vega de Granada y su fenología. **Actas III Congreso Ibérico de Entomología**: 925-936.

CABELLO, T., 1988b. Influencia de la temperatura y el fotoperíodo en la biología de *Trichoplusia orichalcea* F. (Lepidoptera: Noctuidae). **Bol. San. Veg. Plagas**, 14: 241-247.

CABELLO, T., 1989. Natural enemies of noctuid pests (Lep., Noctuidae) on alfalfa, corn, cotton and soybean crops in southern Spain. **J. Appl. Ent.**, 108: 80-88.

CABELLO, T.; RODRÍGUEZ, H.; VARGAS, P., 1984a. Utilización de una dieta artificial simple en la cría de *Heliothis armigera* Hüb., *Spodoptera littoralis* (Boisd.) y *Trigonophora meticulosa* Hüb. (Lep.: Noctuidae). **Anales INIA, Sr. Agr.**, 27: 101-107.

CABELLO, T.; RODRÍGUEZ, H.; VARGAS, P., 1984b. Development, longevity and fecundity of *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lep., Noctuidae) reared on eight artificial diets. **Z. ang. Ent.**, 97: 494-499.

CABELLO, T.; SALMERÓN, T., 1989. Estudios mediante trampas de feromonas sexuales y de luz de las fenologías de tres especies de noctuidos plagas (Lep.: Noctuidae) en el sureste de España. **Bol. San. Veg. Plagas**, 15: 225-232.

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.; CARREÑO, R.; BELDA, J., 1992. Programa en Q-basic para ajuste de distribución binomial negativa a poblaciones de artrópodos plaga. Aplicación al caso de araña roja en algodón. **Bolm. Soc. port. Ent.**, 2 (Suplemento nº 3): 107-116.

CABELLO, T.; JAIMEZ, R.; BELDA, J.; PASCUAL, F., 1993. El minador sudamericano: una nueva plaga de los cultivos hortícolas. **Hortofruticultura**, 5: 43-46.

CABELLO, T.; CAÑERO, R., 1993a. Análisis económico de la lucha química contra plagas en cultivos hortícolas en invernaderos del SE de España. **Bol. San. Veg. Plagas**, (en prensa).

CABELLO, T.; CAÑERO, R., 1993b. Mezcla de productos plaguicidas empleados en cultivos hortícolas en invernaderos en invernaderos del SE de España. Análisis de costes. **Bol. San. Veg. Plagas**, (en prensa).

CABELLO, T.; CAÑERO, R., 1994. Technical efficiency of plant protection in Spanish greenhouses. **Crop Protection**, 13: 153-159.

CAÑERO, R.; CALATRAVA, J.; CABELLO, T.; CASTILLA, N., 1994. Análisis de costes variables de la producción. **Hortofruticultura**, 2: 27-33.

CASTRO, M.; PITRE, H.; MECKENSTOCK, D., 1988. Potential for using maize as trap crop for the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), where sorghum and maize are intercropped on subsistence farms. **The Florida Entomologist**, **71**: 273-278.

CAYROL, R.A., 1972. Famille des Noctuidae. EN: BALACHOWSKY, A.S. (Ed.) **Entomologie appliquée a l'agriculture. Lépidoptères**. Tome II. Volume 2. Masson et Cie. París: 1255-1520.

CHANDLER, L.D.; PAIR, S.D.; HARRISON, W.E., 1992a. RH-5992, A new insect growth regulator active against corn earworm and fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). **J. Econ. Entomol.**, **85**: 1099-1103.

CHANDLER, L.D.; PAIR, S.D.; RAULSTON, J.R., 1992b. Effects of selected insect growth regulators on longevity and mortality of corn earworm and fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. **J. Econ. Entomol.**, **85**: 1972-1978.

CHAUFAUX, J.; FERRON, P., 1986. Sensibilité différente de deux populations de *Spodoptera exigua* Hüb. (Lepid., Noctuidae) aux baculovirus et aux pyrèthrinoïdes de synthèse. **Agronomie**, **6**: 99-104.

CHENG, E.Y.; LU, W.T.; LIN, W.G.; LIN, D.F.; TSAI, T.C., 1988. Effective control of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner), on green onion by the ovicidal action of bifenthrin. **Journal of Agricultural Reseach of China**, **37**: 320-327.

CLAVIJO, S., 1984. Efectos de la fertilización con nitrógeno y de diferentes niveles de infestación por *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) sobre los rendimientos del maíz. **Revista de la Facultad de Agronomía (Maracay)**, **13**: 73-78.

COEXPAL, 1992. Memoria de la Campaña 1991/92 de CO.EX.P.AL.

CONSEJERÍA DE AGRICULTURA Y PESCA DE LA JUNTA DE ANDALUCÍA, 1993. Memoria resumen año 1992. Del. Prov. Almería. de Andalucía. 6 pp.

DEGHEELE, D.; YI, S.X.; BAI, C., 1993. Toxicity of benzoylphenylureas to the African armyworm *Spodoptera exempta* (Walker). **Crop Protection**, **12**: 35-38.

DENT, D., 1991. **Insect pest management**. C.A.B. International. Wallingfor. 604 pp.

DIWARA, M.M.; TRUMBLE, J.T.; QUIROS, C.F.; MILLAR, J.G., 1992. Resistance to *Spodoptera exigua* in *Apium rostratum*. **Entomol. Exp. Appl.**, **64**: 125-133.

DITTRICH, V., 1987. Resistance and hormoligosis as driving forces behind pest outbreaks. EN: **Rational pesticide use. Proc. 9th Long Ashton Symp.** Cambridge University Press: 168-181.

DOMÍNGUEZ GARCÍA-TEJERO, F., 1989. **Plagas y enfermedades de las plantas cultivadas**. 8º Edición. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid: 821 pp.

ECKEL, C.S.; TERRY, L.I.; BRADLEY, J.R.; VAN DUYN, J.W., 1992. Changes in within-plant distribution of *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) on soybeans. **Environ. Entomol.**, **21**: 287-293.

EIGENBRODE, S.D.; TRUMBLE, J.T., 1993. Antibiosis to beet armyworm (*Spodoptera exigua*) in *Lycopersicon* accesions. **Hortscience**, **28**: 932-934.

EL-REFAI, S.A.; DEGHEELE, D., 1988. Development time of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) and the tobacco budworm, *Heliothis virescens* (F.) (Lepidoptera, Noctuidae) in function of temperature. **Mededelingen van de Faculteit Landbouwwetenschappen, Fijksuniversitei Gent**, **53**: 302-210.

E.P.P.O., 1990. Proposed insecticide/acaricide susceptibility test. IRAC method No. 7. **EPPO Bulletin**, **20**: 389-404.

ETMAN, A.A.M., 1989. On some factors influencing the population dynamics of *Spodoptera littoralis* (Boisd.), *Sp. exigua* (Hbn.), *Syngrapha circumflexa* (L.), *Autographa gamma* L., and *Heliothis armigera* (Hbn.) (Lep., Noctuidae) in Egypt. **J. Appl. Ent.**, **108**: 182-190.

FISK, T.; WRIGHT, D.J., 1992. Speed of action and toxicity of acylurea insect growth regulators against *Spodoptera exempta* (Walk.) and *Spodoptera littoralis* (Boisd.) larvae: effect of inter-moult age. **Pestic. Sci.**, **35**: 331-337.

FRENCH, R.A., 1969. Migration of *Laphygma exigua* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) to the British isles in relation to large-scale weather systems. **J. Anim. Ecol.**, **38**: 199-210.

FYE, R.E., 1979. **Insect diapause: field and insectary studies of six lepidopterous species**. U.S. Department of Agriculture. Agricultural Research Results. ARR-W-7. Oakland: 51 pp.

FYE, R.E.; McADA, W.C., 1972. Laboratory studies on the development, longevity and fecundity of six lepidopterous pests of cotton in Arizona. **USDA Tech. Bull. No. 1454**. 73 pp.

GARCÍA-MARÍ, F., 1992. **Control Integrado de Plagas**. Dpto. Producción Vegetal. E.T.S.I.A. Servicio de Publicaciones de la Universidad Politécnica de Valencia. 159 pp.

GARCÍA-MARÍ, F.; COSTA-COMELLES, J., 1992. Estudio de la distribución y desarrollo de un método de muestreo de poblaciones de *Panonychus ulmi* (Koch) en manzano. **Bol. San. Veg. Plagas**, **18**: 101-114.

GELERNTER, W.E.; TOSCANO, N.C.; KIDO, K.; FEDERICI, B.A., 1986. Comparison of a nuclear polyhedrosis virus and chemical insecticides for control of the beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on head lettuce. **J. Econ. Entomol.**, **79**: 714-717.

GERBER, G.H.; WALKOF, J., 1992. Phenology and reproductive status of adult redbacked cutworms, *Euoxa ochrogaster* (Guenée) (Lepidoptera: Noctuidae), in southern Manitoba. **Can. Ent.**, **124**: 541-551.

GETZ, W.M.; GUTIERREZ, A.P., 1982. A perspective of systems analysis in crop production and insect pest management. **Ann. Rev. Entomol.**, **27**: 447-466.

G.M.S.E. (GRUPO DE MODELOS Y SISTEMAS EXPERTOS), 1992. **Modelos y sistemas expertos en Agricultura**. Seminario de Modelos de Simulación y sistemas expertos en Agricultura. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes. Universidad de Córdoba. Córdoba 29-31 de octubre: 12 pp.

GÓMEZ BUSTILLO, M.R.; ARROYO VARELA, M., 1981. **Catálogo sistemático de los Lepidópteros Ibéricos**. Ministerio de Agricultura y Pesca. Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias. Madrid: 499 pp.

GONZÁLEZ, J.L.; HERNÁNDEZ, J.M., 1990. Programa en BASIC para el cálculo de grados días. **Bol. San. Veg. Plagas**, **16**: 159-164.

GOULD, H.J., 1987. Protected crops. **EN**: BURN, A.J. *et al.* (Eds.). **Integrated pest management**. Academic Press. London: 403-424.

GRISWOLD, M.J.; TRUMBLE, J.T., 1985a. Responses of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) larvae to light. **Environ. Entomol.**, **14**: 650-653.

GRISWOLD, M.J.; TRUMBLE, J.T., 1985b. Consumption and utilization of celery, *Apium graveolens*, by the beet armyworm *Spodoptera exigua*. **Entomol. Exp. Appl.**, **38**: 73-79.

HENDRIX III, W.H.; SHOWERS, W.B., 1990. Evaluation of different colored bucket traps for black cutworm and armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). **J. Econ. Entomol.**, **83**: 596-598.

HERTING, B.; SIMMONDS, F.J., 1976. **A catalogue of parasites and predators of terrestrial arthropods. Vol. VII. Lepidoptera, Part 2 (Macrolepidoptera)**. C.A.B. England. 221 pp.

HILL, D.S., 1987. **Agricultural insect pests of temperate regions and their control**. Cambridge University Press. Cambridge.: 659 pp.

HOGG, D.B.; GUTIERREZ, A.P., 1980. A model of the flight phenology of the beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in central California. **Hilgardia**, **48**: 1-36.

HOFFMANN, M.P.; ZALOM, F.G.; WILSON, L.T.; SMILANICK, J.M.; MALYJ, L.D.; KISER, J.; HILDER, V.A.; BARNES, W.M., 1992. Field evaluation of transgenic tobacco containing genes encoding *Bacillus thuringiensis*  $\delta$ -endotoxin or cowpea trypsin inhibitor: Efficacy against *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae). **J. Econ. Entomol.**, **85**: 2516-2522.

HUNG, S.-Y.; BOUCIAS, D.G., 1992. Influence of *Beauveria bassiana* on the cellular defense response of the beet armyworm, *Spodoptera exigua*. **J. Invertebr. Pathol.**, **60**: 152-158.

IGNOFFO, C.M.; GARCÍA, C., 1987. Susceptibility of six species of noctuid larvae to a biotype of *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson from Thailand (Lepidoptera: Noctuidae). **J. Kansas Entomol. Soc.**, **60**: 156-158.

IGNOFFO, C.M.; GARCÍA, C., 1992. Combinations of environmental factors and simulated sunlight affecting activity of inclusion bodies of the *Heliothis* (Lepidoptera: Noctuidae) Nucleopolyhedrosis Virus. **Environ. Entomol.**, **21**: 210-213.

IWAO, S., 1968. A new regression method for analyzing the aggregation pattern of animal populations. **Res. Popul. Ecol.**, **10**: 1-20.

JEFFERS, J.N.R., 1991. **Modelos en ecología**. Oikos-tau. Barcelona. 96 pp.

JENNRICH, R.; SAMPSON, P., 1990. 7M Stepwise Discriminant Analysis EN: DIXON, W.J. (Ed.) **BMDP Statistical Software Manual. Volume 1**. University of California Press. Berkeley: 339-358.

JOHNSON, C.G., 1969. **Migration and dispersal of insects by flight**. Methuen & Co. Ltd. London. 763 pp.

JOHNSON, M.T.; GOULD, F., 1992. Interaction of genetically engineered host plant resistance and natural enemies of *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) in tobacco. **Environ. Entomol.**, **21**: 586-597.

JOHNSON, N.L.; KOTZ, S., 1969. **Discrete distributions**. J. Wiley & Sons. New York. 328 pp.

JØRGENSEN, S.E., 1988. **Fundamentals for ecological modelling**. Elsevier. Amsterdam: 391 pp.

JOYCE, J.A.; OTTENS, R.J.; HERZOG, G.A.; BASS, M.H., 1988. Synergism of pyrethroids by piperomyl butoxide and MGK-265 against *Heliothis virescens*, *Spodoptera exigua*, and *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). **Journal of Entomological Science**, **23**: 229-233.

KITCHING, R.L., 1991. Modelling. EN: ZALUCKI, M.P. (Ed.). **Heliothis: Research methods and prospects**. Springer-Verlag. New York: 171-188.

KOLODNY-HIRSCH, D.M.; WARKENTIN, D.L.; ALVARADO-RODRIGUEZ, B.; KIRKLAND, R., 1993. *Spodoptera exigua* Nuclear Polyhedrosis Virus as a candidate viral insecticide for the beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). **J. Econ. Entomol.**, **86**: 314-321.

KREBS, C.J., 1989. **Ecological methodology**. Harper & Row, Publ. New York. 654 pp.

KURDOV, M., 1986. [Prognosis of massive multiplication of the samll ground moth *Spodoptera exigua* Hbn. (*Laphygma exigua* Hbn.) in Turkmenia]. **Izvestiya Adademii Nauk Turkmenskoi SSR, Biologicheskikh Nauk 1**: 25-28 (en ruso con resumen en inglés).

KURDOV, M., 1987. [Forecasting of mass reproduction of the lesser cotton worm *Spodoptera exigua* Hbn. (*Laphygma exigua* Hbn.) in Turkmenistan]. **Izvestiya Akademii Nauk Turkmenskoi SSR, Biologicheskikh Nauk 2**: 70-73 (en ruso con resumen en inglés).

LEVINE, E., 1989. Forecasting *Hydraecia immanis* (Lepidoptera: Noctuidae) moth phenology based on light trap catches and degree-day accumulations. **J. Econ. Entomol.**, **82**: 433-438.

LUCK, R.F., 1984. Principles of arthropod predation. **EN**: HUFFAKER, C.B.; RABB, R.L. (Eds.). **Ecological entomology**. Wiley-Interscience. New York: 497-529.

MARCO, V.; VIÑUELA, E.; DEL ESTAL, P.; BUDÍA, F.; ADÁN, A.; JACAS, J., 1993. Efectos del RCI hexaflumuron, sobre larvas de último estadio de *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lep.; Noctuidae). Comparación de las actividades por contacto e ingestión. **Bol. San. Veg. Plagas** (en prensa).

MATEO-BOX, J.M., 1992. El pimiento. **Hotofruticultura**, **7-8**: 5.

McCUTCHEON, G.S.; HARRISON, W., 1987. Host range and development of *Microplitis rufiventris* (Hymenoptera: Braconidae), an imported parasitoid of several lepidopterous pests. **Environ. Entomol.**, **16**: 855-858.

McNALLY, P.S., 1983. Monitoring beet armyworm: Traps and heat units help second-guess this pest. **American Vegetable Grower**, March: 12.

MEADE, T.; HARE, J.D., 1993. Effects of differential host plant consumption by *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) on *Bacillus thuringiensis* efficacy. **Environ. Entomol.**, **22**: 432-437.

MICO, V.; LABORDA, R.; GARCÍA-MARÍ, F.; SOTO, T.; COSTA-COMELLES, J., 1992. Distribución de las poblaciones del ácaro rojo *Panonychus citri* McGregor en agrios. **Bol. San. Veg. Plagas**, **18**: 45-55.

MICROSOFT®, 1988. Quick-Basic 4.50 for IBM® Personal Computers and Compatibles. Microsoft Corporation.

MIKKOLA, K., 1970. The interpretation of long-range migrations of *Spodoptera exigua* Hb. (Lepidoptera: Noctuidae). **J. Anim. Ecol.**, **39**: 593-598.

MOAR, W.J.; TRUMBLE, J.T., 1987a. Toxicity, join action, and mean time of mortality of dipel 2X, avermectin B<sub>1</sub>, neem, and thuringiensis against beet armyworms (Lepidoptera: Noctuidae). **J. Econ. Entomol.**, **80**: 588-592.

MOAR, W.J.; TRUMBLE, J.T., 1987b. Biologically derived insecticides for use against beet armyworm. **California Agriculture**, **41**: 13-15.

MONTHÉAN, C.; POTTER, D.A., 1992. Effects of RH 5849, a novel insect growth regulator, on japesse beetle (Coleoptera: Scarabaeidae) and fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in turfgrass. **J. Econ. Entomol.**, **85**: 507-513.

MORENO, R.; TÉLLEZ, M.M.; BENÍTEZ, E.; GÓMEZ, J.; RODRÍGUEZ, M.D.; SÁEZ, E.; BELDA, J.; CAÑERO, R.; CABELLO, T., 1993. Lucha integrada: aplicación en los cultivos bajo plástico del Sur de España. **Hortofruticultura**, 1: 41-54.

NAULT, B.A.; ALL, J.N.; BOERMA, H.R., 1992. Resistance in vegetative and reproductive stages of a soybean breeding line to three defoliating pests (Lepidoptera: Noctuidae). **J. Econ. Entomol.**, 85: 1507-1515.

NORGAARD, R.B., 1976. The economics of improving pesticide use. **A. Rev. Entomol.**, 21: 45-60.

OATMAN, E.R.; PLATNER, G.R.; WYMAN, J.A.; VAN STEENWYK, R.A.; JOHNSON, M.W.; BROWNING, H.W., 1983. Parasitization of lepidopterous pests on fresh market tomatoes in Southern California. **J. Econ. Entomol.**, 76: 452-455.

PEARSON, A.C.; SEVACHERIAN, V.; BALLMER, G.R.; VAIL, P.V.; HENNEBERRY, T.J., 1988. Spring annual hosts of five noctuid pests in the Imperial valley of California (Lepidoptera: Noctuidae). **J. Kansas Entomol. Soc.**, 61: 464-470.

PIELOU, E.C., 1977. **Mathematical ecology**. J. Wiley & Sons. New York.

PITRE, H.N., 1986. Chemical control of the fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae): an update. **The Florida Entomologist**, 69: 570-578.

PITRE, H.N.; HOGG, D.B., 1983. Development of the fall armyworm on cotton, soybean and corn. **J. Georgia Entomol. Soc.**, 18: 182-187.

POWELL, P.; BASS, M.H., 1975. Beet armyworm: dosage-mortality studies on California and Florida Strains. **J. Econ. Entomol.**, 68: 813-814.

RABBINGE, G.; CARTER, N., 1983. Application of simulation models in the epidemiology of pests and diseases: An introductory review. **WPRS Bulletin**, 6: 18-30.

RABBINGE, G.; WIT, C.T. de, 1989. Systems, models and simulation. **EN: RABBINGE, R.; WARD, S.A.; LAAR, H.H. van (Eds.). Simulation and systems management in crop protection**. Pudoc. Wageningen: 3-15.

REICHELDERFER, K.H.; CARLSON, G.A.; NORTON, G.A., 1985. Directrices económicas para la lucha contra las plagas en la agricultura. **Estudio FAO. Producción y Protección Vegetal**, 58: 93 pp.

RICHARDS, O.W.; DAVIES, R.G., 1983. **Tratado de entomología de Imms. Vol. I: Estructura, fisiología y desarrollo**. Ed. Omega. Barcelona, 438 pp.

RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, M.D., 1988. Inventario de artrópodos recogidos e identificados en Almería. **Phytoma-España**, 4: 40-57.

RODRÍGUEZ, M.D.; BELDA, J.E., 1989. Trips en los cultivos hortícolas protegidos (*Frankliniella occidentalis* Pergande). **Monografía Dir. Gral. Agr., Gan. y Montes Junta de Andalucía**, 21 pp.

RODRÍGUEZ, M.D.; MORENO, R.; TÉLLEZ, M.M.; RODRÍGUEZ, M.P.; FERNÁNDEZ, R., 1994. *Eretmocerus mundus* (Mercet), *Encarsia lutea* (Masi) y *Encarsia transvena* (Timberlake) (Hym., Aphelinidae) parásitos de *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) en los cultivos hortícolas protegidos almerienses. **Bol. San. Veg. Plagas**, (en prensa).

SÁEZ, E., 1993a. Enfermedades producidas por virus en pimiento. **Hortofruticultura**, 5: 29-36.

SÁEZ, E., 1993b. **Virosis de cultivos hortícolas**. Monografía Dir., Gral. Inv. Tec. Form. Agroalimentaria y Pesquera. Cons. Agr. y Pesca. Junta de Andalucía. Informaciones Técnicas 23/93. 23 pp.



SALAMA, H.S.; SALEH, M.R.; MOAWED, S; SHAMS EL-DIN, A.S., 1990. Evaluation of microbial and chemical insecticides for the control of *Spodoptera exigua* (Lep., Noctuidae) on soybean plants. *Anz. Schädlingskde., Pflanzenschutz, Umweltschutz*, **63**: 100-102.

SANNINO, L.; BALBIANI, A.; AVIGLIANO, M., 1986. *Spodoptera littoralis* (Boisduval) and *Spodoptera exigua* (Hub.) (Lepidoptera: Noctuidae) on tobacco in Italy. *Annali Istituto Sperimentale per il Tabacco*, **12**: 65-68.

SANNINO, L.; BALBIANI, A.; ESPINOSA, B., 1987. Osservazioni morfo-biologiche su alcune specie del genera *Spodoptera* (Lepidoptera: Noctuidae) e rapporti di parassitismo con la coltura del tabacco in Italia. *Informatore fitopatologico*, **11/87**: 29-40.

SANTIAGO-ÁLVAREZ, C., 1988. Insecticidas que inhiben la formación de la cutícula. EN: BELLÉS, X. (Ed.) *Insecticidas biorracionales*. Consejo Superior de Investigaciones Científicas. Madrid. 251-269.

SCHWARTZ, A.; GERLING, D.; ROSSLER, Y., 1980. Preliminary notes on the parasites of *Spodoptera exigua* (Hübner)(Lepidoptera: Noctuidae) in Israel. *Phytoparasitica*, **8**: 93-97.

SERVICIO DE PROTECCIÓN DE LOS VEGETALES DE ALMERÍA, 1992. Boletín Fitosanitario de Avisos e Informaciones. Cultivos Hortícolas; Control racional de plagas y enfermedades. 139 pp.

SIEGEL, J., (Ed.) 1992. *Statistix User's Manual. Version 4.0*. Analytical Software. 319 pp.

SIMMONS, A.M.; LYNCH, R.E., 1990. Egg production and adult longevity of *Spodoptera frugiperda*, *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae), and *Elasmopalpus lignosellus* (Lepidoptera: Pyralidae) on selected adult diets. *Florida Entomologist*, **73**: 665-671.

SMAGGHE, G.; DEGHEELE, D., 1993. Metabolism, pharmacokinetics, and toxicity of the first nonsteroidal ecdysteroid agonist RH 5849 to *Spodoptera exempta* (Walker), *Spodoptera exigua* (Hübner), and *Leptinotarsa decemlineata* (Say). *Pesticide Biochemistry and Physiology*, **46**: 149-160.

SMITS, P.H.; VLAK, J.M., 1988a. Biological activity of *Spodoptera exigua* nuclear polyhedrosis virus against *S. exigua* larvae. *Journal of Invertebrate Pathology*, **51**: 107-114.

SMITS, P.H.; VLAK, J.M., 1988b. Quantitative and qualitative aspects in the production of a nuclear polyhedrosis virus in *Spodoptera exigua* larvae. *Annals of Applied Biology*, **112**: 249-257.

SMITS, P.H.; VLAK, J.M., 1988c. Selection of nuclear polyhedrosis viruses as biological control agents of *Spodoptera exigua* (Lep.: Noctuidae). *Entomophaga*, **33**: 299-308.

SMITS, P.H.; van de VRIE, M.; VLAK, J.M., 1986. Oviposition of beet armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on greenhouse crops. *Environ. Entomol.*, **15**: 1189-1191.

SMITS, P.H.; van de VRIE, M.; VLAK, J.M., 1987. Nuclear polyhedrosis virus for control of *Spodoptera exigua* larvae on glasshouse. *Entomol. exp. appl.*, **43**: 73-80.

SMITS, P.H.; RIETSTRA, I.P.; VLAK, J.M., 1988. Influence of application techniques on the control beet armyworm larvae (Lepidoptera: Noctuidae) with nuclear polyhedrosis virus. *J. Econ. Entomol.*, **81**: 470-475.

SOUTHWOOD, T.R.E., 1978. *Ecological methods: with particular reference to the study of insect populations*. Chapman & Hall. 2<sup>a</sup> Ed. London. 524 pp.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H., 1985. *Bioestadística. Principios y procedimientos*. 2<sup>a</sup> Ed. McGraw-Hill. 662 pp.

STONE, T.B.; SIMS, S.R., 1993. Geographic susceptibility of *Heliothis virescens* and *Helicoverpa zea* (Lepidoptera: Noctuidae) to *Bacillus thuringiensis*. **J. Econ. Entomol.**, **86**: 989-994.

STUDDERT, J.P.; KAYA, H.K., 1990. Water potential, temperature, and clay-coating of *Beauveria bassiana* conidia: effect on *Spodoptera exigua* pupal mortality in two soil types. **J. Invertebr. Pathol.**, **56**: 327-336.

SUNDERLAND, K.D.; CHAMBERS, R.J.; HELYER, N.L.; SOPP, P.I., 1992. Integrated pest management of greenhouse crops in northern Europe. **Horticultural Reviews**, **13**: 1-66.

TAKAI, M.; WAKAMURA, S., 1990. [Control of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), using synthetic sex pheromone. II. Effect of communication disruption in the greenhouse and combination effect with light-trap]. **Jpn. J. Appl. Ent. Zool.**, **34**: 115-120 (en japonés con resumen en inglés).

TAYLOR, P.S.; SHIELDS, E.J., 1990. Development of the armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) under fluctuating daily temperature regimes. **Environ. Entomol.**, **19**: 1422-1431.

TRUMBLE, J.T.; BAKER, T.C., 1984. Flight phenology and pheromone trapping of *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) in southern coastal California. **Environ. Entomol.**, **13**: 1278-1282.

TRUMBLE, J.T.; MOAR, W.J.; BABU, J.R.; DYBAS, R., 1987. Laboratory bioassays of the acute and antifeedant effects of avermectin B<sub>1</sub> and a related analogue on *Spodoptera exigua* (Hübner). **J. Agric. Entomol.**, **4**: 21-28.

VAN DEN BOS, J., 1983. Experiences with pheromonal trapping of Lepidoptera in greenhouses. **Bull. IOBC/OILB VI**; **3**: 196-202.

VAN LAECKE, K.; DEGHEELE, D., 1991. Detoxification of diflubenzuron and teflubenzuron in the larvae of the beet armyworm (*Spodoptera exigua*) (Lepidoptera: Noctuidae). **Pestic. Biochem. Physiol.**, **40**: 181-190.

VAN LAECKE, K.; DEGHEELE, D., 1993. Effect of insecticide-synergist combinations on the survival of *Spodoptera exigua*. **Pestic. Sci.**, **37**: 283-288.

VAUGHN, J.L., 1974. Virus and rickettsial diseases. **EN**: CANTWELL, G.E. (Ed.). **Insect diseases Vol. I**. Marcel Dekker Inc., New York: 49-84.

VIÑUELA, E.; MARCO, V., 1993. Evaluación en laboratorio de la actividad del RCI hexaflumuron sobre pupas de *Ephestia kuehniella* Zeller (Lep.; Pyralidae) y *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lep.; Noctuidae). **Bol. San. Veg. Plagas** (en prensa).

WAKAMURA, S., 1988. [Rearing of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), on an artificial diet in the laboratory]. **Jpn. J. Appl. Ent. Zool.**, **32**: 329-331 (en japonés con resumen en inglés).

WAKAMURA, S., 1989. [Mating behavior of the beet armyworm moth, *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)]. **Jpn. J. Appl. Ent. Zool.**, **33**: 31-33 (en japonés con resumen en inglés).

WAKAMURA, S., 1990. [Reproduction of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), and influence of delayed mating]. **Jpn. J. Appl. Ent. Zool.**, **34**: 43-48 (en japonés con resumen en inglés).

WAKAMURA, S.; TAKAI, M., 1990. [Control of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), using synthetic sex pheromone. III. Effect of synthetic sex pheromone on recapture rate of virgin and mated females using the light trap]. **Jpn. J. Appl. Ent. Zool.**, **34**: 161-163 (en japonés con resumen en inglés).

WAKAMURA, S.; TAKAI, M.; KOZAI, S.; INOUE, H.; YAMASHITA, I.; KAWAHARA, S.; KAWAMURA, M., 1989. [Control of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), using synthetic sex pheromone. I. Effect of communication disruption in Welsh onion fields]. **Appl. Ent. Zool.**, **24**: 387-397. (en japonés con resumen en inglés).

WAKAMURA, S.; TAKAI, M.; YAMAMOTO, A.; INOUE, H.; KAWAMURA, M., 1990. Control of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), using synthetic sex pheromone. IV. Effect of communication disruption in Welsh onion fields in 1988. **Appl. Ent. Zool.**, **25**: 320-323.

WATT, K.E.F., 1961a. Use of a computer to evaluate alternative insecticidal programs. **Science**, **133**: 706-707.

WATT, K.E.F., 1961b. Mathematical models for use in insect pest control. **Can. Ent.**, **suppl. 19**: 62 pp.

WATT, K.E.F., 1963. Dynamic programming, "look ahead programming" and the strategy of insect pest control. **Can. Ent.**, **95**: 525-536.

WATT, K.E.F., 1964. The use of mathematics and computers to determine optimal strategy and tactics for a given pest control problem. **Can. Ent.**, **95**: 202-220.

WILLIAMS, W.P.; BUCKLEY, P.M., 1992. Growth of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) larvae on resistant and susceptible corn. **J. Econ. Entomol.**, **85**: 2039-2042.

WILSON, L.T.; ZALOM, F.G.; SMITH, R.; HOFFMANN, M.P., 1983. Monitoring for fruit damage in processing tomatoes: use of a dynamic sequential sampling plan. **Environ. Entomol.**, **12**: 835-839.

WISEMAN, B.R.; PITRE, H.N.; FALES, S.L.; DUNCAN, R.R., 1986. Biological effects of developing sorghum panicles in a meridic diet on fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) development. **J. Econ. Entomol.**, **79**: 1637-1640.

YANG, G.A., 1986. [A preliminary study on *Euplectus bicolor*]. **Natural Enemies of Insects**, **8**: 101-103.

YASUNAGA, C.; FUNAKOSHI, M.; KAWARABATA, T.; ARATAKE, Y.; IWANO, H., 1992. [Isolation and characterization of *Nosema bombycis* (Microsporidia: Nosematidae) from larvae of beet armyworm, *Spodoptera exigua*]. **Jpn. J. Appl. Entomol. Zool.**, **36**: 127-134 (en japonés con resumen en inglés).

YOSHIDA, H.A.; PARRELLA, M.P., 1987. The beet armyworm in floricultural crops. **California Agriculture**, **41**: 13-15.

YOSHIDA, H.A.; PARRELLA, M.P., 1991. Chrysanthemum cultivar preferences exhibited by *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). **Environ. Entomol.**, **20**: 160-165.

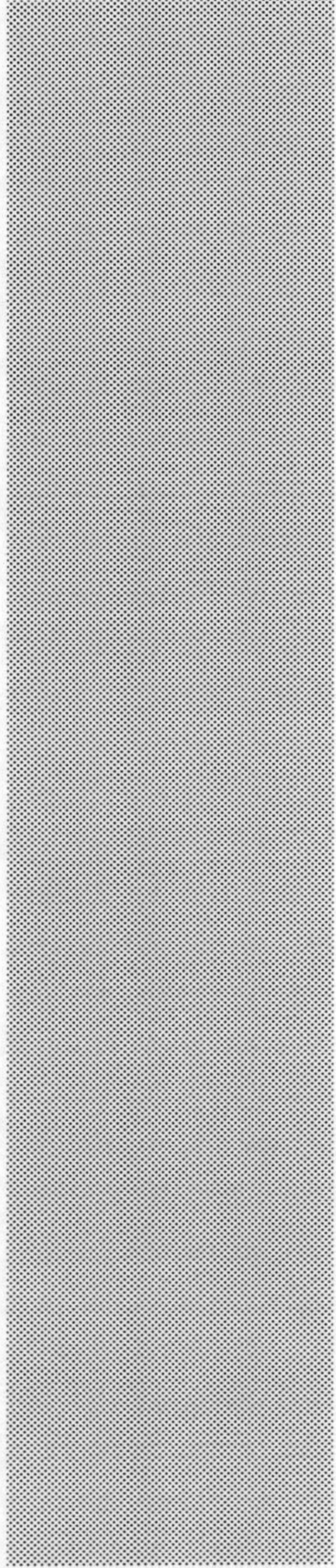
YOSHIDA, H.A.; PARRELLA, M.P., 1992. Development and use of selected chrysanthemum cultivars by *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae). **J. Econ. Entomol.**, **85**: 2377-2382.

ZAJAC, M.A.; HALL, F.R.; WILSON, M.C., 1989. Heat unit model for the development of meadow spittlebug (Homoptera: Cercopidae) on strawberry. **Environ. Entomol.**, **18**: 347-350.

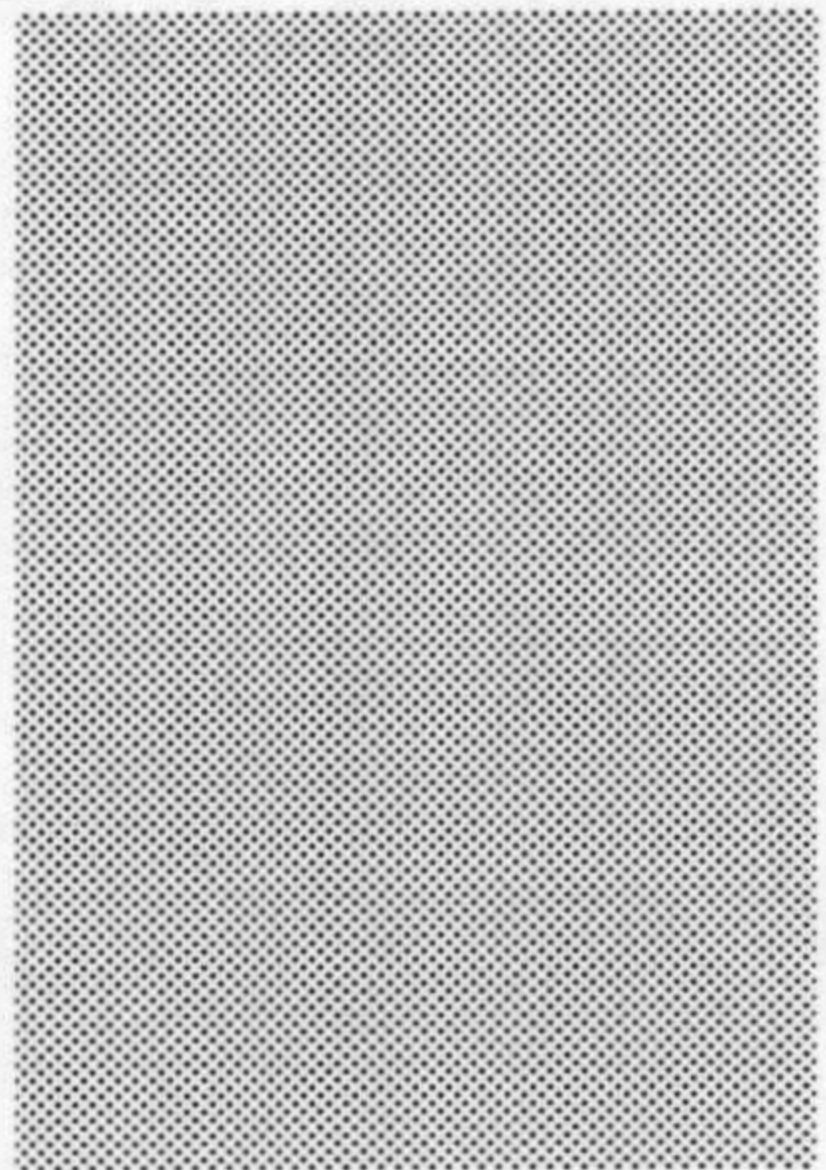
ZALOM, F.G.; WILSON, L.T.; SMITH, R., 1983. Oviposition patterns by several lepidopterous pests on processing tomatoes in California. **Environ. Entomol.**, **12**: 1133-1137.

ZALOM, F.G.; WILSON, L.T.; HOFFMANN, M.P., 1986. Impact of feeding by tomato fruitworm, *Heliothis zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae), and beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), on processing tomato fruit quality. **J. Econ. Entomol.**, **79**: 822-826.

ZALOM, F.G. (Dir.), 1990. **Integrated pest management for tomatoes**. Division of Agriculture and Natural Resources. University of California. Publ. no. 3274. Oakland: 105 pp.



**ANEJOS**



## ANEJO I. LISTADO DEL PROGRAMA INFORMÁTICO

### PROGRAMA PRINCIPAL

```
10 '#####
'
'          UNIVERSIDAD DE GRANADA
'          TESIS DOCTORAL
' BIOLOGIA, ECOLOGIA Y CONTROL DE SPODOPTERA EXIGUA (LEPIDOPTERA, NOCTUIDAE)
'          EN CULTIVO DE PIMIENTO EN INVERNADERO.
'          DOCTORANDO: JOSE E. BELDA SUAREZ
'          DIRECTOR DE TESIS: T. CABELLO
'          CODIRECTOR DE TESIS: F. PASCUAL                JUNIO/1994
'#####
'
'*****
'PROGRAMA SIMFENSE DESARROLLADO Y MODIFICADO DEL DE HOGG Y GUTIERREZ (1980).
'LOS DATOS INICIALES SON LAS TEMPERATURAS MAXIMAS Y MINIMAS DIARIAS, ASI
'COMO EL NUMERO INICIAL DE ADULTOS.
'EL PROGRAMA ESTA ADAPTADO A LAS CONDICIONES DEL SURESTE DE ESPAÑA Y HA SIDO
'ESCRITO PARA SU APLICACION POR SEMANAS DEL AÑO NATURAL.
'*****
'
DECLARE SUB DATOSCLIMATICOS (semana, semanaultima, TMAX(), TMIN())
DECLARE SUB TMPSUM (semana, semanaultima, TMAX(), TMIN(), GDINMADUROS(), GDADULTOS())
DECLARE SUB DATOSINICIALES (CAPTAR(), parametro, semana, semanainicial, semanaultima, TMAX(),
TMIN(), GDINMADUROS(), GDADULTOS(), capturainicial, noinadultos, porcentajehembras)
DECLARE SUB DESARROLLO (noinadultos, ipaso, iviejo, inuevo, parametro, AA, SPEXNUMDIA(),
SPEXEDADDIA(), GDADULTOSDIA(), GDINMADUROS(), TMAXDIA(), TMINDIA(), NINMADUROS(),
INMADUROSEDADDIA(), NADULTOSDIA(), ADULTOSEDADDIA())
DECLARE SUB OVIPOSICION (lpaso, lviejo, lnuevo, AA, TMAXDIA(), NADULTOSDIA(), ADULTOSEDADDIA(),
GDADULTOSDIA(), SPEXNUMDIA(), RATIOSEXOSDIA())
DECLARE SUB CALCULO (iviejo, inuevo, lviejo, lnuevo, AA, NHNUEVOSDIA(), NHVIEJOSDIA(),
NLARVASDIA(), NPUPASDIA(), HEMBRASPREOVDIA(), HEMBRASOVIPIA(), CAPTURASUNODIA(),
CAPTURASDOSDIA(), CAPTURASTRESDIA(), CAPTURASCUATRODIA(), SPEXEDADDIA(), SPEXNUMDIA(),
RATIOSEXOSDIA(), NADULTOSDIA(), GDADULTOSDIA(), GDNOCHEDIA())
DECLARE SUB CONVERSION (semana, semanaultima, GDINMADUROS(), GDADULTOS(), TMAX(), TMIN(),
GDINMADUROS(), GDADULTOS(), TMAXDIA(), TMINDIA(), RATIOSEXOS(), RATIOSEXOSDIA())
DECLARE SUB DESCONVERSION (semana, semanainicial, semanaultima, NHNUEVOS(), NHNUEVOSDIA(),
NHVIEJOS(), NHVIEJOSDIA(), NLARVAS(), NLARVASDIA(), NPUPAS(), NPUPASDIAS(), NADULTOS(),
NADULTOSDIA(), SPEXNUM(), SPEXNUMDIA(), NINMADUROS(), NINMADUROS(), ADULTOSEDAD(),
ADULTOSEDADDIA(), SPEXEDAD(), SPEXEDADDIA())
DECLARE SUB SALIDA (totaldiasimulacion, titulo$, year, localizacion$, semana, semanainicial,
semanaultima, diainicial, diainicialsimulacion, diafinal, GDACUMINMADUROS(),
GDACUMADULTOSDIA(), NHNUEVOSDIA(), NHVIEJOSDIA(), NLARVASDIA(), NPUPASDIA(), NADULTOSDIA(),
CAPTURASUNODIA(), CAPTURASDOSDIA(), CAPTURASTRESDIA(), CAPTURASCUATRODIA(), TLO1SEMANA(),
TLO2SEMANA(), TLO3SEMANA(), TLO4SEMANA(), HEMBRASOVIPIA(), HEMBRASPREOVDIA())
CLS 0
COLOR 3
SOUND 350, 10
'
'*****
'          ANAGRAMA DEL PROGRAMA
'*****
'
PRINT : PRINT
PRINT *****
PRINT : PRINT
PRINT "          PROGRAMA DE SIMULACION DE LA FENOLOGIA DE SPODOPTERA EXIGUA"
PRINT : PRINT : PRINT
PRINT "          PROGRAMA SIMFENSE"
PRINT : PRINT : PRINT
PRINT "          MEDIANTE CAPTURAS EN TRAMPAS DE LUZ"
PRINT : PRINT
PRINT *****
```

```

PRINT : PRINT : PRINT : PRINT
INPUT "      PULSE S PARA CONTINUAR      (o N en caso contrario)"; SEGUIR$
  IF SEGUIR$ = "S" GOTO 460
  IF SEGUIR$ = "s" GOTO 460
GOTO 1954
'
460 *****
'INTRODUCCION DE DATOS INDICATIVOS: NOMBRE, LOCALIZACION, AÑO, SEMANA DE
'INICIO Y FINAL PARA DATOS CLIMATICOS.
*****
'
CLS 0
PRINT "-----"
COLOR 20
PRINT "      D A T O S              I D E N T I F I C A T I V O S"
COLOR 3
PRINT "-----"
PRINT
INPUT "TITULO              "; titulo$
PRINT
PRINT "-----"
PRINT
INPUT "AÑO DE LA SIMULACION "; year
PRINT
550 INPUT "LOCALIZACION      "; localizacion$
PRINT
semana = 0
INPUT "SEMANA INICIAL PARA DATOS CLIMATICOS (1-A-52) = "; semana
562 PRINT
INPUT "SEMANA FINAL PARA DATOS CLIMATICOS (1-A-52) = "; semanaultima
  IF semana < 1 GOTO 550
  IF semana > 52 GOTO 550
  IF semanaultima = semana GOTO 562
  IF semanaultima < semana GOTO 562
  IF semanaultima < 1 GOTO 562
  IF semanaultima > 52 GOTO 562
PRINT
PRINT "-----"
'
*****
'INICIALIZACION Y PUESTA A CERO DE LOS ARRAYS DE NUMEROS, EDADES Y
'TEMPERATURAS, EXPRESADOS POR SEMANAS Y DIA DE LA SEMANA.
*****
'
REDIM GDINMADUROS(semanaultima, 7)
REDIM GDADULTOS(semanaultima, 7)
REDIM TMAX(semanaultima, 7)
REDIM TMIN(semanaultima, 7)
REDIM RATIOSEXOS(semanaultima, 7)
REDIM CAPTAR(52)
FOR I = semana TO semanaultima
  FOR J = 1 TO 7
    TMAX(I, J) = 0
    TMIN(I, J) = 0
    GDINMADUROS(I, J) = 0
    GDADULTOS(I, J) = 0
    RATIOSEXOS(I, J) = 0
  NEXT J
NEXT I
FOR I = 1 TO 52
  CAPTAR(I) = 0
NEXT I
PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : PRINT
PRINT "PRESIONE CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR"
pausa$ = INPUT$(1)
CLS 0
'
*****
'SE INTRODUCEN LOS DATOS CLIMATICOS MEDIANTE EL SUBPROGRAMA CORRESPONDIENTE.
*****
'
CALL DATOSCLIMATICOS(semana, semanaultima, TMAX(), TMIN())
'

```

```
*****
'CALCULO DE LOS GRADOS-DIA PARA ESTADOS INMADUROS Y ADULTOS.
*****
|
CALL TMSUM(sem, semanultima, TMAX(), TMIN(), GDINMADUROS(), GDADULTOS())
|
*****
'ESTABLECE LOS DATOS INICIALES PARA EL COMIENZO DE LA SIMULACION.
*****
|
CALL DATOSINICIALES(CAPTAR(), parametro, semana, semanainicial, semanultima, TMAX(), TMIN(),
GDINMADUROS(), GDADULTOS(), capturainicial, noinadultos, porcentajehembras)
|
*****
'DETERMINACION DE LOS DIAS DE DURACION DE LA SIMULACION PARA DIMENSIONAMIENTO
'DE ARRAYS.
*****
|
totaldias = 0
totaldias = 7 * (semanultima - semana + 1): REM NO.DIAS DESDE INICIO DE DATOS CLIMATICOS A FINAL
DE SIMULACION
totaldiasimulacion = 0
totaldiasimulacion = 7 * (semanultima - semanainicial + 1): REM NO.DIAS DESDE INICIO A FINAL DE
SIMULACION
diainicial = 1: REM DIA INICIAL DE DATOS CLIMATICOS
diafinal = 0
diafinal = totaldias: REM DIA FINAL DE DATOS CLIMATICOS Y DE SIMULACION
diainicialsimulacion = 0
diainicialsimulacion = totaldias - totaldiasimulacion + 1: REM DIA INICIAL DE SIMULACION
|
*****
'INICIALIZACION Y PUESTA A CERO DE LOS ARRAYS DE NUMEROS, EDADES Y
'TEMPERATURAS, EXPRESADOS EN DIAS DE LA SIMULACION.
*****
|
REDIM GDNOCHEdia(totaldias)
REDIM NINMADUROSdia(totaldias)
REDIM INMADUROSEDADdia(totaldias)
REDIM NADULTOSdia(totaldias)
REDIM ADULTOSEDADdia(totaldias)
REDIM GDINMADUROSdia(totaldias)
REDIM GDADULTOSdia(totaldias)
REDIM TMAXdia(totaldias)
REDIM TMINDIA(totaldias)
REDIM RATIOSEXOSdia(totaldias)
REDIM SPEXEDADdia(totaldias)
REDIM SPEXNUMdia(totaldias)
REDIM NHVIEJOSdia(totaldias)
REDIM NHNUEVOSdia(totaldias)
REDIM NLARVASdia(totaldias)
REDIM NPUPASdia(totaldias)
REDIM HEMBRASPREOVDIA(totaldias)
REDIM HEMBRASOVIPIPIA(totaldias)
REDIM CAPTURASUNODIA(totaldias)
REDIM CAPTURASDOSDIA(totaldias)
REDIM CAPTURASTRESDIA(totaldias)
REDIM CAPTURASCUATRODIA(totaldias)
REDIM GDACUMINMADUROSdia(totaldias)
REDIM GDACUMADULTOSdia(totaldias)
FOR I = 1 TO totaldias
  NINMADUROSdia(I) = 0
  INMADUROSEDADdia(I) = 0
  NADULTOSdia(I) = 0
  ADULTOSEDADdia(I) = 0
  RATIOSEXOSdia(I) = 0
  GDINMADUROSdia(I) = 0
  GDADULTOSdia(I) = 0
  TMAXdia(I) = 0
  TMINDIA(I) = 0
  SPEXEDADdia(I) = 0
  SPEXNUMdia(I) = 0
  NHVIEJOSdia(I) = 0
  NHNUEVOSdia(I) = 0
```



```

NLARVSDIA(I) = 0
NPUPASDIA(I) = 0
HEMBRASPREOVDIA(I) = 0
HEMBRASOVIPDIA(I) = 0
CAPTURASUNODIA(I) = 0
CAPTURASDOSDIA(I) = 0
CAPTURASTRESDIA(I) = 0
CAPTURASCUATRODIA(I) = 0
GDACUMINMADUROS(DIA) = 0
GDACUMADULTOS(DIA) = 0
GDNOCHEDIA(I) = 0
NEXT I
*****
'ESPERA MIENTRAS LOS DATOS SON PROCESADOS
*****
|
LOCATE 8, 10
PRINT "#####"
LOCATE 14, 10
PRINT "#####"
LOCATE 11, 10
COLOR 20
PRINT "          LOS DATOS ESTAN SIENDO PROCESADOS"
|
*****
'CALCULA LA PROPORCION DE SEXOS DE LOS ADULTOS PARA CADA SEMANA DE LA
'SIMULACION.
*****
|
FOR I = semana TO semanaultima
  tmaxmediasem = 0
  gamma = 0
  machosporc = 0
  hembrastantoporuno = 0
  FOR J = 1 TO 7
    tmaxmediasem = tmaxmediasem + TMAX(I, J)
    gamma = tmaxmediasem / 7
    machosporc = 165.648 - (4.06884 * tmaxmediasem)
    IF tmaxmediasem > 34.5671 THEN machosporc = 25
    IF tmaxmediasem < 16.134328# THEN machosporc = 100
    hembrastantoporuno = (100 - machosporc) / 100
    IF hembrastantoporuno < 0 THEN hembrastantoporuno = 0
    RATIOSEXOS(I, J) = hembrastantoporuno
  NEXT J
NEXT I
|
*****
'TRANSFORMA LOS DATOS INICIALES Y CALCULOS REALIZADOS DE SU EXPRESION EN
'SEMANAS Y DIAS DE LA SEMANA A DIAS DE SIMULACION.
*****
|
CALL CONVERSION(semana, semanaultima, GDINMADUROS(), GDADULTOS(), TMAX(), TMIN(), GDINMADUROS(DIA),
GDADULTOS(DIA), TMAX(DIA), TMIN(DIA), RATIOSEXOS(), RATIOSEXOS(DIA))
|
*****
'CALCULA LOS GRADOS-DIA DE LA NOCHE ANTERIOR.
*****
|
FOR I = (diainicialsimulacion - 2) TO (diafinal)
  GDNOCHEDIA(I) = (GDADULTOS(DIA(I - 1))) / 2
NEXT I
|
*****
'CALCULA LOS GRADOS-DIA ACUMULADOS PARA ESTADOS INMADUROS Y ADULTOS DESDE
'EL INICIO DE LA SIMULACION.
*****
|
FOR I = diainicialsimulacion TO diafinal
  FOR J = diainicialsimulacion TO I
    GDACUMINMADUROS(DIA(I)) = GDACUMINMADUROS(DIA(I)) + GDINMADUROS(DIA(J))
    GDACUMADULTOS(DIA(I)) = GDACUMADULTOS(DIA(I)) + GDADULTOS(DIA(J))
  NEXT J
NEXT I

```

```

*****
'REALIZA LA SIMULACION MEDIANTE LOS SUBPROGRAMAS CORRESPONDIENTES.
*****
'
ipaso = 0
lpaso = 0
iviejo = diainicialsimulacion - 2
lviejo = diainicialsimulacion - 2
FOR AA = diainicialsimulacion TO diafinal
  CALL DESARROLLO(noinadultos, ipaso, iviejo, inuevo, parametro, AA, SPEXNUMDIA(), SPEXEDADDIA(),
    GDADULTOSDIA(), GDINMADUROS DIA(), TMAXDIA(), TMINDIA(), NINMADUROS DIA(),
    INMADUROSEDADDIA(), NADULTOSDIA(), ADULTOSEDADDIA())
  CALL OVIPOSICION(lpaso, lviejo, lnuevo, AA, TMAXDIA(), NADULTOSDIA(), ADULTOSEDADDIA(),
    GDADULTOSDIA(), SPEXNUMDIA(), RATIOSEXOSDIA())
  CALL CALCULO(iviejo, inuevo, lviejo, lnuevo, AA, NHNUEVOSDIA(), NHVIEJOSDIA(), NLARVASDIA(),
    NPUPASDIA(), HEMBRASPREOVDIA(), HEMBRASOVIPIA(), CAPTURASUNODIA(), CAPTURASDOSDIA(),
    CAPTURASTRESDIA(), CAPTURASCUATRODIA(), SPEXEDADDIA(),
    SPEXNUMDIA(), RATIOSEXOSDIA(), NADULTOSDIA(), GDADULTOSDIA(), GDNOCHEDIA())
NEXT AA
'
*****
'ACUMULA LOS DATOS DE CAPTURAS PARA EXPRESARLOS POR SEMANA (al dia último de la semana).
*****
'
REDIM TLO1SEMANA(semantultima)
REDIM TLO2SEMANA(semantultima)
REDIM TLO3SEMANA(semantultima)
REDIM TLO4SEMANA(semantultima)
FOR I = 1 TO semantultima
  TLO1SEMANA(I) = 0
  TLO2SEMANA(I) = 0
  TLO3SEMANA(I) = 0
  TLO4SEMANA(I) = 0
NEXT I
tlpaso = 0
tlinicio = diainicialsimulacion
tlfinal = diainicialsimulacion + 7
FOR CC = semanainicial TO semantultima
  FOR J = tlinicio TO tlfinal
    TLO1SEMANA(CC) = TLO1SEMANA(CC) + CAPTURASUNODIA(J)
    TLO3SEMANA(CC) = TLO3SEMANA(CC) + CAPTURASTRESDIA(J)
  NEXT J
  tlpaso = 7
  tlinicio = tlinicio + tlpaso
  tlfinal = tlfinal + tlpaso
  IF tlinicio >= diafinal THEN GOTO 1000
  IF tlfinal >= diafinal THEN GOTO 1000
NEXT CC
1000 'CONTINUA
FOR I = semanainicial TO semantultima
  TLO2SEMANA(I) = LOG(1 + (TLO1SEMANA(I))) / LOG(10)
  TLO4SEMANA(I) = LOG(1 + (TLO3SEMANA(I))) / LOG(10)
NEXT I
'
*****
'SALIDAS DE LOS RESULTADOS DE LA SIMULACION.
*****
'
CALL SALIDA(totaldiasimulacion, titulo$, year, localizacion$, semana, semanainicial, semantultima,
  diainicial, diainicialsimulacion, diafinal, GDACUMINMADUROS DIA(), GDACUMADULTOSDIA(),
  NHNUEVOSDIA(), NHVIEJOSDIA(), NLARVASDIA(), NPUPASDIA(),
  NADULTOSDIA(), CAPTURASUNODIA(), CAPTURASDOSDIA(), CAPTURASTRESDIA(), CAPTURASCUATRODIA(),
  TLO1SEMANA(), TLO2SEMANA(), TLO3SEMANA(), TLO4SEMANA(), HEMBRASOVIPIA(), HEMBRASPREOVDIA())
'
*****
'SALIDA O CONTINUACION EN EL PROGRAMA.
*****
'
CLS 0
PRINT : PRINT
PRINT "*****"
PRINT : PRINT
PRINT "
      ¿ D E S E A   C O N T I N U A R   E N   E L "

```

```

PRINT : PRINT : PRINT
PRINT "                P R O G R A M A ?"
PRINT : PRINT : PRINT
PRINT "                [ S -> PARA CONTINUAR # N -> PARA SALIR ]"
PRINT : PRINT
PRINT "*****"
PRINT : PRINT : PRINT : PRINT
INPUT "                PULSE S PARA CONTINUAR (o N en caso contrario)"; continuar$
IF continuar$ = "S" GOTO 10
IF continuar$ = "s" GOTO 10
1954 *****
'FIN DEL PROGRAMA.
*****
SYSTEM
    
```

## SUBPROGRAMA DATOSCLIMATICOS

```

SUB DATOSCLIMATICOS (semana, semanaultima, TMAX(), TMIN())
'*****
'ESTE SUBPROGRAMA SIRVE PARA INTRODUCIR LOS DATOS CLIMATICOS (TEMPERATURAS
'MAXIMAS Y MINIMAS DIARIAS) A PARTIR DEL TECLADO O BIEN DESDE UN ARCHIVO
'PREEXISTENTE ESCRITO EN ASCII"
'*****
'
CLS 0
PRINT : PRINT : PRINT
PRINT "-----"
PRINT "                I N T R O D U C I R   D A T O S "
PRINT "-----"
PRINT : PRINT : PRINT
PRINT "OPCIONES : "
PRINT "                1 -> INTRODUCIR DATOS ARCHIVADOS."
PRINT "                2 -> INTRODUCIR DATOS CON EL TECLADO."
PRINT "-----"
PRINT
INPUT "OPCION"; opcion
CLS 0
IF opcion = 1 THEN GOTO 3000
'*****
'INTRODUCCION DE TEMPERATURAS MAXIMAS Y MINIMAS DIARIAS MEDIANTE EL TECLADO
'*****
'
FOR I = semana TO semanaultima
PRINT "SEMANA NUMERO = "; I
FOR J = 1 TO 7
IF J = 1 THEN PRINT "DIA :LUNES "
IF J = 2 THEN PRINT "DIA :MARTES"
IF J = 3 THEN PRINT "DIA :MIERCOLES"
IF J = 4 THEN PRINT "DIA :JUEVES"
IF J = 5 THEN PRINT "DIA :VIERNES"
IF J = 6 THEN PRINT "DIA :SABADO"
IF J = 7 THEN PRINT "DIA :DOMINGO"
INPUT "TEMPERATURA MAXIMA = "; TMAX(I, J)
INPUT "TEMPERATURA MINIMA = "; TMIN(I, J)
NEXT J
CLS 0
NEXT I
CLS 0
'*****
'ARCHIVAR LOS DATOS DE TEMPERATURAS MAXIMAS Y MINIMAS DIARIAS.
'*****
    
```

```

|
PRINT : PRINT : PRINT
PRINT "-----"
PRINT : PRINT : PRINT
PRINT " ¿ DESEA ARCHIVAR LOS DATOS DE TEMPERATURAS (S/N) ?"
PRINT : PRINT : PRINT
PRINT "-----"
PRINT : PRINT
INPUT archivo$
IF archivo$ = "N" THEN GOTO 3500
IF archivo$ = "n" THEN GOTO 3500
INPUT "DISCO:\DIRECTORIO\NOMBRE DEL ARCHIVO"; archivo$
OPEN archivo$ FOR OUTPUT AS #1
FOR I = semana TO semanaultima
  FOR J = 1 TO 7
    WRITE #1, TMAX(I, J)
    WRITE #1, TMIN(I, J)
  NEXT J
NEXT I
CLOSE #1
CLS 0
GOTO 3500
|
|*****
3000 'LECTURA DE DATOS ARCHIVADOS
|*****
|
PRINT : PRINT : PRINT
PRINT "-----"
PRINT : PRINT : PRINT
PRINT " LECTURA DE DATOS DE TEMPERATURAS MAXIMAS Y MINIMAS ARCHIVADAS"
PRINT : PRINT : PRINT
PRINT "-----"
PRINT : PRINT : PRINT
PRINT "DISCO:\DIRECTORIO\NOMBRE DEL ARCHIVO"
PRINT
INPUT lectura$
OPEN lectura$ FOR INPUT AS #1
FOR I = semana TO semanaultima
  FOR J = 1 TO 7
    INPUT #1, TMAX(I, J)
    INPUT #1, TMIN(I, J)
  NEXT J
NEXT I
CLOSE #1
CLS 0
|
|*****
3500 ' FIN DEL SUBPROGRAMA DATOS CLIMATICOS
|*****
END SUB

```

## SUBPROGRAMA TMPSUM

```

SUB TMPSUM (semana, semanaultima, TMAX(), TMIN(), GDINMADUROS(), GDADULTOS())
|*****
'SUBPROGRAMA PARA EL CALCULO DE LOS GRADOS-DIA PARA ESTADOS INMADUROS Y
'ADULTOS, ASI COMO DE LOS GRADOS-NOCHE PARA VUELO DE ADULTOS. MODIFICADO DEL DE GONZÁLEZ Y
'HERNÁNDEZ (1990)
'METODO DE CALCULO LA FUNCION SENO.
'TEMPERATURA UMBRAL MINIMO PARA ESTADOS INMADUROS: T10= 10°C.
'TEMPERATURA UMBRAL MAXIMO PARA ESTADOS INMADUROS: T36= 36°C.
'TEMPERATURA UMBRAL MINIMO PARA VUELO DE ADULTOS: T15= 15°C.
'TEMPERATURA UMBRAL MAXIMO PARA VUELO DE ADULTOS: T37= 36.8°C.
|*****
|
P1 = 3.1416
T10 = 10
T36 = 36
T15 = 15

```

```

T37 = 36.8
'
'*****
'CALCULO DE GRADOS-DIA PARA LOS ESTADOS INMADUROS CON LOS LIMITES INFERIOR
'DE T10 Y SUPERIOR DE T36.
'*****
'
FOR I = semana TO semanaultima
FOR J = 1 TO 7
U = 0: M = 0: S = 0
a = 0: B = 0: Y = 0: Z = 0: Z1 = 0: Z2 = 0: Z3 = 0
M = (TMIN(I, J) + TMAX(I, J)) / 2
S = TMAX(I, J) - TMIN(I, J)
IF TMAX(I, J) <= T10 THEN GOTO 5490
IF TMIN(I, J) > T36 THEN GOTO 5500
D1 = 0: IF TMAX(I, J) < T36 THEN GOTO 5450
T = T36: GOSUB 6000
D1 = D
5450 IF TMIN(I, J) < T10 THEN GOTO 5460 ELSE U = M - T10 - D1: GOTO 5480
5460 T = T10: GOSUB 6000
U = D - D1
5480 IF U > 0 THEN GOTO 5600
5490 U = 0: GOTO 5600
5500 U = T36 - T10
5600 GDINMADUROS(I, J) = CINT(U * 100 + .5) / 100: GOTO 7000
'
'*****
6000 'SUBROUTINA DE LA FUNCION SENO
'*****
'
a = TMAX(I, J) - M: B = T - M: Y = B / a
Z3 = ABS(1.0001 - Y ^ 2)
Z2 = SQR(Z3)
Z1 = Y / Z2
Z = ATN(Z1)
D = (a * COS(Z) - B * ((P1 / 2) - Z)) / P1: RETURN
7000 NEXT J
NEXT I
'
'*****
'CALCULO DE GRADOS-DIA PARA ADULTOS CON LOS LIMITES INFERIOR DE T15 Y
'SUPERIOR DE T37.
'*****
FOR I = semana TO semanaultima
FOR J = 1 TO 7
U = 0: M = 0: S = 0
a = 0: B = 0: Y = 0: Z = 0: Z1 = 0: Z2 = 0: Z3 = 0
M = (TMIN(I, J) + TMAX(I, J)) / 2
S = TMAX(I, J) - TMIN(I, J)
IF TMAX(I, J) <= T15 THEN GOTO 10490
IF TMIN(I, J) > T37 THEN GOTO 10500
D1 = 0: IF TMAX(I, J) < T37 THEN GOTO 10450
T = T37: GOSUB 11000
D1 = D
10450 IF TMIN(I, J) < T15 THEN GOTO 10460 ELSE U = M - T15 - D1: GOTO 10480
10460 T = T15: GOSUB 11000
U = D - D1
10480 IF U > 0 THEN GOTO 10600
10490 U = 0: GOTO 10600
10500 U = T37 - T15
10600 GDADULTOS(I, J) = CINT(U * 100 + .5) / 100: GOTO 12000
'
'*****
11000 'SUBROUTINA DE LA FUNCION SENO
'*****
'
a = TMAX(I, J) - M: B = T - M: Y = B / a
Z3 = ABS(1.0001 - Y ^ 2)
Z2 = SQR(Z3)
Z1 = Y / Z2
Z = ATN(Z1)
D = (a * COS(Z) - B * ((P1 / 2) - Z)) / P1: RETURN
12000 NEXT J

```

```

NEXT I
|
|*****
|FIN DEL SUBPROGRAMA TMSUM
|*****
END SUB
    
```

## SUBPROGRAMA DATOSINICIALES

```

SUB DATOSINICIALES (CAPTAR(), parametro, semana, semanainicial, semanaultima, TMAX(), TMIN(),
GDINMADUROS(), GDADULTOS(), capturainicial, noinadultos, porcentajehembras)
15000 |*****
|SUBPROGRAMA PARA INTRODUCIR EL NUMERO INICIAL DE ADULTOS DE SPODOPTERA
|EXIGUA, CAPTURADOS EN TRAMPA DE LUZ, PARA COMIENZO DE LA SIMULACION.
|TAMBIEN EL SUBPROGRAMA DETERMINA LA SEMANA DE INICIO DE LA SIMULACION.
|*****
|
|*****
|INTRODUCCION DE DATOS INICIALES DE ADULTOS CAPTURADOS EN LA SEMANA DE
|INICIO DE LA SIMULACION.
|*****
|
CLS 0: COLOR 3
semanainicial = 0
captur = 0
captura = 0
capturainicial = 0
parametro = 0
PRINT "-----"
PRINT "          NUMERO INICIAL DE ADULTOS PARA LA SIMULACION"
PRINT
PRINT "    INTRODUCIR EL NUMERO TOTAL DE ADULTOS EN LA SEMANA DE INICIO"
PRINT
PRINT "          DE LA SIMULACION RECOGIDOS EN LA TRAMPA DE LUZ"
PRINT "-----"
PRINT
PRINT "    INTRODUCIR EL NUMERO INICIAL DE ADULTOS"
INPUT captur
captura = captur / 7
PRINT
PRINT "          SEMANA CORRESPONDIENTE"
PRINT "(Al menos una posterior a la de introducción de datos climaticos)": PRINT
INPUT semanainicial
PRINT
PRINT "INTRODUCIR EL PARAMETRO DE AJUSTE DE LOS EFECTOS NO INCLUIDOS EN EL MODELO"
PRINT
INPUT parametro
PRINT "-----"
PRINT "PULSE CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR"
pausa$ = INPUT$(1)
CLS 0
|
|*****
|COMPROBACION PRIMERA DE ESTABLECIMIENTO DE POBLACION: TEMPERATURA INMADUROS
|*****
|
GOTO 25240
|
|*****
15300 |TERMINACION DE LA PRIMERA COMPROBACION
|*****
|
|*****
|COMPROBACION SEGUNDA DE ESTABLECIMIENTO DE POBLACION: PROPORCION DE SEXOS
|*****
|
GOTO 36000
    
```

```

|
|*****
15380 'TERMINACION DE LA SEGUNDA COMPROBACION
|*****
|
|*****
'INTRODUCCION DE LA POBLACION CORRESPONDIENTE A UNA GENERACION COMPLETA
'DESDE HUEVO A ADULTO
|*****
genegd = 0
spaso = 0
FOR BB = semanainicial TO 52
  FOR J = 1 TO 7
    genegd = genegd + GDINMADUROS(BB, J)
  NEXT J
  spaso = spaso + 1
  PRINT
  PRINT "INTRODUCIR EL NUMERO DE CAPTURAS DE LA SEMANA "; (semanainicial + spaso)
  PRINT
  INPUT CAPTAR(BB)
  capturainicial = captura + (CAPTAR(BB) / 7)
  noinadultos = capturainicial
  IF genegd >= 659.09 THEN GOTO 38000
NEXT BB
|
|*****
'REMITE EL FLUJO DEL SUBPROGRAMA AL FINAL DEL MISMO
|*****
|
GOTO 38000
|
25240 |*****
'COMPROBACION PRIMERA: TEMPERATURAS PARA DESARROLLO ESTADOS INMADUDOS
|*****
'COMPROBACION SI LAS CONDICIONES CLIMATICAS SON ADECUADAS PARA EL
'ESTABLECIMIENTO DE LA POBLACION DE INMADUROS EN LA ZONA
'SI LOS GRADOS-DIA PARA ESTADOS INMADUROS EN LA SEMANA INICIAL Y SIGUIENTE
'ES IGUAL A CERO ELLO IMPLICARIA VUELOS INMIGRANTES ERRATICOS DE ADULTOS QUE
'NO HAN PODIDO ESTABLECER LA POBLACION INICIAL DE ESTADOS INMADUROS.
'EL PROGRAMA NO ACEPTA LA POBLACION DE ADULTOS INICIAL DE ESA SEMANA Y
'SOLICITA LA INTRODUCCION DE LA POBLACION DE ADULTOS CAPTURADOS EN TRAMPAS
'DE LUZ DE UNA SEMANA POSTERIOR.
|*****
|
valorgrados = 0
FOR J = 1 TO 7
  valorgrados = valorgrados + GDINMADUROS(semanainicial, J)
NEXT J
IF valorgrados = 0 THEN GOTO 25500
GOTO 25555
25500 CLS 0
COLOR 7
PRINT : PRINT : PRINT
PRINT "=====
PRINT
PRINT "CONDICIONES CLIMATICAS NO ADECUADAS PARA EL DESARROLLO DE ESTADOS"
PRINT
PRINT "      INMADUROS Y ESTABLECIMIENTO DE LA POBLACION INICIAL"
PRINT
PRINT "      INTRODUZCA EL NUMERO DE ADULTOS DE UNA SEMANA POSTERIOR"
PRINT
PRINT "=====
PRINT
COLOR 20: PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : PRINT
PRINT "      PULSE CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR": PRINT
pausa$ = INPUT$(1)
CLS 0
COLOR 3
IF valorgrados = 0 THEN GOTO 15000 ELSE semanainicial = 0
|*****
25555 'FIN DE LA PRIMERA COMPROBACION
|*****
|

```

```

GOTO 15300
|
36000 |*****
|COMPROBACION SEGUNDA : PROPORCION DE HEMBRAS CAPTURADAS
|*****
|
tmaxmdsemana = 0: alfa = 0
FOR J = 1 TO 7
  alfa = alfa + TMAX(semanainicial, J)
  tmaxmdsemana = alfa / 7
NEXT J
porcentajemachos = 0: porcentajehembras = 0
porcentajemachos = 165.648 - (4.06884 * tmaxmdsemana)
IF tmaxmdsemana > 34.5671 THEN porcentajemachos = 25
IF tmaxmdsemana < 16.134328# THEN porcentajemachos = 100
porcentajehembras = 100 - porcentajemachos
IF porcentajemachos > 99.9 THEN GOTO 37000
GOTO 37130
|
37000 |*****
|SUBROUTINA QUE INDICA QUE LA PROPORCION DE MACHOS CAPTURADOS INICIALMENTE
|ES DEL 100 EN LA TRAMPA DE LUZ, CONSIDERANDOSE CON ELLO QUE EL NUMERO
|DE HEMBRAS ES MUY BAJO PARA ESTABLECER LA POBLACION INICIAL.
|EL PROGRAMA REMITE AL INICIO DE ESTE SUBPROGRAMA PARA QUE SE INTRODUZCA
|OTRA SEMANA POSTERIOR.
|*****
|
CLS 0
COLOR 1
PRINT : PRINT : PRINT
PRINT "=====
PRINT
PRINT "PROPORCION DE SEXOS EN LOS ADULTOS CAPTURADOS EN TRAMPA DE LUZ "
PRINT
PRINT " NO ADECUADOS PARA EL ESTABLECIMIENTO DE LA POBLACION INICIAL"
PRINT
PRINT "      INTRODUCZA EL NUMERO DE ADULTOS DE UNA SEMANA POSTERIOR"
PRINT
PRINT "=====
COLOR 20: PRINT : PRINT : PRINT : PRINT
PRINT "      PULSE CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR": PRINT
pausa$ = INPUT$(1)
COLOR 3
IF porcentajemachos > 99.9 THEN GOTO 15000 ELSE semanainicial = 0
|
|*****
37130 |FIN DE LA SEGUNDA COMPROBACION
|*****
|
GOTO 15380
|
|*****
38000 |FIN DEL SUBPROGRAMA DATOSINICIALES.
|*****
|
CLS 0
|
END SUB

```

## SUBPROGRAMA CONVERSION

```

SUB CONVERSION (semana, semanaultima, GDINMADUROS(), GDADULTOS(), TMAX(), TMIN(), GDINMADUROS DIA(),
GDADULTOS DIA(), TMAX DIA(), TMIN DIA(), RATIOSEXOS(), RATIOSEXOS DIA())
|*****
|SUBPROGRAMA QUE CONVIERTE LOS DATOS INICIALES Y CALCULOS REALIZADOS DE
|SU EXPRESION EN SEMANAS Y DIAS DE LA SEMANA A DIAS DE SIMULACION.
|*****
|

```



```

FOR I = semana TO semanaultima
  FOR J = 1 TO 7
    GDINMADUROS(DIA(((I - semana) * 7) + J)) = GDINMADUROS(I, J)
    GDADULTOS(DIA(((I - semana) * 7) + J)) = GDADULTOS(I, J)
    TMAX(DIA(((I - semana) * 7) + J)) = TMAX(I, J)
    TMIN(DIA(((I - semana) * 7) + J)) = TMIN(I, J)
    RATIOSEXOS(DIA(((I - semana) * 7) + J)) = RATIOSEXOS(I, J)
  NEXT J
NEXT I
'
*****
REM FIN DEL SUBPROGRAMA CONVERSION.
*****
END SUB

```

## SUBPROGRAMA DESARROLLO

```

SUB DESARROLLO (noinadultos, ipaso, iviejo, inuevo, parametro, AA, SPEXNUMDIA(), SPEXEDADDIA(),
  GDADULTOS(DIA()), GDINMADUROS(DIA()), TMAX(DIA()), TMIN(DIA()), NINMADUROS(DIA()), INMADUROSEDADDIA(),
  NADULTOS(DIA()), ADULTOS(DIA()))
'
*****
'SUBPROGRAMA PARA INCREMENTAR LA EDAD DE LOS ESTADOS DE DESARROLLO DE
'SPODOPTERA EXIGUA Y DETERMINAR, APLICANDO LAS MORTALIDADES CORRESPON-
'DIENTES, LA EMERGENCIA DE ADULTOS.
*****
'
EDAD1 = 159.98: REM DATO DE INVERNADERO
EDAD2 = 375.93: REM DATO DE INVERNADERO
EDAD3 = 753.43: REM DATO DE INVERNADERO
XMORTALIDAD = 71.97
HMORTALIDAD = 17.85
HSUPERVIVENCIA = .00513501#
X1 = .3436396#
CMORTALIDAD = 65.63
R = -(parametro + 1.0681618#) / 215.95
inuevo = AA - 1
ipaso = 0
FOR I = iviejo TO inuevo
  SPEXNUMDIA(I) = noinadultos
  IF SPEXEDADDIA(I) < EDAD2 THEN GOTO 52000
  '
  *****
  'DETERMINA LA SUPERVIVENCIA Y AUMENTO DE EDAD DE PUPAS.
  *****
  '
  lxpupr1 = EXP(R * (SPEXEDADDIA(I) - EDAD2))
  SPEXEDADDIA(I) = SPEXEDADDIA(I) + GDINMADUROS(DIA(I))
  pupedad = SPEXEDADDIA(I)
  IF SPEXEDADDIA(I) > EDAD3 THEN pupedad = EDAD3
  lxpupr2 = EXP(R * (pupedad - EDAD2))
  SPEXNUMDIA(I) = (lxpupr2 / lxpupr1) * SPEXNUMDIA(I)
  IF SPEXEDADDIA(I) < EDAD3 THEN GOTO 52700
  '
  *****
  'DETERMINA LA EMERGENCIA DE ADULTOS.
  *****
  '
  NADULTOS(DIA(AA)) = NADULTOS(DIA(AA)) + SPEXNUMDIA(I)
  ipaso = ipaso + 1
  GOTO 52700
52000 'CONTINUA
  IF SPEXEDADDIA(I) < EDAD1 THEN GOTO 52600
  '
  *****
  'DETERMINA LA SUPERVIVENCIA Y AUMENTO DE EDAD DE LARVAS.
  *****
  '

```

```

lxlar1 = EXP(R * (SPEXEDADDIA(I) - EDAD1))
SPEXEDADDIA(I) = SPEXEDADDIA(I) + GDINMADUROS DIA(I)
catedad = SPEXEDADDIA(I)
IF SPEXEDADDIA(I) > EDAD2 THEN catedad = EDAD2
lxlar2 = EXP(R * (catedad - EDAD1))
SPEXNUMDIA(I) = (lxlar2 / lxlar1) * SPEXNUMDIA(I)
*****
'DETERMINA LA MORTALIDAD NATURAL DE LARVAS
*****
controlnatural = 0
supervivencialarvas = 0
larvanumerador = 0
larvadenominador = 0
numerolarvas = 0
loglarvas = 0
larvanumerador = EXP(.000086 * TMAXDIA(I))
numerolarvas = SPEXNUMDIA(I)
loglarvas = LOG(numerolarvas + 1)
larvadenominador = EXP(.00034 * loglarvas)
controlnatural = (larvanumerador / larvadenominador) - 1
supervivencialarvas = 1 - controlnatural
IF supervivencialarvas > 1 THEN supervivencialarvas = 1
IF supervivencialarvas < 0 THEN supervivencialarvas = 0
SPEXNUMDIA(I) = supervivencialarvas * SPEXNUMDIA(I)
GOTO 52700
'
*****
'DETERMINA LA SUPERVIVENCIA Y AUMENTO DE EDAD DE LOS HUEVOS.
*****
52600 'continua
lxhuevo1 = 1! - (HSUPERVIVENCIA * SPEXEDADDIA(I))
SPEXEDADDIA(I) = SPEXEDADDIA(I) + GDINMADUROS DIA(I)
huevoedad = SPEXEDADDIA(I)
IF SPEXEDADDIA(I) > EDAD1 THEN huevoedad = EDAD1
lxhuevo2 = 1! - (HSUPERVIVENCIA * huevoedad)
SPEXNUMDIA(I) = (lxhuevo2 / lxhuevo1) * SPEXNUMDIA(I)
IF SPEXEDADDIA(I) <= EDAD1 THEN GOTO 52700
lxlar2 = EXP(R * (SPEXEDADDIA(I) - EDAD1))
SPEXNUMDIA(I) = lxlar2 * SPEXNUMDIA(I)
52700 'continua
NEXT I
'
iviejo = iviejo + ipaso
*****
'FIN DEL SUBPROGRAMA DESARROLLO.
*****
END SUB

```

## SUBPROGRAMA OVIPOSICION

```

SUB OVIPOSICION (lpaso, lviejo, lnuevo, AA, TMAXDIA(), NADULTOSDIA(), ADULTOSDADDIA(), GDADULTOSDIA(),
SPEXNUMDIA(), RATIOSEXOSDIA())
*****
'SUBPROGRAMA PARA INCREMENTAR LA EDAD Y DETERMINAR LA SUPERVIVENCIA DE
'LOS ADULTOS DE SPODOPTERA EXIGUA, TAMBIEN DETERMINAR LA OVIPOSICION DE
'LAS HEMBRAS.
*****
'
a1 = 1.16995
b1 = -.04551
fecundidad = 1096
a3 = 2.1324
b3 = -.03014
lnuevo = AA - 2
lpaso = 0

```

```

FOR I = lviejo TO lnuevo
  IF ADULTOSEDADDIA(I) > 0 THEN GOTO 55310
  per1 = 0
  GOTO 55320
55310 'CONTINUA
  per1 = 1 - (a3 * EXP(b3 * ADULTOSEDADDIA(I)))
  IF per1 < 0 THEN per1 = 0
55320 'CONTINUA
  ADULTOSEDADDIA(I) = ADULTOSEDADDIA(I) + GDADULTOSDIA(I)
  IF ADULTOSEDADDIA(I) = 0 THEN GOTO 55450
  per2 = 1 - (a3 * EXP(b3 * ADULTOSEDADDIA(I)))
  IF per2 < 0 THEN per2 = 0
  sigma = RATIOSEXOSDIA(I)
  nuevoshuevos = (per2 - per1) * fecundidad * sigma * NADULTOSDIA(I)
  SPEXNUMDIA(AA) = SPEXNUMDIA(AA) + nuevoshuevos
  IF per2 > .99 THEN GOTO 55550
55450 'CONTINUA
  xlong = 0
  xlong = ABS(CINT(AA - I + 1))
  IF xlong < 5 THEN GOTO 55600
  lxmth1 = 0: lxmth2 = 0
  lxmth1 = a1 + b1 * (xlong - 1)
  lxmth2 = a1 + b1 * xlong
  IF lxmth2 <= 0 THEN GOTO 55550
  NADULTOSDIA(I) = (lxmth2 / lxmth1) * NADULTOSDIA(I)
  GOTO 55600
55550 'CONTINUA
  lpaso = lpaso + 1
55600 'CONTINUA
NEXT I
'
lviejo = lviejo + lpaso
'
*****
'FIN DEL SUBPROGRAMA OVIPOSICION.
*****
END SUB

```

## SUBPROGRAMA CALCULO

```

SUB CALCULO (iviejo, inuevo, lviejo, lnuevo, AA, NHNUEVOSDIA(), NHVIEJOSDIA(), NLARVASDIA(),
  NPUPASDIA(), HEMBRASPREOVDIA(), HEMBRASOVIPIA(), CAPTURASUNODIA(), CAPTURASDOSDIA(),
  CAPTURASTRESDIA(), CAPTURASCUATRODIA(), SPEXEDADDIA(), SPEXNUMDIA(),
  RATIOSEXOSDIA(), NADULTOSDIA(), GDADULTOSDIA(), GDNOCHEDIA())
*****
'SUBPROGRAMA PARA EL CALCULO DEL NUMERO DE SPODOPTERA EXIGUA EN CADA
'ESTADO Y PARA LA DETERMINACION DE CAPTURAS EN TRAMPA DE LUZ EN FUNCION
'DE LA TEMPERATURAS DE LA NOCHE.
*****
'
huevosnuevos = 0
huevosviejos = 0
larvas = 0
pupas = 0
preoviposicion = 0
oviposicion2 = 0
FOR I = iviejo TO inuevo
  EDAD2 = 254.71
  IF SPEXEDADDIA(I) < EDAD2 THEN GOTO 71000
  pupas = pupas + SPEXNUMDIA(I)
  NPUPASDIA(AA) = pupas
  GOTO 73000
71000 'CONTINUA
  EDAD1 = 39.66
  IF SPEXEDADDIA(I) < EDAD1 THEN GOTO 72000
  larvas = larvas + SPEXNUMDIA(I)

```

```

NLARVSDIA(AA) = larvas
GOTO 73000
72000 'CONTINUA
      huevosviejos = huevosviejos + SPEXNUMDIA(I)
      NHVIEJOSDIA(AA) = huevosviejos
73000 'CONTINUA
NEXT I
      K = inuevo + 1
      huevosnuevos = SPEXNUMDIA(K)
      NHNUEVOSDIA(AA) = huevosnuevos
      |
      |*****
      |CALCULA EL NUMERO DE ADULTOS CAPTURADOS.
      |*****
      |
FOR I = lviejo TO lnuevo
      HEMBRASOVIPDIA(AA) = HEMBRASOVIPDIA(AA) + (NADULTOSDIA(I) * RATIOSEXOSDIA(I))
NEXT I
adlong = (ABS(CINT(lnuevo - lviejo))) + 1
bscale = 1.4385
scale2 = EXP(bscale * GDNOCHEDIA(AA))
scale1 = (scale2 - 1) / 100
IF scale1 > 1 THEN scale1 = 1
IF scale1 < 0 THEN scale1 = 0
capt1 = scale1 * (HEMBRASOVIPDIA(AA) / adlong)
CAPTURASUNODIA(AA) = capt1
CAPTURASDOSDIA(AA) = LOG(1 + CAPTURASUNODIA(AA)) / LOG(10)
capt3 = (HEMBRASOVIPDIA(AA)) / adlong
CAPTURASTRESDIA(AA) = capt3
CAPTURASCUATRODIA(AA) = LOG(1 + CAPTURASTRESDIA(AA)) / LOG(10)
KK = lnuevo + 1
epsilon2 = RATIOSEXOSDIA(KK)
HEMBRASPREOVDIA(AA) = NADULTOSDIA(KK) * epsilon2
KK = KK + 1
HEMBRASPREOVDIA(AA) = HEMBRASPREOVDIA(AA) + (NADULTOSDIA(KK) * epsilon2)
      |
      |*****
      |FIN SUBPROGRAMA CALCULO.
      |*****
END SUB

```

## SUBPROGRAMA SALIDA

```

SUB SALIDA (totaldiasimulacion, titulo$, year, localizacion$, semana, semanainicial, semanaultima,
diainicial, diainicialsimulacion, diafinal, GDACUMINMADUROSDIA(), GDACUMADULTOSDIA(),
NHNUEVOSDIA(), NHVIEJOSDIA(), NLARVSDIA(), NPUPASDIA(),
NADULTOSDIA(), CAPTURASUNODIA(), CAPTURASDOSDIA(), CAPTURASTRESDIA(), CAPTURASCUATRODIA(),
TLO1SEMANA(), TLO2SEMANA(), TLO3SEMANA(), TLO4SEMANA(), HEMBRASOVIPDIA(), HEMBRASPREOVDIA())
      |*****
      |SUBPROGRAMA PARA LA OBTENCION DE LOS RESULTADOS DE LA SIMULACION POR
      |IMPRESORA O EN PANTALLA.
      |*****
      |
90040 CLS 0
      COLOR 3
90050 CLS 0: PRINT : PRINT : PRINT
      PRINT "-----"
      PRINT
      PRINT "          S A L I D A   D E   R E S U L T A D O S "
      PRINT
      PRINT "-----"
      PRINT : PRINT : PRINT
      PRINT "OPCIONES : "
      PRINT
      PRINT "          1 -> EN PANTALLA."
      PRINT
      PRINT "          2 -> POR IMPRESORA."

```

```

PRINT
PRINT "-----"
PRINT
'
*****
'DIMENSIONA, PONE A CERO Y ASIGNA VALOR A LOS DIAS DE LA SIMULACION.
*****
'
REDIM NUMERODEDIA(diafinal)
FOR I = 1 TO diafinal
  NUMERODEDIA(I) = 0
NEXT I
cuenta = 0
FOR I = 1 TO diafinal
  NUMERODEDIA(I) = I - diainicialsimulacion + 1
NEXT I
INPUT "OPCION"; NUMERO
CLS 0
IF NUMERO = 1 THEN GOTO 91000
IF NUMERO = 2 THEN GOTO 95030
GOTO 90040
'
91000 *****
'SALIDA RESULTADOS EN PANTALLA.
*****
'
CLS 0
PRINT : PRINT
PRINT "*****"
PRINT : PRINT
PRINT "          S A L I D A "
PRINT : PRINT : PRINT
PRINT "          R E S U L T A D O S   P O R "
PRINT : PRINT : PRINT
PRINT "          P A N T A L L A "
PRINT : PRINT
PRINT "*****"
PRINT
PRINT "          PULSE CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR"
pausa$ = INPUT$(1)
CLS 0
PRINT : PRINT
PRINT "*****"
PRINT
PRINT " T I T U L O : "; titulo$
PRINT
PRINT " LOCALIZACION: "; localizacion$; TAB(40); "AÑO: "; year
PRINT
PRINT "SEMANA INICIAL DATOS CLIMATICOS: "; semana
PRINT
PRINT "SEMANA INICIAL Y FINAL DE LA SIMULACION: "; SPC(5); semanainicial; SPC(5); " - a - ";
      SPC(5); semanaultima
PRINT
PRINT "TOTAL DE DIAS DE LA SIMULACION: "; SPC(5); totaldiasimulacion
PRINT
PRINT "DIA INICIAL DE LA SIMULACION: "; SPC(5); diainicialsimulacion; SPC(5); "DIA FINAL
      SIMULACION: "; diafinal
PRINT "*****"
PRINT
PRINT "PULSE CUALQUIER TECLA PARA CONTINUAR"
pausa$ = INPUT$(1)
CLS 0
pasos = 0: diadelasemana = 0: week = semanainicial
PRINT "-----"
PRINT "  DIA          SEMANA   HUEVOS   HUEVOS   LARVAS   PUPAS ADULTOS"
PRINT "          SIMULACION     NUEVOS   VIEJOS"
PRINT "-----"
FOR I = diainicialsimulacion TO diafinal
  diadelasemana = diadelasemana + 1
  IF diadelasemana = 1 THEN ds$ = "Lunes"
  IF diadelasemana > 7 THEN ds$ = "Lunes"
  IF diadelasemana = 2 THEN ds$ = "Martes"
  IF diadelasemana = 3 THEN ds$ = "Miercoles"

```

```

IF diadelasemana = 4 THEN ds$ = "Jueves"
IF diadelasemana = 5 THEN ds$ = "Viernes"
IF diadelasemana = 6 THEN ds$ = "Sabado"
IF diadelasemana = 7 THEN ds$ = "Domingo"
IF diadelasemana > 7 THEN week = week + 1
IF diadelasemana > 7 THEN diadelasemana = 1
PRINT ds$
PRINT USING "#####"; NUMERODEDIA(I); week; INT(NHNUEVOSDIA(I)); INT(NHVIEJOSDIA(I));
      INT(NLARVASDIA(I)); INT(NPUPASDIA(I)); INT(NADULTOSDIA(I))
pasos = pasos + 1
IF pasos > 9 THEN PRINT "PULSE PARA CONTINUAR SALIDA"
IF pasos > 9 THEN parada$ = INPUT$(1)
IF pasos > 9 THEN pasos = 0
NEXT I
PRINT "PULSE PARA CONTINUAR SALIDA"
pausa$ = INPUT$(1)
CLS 0
pasos = 0
PRINT "-----"
PRINT "          DIA          GD-ACUM.      GD-ACUM.      HEMBRAS      HEMBRAS"
PRINT "          SIMULACION  INMADUROS   ADULTOS      PREOVIPOS.   OVIPOS."
PRINT "-----"
FOR I = diainicialsimulacion TO diafinal
  PRINT USING "#####"; NUMERODEDIA(I); INT(GDACUMINMADUROS(DIA(I)));
        INT(GDACUMADULTOS(DIA(I))); INT(HEMBRASPREOVDIA(I)); INT(HEMBRASOVIPODIA(I))
  pasos = pasos + 1
  IF pasos > 15 THEN PRINT "PULSE PARA CONTINUAR SALIDA"
  IF pasos > 15 THEN parada$ = INPUT$(1)
  IF pasos > 15 THEN pasos = 0
NEXT I
PRINT "PULSE PARA CONTINUAR SALIDA"
pausa$ = INPUT$(1)
CLS 0
pasos = 0
PRINT "-----"
PRINT "          DIA          CAPTURAS      LOG (X+1)      CAPTURAS      LOG(Y+1)"
PRINT "          SIMULACION  EN T.L.      POTENCIALES"
PRINT "-----"
FOR I = diainicialsimulacion TO diafinal
  PRINT USING "#####.##"; NUMERODEDIA(I); INT(CAPTURASUNODIA(I)); CAPTURASDOSDIA(I);
        INT(CAPTURASTRESDIA(I)); CAPTURASCUATRODIA(I)
  pasos = pasos + 1
  IF pasos > 15 THEN PRINT "PULSE PARA CONTINUAR SALIDA"
  IF pasos > 15 THEN parada$ = INPUT$(1)
  IF pasos > 15 THEN pasos = 0
NEXT I
PRINT "PULSE PARA CONTINUAR SALIDA"
pausa$ = INPUT$(1)
CLS 0
pasos = 0
PRINT "#####"
PRINT "          RESULTADOS  DE  FENOLOGIA  EN  TRAMPAS  DE  LUZ"
PRINT "-----"
PRINT "          SEMANA          CAPTURAS      LOG (X+1)      CAPTURAS      LOG(Y+1)"
PRINT "          SIMULACION  EN T.L.      POTENCIALES"
PRINT "-----"
FOR I = semanainicial TO semanaultima
  PRINT USING "#####.##"; I; INT(TLO1SEMANA(I)); TLO2SEMANA(I); INT(TLO3SEMANA(I));
        TLO4SEMANA(I)
  pasos = pasos + 1
  IF pasos > 15 THEN PRINT "PULSE PARA CONTINUAR SALIDA"
  IF pasos > 15 THEN parada$ = INPUT$(1)
  IF pasos > 15 THEN pasos = 0
NEXT I
PRINT "PULSE PARA CONTINUAR SALIDA"
pausa$ = INPUT$(1)
CLS 0
'
*****
'REMITE AL FINAL DEL SUBPROGRAMA IMPRESORA.
*****
'
GOTO 95700

```

```

|
|*****
|SALIDA RESULTADOS POR IMPRESORA.
|*****
|
95030 CLS 0
PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : PRINT
PRINT : PRINT : PRINT : PRINT : PRINT
INPUT "ESTA ENCENDIDA LA IMPRESORA"; imprimir$
PRINT
IF imprimir$ = "s" THEN GOTO 95100
IF imprimir$ = "S" THEN GOTO 95100
GOTO 95030
95100 CLS 0
PRINT : PRINT
PRINT *****
PRINT : PRINT
PRINT "          S A L I D A "
PRINT : PRINT : PRINT
PRINT "          R E S U L T A D O S P O R "
PRINT : PRINT : PRINT
PRINT "          I M P R E S O R A "
PRINT : PRINT
PRINT *****
LPRINT
LPRINT *****
LPRINT
LPRINT " T I T U L O : "; titulo$
LPRINT
LPRINT " LOCALIZACION: "; localizacion$; TAB(40); "A/O: "; year
LPRINT
LPRINT "SEMANA INICIAL DATOS CLIMATICOS: "; semana
LPRINT
LPRINT "SEMANA INICIAL Y FINAL DE LA SIMULACION: "; SPC(5); semanainicial; SPC(5); " - a - ";
SPC(5); semanaultima
LPRINT
LPRINT "TOTAL DE DIAS DE LA SIMULACION: "; SPC(5); totaldiasimulacion
LPRINT
LPRINT "DIA INICIAL DE LA SIMULACION: "; SPC(5); diainicialsimulacion; SPC(5); "DIA FINAL
SIMULACION: "; diafinal
LPRINT *****
LPRINT
diadelasemana = 0: week = semanainicial
LPRINT "-----"
LPRINT "  DIA          SEMANA    HUEVOS    HUEVOS    LARVAS    PUPAS ADULTOS"
LPRINT "  SIMULACION          NUEVOS    VIEJOS"
LPRINT "-----"
FOR I = diainicialsimulacion TO diafinal
  diadelasemana = diadelasemana + 1
  IF diadelasemana = 1 THEN ddss$ = "L"
  IF diadelasemana > 7 THEN ddss$ = "L"
  IF diadelasemana = 2 THEN ddss$ = "M"
  IF diadelasemana = 3 THEN ddss$ = "X"
  IF diadelasemana = 4 THEN ddss$ = "J"
  IF diadelasemana = 5 THEN ddss$ = "V"
  IF diadelasemana = 6 THEN ddss$ = "S"
  IF diadelasemana = 7 THEN ddss$ = "D"
  IF diadelasemana > 7 THEN week = week + 1
  IF diadelasemana > 7 THEN diadelasemana = 1
  LPRINT ddss$; USING "#####"; NUMERODEDIA(I); week; INT(NHNUEVOSDIA(I));
    INT(NHVIEJOSDIA(I)); INT(NLARVASDIA(I)); INT(NPUPASDIA(I)); INT(NADULTOSDIA(I))
NEXT I
LPRINT
LPRINT "-----"
LPRINT "          DIA          GD-ACUM.    GD-ACUM.    HEMBRAS    HEMBRAS"
LPRINT "          SIMULACION    INMADUROS    ADULTOS    PREOVIPOS.    OVIPOS."
LPRINT "-----"
FOR I = diainicialsimulacion TO diafinal
  LPRINT USING "#####.###"; NUMERODEDIA(I); INT(GDACUMINMADUROSIA(I));
    INT(GDACUMADULTOSDIA(I)); INT(HEMBRASPREOVDIA(I)); INT(HEMBRASOVIPIA(I))
NEXT I
LPRINT
LPRINT "-----"

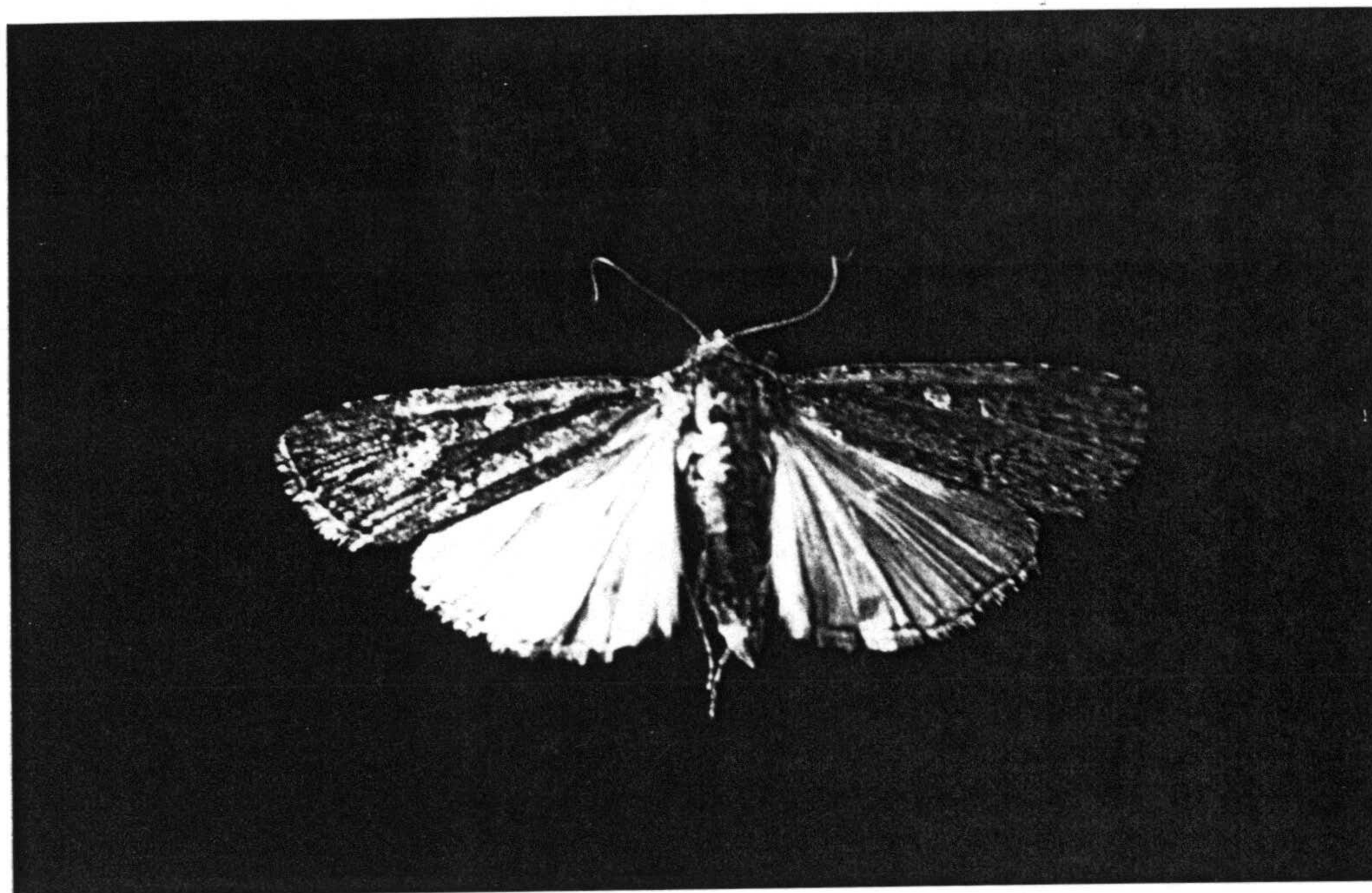
```

BELDA, J.: Biología, ecología y control de *S. exigua* en cultivo de pimiento en invernadero.

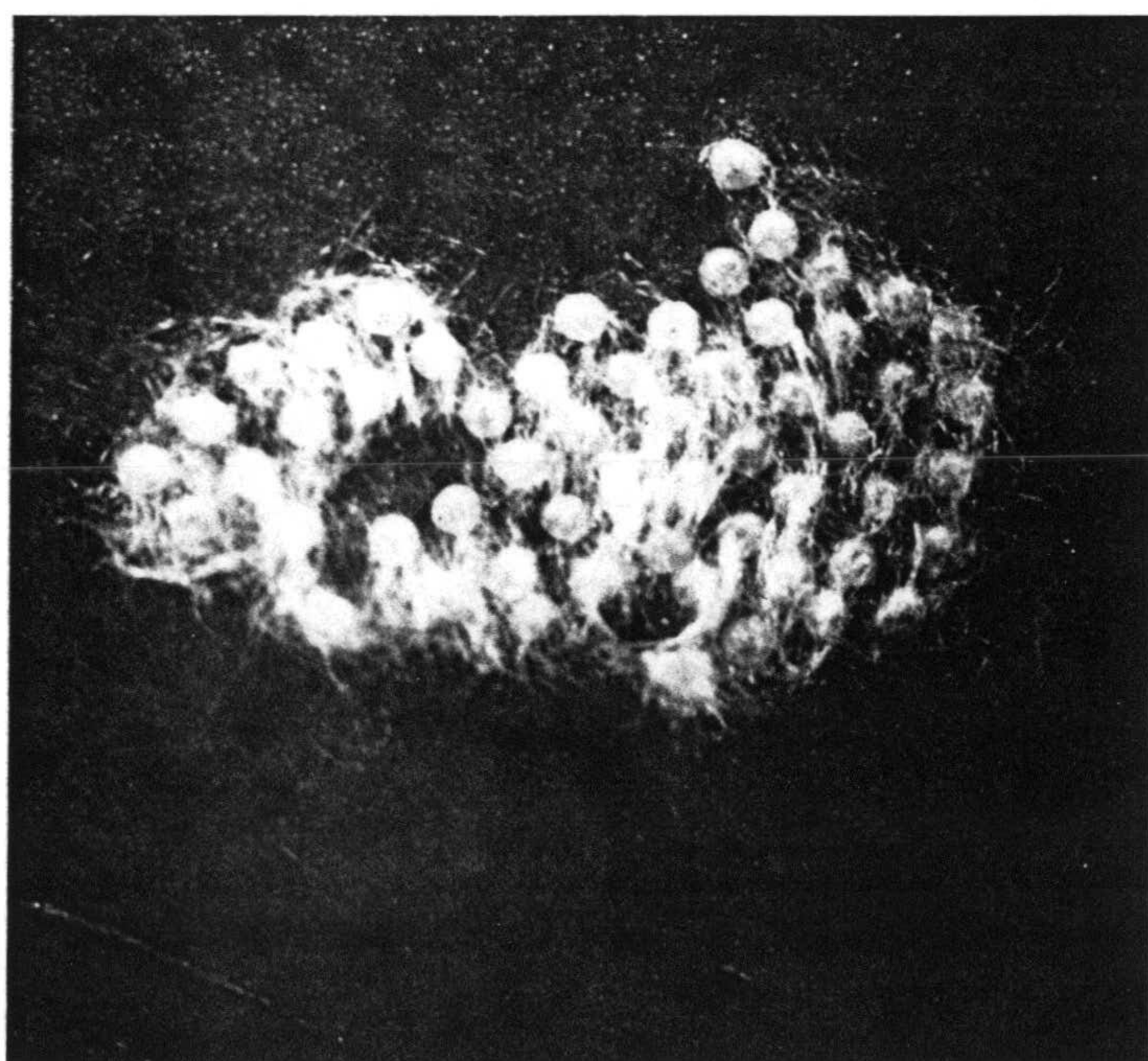
```
LPRINT "          DIA          CAPTURAS          LOG (X+1)          CAPTURAS          LOG(Y+1)"
LPRINT "          SIMULACION          EN T.L.          POTENCIALES"
LPRINT "-----"
FOR I = diainicialsimulacion TO diafinal
  LPRINT USING "#####.##"; NUMERODEDIA(I); INT(CAPTURASUNODIA(I)); CAPTURASDOSDIA(I);
    INT(CAPTURASTRESDIA(I)); CAPTURASCUATRODIA(I)
NEXT I
LPRINT
LPRINT "#####"
LPRINT "          RESULTADOS          DE          FENOLOGIA          EN          TRAMPAS          DE          LUZ"
LPRINT "-----"
LPRINT "          SEMANA          CAPTURAS          LOG (X+1)          CAPTURAS          LOG(Y+1)"
LPRINT "          SIMULACION          EN T.L.          POTENCIALES"
LPRINT "-----"
FOR I = semanainicial TO semanaultima
  LPRINT USING "#####.##"; I; INT(TL01SEMANA(I)); TL02SEMANA(I); INT(TL03SEMANA(I));
    TL04SEMANA(I)
NEXT I
LPRINT "#####"
95700 *****
'PREGUNTA SI SE DESEA OTRA SALIDA DE RESULTADOS.
*****
'
CLS 0
LOCATE 10, 15
PRINT "DESEA OTRA SALIDA DE RESULTADOS (S/N)?"
LOCATE 15, 15
INPUT otra$
IF otra$ = "s" THEN GOTO 90050
IF otra$ = "S" THEN GOTO 90050
CLS 0
'
*****
'FIN SUBPROGRAMA IMPRESORA.
*****
END SUB
```



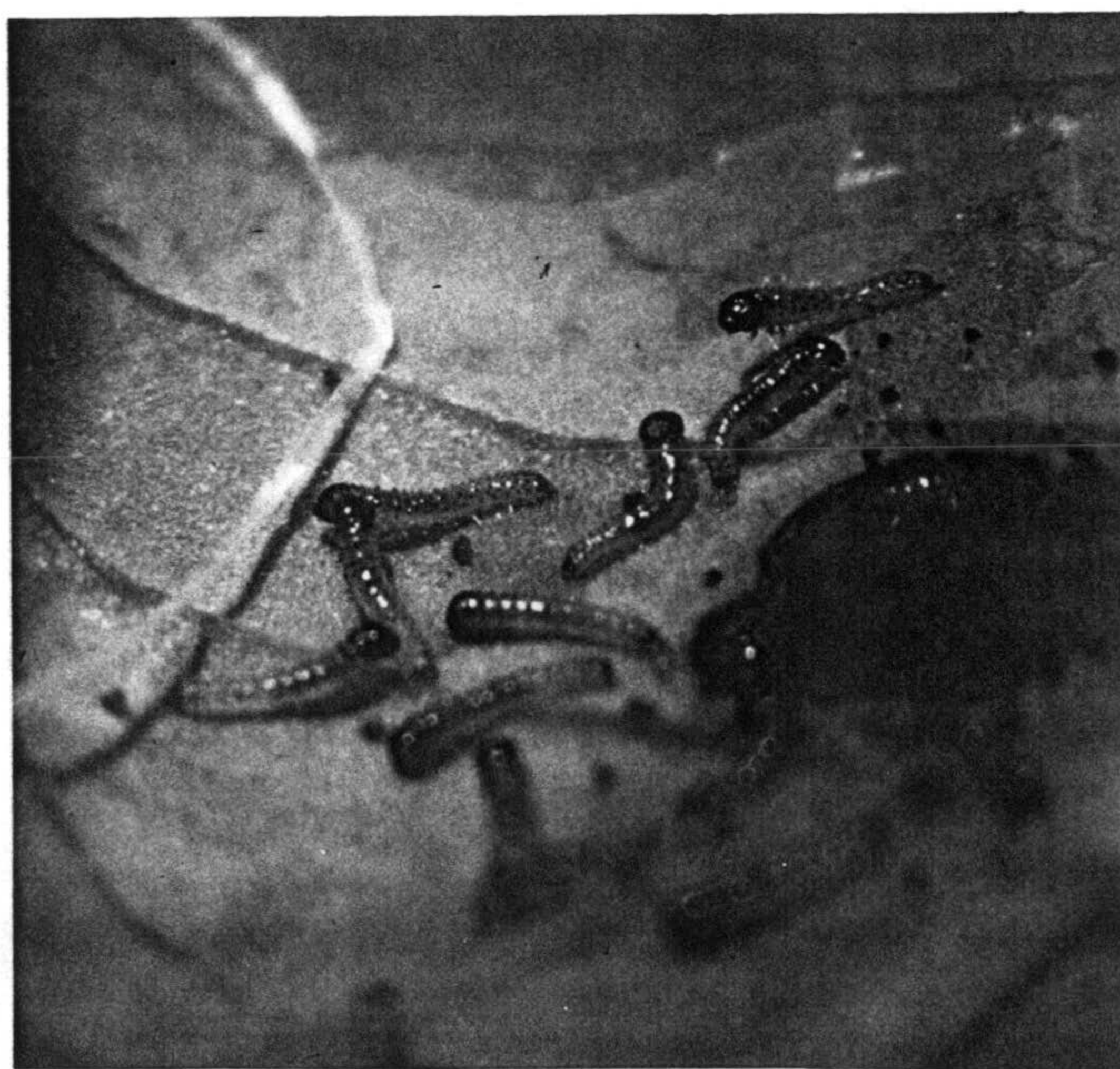
## ANEJO II. MATERIAL FOTOGRÁFICO



Ejemplar adulto de *S. exigua*



Plastón de huevos de *S. exigua*



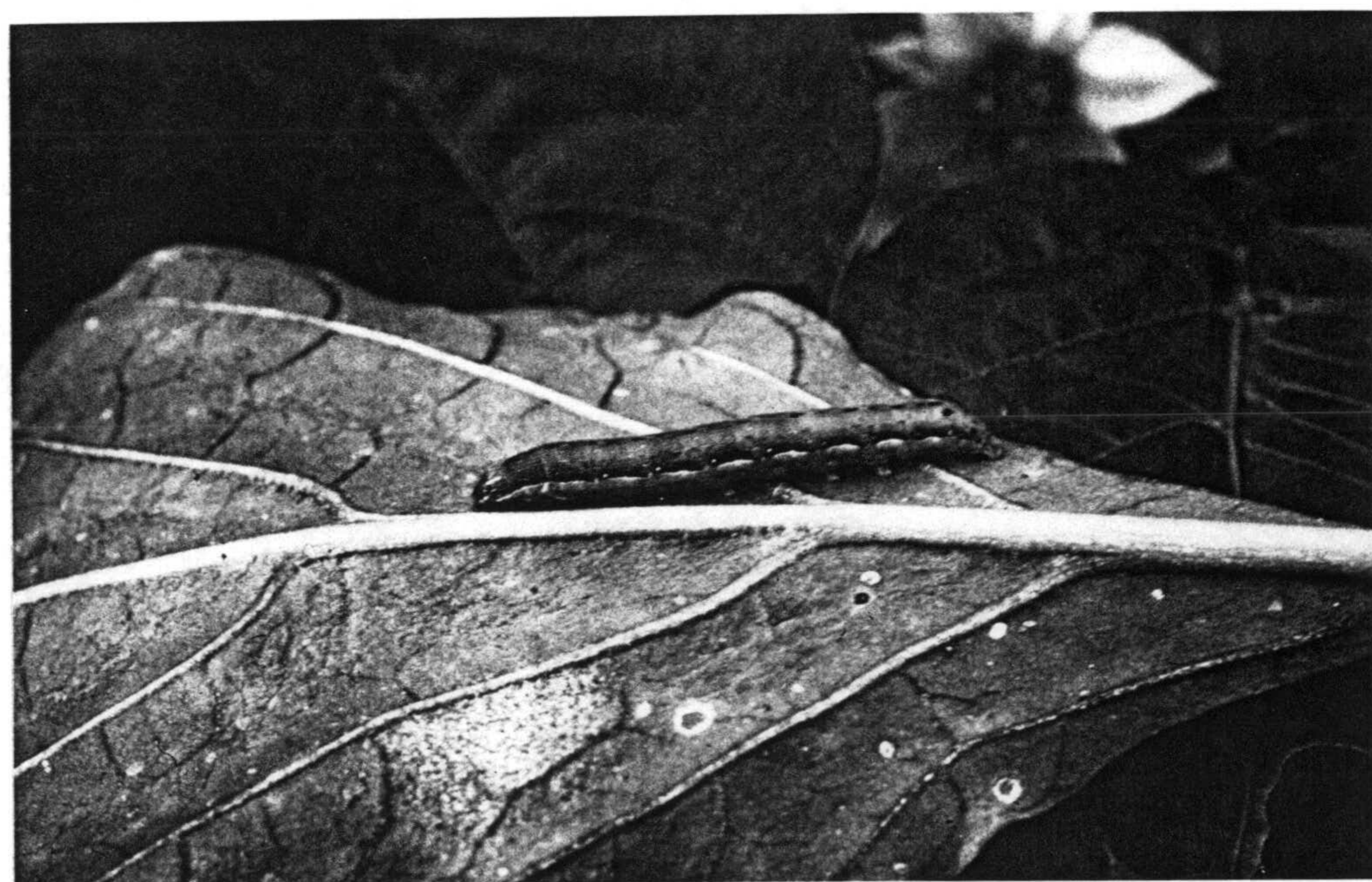
Larvas neonatas de *S. exigua*



Larva de 5º estadio de *S. exigua* en coloración clara



Pupa enterrada de *S. exigua*



Larva de 5º estadio de *S. exigua* en coloración oscura



Armadura genital y pene del macho de *S. exigua*



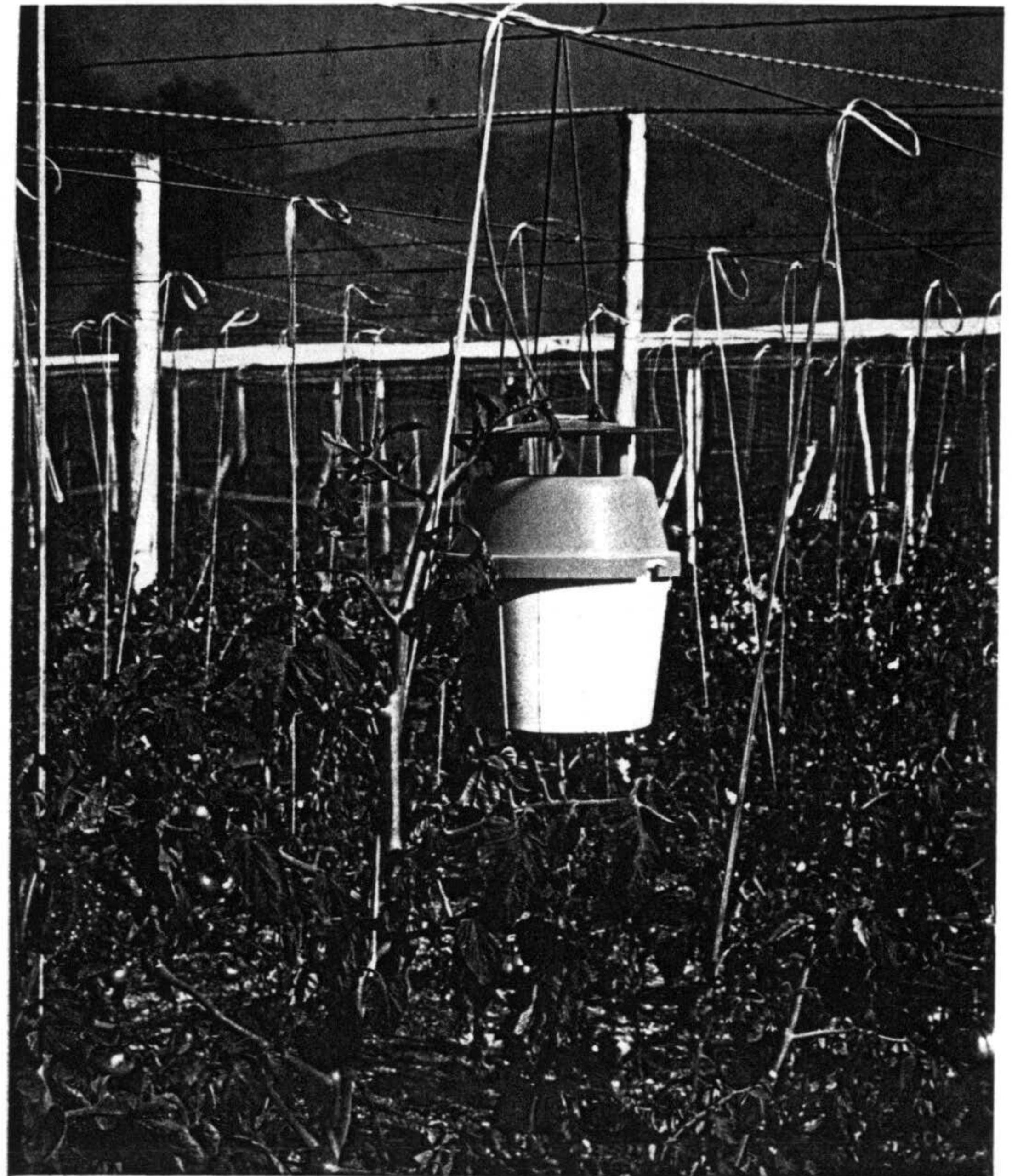
Oviducto y bolsa copulatrix de la genitalia de la hembra de *S. exigua*



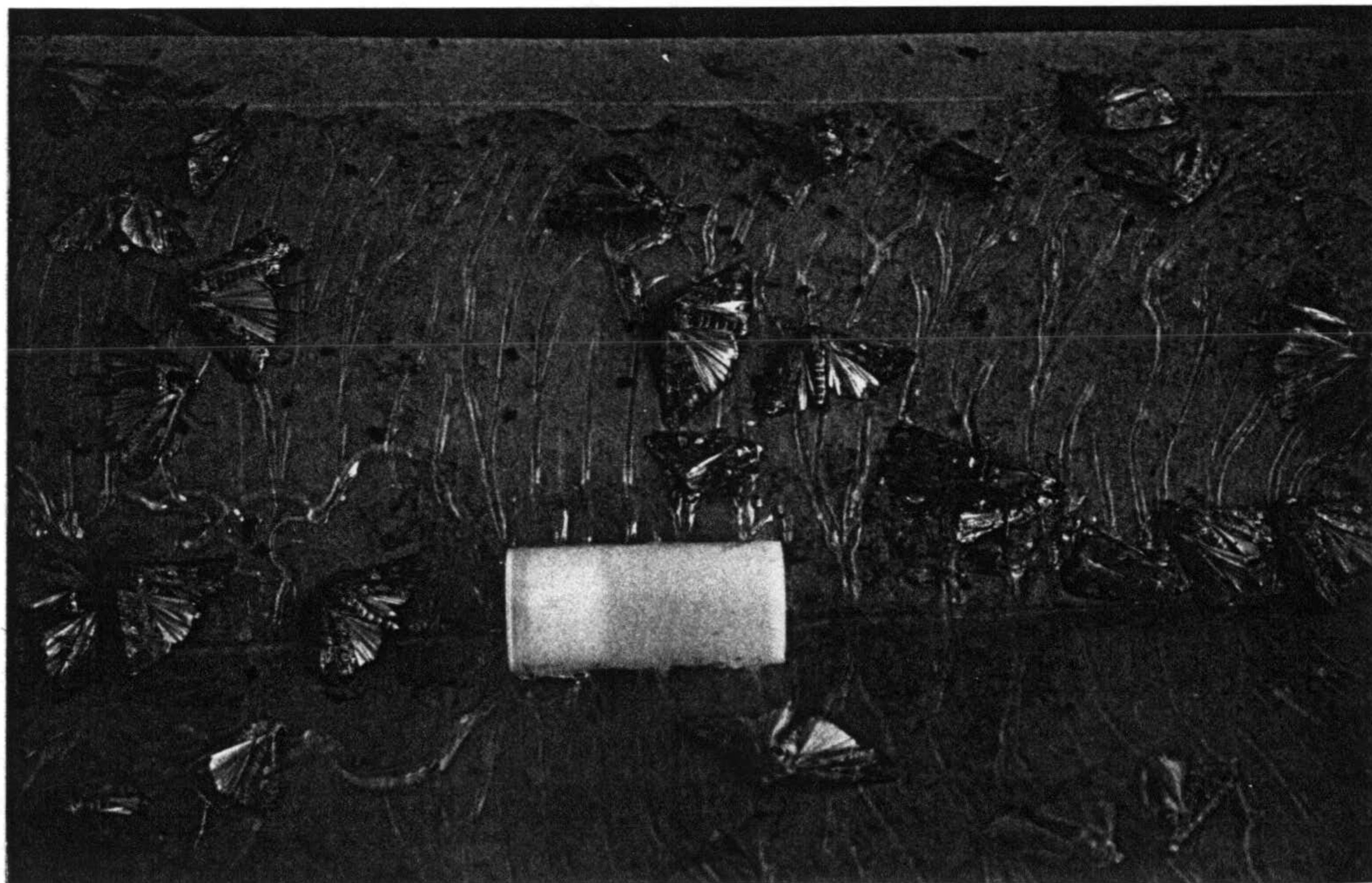
Daños causados por *S. exigua* en planta de pimiento



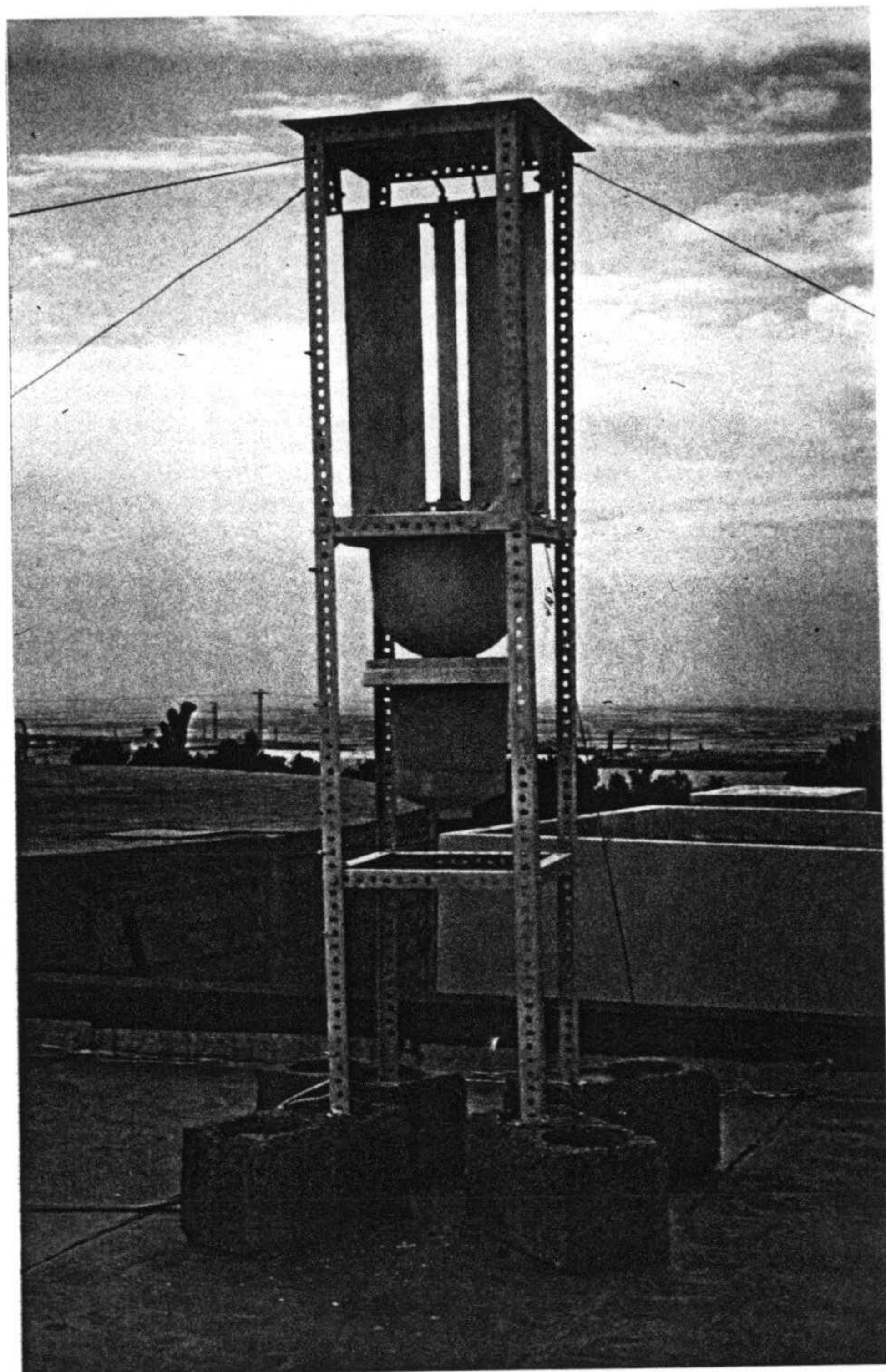
Daños causados por larvas de *S. exigua* en planta pequeña de pimiento



Trampa de feromonas tipo polillero

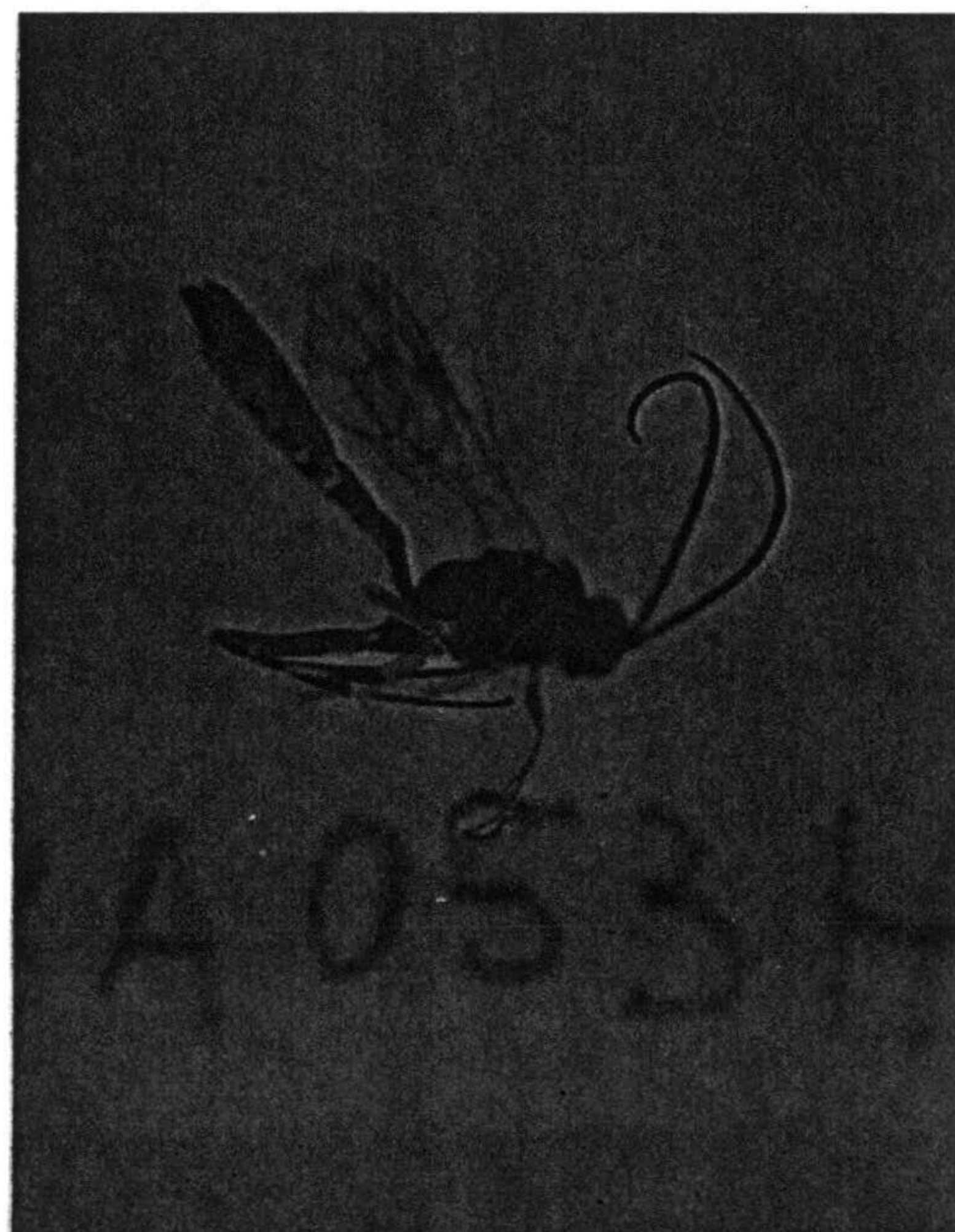


Capturas de machos adultos de *S. exigua* en trampa de feromonas tipo delta

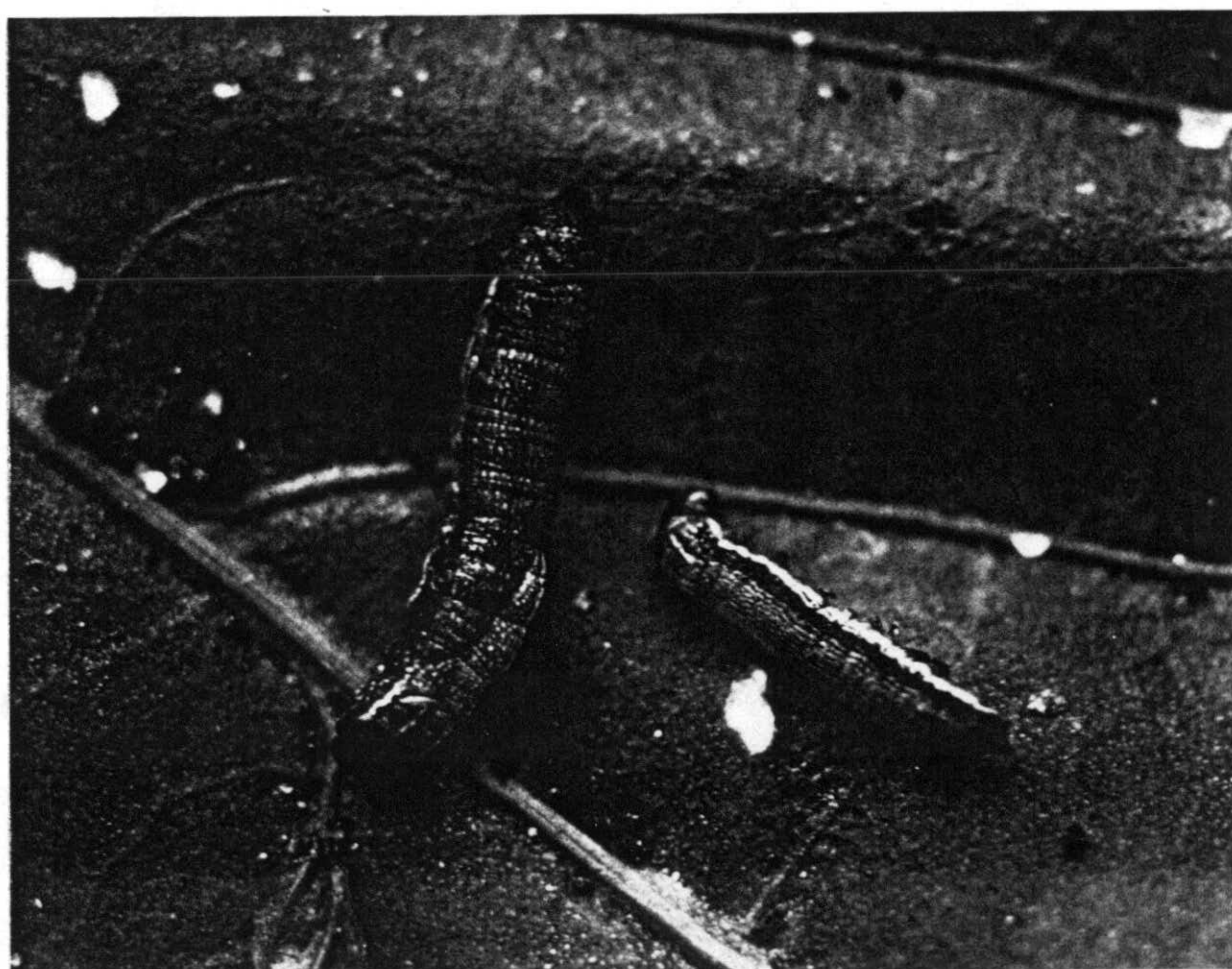


Modelo de trampa de luz utilizada en los seguimientos de fenología *S. exigua*

*Hyposoter didymator* (Hym.:Ichneumonidae)  
parasitoide de larvas de *S. exigua*



Larvas afectadas por insecticida  
inhibidor de la síntesis de quitina



### ANEJO III. SOPORTE INFORMÁTICO

#### Texto del fichero LEAME:

```
*****
UNIVERSIDAD DE GRANADA
TESIS DOCTORAL
"BIOLOGÍA, ECOLOGÍA Y CONTROL DE SPODOPTERA EXIGUA (LEPIDOPTERA; NOCTUIDAE) EN CULTIVO DE PIMIENTO EN
INVERNADERO".
DOCTORANDO: JOSÉ E. BELDA SUÁREZ.
DIRECTOR DE LA TESIS: TOMÁS CABELLO GARCÍA.
CODIRECTOR DE LA TESIS: FELIPE PASCUAL TORRES.
JUNIO/1994
*****
```

```
I N S T R U C C I O N E S
D E E J E C U C I Ó N
D E L P R O G R A M A
```

### CONTENIDO DEL DISQUET:

NOMBRE DEL ARCHIVO	CONTENIDO/CARACTERÍSTICAS
LEAME	Presente fichero conteniendo las instrucciones del programa.
SIMFENSE	Programa de simulación de la fenología de <i>Spodoptera exigua</i> . Es un programa ejecutable directamente situándose en el disco A, escribir SIMFENSE y luego enter el programa irá pidiendo los datos a introducir y/o archivos.
GRTE86EX.DAT	Archivo escrito en ASCII con las temperaturas máximas y mínimas durante 1986 en Granada.
GRTE87EX.DAT	Idem 1987 en Granada.
GRTE88EX.DAT	Idem 1988 en Granada.
ALTE92EX.DAT	Idem 1992 en Almería, temperaturas externas.
ALTE92IN.DAT	Idem 1992 en Almería, temperaturas invernadero.
ALTE93EX.DAT	Idem 1993 en Almería, temperaturas externas.
ALTE93IN.DAT	Idem 1993 en Almería, temperaturas invernadero.

### DATOS PARA LAS SIMULACIONES:

```
===== SIMULACIÓN 1ª =====
TÍTULO: Simulación fenología de S. exigua con temperaturas externas
AÑO DE LA SIMULACIÓN: 1.986
LOCALIZACIÓN: Granada
SEMANA INICIAL PARA DATOS CLIMÁTICOS: 25
SEMANA FINAL PARA DATOS CLIMÁTICOS: 52
NOMBRE DEL ARCHIVO DATOS CLIMÁTICOS: a:\GRTE86EX.DAT
NÚMERO INICIAL DE CAPTURAS: 75
SEMANA CORRESPONDIENTE: 26
PARÁMETRO DE AJUSTE: 1.15
CAPTURAS DURANTE UNA GENERACIÓN (datos que solicitará el programa):
```

SEMANA	NO. CAPTURAS
27	12
28	19
29	28

30	44
31	22
32	12
33	11

===== SIMULACIÓN 2ª =====

TÍTULO: Simulación fenología de *S. exigua* con temperaturas externas  
 AÑO DE LA SIMULACIÓN: 1.987  
 LOCALIZACIÓN: Granada  
 SEMANA INICIAL PARA DATOS CLIMÁTICOS: 1  
 SEMANA FINAL PARA DATOS CLIMÁTICOS: 52  
 NOMBRE DEL ARCHIVO DATOS CLIMÁTICOS: a:\GRTE87EX.DAT  
 NÚMERO INICIAL DE CAPTURAS: 2  
 SEMANA CORRESPONDIENTE: 17  
 PARÁMETRO DE AJUSTE: -0.5  
 CAPTURAS DURANTE UNA GENERACIÓN (datos que solicitará el programa):

SEMANA	NO. CAPTURAS
18	4
19	1
20	0
21	4
22	2
23	4
24	2
25	0
26	8
27	5
28	4

===== SIMULACIÓN 3ª =====

TÍTULO: Simulación fenología de *S. exigua* con temperaturas externas  
 AÑO DE LA SIMULACIÓN: 1.988  
 LOCALIZACIÓN: Granada  
 SEMANA INICIAL PARA DATOS CLIMÁTICOS: 1  
 SEMANA FINAL PARA DATOS CLIMÁTICOS: 52  
 NOMBRE DEL ARCHIVO DATOS CLIMÁTICOS: a:\GRTE88EX.DAT  
 NÚMERO INICIAL DE CAPTURAS: 1  
 SEMANA CORRESPONDIENTE: 9  
 PARÁMETRO DE AJUSTE: 1.25  
 CAPTURAS DURANTE UNA GENERACIÓN (datos que solicitará el programa):

SEMANA	NO. CAPTURAS
10	1
11	2
12	6
13	5
14	4
15	4
16	327
17	594
18	231
19	142

===== SIMULACIÓN 4ª =====

TÍTULO: Simulación fenología de *S. exigua* con temperaturas externas  
 AÑO DE LA SIMULACIÓN: 1.992  
 LOCALIZACIÓN: Almería  
 SEMANA INICIAL PARA DATOS CLIMÁTICOS: 1  
 SEMANA FINAL PARA DATOS CLIMÁTICOS: 52  
 NOMBRE DEL ARCHIVO DATOS CLIMÁTICOS: a:\ALTE92EX.DAT  
 NÚMERO INICIAL DE CAPTURAS: 8  
 SEMANA CORRESPONDIENTE: 7  
 PARÁMETRO DE AJUSTE: 2.5  
 CAPTURAS DURANTE UNA GENERACIÓN (datos que solicitará el programa):

SEMANA	NO. CAPTURAS
7	8
8	0
9	8
10	29

11	12
12	53
13	7
14	2
15	37
16	79
17	139
18	169
19	145
20	200
21	408
22	439
23	318
24	522

===== SIMULACIÓN 5ª =====

TÍTULO: Simulación fenología de *S. exigua* con temperaturas de invernadero.  
 AÑO DE LA SIMULACIÓN: 1.992  
 LOCALIZACIÓN: Almería  
 SEMANA INICIAL PARA DATOS CLIMÁTICOS: 1  
 SEMANA FINAL PARA DATOS CLIMÁTICOS: 52  
 NOMBRE DEL ARCHIVO DATOS CLIMÁTICOS: a:\ALTE92IN.DAT  
 NÚMERO INICIAL DE CAPTURAS: 1  
 SEMANA CORRESPONDIENTE: 3  
 PARÁMETRO DE AJUSTE: 5.0  
 CAPTURAS DURANTE UNA GENERACIÓN (datos que solicitará el programa):

SEMANA	NO. CAPTURAS
4	1
5	0
6	2
7	8
8	0
9	8
10	29
11	12
12	53
13	7
14	2
15	37

===== SIMULACIÓN 6ª =====

TÍTULO: Simulación fenología de *S. exigua* con temperaturas externas  
 AÑO DE LA SIMULACIÓN: 1.993  
 LOCALIZACIÓN: Almería  
 SEMANA INICIAL PARA DATOS CLIMÁTICOS: 1  
 SEMANA FINAL PARA DATOS CLIMÁTICOS: 33  
 NOMBRE DEL ARCHIVO DATOS CLIMÁTICOS: a:\ALTE93EX.DAT  
 NÚMERO INICIAL DE CAPTURAS: 2  
 SEMANA CORRESPONDIENTE: 3  
 PARÁMETRO DE AJUSTE: 1.25  
 CAPTURAS DURANTE UNA GENERACIÓN (datos que solicitará el programa):

SEMANA	NO. CAPTURAS
3	2
4	0
5	2
6	0
7	1
8	1
9	0
10	0
11	2
12	11
13	10
14	11
15	12
16	3
17	23
18	0
19	3
20	54



21 109  
22 101  
23 273  
24 389  
25 738

===== SIMULACIÓN 7ª =====

TÍTULO: Simulación fenología de *S. exigua* con temperaturas de invernadero.

AÑO DE LA SIMULACIÓN: 1.993  
LOCALIZACIÓN: Almería  
SEMANA INICIAL PARA DATOS CLIMÁTICOS: 1  
SEMANA FINAL PARA DATOS CLIMÁTICOS: 33  
NOMBRE DEL ARCHIVO DATOS CLIMÁTICOS: a:\ALTE93IN.DAT  
NÚMERO INICIAL DE CAPTURAS: 2  
SEMANA CORRESPONDIENTE: 3  
PARÁMETRO DE AJUSTE: 1.25

CAPTURAS DURANTE UNA GENERACIÓN (datos que solicitará el programa):

SEMANA	NO. CAPTURAS
3	2
4	0
5	2
6	0
7	1
8	1
9	0
10	0
11	2
12	11
13	10
14	11
15	12
16	3

=====

FIN DEL ARCHIVO

=====

DILIGENCIA:

Reunido el Tribunal examinador en el día de  
la fecha, constituido por:

- D. Fernando Garcia Mall
- D. Alfredo Lacasa Plasencia
- D. Candido Santiago Alvarez
- D. Mercedes Campos Broude
- D. Alberto T. Mont. Ramere

para juzgar la Tesis Doctoral del Licenciado Don

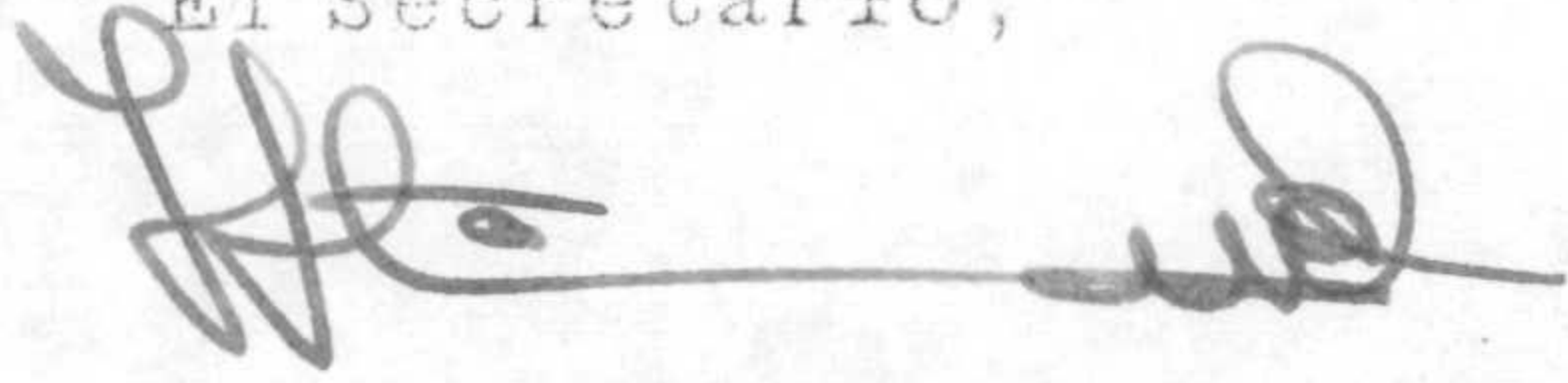
José Eduardo Belda Suárez

se acordó por Unanimidad otorgar la calificación de Apto Cum Laude

y para que conste, se extiende firmada por los componentes del Tribunal, la presente diligencia.

Granada, a 15 de Junio de 1954

El Secretario,



El Presidente,



Vocal,



El Vocal,

Mercedes Campos

El Vocal,

