

**Utilización de feromonas en la predicción fenológica de
Helicoverpa armigera (Hübner)
(Lepidoptera: Noctuidae)**

Josep I. Izquierdo Casas

I S B N: 84-89727-64-3
Depósito Legal: S. 54-98

Servei de Publicacions
Universitat de Lleida

ÍNDICE GENERAL

[Agradecimientos](#)

[Resumen \(Castellano, Catalán, Inglés\)](#)

[Abreviaturas utilizadas en el texto](#)

[I. INTRODUCCIÓN](#)

[1. PROBLEMÁTICA DE *HELICOVERPA ARMIGERA* COMO PLAGA](#)

[2. SISTEMAS DE EVALUACIÓN DE LAS DENSIDADES DE PLAGA](#)

[3. COMPORTAMIENTO DE LOS ADULTOS DE *HELICOVERPA ARMIGERA*](#)

[3.1. Movilidad](#)

[3.2. Actividad reproductiva](#)

[3.2.1. Atracción sexual y cópula](#)

[3.2.2. Elección de huésped y comportamiento de puesta](#)

[4. TRAMPAS DE FEROMONAS SEXUALES](#)

[4.1. Factores que afectan las capturas](#)

[4.1.1. Trampa](#)

[4.1.1.1. Cápsula](#)

[4.1.1.2. Diseño de la trampa](#)

[4.1.2. Emplazamiento](#)

[4.1.3. Condiciones ambientales](#)

[4.1.3.1. Temperatura](#)

[4.1.3.2. Viento](#)

[4.1.3.3. Humedad relativa y precipitaciones](#)

[4.1.3.4. Luz de luna y cobertura del cielo nocturno](#)

[4.1.4. Tamaño de la población. Competencia con hembras](#)

[4.1.5. Otros](#)

[4.2. Relación entre capturas en trampas de feromonas y densidad de estados inmaduros en el cultivo huésped](#)

[5. DIAPAUSA INVERNAL E INICIO DE CAMPAÑA](#)

[6. OBJETIVOS](#)

[II. MATERIAL Y MÉTODOS](#)

[1. RELACIÓN CAPTURAS-HUEVOS](#)

[1.1. Zonas de estudio. Características](#)

[1.2. Trampas](#)

[1.2.1. Tipos](#)

[1.2.2. Emplazamiento y localización](#)

[1.2.3. Seguimiento de las trampas](#)

[1.3. Controles de campo](#)

[1.3.1. Localización y características de los campos](#)

[1.3.2. Seguimiento de las densidades de huevos](#)

[1.3.3. Evolución de los campos](#)

[1.3.4. Condiciones meteorológicas](#)

[1.3.5. Seguimiento de entorno](#)

[1.4. Análisis de los datos](#)

[2. TRAMPAS DE FEROMONAS: FACTORES INTRÍNSECOS QUE AFECTAN LAS CAPTURAS](#)

[2.1. Comparación de cápsulas](#)

[2.1.1. Capacidad de captura según procedencia](#)

[2.1.2. Selectividad](#)

[2.1.3. Antigüedad de la cápsula](#)

[2.2. Comparación de los diseños de trampas](#)

[2.2.1. Tipos de trampas](#)

[2.3. Análisis de los datos](#)

[3. ESTUDIO DE EMERGENCIA DE ADULTOS PROVENIENTES DE PUPAS EN DIAPAUSA](#)

[3.1. Material vivo e inducción a la diapausa](#)

[3.2. Cabinas de diapausa](#)

[3.3. Diseño de la experiencia y seguimiento](#)

[III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN](#)

[1. RELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD DE HUEVOS Y LOS VALORES DE CAPTURA](#)

[1.1. Densidades de huevos de *H. armigera*](#)

[1.1.1. Cultivo de tomate](#)

[1.1.2. Cultivo de clavel](#)
[1.1.3. Muestreo de huevos en los cultivos huéspedes](#)
[1.2. Capturas en trampas de feromonas](#)
[1.3. Relación entre densidades de huevos y capturas](#)
[1.3.1. Evolución de la relación huevos|capturas](#)
[1.3.2. Correlación entre densidad de huevos y variables de captura, temporales y fenológicas](#)
[1.3.3. Predicción de la densidad de huevos a partir de modelos de regresión](#)
[1.4. Discusión general](#)
[2. TRAMPAS DE FEROMONAS: FACTORES INTRÍNSECOS QUE AFECTAN LAS CAPTURAS](#)
[2.1. Cápsulas de feromonas](#)
[2.1.1. Capacidad de captura según procedencia](#)
[2.1.2. Selectividad respecto *Gortyna xanthenes*](#)
[2.1.3. Antigüedad de la cápsula](#)
[2.2. Comparación de los diseños de las trampas](#)
[2.2.1. Tipo](#)
[2.3. Discusión general](#)
[3. INICIO DE CAMPAÑA. EMERGENCIA DE ADULTOS PROVENIENTES DE PUPAS EN DIAPAUSA Y CAPTURAS EN TRAMPAS DE FEROMONAS](#)
[3.1. Emergencia de adultos provenientes de pupas confinadas](#)
[3.2. Capturas en trampas de feromonas](#)
[3.3. Condiciones meteorológicas](#)
[3.4. Relación entre la emergencia de adultos, las capturas y las condiciones meteorológicas](#)
[IV. CONCLUSIONES](#)
[V. BIBLIOGRAFÍA](#)

Agradecimientos

Dicen que la realización de la tesis pone a prueba los nervios y la estabilidad de la vida emocional del aspirante a Doctor. Me consta que existen numerosas bajas. Yo tengo que agradecer que este ingente trabajo no sólo haya sido una mejora de mis conocimientos, sino una experiencia real y positiva de convivencia y colaboración. Gracias Anna!

Mucha gente ha colaborado en la realización de este trabajo, a todos ellos les quería agradecer su granito, o su saco, de arena.

A mis tutores, Ramón Albajes y Rosa Gabarra, por sus orientaciones, comentarios y correcciones del trabajo.

A la Escola Universitària d'Enginyers Tècnics Agrícoles de Barcelona por las facilidades tanto materiales como laborales que han hecho posible la realización de este trabajo.

A Jordi Valero, profesor de Estadística de la EUETA Barcelona, por su inestimable colaboración en el análisis estadístico de los datos.

A Frank Zalom, Director del Proyecto Estatal IPM de la Univ. de California, por la lectura crítica del documento y la comunicación de sus vivencias en el desarrollo de programas de control de *Heliothinae* en California.

A Xavier Sorribas, compañero de trabajo y amigo, por sus consejos y los "capotazos" que me ha echado.

A la "Caixa de Barcelona" por la Ayuda a la Investigación en el Ámbito Agrícola que ha subvencionado parcialmente los trabajos de relación densidad de huevos-capturas en trampas de feromonas.

A las Agrupaciones de Defensa Vegetal del Delta del Llobregat y Baix Maresme, y a sus técnicos, por la colaboración en la obtención de datos de capturas en trampas de feromonas, así como en los contactos con los agricultores de la zona.

A Enric, Marta, Dani, Jordi, Isabel, Joan, Kilian, Pere, Etel, Pilar, Miquel,... por su ayuda en los trabajos de campo y el manejo de los datos, por sus preguntas y sugerencias, por su paciencia conmigo,...

A la finca Míjorn por las facilidades ofrecidas en la realización de parte de los experimentos de trampas de feromonas. Al Servei de Protecció dels Vegetals de Catalunya por facilitar parte del material utilizado en los ensayos de trampas de feromonas.

A A. Guerrero, CSIC, por la revisión de diversos experimentos del apartado de trampas de feromonas. A Enriqueta Bordas por sus traducciones de artículos en ruso. A Julia por su trabajo de mantenimiento de la colonia de *H. armigera* y gestiones diversas. A Josep M^a por sus correcciones de estilo. A los agricultores del Delta del Llobregat y Maresme por su colaboración e interés.

A todos aquellos que se han interesado y me han dado aliento en esta labor.

Resumen (Castellano, Catalán, Inglés)

RESUMEN

Helicoverpa (= *Heliothis*) *armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) es un insecto plaga clave en cultivos de tomate y de clavel al aire libre en el Delta del Llobregat y en el Maresme. La mejora de los sistemas de control de este lepidóptero plaga pasa por la obtención de métodos sencillos para definir sus densidades presentes a fin de racionalizar la toma de decisiones de intervención. Los muestreos de estados inmaduros - huevos y larvas- sobre planta son una posible vía, pero su coste económico es muy elevado. Las trampas de feromonas podrían ser una herramienta útil para este propósito. Para ello es necesario conocer el comportamiento de puesta de *H. armigera* en la zona, determinar su relación con las capturas en trampa de feromonas y establecer la fiabilidad de este sistema de seguimiento. La respuesta a estas cuestiones permitirá determinar el papel que pueden desempeñar las trampas de feromonas en los futuros sistemas de control integrado de *H. armigera*.

Se siguieron 26 campos de tomate al aire libre destinado al consumo en fresco a lo largo de las campañas 1990-92. Los campos se localizaron aproximadamente en un 50% en la zona del Delta del Llobregat y en un 50% en el Maresme. En esta última comarca también se llevó a cabo el seguimiento de 3 campos de clavel. En los campos se realizaron recuentos semanales de huevos sobre el cultivo. En cada zona se dispusieron de trampas de feromonas para la captura de adultos de *H. armigera*. Paralelamente, se realizaron 10 experiencias para valorar distintos aspectos de las trampas de feromonas comerciales de *H. armigera* que pueden condicionar las capturas. Durante las primaveras de 1991-93 se estudió la emergencia de adultos provenientes de pupas en diapausa y se comparó con la evolución de las capturas en trampas de feromonas en la zona.

Se observaron huevos de *H. armigera* sobre cultivos de tomate ininterrumpidamente desde la segunda quincena de mayo hasta inicios de octubre. En el cultivo de clavel, su presencia puede prolongarse hasta inicios de noviembre. Sólo se detectaba puesta si paralelamente se capturaban adultos en las trampas de feromonas. A lo largo de las campañas, la magnitud de las capturas siguió una evolución creciente de forma discontinua hasta alcanzar los máximos absolutos a finales de septiembre o a inicios de octubre. Esta evolución se relacionó más con la dinámica de la puesta en clavel que con la puesta en tomate, donde las densidades máximas de huevos se detectaron en julio.

El estado fenológico de la planta huésped tuvo una gran importancia en la selección del sustrato de puesta por parte de *H. armigera*. En tomateras juveniles se registraron densidades de huevos significativamente superiores a las observadas en cultivos coetáneos en plena producción. A lo largo de la temporada se detectó una evolución de los huéspedes preferenciales de puesta de *H. armigera*. Estos resultados indican que si se desean utilizar los valores de captura en trampas de feromonas como indicadores de riesgo de ataque sobre un cultivo concreto, éstos tendrán que interpretarse en función de su situación fenológica y del entorno agrícola existente.

En los cultivos de tomate, cuando se fraccionó el período de cultivo según plantación y según grupo fenológico, se obtuvieron coeficientes de correlación altamente significativos entre densidades de huevos y capturas en trampas de feromonas. Se generaron modelos de regresión que permiten predecir las densidades de huevos a partir de las variables de captura y grupo fenológico del cultivo. En el presente estudio se discute su utilización como herramienta predictiva.

En el cultivo de clavel los valores de coeficiente de correlación ($r = 0.70-0.75$) fueron significativamente más altos que los observados en tomate. La homogeneidad fenológica de este cultivo y la estabilidad de la unidad muestral favorecieron una relación puesta/captura más estrecha.

El número de machos de *H. armigera* capturados en trampas de feromonas está estrechamente vinculado a sus características constitutivas. Se observó que la procedencia y la antigüedad de la cápsula, así como el diseño de la trampa son factores cruciales que influyeron en su potencial de captura. Variaciones en los elementos constitutivos de las trampas o en su manejo pueden condicionar la utilidad de las relaciones cuantitativas entre densidad de huevos y capturas.

La emergencia de los adultos en los ensayos de diapausa tuvo lugar entre la segunda quincena de mayo y junio. Las capturas en trampas de feromonas se produjeron previamente a la emergencia, transcurriendo de 2 a 3 semanas entre el inicio de las capturas y la emergencia de machos.

Palabras clave: *Helicoverpa armigera*, feromonas, puesta, fenología, tomate, clavel, Cataluña.

RESUM

Utilització de feromones en la predicció fenològica de *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae)

Helicoverpa (= *Heliothis*) *armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) és un insecte plaga clau en conreus de tomàquet i clavell a l'aire lliure al Delta del Llobregat i Maresme. La millora dels sistemes de control d'aquest lepidòpter plaga passa per l'obtenció de mètodes senzills per a definir les densitats presents a fi de racionalitzar la presa de decisions d'intervenció. Els mostreigs d'estats inmadurs -ous i larves- sobre planta són una possible via, però el seu cost econòmic és molt elevat. Les trampes de feromones podrien ser una eina útil

per aquest propòsit. Per això és necessari conèixer el comportament de posta de *H. armigera* a la zona, la seva relació amb les captures en trapes de feromones i la fiabilitat d'aquest sistema de seguiment. La resposta a aquestes qüestions permetrà determinar el paper que puguin jugar les trapes de feromones en els futurs sistemes de control integrat de *H. armigera*.

Al llarg de les campanyes 1990-92 es van efectuar el seguiment de 26 camps de tomàquet a l'aire lliure destinat al consum en fresc. Aproximadament, els camps es localitzaren un 50% a la zona del Delta del Llobregat, i l'altre 50% al Maresme. En aquesta darrera comarca també es va dur a terme el seguiment de 3 camps de clavell. En els camps es van realitzar recomptes setmanals d'ous sobre el conreu. A cada zona es van disposar trapes de feromones per a capturar adults de *H. armigera*. Paral·lelament, es van realitzar experiències per caracteritzar diferents aspectes de les trapes de feromones comercials de *H. armigera* que poden condicionar les captures. Durant les primaveres de 1991-93 es va estudiar l'emergència d'adults provinents de pupes en diapausa i es va comparar amb l'evolució de les captures en trapes de feromones a la zona.

Es va constatar la presència d'ous d'*H. armigera* ininterrompidament des de la segona quinzena de maig fins a inicis d'octubre sobre cultius de tomàquet. En clavell, la seva presència pot perllongar-se fins a inicis de novembre. Només es detectava posta si alhora es capturaven adults en les trapes de feromones. Al llarg de les campanyes, la magnitud de les captures va seguir una evolució creixent de forma discontinua fins assolir els màxims absoluts a finals de setembre o a inicis d'octubre. Aquesta evolució es va relacionar més amb la dinàmica de la posta en clavell que amb la de tomàquet, conreu en el que les densitats màximes d'ous es van detectar al juliol.

L'estat fenològic de la planta hoste té una gran importància en el procés de selecció del substracte de posta per part de *H. armigera*. A les tomaqueres joves, s'enregistren densitats d'ous significativament superiors a les que presentaven cultius coetanis en plena producció. Al llarg de la temporada es va observar una evolució dels hostes preferencials de posta de *H. armigera*. Aquests resultats indiquen que si es desitgen utilitzar els valors de captura en trapes de feromones com a indicadors de risc d'atac sobre un conreu concret caldrà interpretar-los en funció de la situació fenològica d'aquest i de l'entorn agrícola existent.

En els cultius de tomàquet es van obtenir coeficients de correlació altament significatius entre densitats d'ous i captures en trapes de feromones quan es va fraccionar el període de conreu en plantacions primerenques i tardanes, i en grups fenològics. Es van generar models de regressió que van permetre una predicció de les densitats d'ous a partir de les variables de captura i grup fenològic del cultiu. Es discuteix la seva utilització com eina predictiva. En el cultiu de clavell els valors del coeficient de correlació ($r = 0.70-0.75$) van ser significativament més alts que els observats en tomàquet. L'homogeneïtat fenològica del cultiu i l'estabilitat de la unitat mostral van afavorir la manifestació més estreta de la relació posta/captura.

Les captures de mascles de *H. armigera* en trapes de feromones estan molt lligades a les seves característiques constitutives. Es va observar que la procedència i la antiguitat de la càpsula, així com el disseny de la trampa són factors crucials pel que fa al seu potencial de captura. Les variacions en els elements constitutius de les trapes o en el seu maneig poden condicionar la utilitat de les relacions quantitatives entre densitat d'ous i captures.

L'emergència dels adults en els assaigs de diapausa es va produir en el període comprés entre la segona quinzena de maig i el mes de juny. Les captures en trapes de feromones van ser prèvies a les emergències, observant-se un desplaçament de 2-3 setmanes entre l'inici de les captures i les mitjanes d'emergències de mascles.

Paraules clau: *Helicoverpa armigera*, feromones, posta, predicció, fenologia, tomàquet, clavell, Catalunya.

SUMMARY

Pheromone use in the phenologic prediction of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae).

Helicoverpa (=Heliiothis) armigera (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) is a key pest in outdoor tomato and carnation crops in the Llobregat Delta and Maresme (Spain). Improvements of control systems for this lepidopter pest implies the achievement of simple methods to define its present densities for the purpose of rationalizing decision-taking for intervention. Samplings of immature stages - eggs and larvae - on plant are a possible way, but their economic costs are very high. Pheromone traps could be a useful tool for this purpose. For this several requirements are necessary: knowledge of *H. armigera* ovoposition behaviour in the zone, determination of its relationship to the catches in pheromone traps and the reliability of this monitoring system. Answers to these questions will allow to determine the role that pheromone traps may play in future integrated control systems for *H. armigera*.

From 1990 to 1992, 26 outdoor fields with tomatoes for fresh market were studied. About 50% of the fields were located in the Llobregat Delta and another 50% in Maresme. In this last region the monitoring of 3 carnation fields was also carried out. In the fields weekly samplings of eggs on the crop were accomplished. In

each zone pheromone traps were placed to catch adults of *H. armigera*. At the same time, 10 experiments were carried out to value different aspects of commercial pheromone traps for *H. armigera* which may condition the catches. During the springs of 1991-93 adult eclosion from diapaused pupes was studied and it was compared with the evolution of catches in pheromone traps in the zone.

Eggs from *H. armigera* were continuously observed on tomato crop from the second half of May to the beginning of October. On carnation crop, their presence may be extended until the beginning of November. Ovoposition was only detected if adults were captured in the pheromone traps. Throughout the campaigns, the number of the catches kept a growing behaviour in a discontinuous way until reaching the absolute maxima at the end of September or the beginning of October. This evolution was more closely related to ovoposition on carnation than to ovoposition on tomato, where the maximum egg densities were detected in July.

The phenologic stage of the host plant had a great importance in ovoposition preference of *H. armigera*. In young tomato plants significantly superior densities were observed in full- production crops. Throughout the season an evolution of the preferential ovoposition hosts for *H. armigera* was detected. These results indicate that if you wish to use the figures of catches in pheromone traps as indicators of risk of attack on a specific crop, these will have to be interpreted according to their phenologic situation and to the existing agricultural environment.

In tomato crops, when cultivation period was fractioned according to planting periode and to phenologic group, highly meaningful correlation coefficients between egg densities and catches in pheromone traps were obtained. Regression models were generated which permit to predict the egg densities from catch variables and phenologic crop group. In the present study its use as a predictive tool is discussed. In carnation crop correlation coefficient values ($r = 0.70-0.75$) were significantly higher than those observed in tomato. Phenologic homogeneity of this crop and the stability of the sampling unit favored a closer relationship between ovoposition and catch.

The number of male *H. armigera* caught in pheromone traps is closely related to their constitutive characteristics. The origin of the lure, its age and the design of the trap were observed to be crucial factors which influenced the potential catches in the pheromone traps. Alterations in the constitutive elements of the traps or in their handling may condition the usefulness of the quantitative relationships between egg densities and catches.

Adult eclosion in diapause experiments took place in the second half of May and June. Catches in pheromone traps were produced previously to the eclosion, elapsing of 2 to 3 weeks between the beginning of catches and male eclosion.

Key words: *Helicoverpa armigera*, pheromones, ovoposition, phenology, prediction, tomato, carnation, Catalonia.

Abreviaturas utilizadas en el texto

ADV: Agrupación de Defensa Vegetal
AGR: Agrisense, tipo de cápsula y trampa de feromona
ANTIG: Tipo de tratamiento en el ensayo de trampas de feromonas 2.1.3
BIO: Bioprox, tipo de cápsula de feromona
CD: Capturas/día
CIP: Control integrado de plagas
CS: Capturas/semana
CGC: Capturas semanales medias de la semana en curso de las trampas próximas a un campo de muestreo de huevos ([Tabla 2-4](#))
CGC-: Idem, pero de la semana anterior
CGC+: Idem, pero de la semana próxima
CGZ: Capturas semanal media de la semana en curso para una de las dos zonas geográficas estudiadas (DL y MA, [Tabla 2-4](#))
CGZ-: Idem, pero de la semana anterior
CGZ+: Idem, pero de la semana próxima
DL: Delta del Llobregat
ET: Error tipo o error estándar
GF: Grupo fenológico (partición del ciclo de cultivo del tomate en función de criterios fenológicos y de producción)
GLM: Procedimiento SAS, General lineal models
IGD: I.G. Donegani, tipo de cápsula de feromona
IRTA: Institut de Recerca i Tecnologia Agroalimentària
LSMEANS: Procedimiento de SAS, en GLM -Least Squares Means-
MA: Maresme
MES: Agrupación de semanas (ver [II.1.4](#))
MON: Montedison, tipo de trampa de feromona
NUEVA: Tipo de tratamiento en el ensayo de trampas de feromonas 2.1.3
OU: Huevos de *H. armigera* en 100 plantas de tomate (unidades muestrales) o en 100 flores en clavel.
PRECOZ: Cultivo de tomate que se planta desde finales de abril hasta la primera quincena de mayo.
PV: Período primavera-verano (semanas 20-33)
RZ: Relación OU/CGZ
SAS: Programa estadístico, Statistic Analysis Systems
SET: Semana (ver [II.1.4](#))
TARDIO: Cultivo de tomate que se planta durante el mes de junio
TRE: Trece, tipo de cápsula de feromona
VO: Período verano-otoño (semanas 34-36)
URS: Inst.Prot.Cult., tipo de cápsula de feromona
ZOE: Zoecon, tipo de trampa de feromona
-
X: Media

I. INTRODUCCIÓN

1. PROBLEMÁTICA DE *HELICOVERPA ARMIGERA* COMO PLAGA

Helicoverpa (= *Heliothis*) *armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae), conocida en nuestro país como el gusano del tomate, es una plaga clave en numerosos cultivos de Euroasia, África y Oceanía (Fitt, 1989; Reed y Pawar, 1982). La repercusión de la actividad de otros géneros próximos a este, *Helicoverpa zea* (Boddie) y *Heliothis virescens* (F.), (Greenstone *et al.*, 1991; Poole, 1989) en el continente americano hacen de la subfamilia *Heliothinae* uno de los grupos de insectos plaga más importantes a nivel mundial.

H. armigera es un insecto altamente polífago, capaz de atacar cultivos como maíz, algodón, girasol, tomate, sorgo y clavel entre otros cultivos extensivos, hortícolas y ornamentales (Fitt, 1989). También es conocida su capacidad de alimentarse y completar su ciclo sobre numerosos vegetales espontáneos (Reed y Pawar, 1982). Esta característica, junto con su movilidad, alta fecundidad y multivoltismo, hace posible que sus niveles de población puedan variar rápidamente en el espacio y el tiempo. El comportamiento de las larvas, que muestran una marcada preferencia hacia las partes de la planta con una elevada concentración de nitrógeno - estructuras reproductivas (flores y frutos) y puntos de crecimiento-, hace que su acción influya de forma muy directa en la cosecha. En España es considerada como una plaga problemática fundamentalmente en cultivos de tomate y algodón (Albajes *et al.*, 1985; Biurrún y Esparza, 1991; García *et al.*, 1980; Lacasa, 1990).

En Catalunya se detectan ataques de *H. armigera* en lechuga, fresón, judía, alcachofa, pimiento, maíz, pepino, diversas plantas ornamentales y sobre otros cultivos, pero los problemas principales que ocasiona se centran en los cultivos de clavel y tomate (Izquierdo, 1992). En este último cultivo, sus daños más evidentes se centran en la depreciación del fruto atacado por las larvas. También pueden ser notables las pérdidas debidas a caída de flores y pequeños frutos, la perforación de tallos, el favorecimiento de podredumbres y el ataque de plagas secundarias.

El tipo de daño que genera la plaga -la perforación de estructuras florales y frutos- asociado a los altos valores económicos de estos productos implica unos niveles de tolerancia bajos. *H. armigera* es una plaga clave en el cultivo de tomate al aire libre en las comarcas del Maresme y el Baix Llobregat. La utilización de insecticidas, en muchos casos en cantidades considerables (Fitt, 1989), es una práctica común para minimizar el efecto de la actividad de este insecto. Entre un 50 y un 80% de las aplicaciones de insecticidas en tomate al aire libre en el litoral barcelonés han tenido por objetivo el control de este lepidóptero. Son habituales niveles de 6-10 tratamientos por campaña (Izquierdo, 1992).

Los sistemas de lucha con insecticidas clásicos plantean diversos problemas, entre los cuales destacan:

- 1) El efecto negativo sobre los consumidores secundarios limitando la acción reguladora de las poblaciones de fitófagos condiciona la utilización de sistemas de control de plagas basados en fauna auxiliar.
- 2) La necesidad de respetar los plazos de seguridad, sobre todo en período de cosecha.
- 3) El desarrollo de resistencias.
- 4) El impacto ambiental y el riesgo toxicológico sobre el aplicador.
- 5) El coste económico.

La evolución de los sistemas de control de *H. armigera* hacia un sistema de control integrado se centra, en un primer momento, en una racionalización de los tratamientos insecticidas, aplicándolos sólo cuando sean necesarios y seleccionándolos para evitar un impacto negativo sobre los organismos auxiliares (Albajes *et al.*, 1985; Alomar *et al.*, 1991; Gabarra, 1990a).

El programa de control integrado en tomate al aire libre para consumo en fresco desarrollado por el grupo de entomología aplicada del IRTA, centra sus recomendaciones para el control de esta plaga en la aplicación de preparados a base de *Bacillus thuringiensis* Berliner (Castañé *et al.*, 1988). La efectividad de estos tratamientos, a veces errática, hace que su empleo no sea una solución bien aceptada por los agricultores de la zona. La elección del momento de aplicación, dadas las características de actividad y persistencia de este insecticida microbiológico, es un factor fundamental para conseguir buenos niveles de eficacia.

2. SISTEMAS DE EVALUACIÓN DE LAS DENSIDADES DE PLAGA

Para desarrollar un sistema de control óptimo de la plaga es indispensable obtener información continua sobre los niveles de presencia de este insecto en el agrosistema o en un cultivo concreto. El conocimiento de su comportamiento poblacional y la determinación del umbral de intervención requieren el desarrollo de sistemas de muestreo (Karandinos, 1976; Sterling y Peters, 1979). La información que proporciona el proceso de muestreo es una buena base para tomar las decisiones de intervención más racionales (Sterling, 1987).

Se dispone de numerosas técnicas de muestreo que han de ser valoradas de acuerdo con su adaptación a cada situación concreta (exactitud de muestreo, tipo de planta, estado de desarrollo del organismo plaga, coste, etc.). Por regla general, se pide que sean métodos fiables, rápidos, sencillos, económicos y reproducibles (Walker, 1987). Es obvio que los diferentes métodos utilizados presentan limitaciones prácticas, que normalmente van ligadas a su coste en tiempo y en recursos humanos. La mejora de las técnicas de muestreo pasa por la reducción de costes de seguimiento sin sacrificar la fiabilidad de la información obtenida (Wilson *et al.*, 1983).

En el caso del género *Helicoverpa*, los sistemas de muestreo de estados inmaduros requieren una evaluación eficiente y cuidadosa de densidades relativamente bajas, a causa de los daños directos que generan las larvas y el elevado valor de mercado de las estructuras atacadas (Roltsch y Mayse, 1984).

La literatura habla de las siguientes vías principales de estimación de la presencia de la plaga:

1) Frutos atacados. El recuento de los frutos afectados es un indicador muy directo de la presencia de larvas desarrolladas de *Heliothinae* y del grado del daño. Tiene como inconveniente la aceptación de un cierto nivel de pérdidas y el control de orugas en estadios de desarrollo avanzados (Wilson *et al.*, 1983).

2) Presencia de larvas. El recuento de individuos en estado larvario permite obtener una buena información del nivel de daños previsible en el cultivo. Presenta como inconveniente la necesidad de intervenciones rápidas antes que se produzcan daños indeseables y la dificultad en la localización de las larvas (Hartstack *et al.*, 1978; Kehat *et al.*, 1982).

3) Número de huevos. La densidad de huevos de *Helicoverpa* en la planta huésped, corregida por los factores de mortalidad, se relaciona con la presencia de larvas y, en consecuencia, con los daños que pueda sufrir el cultivo (Hamilton y MacDonald, 1990; Roltsch y Mayse, 1984).

4) Número de adultos. La evolución de las capturas de *H. armigera* mediante el uso de trampas puede proporcionar información del riesgo de puesta del insecto sobre la planta huésped y los daños consiguientes. Las técnicas más utilizadas con esta finalidad son las trampas de luz y las de feromonas sexuales (Gregg y Wilson, 1991; Kehat *et al.*, 1982).

Las dos últimas técnicas -recuento del número de huevos y de adultos-facilitan información previamente a la aparición de daños, y permiten la toma de decisiones de control de una forma preventiva. El empleo del número de huevos de *Helicoverpa* como indicador del nivel de peligro de ataque en cultivos huésped ha sido muy estudiado (Hamilton y MacDonald, 1990; Wilson *et al.*, 1982; Zalom *et al.*, 1990). Estos procedimientos presentan como problema fundamental el gran coste en tiempo para alcanzar los niveles de precisión deseables. Este hecho dificulta su utilización práctica por los técnicos de campo.

El empleo de trampas de feromonas sexuales es una técnica que se ha desarrollado a lo largo de las últimas décadas, y que proporciona de una forma sencilla y rápida información que puede ser útil como indicador del riesgo de ataque. El uso de las trampas de adultos como herramientas en toma de decisiones está, en parte, limitado por el conocimiento del comportamiento del insecto que se estudia (Hayes, 1991).

Existen numerosos trabajos que utilizan las trampas de luz para el seguimiento de la evolución de la población de *H. armigera* y su relación con el nivel de presencia de estados inmaduros en campo (Bues *et al.*, 1985; Cabello y Salmerón, 1989; Dent y Pawar, 1988; Kononenko *et al.*, 1986). Las trampas de luz son anteriores a las trampas de feromonas, y basan su capacidad de atracción en estímulos visuales. Las tendencias y la magnitud de las capturas pueden diferir notablemente entre estos dos tipos de trampas debido a sus características de actuación (Bues *et al.*, 1985; Cabello y Salmerón, 1989). Las posibles ventajas de las trampas de luz no son suficientes para diluir sus inconvenientes (elevado consumo de tiempo, falta de especificidad, escasa movilidad, efecto de la luminosidad nocturna, etc.), por lo que su utilización es cada vez más escasa.

3. COMPORTAMIENTO DE LOS ADULTOS DE *HELICOVERPA ARMIGERA*

Los adultos emergen de las pupas enterradas en el suelo (1,5-10 cm de profundidad), básicamente durante la primera mitad de la escotofase (Kou y Chow, 1987; Roush y Schneider, 1985).

Los adultos son mariposas cuya envergadura alar oscila entre 30 y 45 mm. El color de las alas anteriores es verde oliva con tonalidades ocreas en los machos y de color marrón pálido en las hembras. Se presentan dibujos alares difuminados, salpicados de puntos oscuros en el margen externo, hacia la parte terminal. Las alas posteriores son de color blanco marfil con una amplia franja oscura marginal. Las antenas son filiformes, cortamente ciliadas en los machos (Common, 1953). Presentan tímpanos abdominales, capaces de captar señales acústicas de depredadores (murciélagos), lo que facilita comportamientos evasivos (Roeder, 1965).

Pueden vivir de 1,5 a 6 semanas, viéndose su longevidad notablemente afectada por las temperaturas en las que se desenvuelven (Hmimina, 1979).

Su actividad es fundamentalmente crepuscular y nocturna. Durante el día se pueden observar adultos en reposo, inmóviles en la cara inferior de hojas o en lugares protegidos del sol y del viento. En días nublados y frescos pueden realizar algún vuelo, y excepcionalmente alimentarse o poner algún huevo (Fitt, 1991; Topper, 1978).

Los adultos son considerados buenos voladores, pudiendo alcanzar velocidades superiores a 5 m/s (Farrow y Daly, 1987).

La distribución de su actividad a lo largo de la escotofase (movilidad, alimentación, cópula, puesta, etc.) depende de la edad del individuo, de su situación reproductiva y de los condicionantes ambientales (Kou y Chow, 1987).

3.1. Movilidad

El conocimiento de la capacidad de movimiento de un insecto plaga es esencial para desarrollar estrategias para su control (Drake, 1991). Los movimientos de entrada o salida de una población en un cierto entorno pueden afectar su densidad, su estructura de edad y su composición genética (Hughes, 1979). Existen numerosas evidencias de migraciones a corta, media y larga distancia de poblaciones de *Heliothinae* (Farrow y McDonald, 1987; Fitt, 1989). Estos comportamientos han de ser tenidos en cuenta y estudiados, ya que pueden afectar notablemente al desarrollo de:

- Sistemas predictivos. Las migraciones pueden ser el origen del inicio de la campaña y/o afectar notablemente el desarrollo poblacional de la existente (Hartstack *et al.*, 1982; Topper, 1987b).
- Control convencional. La movilidad de estos lepidópteros puede afectar a estrategias de control químico que se basen exclusivamente en la evolución de la población autóctona (Haggis, 1982).
- Métodos de control alternativos. La movilidad de una población puede afectar la eficacia de sistemas como la liberación de individuos estériles (Proshold *et al.*, 1982), la confusión sexual (Sparks *et al.*, 1982), los cultivos trampa (Topper, 1987a) o el control insecticida de adultos (Joyce, 1982b).

Los movimientos de los adultos obedecen a la necesidad de cubrir ciertas necesidades básicas (Drake, 1991; Farrow y Daly, 1987), y conducen a una nueva situación ecológica. En función del rango de distancia de desplazamiento, estos movimientos se pueden dividir en:

1. Movimientos dentro del campo (distancias del orden de 100 metros). Son vuelos dentro o justo por encima del cultivo, con el fin de realizar actividades de alimentación, reproducción y búsqueda de refugio. En sistemas de pequeña dimensión, como minifundios hortícolas o cultivos asociados, estos movimientos pueden implicar el traslado de mariposas a diferentes tipos de huésped.
2. Movimientos entre campos (distancias del orden de 1 km). Permiten la colonización de cultivos por adultos procedentes de otro huésped próximo. Estos movimientos dependen de la evolución de la campaña, de la variación de cultivos y de su fenología, como sucede, por ejemplo, en la colonización de campos de algodón a partir de campos de cacahuetes próximos (Joyce, 1982a; Topper, 1978). Los movimientos de esta escala requieren sólo 5-10 minutos, y los vuelos se realizan por debajo del estrato biológico límite de vuelo (10 m) (Joyce, 1982b; Taylor, 1974).
3. Movimientos dentro de regiones (distancias del orden de 20 km). Dan lugar a mezclas de poblaciones entre áreas con condiciones climáticas y fenologías de cultivos similares. También permiten el desplazamiento de individuos de ecosistemas vecinos pero diferenciados, por ejemplo, entre zonas irrigadas y cultivos de secano. Estos movimientos pueden consistir en vuelos largos a alturas inferiores a 10 metros, o vuelos a favor del viento a altitudes mayores.
4. Movimientos entre regiones (distancias del orden de 200 km). Producen cambios de poblaciones que habitan áreas separadas por grandes distancias que pueden presentar climas, cultivos y vegetaciones diferentes. Estos movimientos justifican la aparición de *Helicoverpa* en áreas donde no puede sobrevivir al invierno (Fitt, 1989) o su presencia a inicios de primavera en zonas donde la población

autóctona aún no ha iniciado su emergencia (Fitt y Daly, 1990; Hartstack *et al.*, 1982; Stadelbacher y Pfrimmer, 1972). Movimientos a estas distancias en plena campaña reinfestando la zona pueden conducir al fracaso de estrategias de control de *Heliothinae* basadas en la supresión de la primera generación local (Mueller *et al.*, 1984). Los movimientos entre regiones se pueden realizar mediante vuelos nocturnos a altitudes de unos pocos cientos de metros (Callahan *et al.*, 1972). Se pueden cubrir distancias de 100-300 km en un solo vuelo de pocas horas (Drake y Farrow, 1985) si las condiciones ambientales son ideales (Drake, 1984).

5. Movimientos extralímites (distancias del orden de 1000 km). Los adultos alcanzan una zona fuera de las idóneas de supervivencia (Holloway, 1977; Pedgley, 1985); los individuos no tardan en morir. Estos movimientos no tienen un significado ecológico.

Los movimientos migratorios a larga distancia dependen en gran medida de vientos y condiciones meteorológicas favorables. El conocimiento de estos factores -tales como el movimiento de frentes tormentosos- es un punto crítico para el estudio de migraciones de *Heliothinae* (Mueller *et al.*, 1984). Diversas migraciones de *H. zea* han sido justificadas mediante análisis meteorológicos (Hartstack *et al.*, 1982; Raulston *et al.*, 1982). El radar es una herramienta importante para el estudio de movimientos en masa de *H. armigera* (Drake y Farrow, 1985).

En la cuenca mediterránea se ha puesto de manifiesto el carácter migratorio de *H. armigera*. En el sur de Francia se observa la presencia de adultos antes de que las poblaciones locales hayan iniciado su emergencia (Cayrol, 1972; Poitout y Bues, 1979). En el sur de España, Cabello y Salmerón (1989) detectan capturas en el período invernal-inicio de primavera que han sido explicadas como el resultado de vuelos migratorios.

3.2. Actividad reproductiva

3.2.1. Atracción sexual y cópula

Como sucede con la mayoría de lepidópteros, el comportamiento de apareamiento de *H. armigera* se encuentra regulado en gran medida por la comunicación feromonal entre sexos.

En 1977 se identificó el (Z)-11-hexadecenal (HDA) como un componente de la feromona de atracción sexual de *H. armigera* (Piccardi *et al.*, 1977). Posteriormente, Nesbitt *et al.* (1979, 1980) identificaron este compuesto como componente mayoritario y detectaron la presencia de (Z)-11-hexadecen-1-ol y (Z)-9-hexadecenal, hexadecenal y hexadecanol como compuestos minoritarios.

En la familia de los noctuidos, la producción y el comportamiento de liberación de feromona tienen lugar durante la escotofase. En *H. zea* se observa que el inicio de producción de feromona sexual al principio de la escotofase se encuentra ligado a la aparición de un neuropéptido -PBAN- (Raina *et al.*, 1991).

Las hembras de *H. armigera* no son fértiles la primera noche después de su emergencia; es a partir del final de la segunda noche cuando inician la liberación de feromona de atracción y se pueden producir las primeras cópulas. En la tercera noche, el comportamiento de atracción es un hecho generalizado, iniciándose más pronto, a las 4 horas después de oscurecer, y llegando a un máximo a las 5-6 horas. Las cópulas también se generalizan, situándose sus frecuencias máximas a las 4-5 horas de oscurecer (Kou y Chow, 1987). Proshold (1991) considera que la actividad de cópula en *H. virescens* se inicia hacia las 2.00 p.m.

El comportamiento de apareamiento varía con la edad. Se observa que durante la noche, las hembras más viejas presentan emisiones feromonales más temprano que las jóvenes. Este hecho parece ser un intento de mejorar su aceptación, ya que existe un descenso de la "calidad" de la feromona al avanzar la edad (Kou y Chow, 1987).

Mbata y Ramaswamy (1991) observan, en *H. virescens*, una correlación muy estrecha entre los picos de producción de feromona y la cópula. Después de una cópula, el nivel de feromona en las hembras disminuye drásticamente, incrementándose sólo después de 48 horas. Ello implica un intervalo de cópula más largo que en los machos (Mbata y Ramaswamy, 1990). El número de cópulas por hembra varía a lo largo de la campaña (tamaño de población, longevidad, etc.) (Proshold, 1991), registrándose valores medios de 4 cópulas en el caso de hembras viejas de *H. virescens*.

Los haces de esperma en el dúplex (Proshold, 1991) permiten apreciar que algunos machos de *H. virescens* ya pueden copular la primera noche después de emerger y son capaces de copular ininterrumpidamente a lo largo de las noches siguientes. Henneberry y Clayton (1984) determinaron que los machos de *H. virescens* son sexualmente maduros 6 horas después de su emergencia. El comportamiento de atracción de los machos de *H. armigera* hacia estímulos sexuales se puede prolongar durante toda la noche, a diferencia de otras especies que presentan sólo unas pocas horas de sensibilidad (Dent y Pawar, 1988).

La producción de feromona y la comunicación entre machos y hembras se encuentran reguladas por factores endógenos y exógenos (Cardé y Webster, 1980), que en muchos casos interaccionan. La liberación de PBAN en *H. virescens*, que estimula la producción de feromona, es bloqueada por la luz, lo que impide que la llamada feromonal y el apareamiento se den durante el día. Las temperaturas inferiores a 14°C también afectan

su producción (Raina *et al.*, 1991). Los mecanismos de recepción de la feromona atrayente sexual en los machos también requieren unos mínimos de temperatura, a partir de los cuales se inactivan. Lingren y Wolf (1982) consideran temperaturas entre 21 y 28°C como las óptimas para la comunicación feromonal de *H. virescens*.

3.2.2. Elección de huésped y comportamiento de puesta

La elección de un vegetal, y de una parte concreta de éste, para realizar la puesta es un proceso complejo de comunicación entre insecto-planta que, por otra parte, afectará notablemente el efecto fitófago de las larvas resultantes.

Helicoverpa es un género altamente polífago, que presenta un rango de huéspedes muy amplio (Fitt, 1989). La puesta de *H. armigera* en una zona, y a lo largo de la campaña, se adapta a las características de actividad concretas de la vegetación y de los cultivos presentes (Pawar *et al.*, 1989).

Por tanto, la relación entre la población de adultos y el número de huevos sobre un huésped concreto pueden ser enmascarados por la presencia e importancia de otros huéspedes alternativos (Leonard *et al.*, 1989; Roltsh y Mayse, 1984; Slosser *et al.*, 1987). Existen cultivos más atractivos que otros, pero este factor no es una característica intrínseca del vegetal, sino que varía notablemente en función de su estado de desarrollo (Johnson *et al.*, 1975; Roome, 1975). Las plantas en fuerte crecimiento (García *et al.*, 1980) y en estado de floración o inicio de fructificación (Johnson *et al.*, 1975; Latheef *et al.*, 1991; Terry *et al.*, 1987; Zalom *et al.*, 1983) manifiestan una máxima atraktividad de puesta para *Heliothinae*. Cuando la planta envejece, el interés por realizar la puesta suele decrecer, de forma más o menos brusca según el cultivo. Dentro de la planta, *Heliothinae* prefiere depositar sus huevos cerca de flores o frutos jóvenes, pero en ausencia de éstos puede escoger estructuras vegetativas. La distribución de la puesta puede ser drásticamente diferente en función de las características estructurales de los cultivos. Por ejemplo, en maíz los huevos se depositan de forma casi exclusiva sobre las sedas estilares de la inflorescencia femenina, mientras que en clavel sólo se detecta la presencia de huevos en capullos y flores, y en tomate se disponen fundamentalmente sobre hojas, aunque también se pueden presentar sobre flores, frutos y tallos.

En cuanto a este último cultivo, existen numerosos estudios sobre la distribución de los huevos de *Helicoverpa* en la planta (Alvarado *et al.*, 1982; Bues *et al.*, 1988; García *et al.*, 1980; Nilakhe y Chalfant, 1981; Zalom *et al.*, 1983). Aunque son previsibles diferencias entre la distribución de cultivos rastreros de crecimiento determinado y cultivos entutorados de crecimiento indeterminado (Zalom *et al.*, 1983), la mayoría de los autores observan que las hojas de la parte superior de la planta son la zona preferencial de puesta de *Heliothinae*.

La selección de un vegetal como sustrato de puesta por parte de las hembras tiene diversas fases sobre las cuales incide decisivamente una serie de estímulos. Esta secuencia de estímulos es codificada por los diferentes sentidos del insecto y puede culminar con la puesta. Por ejemplo, en *H. virescens* los estímulos olfativos y visuales son utilizados fundamentalmente para la detección del huésped, pero los quimiorreceptores y mecanorreceptores son necesarios en el proceso de aceptación del huésped previo a la puesta (Ramaswamy, 1988).

La textura superficial se determina probablemente por mecanorreceptores situados en el tarso y especialmente en el ovopositor. Robinson *et al.* (1980) y Jackson (1990) establecen que las hembras de *Heliothinae* prefieren la puesta en superficies pubescentes, observando la presencia de muy pocos huevos sobre plantas de algodón, tabaco o tomate con hojas sin pilosidad. La presencia en la superficie de sustancias con actividad química puede condicionar el comportamiento de las hembras. Ciertas sustancias pueden actuar como estímulo (Jackson *et al.*, 1986), o, simplemente, en las especies generalistas la aceptación del huésped sólo obedece a la presencia de sustancias repelentes (Ramaswamy, 1988). A pesar de los muchos estudios realizados acerca de estos temas, diversos autores consideran que numerosos aspectos de la selección del huésped y de la fisiología quimiosensitiva de *Heliothinae* son aún mal conocidos (Fitt, 1991; Ramaswamy, 1988).

Ciertos factores ambientales como la temperatura, la humedad relativa, la intensidad de luz, el ciclo lunar, la presión barométrica y -el más importante- el fotoperíodo (Singh y Rembold, 1989; Tingey y Singh, 1980) pueden también afectar el comportamiento de puesta. La presencia de larvas puede reducir la puesta. Este fenómeno se asocia a la presencia de sustancias repelentes de puesta en los excrementos larvarios (Firepong y Zalucki, 1991). La presencia de otros artrópodos y el estado sanitario del cultivo condicionan los estímulos planta-insecto pudiendo influir seriamente en la puesta. El comportamiento de puesta también puede verse afectado por las técnicas culturales, por ejemplo: la distancia entre líneas y la densidad de siembra -previsiblemente por su efecto sobre la cobertura vegetal (Terry *et al.*, 1987)-, los cultivos asociados (Rosset, 1988), el sistema de riego (Hayes *et al.*, 1988) y los tratamientos fitosanitarios (Ruscoe, 1977).

La fecundidad de las hembras de *H. armigera* varía de 300 a 1800 huevos, los valores promedio oscilan entre 700 y 1000 huevos (Bues *et al.*, 1988). Singh y Rembold (1989), en condiciones de laboratorio, observan un máximo de puesta de 3080 huevos/hembra. Estas variaciones pueden justificarse, en parte, por el tipo de alimentación del estado larvario (Hmimina, 1988); es previsible que en condiciones de campo la puesta diaria de las hembras sea menor al tener que destinar más tiempo y energía a la búsqueda de alimentos y lugares de

puesta. El período entre la emergencia y el inicio de puesta es de 2,9 días, pudiéndose observar excepcionalmente algún huevo el segundo día. La puesta se incrementa de forma diaria hasta llegar a un pico a los 6 días, a partir del cual se produce un descenso, aunque los valores de puesta de los días 5 al 10 son estadísticamente homogéneos (Singh y Rembold, 1989).

La cópula estimula el ritmo de puesta. La duración del período de puesta de *Heliothinae*, así como la vida del adulto, se ven afectados por la temperatura ambiente (Hartstack *et al.*, 1976; Henneberry y Clayton, 1991). En las experiencias de Singh y Rembold (1989) con *H. armigera*, a 25°C este período se prolonga como media 17,1 días. La mayor parte de los huevos se deposita de noche (>90%), fundamentalmente durante las 4 primeras horas de oscuridad (60%). Topper (1987a), en observaciones de campo, coincide en que la puesta se incrementa rápidamente al oscurecer, llegando a afirmar que a partir de medianoche el comportamiento de ovoposición desaparece.

4. TRAMPAS DE FEROMONAS SEXUALES

Las trampas de feromonas sexuales constan de una cápsula que contiene y libera las sustancias de atracción sexual (feromona) de los machos de una especie determinada, y de una estructura que retiene a las mariposas atraídas. Su utilización se enfoca hacia la medición, de forma relativa, de la densidad de población de adultos (machos).

Las trampas de feromonas son herramientas cada vez más utilizadas en estrategias de lucha dirigida y/o integrada gracias a la ayuda que suponen en la racionalización de las intervenciones de control (Campion, 1984). Los objetivos de estos instrumentos en sistemas de seguimiento pueden ser diversos (Wall, 1990). Uno de ellos es la fijación de los momentos de intervención o la determinación del riesgo de ataque según el número de capturas.

Sea cual sea el objetivo de la utilización de trampas de feromonas, y a fin de interpretar correctamente las capturas, es imprescindible caracterizar sus componentes básicos: cápsula, diseño de la trampa, y conocer la biología de la plaga.

Las capturas mediante trampas de feromona se ven condicionadas por su propia manera de actuar, por lo que es importante conocer las peculiaridades de su funcionamiento al analizar los datos e intentar estimar la evolución poblacional del insecto. En primer lugar, se desconoce la relación que existe entre los individuos capturados y la población presente. Sparks *et al.* (1979) definen el concepto de eficiencia de una trampa (ET) para intentar comparar las diferencias que se registran entre estructuras, como el porcentaje de individuos atraídos que son capturados. Por otro lado, es preciso conocer el potencial de atracción (PO) de una trampa, concepto que hace referencia fundamentalmente a su radio de acción. En *H. zea*, la ET y el PO varían a lo largo de la temporada, puesto que se ven afectados por factores ambientales y biológicos (Hartstack y Witz, 1981); ello hace que la relación capturas/población no se mantenga constante.

Por otro lado, es preciso destacar que las trampas capturan exclusivamente machos adultos y que el interés preferencial del usuario se centra en las hembras, que son las que ponen los huevos sobre los cultivos. En el análisis de las capturas se pueden plantear cuestiones como: ¿existe y se mantiene una relación del 50% entre sexos a lo largo de toda la temporada?, ¿siguen las hembras la misma dinámica que se observa en las capturas de machos?, ¿qué relación hay entre la evolución de la puesta y el número de capturas de machos?

Estas peculiaridades relativas a la interpretación de los valores de las capturas están muy condicionadas por los aspectos locales del ecosistema agrario en el cual se trabaja. Es dentro de este entorno, y de una forma empírica, donde se puede plantear un "modelo biológico" para una interpretación útil de las capturas con trampas de feromonas (Bues *et al.*, 1985).

4.1. Factores que afectan las capturas

4.1.1. Trampa

Las características de la feromona sintética, su soporte y la estructura de captura pueden influir de forma notable en las prestaciones de las trampas (Wilson, 1984). La trampa ha de adaptarse a la especie concreta con la que se trabaja y debe destacar entre las diversas opciones posibles por su facilidad de utilización y alta eficiencia (Gregg y Wilson, 1991).

4.1.1.1. Cápsula

El desarrollo de una cápsula comercial de feromona atrayente sexual ha de conducir a un producto con las siguientes características: - elevado potencial de atracción de machos de la especie deseada (especificidad), - mantenimiento estable de esta capacidad a lo largo de un tiempo razonable (homogeneidad de los niveles de liberación), - precio razonable.

A partir del conocimiento de los compuestos con actividad de atracción sexual de *H. armigera*, en la segunda mitad de los años 70 se inició el desarrollo de cápsulas para trampas. Un primer objetivo es definir los componentes minoritarios que acompañan al (Z)-11-hexadecenal, así como la proporción y la cantidad de mezcla para optimizar el rendimiento de la cápsula (Dunkelblum *et al.*, 1980; Kehat *et al.*, 1980; Nesbitt *et al.*, 1980).

El (Z)-9-hexadecenal constituye uno de los componentes esenciales de la mezcla feromonal de *H. armigera* (Gothilf *et al.*, 1981). Este componente, en proporciones del 3-10%, es conjuntamente con el (Z)-11-hexadecenal, una de las dos moléculas activas empleadas en la mayoría de las cápsulas de *H. armigera*. En algunos casos se ha añadido a las anteriores hexadecenal como componente secundario (Bues *et al.*, 1985). Estos componentes activos presentan un grupo aldehído que resulta mucho más inestable que otro tipo de estructuras (acetatos, alcoholes,...) asociadas a feromonas sexuales de insectos (López *et al.*, 1990b).

El sustrato físico que contiene las sustancias activas es un elemento fundamental a la hora de evaluar las prestaciones de la cápsula. Se ha experimentado con plástico laminado, tubo de caucho, septums de diversas características, viales plásticos, fibras capilares, etc. (Drapek *et al.*, 1990; Pawar *et al.*, 1988; Wilson, 1984), con

resultados variados tanto en lo relativo a su capacidad de captura como en cuanto a la vida útil del material. Ciertos componentes de formulación como antioxidantes y sustancias que afectan la liberación de la feromona pueden condicionar notablemente las prestaciones de las cápsulas.

Actualmente existen en el mercado numerosas empresas que disponen de cápsulas para trampas de *H. armigera*. Estos productos presentan una variabilidad notable en sus características de soporte y en su composición. Por ejemplo, Leonhardt *et al.* (1990) analizando 5 cápsulas comerciales de *H. armigera* observan un rango de variación del componente principal, (Z)-11-hexadecenal, de 0.08 a 18 mg. Es razonable suponer que las prestaciones de estos productos sean marcadamente diferentes. Por otro lado, la información sobre su composición y comportamiento en las condiciones agrícolas españolas es escasa o nula.

4.1.1.2. Diseño de la trampa

El diseño de la trampa está íntimamente ligado al desarrollo de las cápsulas de feromonas y a las características biológicas del insecto a capturar. Existe una clara interacción entre atrayente y diseño que afecta la captura (Gauthier *et al.*, 1991; Hartstack *et al.*, 1979; Lingren *et al.*, 1978; López *et al.*, 1988a; Sparks *et al.*, 1979), por lo que la búsqueda de una combinación óptima de ambos es fundamental.

Son características deseables en una trampa (López *et al.*, 1990):

- La exactitud en la estimación de la densidad de insectos, independientemente de la magnitud de captura (insaturabilidad).
- Una alta eficiencia de captura. Sensibilidad a bajas densidades de población.
- Sin problemas con otros insectos, depredadores o partículas ambientales.
- Su solidez respecto condiciones ambientales adversas.
- Su facilidad de manipulación, transporte y mantenimiento.
- Un coste razonable.

Se ha utilizado en *Heliothinae* un número elevadísimo de diseños, intentando llegar a un equilibrio de los aspectos citados con mayor o menor fortuna. Por ejemplo, se han utilizado diversos sistemas de retención: base encolada (Gross y Carpenter, 1989; Hoffmann *et al.*, 1986; Wilson, 1984), receptáculo con agua y tensoactivo (Bues *et al.*, 1985; Hoffmann *et al.*, 1986), red electrocutora (Hollingworth *et al.*, 1978; Lingren, 1979), embudo con agente insecticida (Kehat y Greenberg, 1978; Pawar *et al.*, 1988) y cono invertido (Hartstack *et al.*, 1979; Lingren *et al.*, 1978) entre otros.

El diseño de la estructura y la situación de la cápsula en ella influye notablemente en el radio y la configuración de la nube de feromona que emite la trampa, condicionando el proceso de detección y aproximación de los machos (Gross y Carpenter, 1989).

Otro aspecto importante en el diseño de la trampa es el color de la misma, sobre todo en el caso de insectos para los cuales los estímulos visuales tienen una gran importancia en el proceso de atracción sexual (Gross *et al.*, 1983; Hendrick *et al.*, 1972). Se ha constatado que la coloración de las trampas afecta de forma notoria la capacidad de captura de machos de *H. armigera* (Mitchell *et al.*, 1989; Pawar *et al.*, 1988). Por otro lado, también puede condicionar la atracción de otros insectos no deseados (Lorenz y Langerbruch, 1989; Perkins y Mercadier, 1989).

4.1.2. Emplazamiento

La distribución de las plantas huéspedes tiene un efecto obvio en la distribución de los insectos. La buena capacidad de vuelo de *Heliothinae* le permite movimientos y comportamientos agregativos sobre huéspedes especialmente atractivos (Hartstack y Witz, 1981).

Las capturas de las trampas de feromona pueden verse afectadas por los tipos, las variedades (Hayes, 1990) y la fenología de los cultivos que las rodean (Slosser *et al.*, 1987). Por ejemplo, una trampa situada en un campo de algodón adyacente a un campo de maíz en floración femenina puede manifestar unos valores de capturas de *H. armigera* desproporcionadamente altos (Topper, 1978). Otras anomalías pueden surgir cuando un cultivo es atractivo para la puesta, pero otro cercano lo es para la alimentación (Gregg y Wilson, 1991). Estos problemas son especialmente preocupantes en zonas donde existe una elevada parcelación y diversidad de cultivos (Leonard *et al.*, 1989).

La altura de la trampa puede tener influencia sobre el número de capturas; este factor está vinculado a la altura del cultivo (Dent y Pawar, 1988). Se recomienda que la altura de las trampas se ajuste siempre por encima de la capa vegetal (Gregg y Wilson, 1991). La altura de la planta afecta a las dimensiones de la nube de feromona producida por la trampa. Hartstack y Witz (1981) describen un factor de rugosidad del medio que hace que el radio de acción de una trampa sea mayor cuando está rodeada de terreno labrado o de un cultivo pequeño que cuando está rodeada de una vegetación alta.

La colocación de la trampa dentro del campo puede incrementar las capturas (Wilson y Morton, 1989), aunque en otras circunstancias las trampas situadas en los márgenes del cultivo presentan valores más altos (Grichanov y Kononenko, 1989).

La necesidad de plantear un estudio de tipo cuantitativo sobre la evolución de la población de *H. armigera* implica la utilización de una red de trampas.

La interacción de los radios de acción puede interferir en las capturas. Se recomiendan distancias mínimas de 50 (Hoffmann *et al.*, 1986) a 100 m (Gregg y Wilson, 1990) de separación entre trampas en *Heliothinae*.

La presencia de luz visible o UV (Lam y Baumhover, 1982) reduce la respuesta a la atracción por feromonas. Este hecho hace recomendable separar las trampas 100 o 200 metros de cualquier fuente de luz nocturna, especialmente de trampas de luz.

4.1.3. Condiciones ambientales

La temperatura, la velocidad y la dirección del viento, la humedad, la lluvia, la actividad lunar o el cubrimiento nocturno del cielo pueden afectar al número de capturas de *Heliothinae* (Dent y Pawar, 1988; Harstach y Witz, 1981; Hendricks *et al.*, 1980; Wilson y Morton, 1989). Estas variables interactúan en muchos casos y a menudo se autocorrelacionan. Este hecho hace difícil evaluar la influencia de los elementos meteorológicos y corregir las capturas (Morton *et al.*, 1981). Las capturas de *H. armigera* en trampas de feromona se producen durante toda la noche, aunque el período de máxima captura se sitúa entre las 24 y 04 horas (AVDRC, 1986; Dent y Pawar, 1988). La presencia de condiciones ambientales desfavorables en momentos concretos puede afectar esta tendencia.

4.1.3.1. Temperatura

Las capturas con trampas de feromonas se incrementan entre 14 y 26°C (Morton *et al.*, 1981). Sin embargo, no existe una evidencia de temperatura mínima de captura, como sucede con trampas de luz, y se han observado capturas de *H. zea* sustanciales en noches con temperaturas mínimas de 5°C (Rothschild *et al.*, 1982). La temperatura influye en el nivel de liberación de feromonas de las cápsulas -afecta al radio de acción de la trampa-, y por otro lado, afecta a la actividad general del insecto -movilidad, mortalidad, etcétera- (Hartstack *et al.*, 1978).

4.1.3.2. Viento

Tanto la intensidad como la dirección del viento desempeñan un papel muy importante en el proceso de captura. La intensidad y la dirección del viento, la exposición de la cápsula y la estructura de la trampa influyen en la formación de la nube de feromona. La forma y dirección de esta nube crean la zona de influencia de la trampa que se localiza a contraviento de ésta (Drapek *et al.*, 1990; Rothschild *et al.*, 1982).

La ausencia absoluta de viento dificulta la atracción de los machos hacia la trampa al no formarse la nube de dispersión de la feromona. La velocidad mínima del viento para que se produzcan capturas de *H. armigera* es de 0,7 m/s (Gregg y Wilson, 1991). Dent y Pawar (1988) observan que las capturas mínimas se producen en un rango de velocidades de viento de 1,6-3 m/s. Cuando la velocidad supera los 14 m/s las capturas disminuyen drásticamente. El diseño de la trampa puede hacer que el viento afecte de forma diferente su eficiencia. Cuando los vientos son suaves la trampa de cono invertido manifiesta una capacidad de captura superior a la trampa Brownsville orientable, tendencia que se modifica con velocidades del viento superiores (Hendricks *et al.*, 1980).

4.1.3.3. Humedad relativa y precipitaciones

La influencia de la humedad sobre el número de capturas no se conoce bien, en parte por su relación con la temperatura. Se observa una alta variabilidad de su efecto sobre el número de capturas en trampas de feromonas (Dent y Pawar, 1988). En la misma línea, hay poca información respecto al efecto de las lluvias sobre las capturas. En algunos casos se han observado incrementos de capturas en zonas de secano en noches en las que llovía (Haggis, 1982) y ligadas a fenómenos tormentosos.

4.1.3.4. Luz de luna y cobertura del cielo nocturno

Los insectos presentan variaciones de comportamiento en función del ciclo lunar. El efecto depresivo que produce la luna llena sobre las capturas en trampas de luz está ampliamente documentado (Dent y Pawar, 1988; Kononenko *et al.*, 1986; Morton *et al.*, 1981). La intensidad de la luminosidad de la noche también depende de la capa de nubes que puede neutralizar en parte la acción de la luna (Hartstack *et al.*, 1976). El efecto de la luna sobre las capturas con trampas de feromonas no parece tan claro. Wilson y Bauer (1986) observan en días de luna llena y cielo claro una marcada disminución de las capturas tanto en trampas de luz como de feromonas. Por el contrario, en EUA se observa un incremento de capturas de *H. virescens* en períodos de luna llena, asociado a reducciones en la puesta (Hartstack *et al.*, 1978). En la India (Dent y Pawar, 1988), no se observa ningún efecto remarcable en el número de capturas de *H. armigera* a consecuencia del ciclo lunar.

4.1.4. Tamaño de la población. Competencia con hembras

El tipo de estímulo atractivo de las trampas de feromonas hace que exista una competencia entre éstas y las hembras emisoras de feromona sexual de la zona. Se observa un decremento de las capturas al aumentar de forma importante el tamaño de la población de la especie. Hartstack *et al.* (1978) observan que en la tercera generación de *H. zea*, cuando se presenta la población más elevada, la curva de capturas en trampa de feromonas presenta una forma de M, mientras que las capturas con trampa de luz presentan su máximo en la zona de depresión intermedia de la curva de la trampa de feromona. Este hecho se justifica por un período de máxima competencia por parte de las hembras que afecta la eficiencia de captura de la trampas de feromonas (Hartstack y Witz, 1981).

4.1.5. Otros

Las actividades humanas que afectan al entorno como la eliminación de vegetación adventicia o de restos de cultivos pueden influir en los niveles de presencia de *H. armigera* en una zona concreta.

La aplicación de productos insecticidas de forma generalizada en los cultivos que rodean la trampa puede disminuir el tamaño de la población local y, consecuentemente, el número de capturas por un posible efecto adulticida. Se observan reducciones de un 65% de las capturas después de aplicaciones de DDT (Morton *et al.*, 1981), Deltametrín y Tiocarb (Wilson y Morton, 1989) en cultivos de algodón, con una persistencia de la distorsión de una semana aproximadamente. Otros insecticidas no manifiestan efectos sobre las capturas, pero, en general, no se conoce bien su efecto adulticida. Se sabe que ciertos piretroides tienen propiedades repelentes (Ruscoe, 1977).

4.2. Relación entre capturas en trampas de feromonas y densidad de estados inmaduros en el cultivo huésped

Parece lógico que las variaciones de la población de adultos de una zona determinada impliquen una variación de la población de estados preimaginales. Bajo este supuesto, las trampas de feromonas pueden actuar como instrumentos que informen de la evolución de la población de adultos y que permitan una predicción de la evolución de los estados inmaduros resultantes. Los numerosos factores que afectan las capturas de las trampas de feromonas pueden conducir a una interpretación errónea de la dinámica real de la población del insecto. Profundizar en el conocimiento de dichos factores es esencial para lograr una interpretación útil de los valores de captura y su utilización como posibles umbrales de tolerancia (Wilson y Morton, 1989). La importancia del entorno hace preciso plantear este objetivo dentro de un medio agrícola determinado (Bues *et al.*, 1985).

Algunos investigadores intentan establecer la relación entre el número de machos capturados y la población de adultos de *Heliothinae* existente, así como su estatus reproductivo. La relación entre la proporción de machos y hembras y su evolución ha sido estudiada mediante trampas de luz (Grichanov y Kononenko, 1989; Roach, 1975), cebos envenenados para adultos (Chowdhury *et al.*, 1987) o captura nocturna con mangas entomológicas (Proshold, 1991). Los resultados son muy variados. En general, la proporción de sexos fluctúa sobre la relación 1:1, incrementándose la presencia de uno u otro sexo de forma variable durante la temporada. La relación entre sexos puede variar notablemente de un campo a otro en la misma fecha. La emergencia de los individuos adultos es más precoz en el caso de las hembras, por lo que inicialmente puede existir una ratio favorable a este sexo, aunque al avanzar la campaña esta ventaja suele diluirse (Fitt y Daly, 1988).

Proshold (1991) estudia la evolución y el estado reproductivo de los machos de *H. virescens* capturados en trampas de feromonas respecto a los capturados en el campo mediante mangas entomológicas. Observa que sólo un 22-28% de los machos capturados en trampas de feromonas son vírgenes, porcentaje similar al obtenido mediante captura en campo. El porcentaje de machos vírgenes muestra una evolución cíclica, alcanzando de forma sistemática sus máximos niveles 1 a 2 semanas antes de las máximas capturas en trampas de feromonas. Por otro lado, al inicio y al final de campaña se observa un incremento del nivel de machos vírgenes capturados en trampas de feromonas, justificándose este hecho por la disminución de atracción a cópula por parte de las hembras a bajas temperaturas (inferiores a 18°C). Hayes (1991) observa, también sobre *H. virescens*, una buena correlación entre machos capturados en trampas de feromonas y a mano. Respecto a la actividad nocturna, constata una captura continuada por parte de las trampas a lo largo de la noche. Pero las capturas se producen mayoritariamente, en un 70%, tras las 24.00 h. El máximo se presenta entre las 00.45-01.45 h., cayendo el número de capturas durante las horas siguientes y recuperándose ligeramente al final de la noche. El declive después del máximo tiene lugar antes de que se observe el máximo de adultos en cópula en los muestreos de campo. Por otro lado, la constancia en la liberación de la feromona por parte de la trampa hace posible capturas elevadas al final de la noche relacionado este hecho con la escasez de hembras atrayentes. El presente estudio justifica estas observaciones en la competencia que se establece entre las hembras y la trampas de feromonas.

Diversos autores buscan una relación directa entre el número de capturas de adultos de *H. armigera* en trampas de feromonas y la densidad de estados inmaduros sobre un cultivo huésped obteniendo resultados

variados.

En la Península Ibérica, Barreiro y Ortiz (1990) y Meierrose y Araujo (1990) no observan ningún sincronismo entre las capturas con trampas de feromonas y los conteos de huevos de *H. armigera* en tomate para la industria. La utilización de trampas sólo permite afirmar la presencia o ausencia temporal de la especie.

Bues *et al.* (1985) observan la coincidencia temporal entre períodos de capturas en trampas de feromonas y las puestas de *H. armigera* en cultivos de tomate en el sur de Francia, pero no obtienen una correlación entre capturas y niveles de infestación.

Kehat *et al.* (1982), en Israel, consideran que las trampas de feromonas son buenas herramientas para determinar el inicio de población, la estimación de las fluctuaciones de las poblaciones de adultos y como indicadores de picos de adultos. Sin embargo, dichos autores no encuentran una correlación entre el número de adultos capturados y el número de larvas en campos de algodón en Israel, aunque la mayoría de los incrementos del número de larvas vienen precedidos por picos de capturas en los 1-4 días anteriores. Las trampas de feromonas pueden actuar como señalizadores de una probabilidad de infestación, pero sin poder definir la situación real de estados inmaduros en el cultivo. Por tanto, su información permite reducir considerablemente el número de muestreos de campo, pero las decisiones de intervención se tendrán que tomar a partir de este último tipo de datos.

En Sudáfrica, en ataques de *H. armigera* sobre naranjos en período de floración (Newton, 1987) se detecta una correlación significativa entre la media de capturas y la densidad de larvas de la misma semana, y la densidad de huevos de 3-4 semanas antes. Esta correlación desplazada entre huevos y machos capturados sugiere que la actividad de vuelo de los machos difiere del comportamiento de las hembras. Este hecho concuerda con los datos de Hartstack *et al.* (1976), Lingren *et al.* (1979) y Sparks *et al.* (1982) sobre *Heliothinae* en USA, quienes plantean que a causa de sus ritmos sexuales, la máxima atracción de las trampas de feromonas se produce cuando las hembras están depositando huevos y ya no están tan interesadas en copular. Cabe remarcar que el desplazamiento en días de las capturas respecto a los huevos puede inducir a confusión si no se aplica algún parámetro que introduzca las temperaturas ambientales en que se encuentra el insecto, aspecto que es fundamental en su velocidad de desarrollo. En Australia, las mejores correlaciones capturas/huevos se presentan al mismo tiempo o justo después de la puesta (Rothschild *et al.*, 1982), pero la correlación es a menudo pobre, haciendo que las trampas de feromonas sólo se utilicen como soporte en la toma de decisiones de tratamientos insecticidas.

En la ex-Unión Soviética, los mayores coeficientes de correlación entre densidades de huevos de *H. armigera* y capturas se obtienen entre las capturas de los 3 días anteriores o posteriores a la observación de los huevos en campo (Kononenko *et al.*, 1986). En este país se determinan umbrales de capturas con trampas de feromonas que inducen a la toma de decisiones en diversas vías (Grichanov, 1986; Kononenko *et al.*, 1986), tales como la señalización para la introducción de organismos parasitoides (principalmente *Trichogramma* y parásitos larvarios), la señalización para la inspección de campo y determinación de tratamientos con vistas a la colonización y situación ecológica, así como el aviso urgente de tratamientos de protección química. En estudios sobre puestas de *H. armigera* en tomate (Grichanov y Kononenko, 1989) se han obtenido coeficientes de correlación altos (0.75/0.83) respecto a capturas en trampas de feromonas durante el primer año de estudio, pero al año siguiente la correlación fue casi inexistente.

En los Estados Unidos, Witz *et al.* (1990) encuentran niveles de correlación elevados entre el número de *H. zea* capturadas en trampas de feromonas y la puesta en campos de algodón en Tejas. Leonard *et al.* (1989) y López *et al.* (1988b) también observan un relación positiva y destacan la importancia del período de estudio en el resultado de los análisis de correlación. Los resultados obtenidos por Latheef *et al.* (1991) muestran una estrecha relación entre el número de huevos de *H. zea* en campos de maíz y las capturas en trampas de feromonas. Los mayores valores de coeficiente de correlación se producen entre las capturas y la puesta en el diferencial de tiempo de -1 a 2 días. Estos autores dan una especial importancia a la relación plaga-planta huésped, definiendo como mejor modelo de regresión para la predicción del nivel de puesta una función con el número de capturas y el grado de floración del maíz como variables. Hayes *et al.* (1988, 1989) observan una correlación significativa entre las capturas en trampas de feromonas de *H. virescens* y la cantidad de huevos sobre algodón. Esta correlación es máxima al comparar las capturas de machos con el número de huevos observados 4 días antes ($r = 0,58$, $P < 0,0001$). Este desplazamiento se justifica en base a fenómenos de competencia por parte de las hembras.

Las grandes diferencias técnicas en el desarrollo de las experiencias comentadas en este apartado -tipo de trampas, cápsula, intensidad de muestreo, grado de exactitud, etc.- así como las características locales -cultivo, medio agrícola, climatología, etc.- pueden justificar la diversidad de valores obtenidos. A pesar de todo, esta información denota la existencia de una relación entre las capturas en trampas de feromona y la densidad de huevos, y pone en evidencia que los factores técnicos y locales desempeñan un papel fundamental.

5. DIAPAUSA INVERNAL E INICIO DE CAMPAÑA

H. armigera presenta como estrategia de supervivencia en invierno un comportamiento de diapausa como pupa enterrada en el suelo (Hmimina, 1979; Reed, 1963; Roome, 1979; Wilson *et al.*, 1979). El área mediterránea no es una excepción, observándose que los insectos que pupan en octubre no emergen hasta la primavera siguiente (Gabarra, 1990a; García *et al.*, 1980; Poitout y Bues, 1979).

La mayor parte de la bibliografía menciona el papel esencial de fotoperiodos cortos modulados por bajas temperaturas en la inducción de la diapausa sobre larvas de *H. armigera* (Bues *et al.*, 1989; Foley, 1981). En la zona mediterránea estas condiciones se producen a finales de verano-otoño. Las temperaturas también pueden generar un estado de diapausa en prepupa y pupa (Giret y Couilloud, 1982; Roome, 1979).

El fin de la diapausa y el posterior desarrollo de la pupa se basan en factores térmicos (Foley, 1981; López, 1986). Sobre *Heliothinae* americanas se ha desarrollado un modelo en el cual una pupa en diapausa atraviesa dos fases previas a la emergencia del adulto (McCann *et al.*, 1989). La primera fase se divide, a su vez, en dos subfases. La primera de ellas (subfase Ia) empieza con el inicio de la inducción a diapausa y requiere para finalizar la exposición de la pupa a bajas temperaturas. Cuando se han completado estos requerimientos de frío, la pupa permanece sin evolucionar hasta que las temperaturas son suficientemente altas para iniciar la subfase Ib. Durante esta segunda fase, la pupa en diapausa evoluciona sólo cuando las temperaturas superan el límite mínimo de desarrollo. Este límite es superior al necesario en pupas que no presentan diapausa. Una vez superada la fase Ib se considera que se han desbloqueado los factores fisiológicos de desarrollo normal de la pupa (ruptura de diapausa) y se entra en la fase II. Durante esta fase la pupa evoluciona si la temperatura supera el límite mínimo de desarrollo normal (López y Hartstack, 1985; Wilson *et al.*, 1979). En *H. armigera* el límite inferior de desarrollo en pupas en diapausa varía según autores. Wilson *et al.* (1979) consideran que se han de presentar temperaturas superiores a 17°C para acceder a la segunda fase. Foley (1981) cita un umbral teórico de 16,36°C, mientras que Bues *et al.* (1989) consideran que este valor puede ser variable según el tipo de inducción a diapausa. Para *H. zea* y *H. virescens* se definen valores de rotura de diapausa de 16.41 y 15.65°C respectivamente (López, 1986).

En la segunda fase, los umbrales mínimos de desarrollo son más bajos, citándose valores entre 10,5°C (Bues *et al.*, 1989) y 13°C (Twine, 1978). En el caso de *H. zea*, López (1986) señala que estos umbrales varían en función del sexo; así, las hembras requieren valores más bajos que los machos.

En el período en que la pupa permanece en diapausa se produce una elevada mortalidad que reduce drásticamente la población (Bues *et al.*, 1990; Eger *et al.*, 1983; Fitt y Daly, 1990; Laster *et al.*, 1987; Stadelbacher y Martín, 1980; Stadelbacher y Pfrimmer, 1972). Los factores responsables de este hecho son diversos, y su incidencia puede variar notablemente según los cultivos, las zonas y las campañas. Pueden destacarse factores puramente físicos o climáticos, como las bajas temperaturas (Mueller *et al.*, 1984), el encharcamiento que provoca la asfixia de las pupas (Hendricks, 1991; Murray y Zalucki, 1990a), compactación del terreno (Roach y Campbell, 1983) o la acción mecánica de la lluvia que colapsa la salida de la cámara de pupación (Eger *et al.*, 1983; Murray y Zalucki, 1990b). Por otro lado, los agentes patógenos, así como los parasitoides y depredadores, pueden desempeñar un papel fundamental en la reducción de la población de pupas en diapausa (Fitt y Daly, 1990). Por último, cabe señalar que la perturbación del terreno a causa de la actividad agrícola es un factor decisivo en la mortalidad de pupas enterradas en ciertos cultivos (Fitt y Daly, 1988; Rummel y Neece, 1989).

El estudio de la salida de los adultos procedentes de pupas en diapausa informa del inicio de la presencia de *H. armigera* en cada campaña, salvo en el caso de fenómenos migratorios que dan lugar a la aparición de adultos previamente a la emergencia de las pupas locales. La fecha de inicio de la campaña y el número de capturas en estas fases iniciales son datos importantes en la predicción de la evolución de la población de *Heliothinae* en USA (Goodenough *et al.*, 1988). El tamaño de la población en un año particular es función del momento de la inducción a diapausa y del éxito de ésta (Murray y Wilson, 1991). El conocimiento de los factores inductores y liberadores de diapausa es fundamental para la predicción de la emergencia de las poblaciones locales y la construcción de modelos.

El comportamiento de *H. armigera* al principio de la campaña ha sido, y es, objeto de controversia en la zona mediterránea. En Francia, en la estación de Monfavet, se han realizado capturas en trampas que sólo parecen justificadas por movimientos migratorios en primavera (Poitout y Bues, 1979). En España, en la provincia de Granada, Cabello y Salmerón (1989) dan cuenta de la presencia de adultos de *H. armigera* en períodos invernales y a inicio de primavera. Esta presencia es difícilmente justificable por el comportamiento de la población autóctona.

Los ensayos de campo, que estudian la emergencia de adultos a partir de pupas en diapausa y su comparación con las capturas en trampas, son una vía interesante para definir posibles migraciones de *H. armigera* al principio de campaña. Estos estudios deben establecer correctamente la metodología a utilizar, ya que ésta puede afectar notablemente los resultados obtenidos y su posterior interpretación (Gabarra, 1990a; Murray y Wilson, 1991). Así, por ejemplo, los valores de captura varían notablemente según se utilicen trampas

de luz o trampas de feromonas; ello es debido a las diferencias en el comportamiento de ambas (Bues *et al.*, 1985; Cabello y Salmerón, 1989; Hartstack *et al.*, 1978). A principios de campaña se considera a las trampas de feromonas más sensibles en la captura de adultos de *Heliothinae* que las trampas de luz (Hartstack *et al.*, 1978).

Cada metodología tiene sus ventajas e inconvenientes, y hay que tener en cuenta estos condicionantes. Por ejemplo, en ensayos de campo se han observado retrasos de 8-9 días en la emergencia de adultos de *H. zea* procedentes de pupas en diapausa cuando se utilizaron jaulas de malla (López y Hartstack, 1983). Este hecho se debe a la variación de la insolación a nivel del suelo, disminuyendo su temperatura, y a su efecto sobre el desarrollo de las pupas. Los insectos utilizados en ensayos pueden proceder de cultivos infestados (García *et al.*, 1980; López y Hartstack, 1983) o criados en laboratorio con dieta artificial e inducciones de diapausa más o menos programadas. El enterramiento puede ser totalmente natural, por sus propios medios en suelo agrícola, o más o menos dirigido (suelos modificados, estructuras de protección (Bues *et al.*, 1990), confinamiento en tubos (McCann *et al.*, 1989), etc.). Estas diferencias pueden dificultar el análisis y la comparación de ensayos.

En experiencias realizadas por García *et al.* (1980) con técnicas de enterramiento natural de *H. armigera* en Badajoz se detectaron las primeras emergencias durante la segunda semana de mayo, prolongándose hasta mediados de junio y alcanzando el máximo durante la segunda quincena de mayo. Durante este período, las capturas en trampas de luz fueron insignificantes.

En Francia, Bues *et al.* (1990), en un ensayo con pupas enterradas en cajas con turba y protegidas de depredadores, observaron el inicio de emergencia en los últimos días de mayo, que llegó a un máximo a finales de junio-principios de julio. Esta evolución es relativamente coincidente con un primer vuelo que se detecta en la zona. En España, en la zona del litoral barcelonés, Gabarra (1990a) observa valores del 50% de emergencia que se sitúa en la segunda quincena de abril o junio según el año y la técnica utilizada para realizar el seguimiento.

El período de emergencia de pupas en diapausa acostumbra a prolongarse 6 ó más semanas (Bues *et al.*, 1990; García *et al.*, 1980). Esta variabilidad depende de las características microclimáticas del lugar de enterramiento (grado de insolación, humedad del suelo, tipo de suelo, etc.), de la profundidad de la cabina de pupación (Logan *et al.*, 1979) o de las características de la inducción de la diapausa (Bues *et al.*, 1989).

6. OBJETIVOS

El presente trabajo se enmarca en la línea de investigación desarrollada por el IRTA sobre el desarrollo de sistemas de control integrado contra plagas en tomate. La mejora de los sistemas de control de *H. armigera* pasa por la obtención de métodos sencillos para determinar las densidades de este lepidóptero en un cultivo con el fin de racionalizar la toma de decisiones de intervención (Albajes *et al.*, 1985; Alomar *et al.*, 1991; Gabarra, 1990b). Las trampas de feromonas podrían ser una herramienta útil para este propósito. Por su facilidad de uso pueden ser empleadas para sustituir, como mínimo parcialmente, los costosos controles de huevos y larvas en el cultivo. Para ello es necesario profundizar en el comportamiento de puesta de *H. armigera* en la zona, determinar su relación con las capturas en trampas de feromonas y establecer la fiabilidad de este sistema de seguimiento. Esto hará posible determinar el papel que pueden jugar las trampas de feromonas en los futuros sistemas de control integrado de *H. armigera*.

En este trabajo se plantean los siguientes objetivos:

1. Definir la evolución de la puesta de *H. armigera* sobre cultivos de tomate exterior para consumo en fresco y de clavel en las zonas del Delta del Llobregat y Maresme.
2. Determinar la relación existente entre las densidades de huevos en cultivos huéspedes y la magnitud de las capturas de trampas de feromonas, definiendo su posible utilidad en la predicción de períodos de riesgo de ataque.
3. Evaluar la importancia de las características intrínsecas de las trampas de feromonas de *H. armigera* sobre su comportamiento de captura.
4. Determinar la capacidad de las trampas de feromonas para detectar los adultos que emergen de pupas en diapausa de la zona.

II. MATERIAL Y MÉTODOS 1. RELACIÓN CAPTURAS-HUEVOS

1.1. Zonas de estudio. Características

El estudio se realizó en dos zonas agrícolas costeras cercanas al núcleo urbano de Barcelona: el Delta del Llobregat y el sur del Maresme ([Figura 2-1](#) y [Figura 2-2](#)). Aunque están muy próximas entre sí presentan unas características geomorfológicas y agrícolas notablemente diferenciadas.

El Delta del Llobregat es fruto de la actividad sedimentaria de dicho río y de la acción marina. Tiene forma de un triángulo cuya base, redondeada, va desde Montjuïc hasta Castelldefels. Actualmente, la actividad agrícola se centra en la parte derecha del Delta (Gavà, Viladecans, Sant Boi, El Prat, Castelldefels). La superficie de esta zona ofrece un aspecto uniforme de llanura cultivable sin elevaciones de terreno ostensibles. Los suelos acostumbran a presentar texturas franco-limosas, aunque existen zonas de influencia marina con elevados contenidos en arena (Rosés, 1989a). El contenido en carbonatos es alto y en ciertas áreas el nivel de sales puede limitar la producción agrícola. El sobreaprovechamiento de los acuíferos es un factor que agrava esta problemática.

El clima es mediterráneo marítimo con inviernos suaves y temperaturas cálidas en verano. Las lluvias se concentran en primavera y otoño, siendo comunes en este período precipitaciones de tipo torrencial, que provocan inundaciones de consideración. Dentro del Delta son notorias las diferencias de temperatura que existen entre la zona central (El Prat del Llobregat) más fría, y las laterales (Gavà, Castelldefels) a causa del movimiento de aire a lo largo del valle del Llobregat, donde predominan los vientos de N-NW procedentes del interior (Rosés, 1989a).

La actividad agrícola se encuentra en una fase regresiva por la presión de otros sectores productivos como la industria y los servicios (DARP, 1986). La mayor parte de las explotaciones agrícolas del Delta son de tipo familiar. Acostumbran a disponer de mano de obra poco especializada que colabora con el trabajador familiar. El tamaño de las explotaciones va generalmente de mediano a pequeño (un 43% de las explotaciones tiene de 5 a 10 Ha.). El tamaño de las parcelas oscila entre 1500 y 300 m². En 1991, los cultivos hortícolas (2700 Ha.) representaron más del 80% del terreno cultivado. Destacan los cultivos de alcachofa, lechuga, tomate, escarola, col, coliflor, pepino, puerro, espárrago, etc. dentro de una gran diversificación productiva.

Al sur del Maresme se halla una zona estrecha, "la plana", situada entre la Sierra de Marina y la costa, donde se encuentran las poblaciones más importantes y en la que se practica una agricultura intensiva. Esta área, de origen sedimentario, se ensancha en aquellos lugares donde las rieras y los torrentes han acentuado más el proceso erosivo. Estas conducciones de agua temporales y las fuertes pendientes son elementos característicos de la configuración de la zona (Rosés, 1898b).

Los depósitos sedimentarios son, en general, de origen granítico, dando lugar a suelos de textura bastante arenosa denominados "sauló", a excepción de los flancos de montaña, donde el suelo es más arcilloso. Los desniveles de la zona hacen que la parcelación del terreno adopte la forma de terrazas.

El clima del Maresme queda definido por su situación geográfica y por las unidades de relieve. La presencia del Mediterráneo suaviza la climatología con un régimen de brisas. Por otro lado, la Sierra Litoral protege la comarca de la acción de los vientos fríos del NE y condensa en vapor de agua los vientos de Levante. Las precipitaciones son irregulares, concentrándose en primavera y otoño.

Esta zona ha destacado por una dinámica actividad agrícola en base a explotaciones intensivas dedicadas en su mayor parte a cultivos de huerta y de plantas ornamentales. Sin embargo, hoy en día el sector se encuentra en recesión debido a la fuerte expansión de los núcleos urbanos, que propicia una fuerte especulación sobre el terreno (Rosés, 1989b). Los cultivos predominantes pueden variar de forma notable entre lugares cercanos. Por ejemplo, la producción de plantas ornamentales se concentra fundamentalmente en la zona de Vilassar de Mar; al Norte de Mataró predomina la huerta, mientras que en dirección a Arenys el cultivo del fresón viene la actividad agrícola predominante.

En general, existe una gran diversificación productiva, destacando en la producción hortícola los cultivos de patata, tomate, lechuga, judía y cebolla. En cuanto a plantas ornamentales, el cultivo del clavel ha sido históricamente hegemónico en el sector, pero en la actualidad sufre una profunda crisis que ha conducido a una disminución de la superficie cultivada. Esta se sitúa hoy en día por debajo de las 200 Ha. Un aspecto destacable en la zona es el elevado crecimiento de los cultivos protegidos.

Después de caracterizar brevemente las dos zonas de estudio, se puede observar que presentan el hecho común de ser áreas agrícolas periurbanas con las desventajas y ventajas que esto supone. Pero por otro lado, son remarcables las diferencias geomorfológicas, tipos de suelo, cultivos, vegetación y sistemas agrícolas que pueden afectar notablemente la incidencia y dinámica de las plagas.

1.2. Trampas

1.2.1. Tipos

Las capturas de machos de *H. armigera* se hicieron mediante trampas de feromonas de atracción sexual. El modelo de trampa utilizado fue el de embudo, tipo "Internacional Funnel Trap", suministrado por "Energía e Industrias Aragonesas" (actualmente Aragonesas Agro), con DVPP (vaponas) como agente insecticida.

La trampa se compone de un receptáculo blanco para recoger las capturas, de la zona del embudo, de color amarillo, y de un techo verde donde se coloca la cápsula de feromona ([Figura 2-3](#)).

Se utilizaron cápsulas de feromona de *H. armigera* con un soporte tipo septum, producidas por Agrisense (UK) y distribuidas por E.I. Aragonesas. Estas cápsulas contienen 1 mg. de la mezcla 97:3 de (Z)-11-hexadecenal:(Z)-9-hexadecenal.

1.2.2. Emplazamiento y localización

Las trampas se situaron al lado de los campos de control o en sus proximidades, implantadas en los márgenes, siempre en las proximidades de posibles plantas huésped. Se situaron a una altura de 1,70-1,90 m del suelo, evitando cualquier impedimento físico a la difusión de la feromona. El emplazamiento exacto se mantuvo constante, dentro de lo posible, durante los años de estudio. Las trampas que se instalaron eran parte de la red de trampas de *H. armigera* desplegada por las Agrupaciones de Defensa Vegetal (ADV) del Delta del Llobregat y Baix Maresme. Las características de las trampas de estas agrupaciones, así como su manejo, fueron idénticas a las emplazadas en los campos de control de puesta. Su localización exacta para cada año se halla en la [Figura 2-1](#) y [Figura 2-2](#) y en la Tabla 2-1.

| Zona | Código | UTM 1x1 km | Municipio | Años de seguimiento |
|---------------------|--------|------------|-----------------|---------------------|
| Delta del Llobregat | DL1 | DF 2075 | St. Boi | 1990 |
| | DL2 | DF 2476 | El Prat | 1990,1992 |
| | DL3 | DF 2376 | El Prat | 1990,1991,1992 |
| | DL4 | DF 1973 | Viladecans | 1990,1991,1992 |
| | DL5 | DF 1971 | Viladecans | 1990,1991,1992 |
| | DL6 | DF 1973 | Viladecans | 1990 |
| | DL7 | DF 1973 | Viladecans | 1990 |
| | DL8 | DF 1973 | Viladecans | 1990,1991,1992 |
| | DL9 | DF 2175 | St. Boi | 1991 |
| | DL10 | DF 2075 | St. Boi | 1991,1992 |
| | DL11 | DF 1871 | Viladecans | 1991,1992 |
| | DL12 | DF 1973 | Viladecans | 1991,1992 |
| | DL13 | DF 1973 | Viladecans | 1991 |
| Maresme | MA1 | DG 5801 | Llavaneres | 1990,1991,1992 |
| | MA2 | DG 5700 | Llavaneres | 1990,1991,1992 |
| | MA3 | DG 5600 | Mataró | 1990,1991,1992 |
| | MA4 | DG 5600 | Mataró | 1990,1991,1992 |
| | MA5 | DG 5600 | Mataró | 1990,1991,1992 |
| | MA6 | DF 5599 | Mataró | 1990,1991 |
| | MA7 | DF 5197 | Cabrera | 1990,1991,1992 |
| | MA8 | DF 4895 | Vilassar de Mar | 1990,1991,1992 |
| | MA9 | DF 4895 | Vilassar de Mar | 1990,1991,1992 |
| | MA10 | DF 5097 | Cabrera | 1990 |
| | MA11 | DF 5801 | Llavaneres | 1990 |

Tabla 2-1. Localización de las trampas de feromonas.

En 1990, se emplearon estructuras de cañas con el fin de sostener las trampas, mientras que en 1991 y 1992 se utilizaron barras de perfil metálico que disponían de anillas en las que se emplazaba la trampa. Esta técnica facilitó la implantación y permitió una mejor capacidad de regulación de la altura de la trampa respecto al suelo. Asimismo se minimizaron los problemas de caída y obertura del depósito de las trampas.

1.2.3. Seguimiento de las trampas

Las trampas, por norma, se implantaron a principios de abril y se controlaron hasta el 30 de noviembre. En algunas trampas asociadas a campos de estudio de la puesta el período de seguimiento fue más restringido. Durante este tiempo se efectuaron conteos 1 ó 2 veces por semana de los machos de *H. armigera* capturados. Esta labor fue realizada fundamentalmente por técnicos de las ADV. Las cápsulas de feromonas se sustituyeron

mensualmente, mientras que las pastillas insecticida (vaponas) se cambiaron cada 2 meses.

1.3. Controles de campo

1.3.1. Localización y características de los campos

Se realizaron muestreos de huevos de *H. armigera* en 26 campos comerciales de tomate para consumo en fresco y 3 de clavel al aire libre a lo largo del período 1990-92. El emplazamiento, las características del cultivo y los períodos de seguimiento se muestran en las tablas 2-2 y 2-3, y en la [Figura 2-1](#) y [Figura 2-2](#) respectivamente.

| Zona | Campo | UTM 1x1 km | Municipio | Cultivo | Años de seguimiento |
|-----------|-------|------------|-----------------|---------|---------------------|
| Delta del | CAS1 | DF 2476 | El Prat | PRECOZ | 1990,1991,1992 |
| Llobregat | CAS2 | DF 2476 | El Prat | TARDIO | 1990,1991,1992 |
| | SAM | DF 2376 | El Prat | PRECOZ | 1990,1992 |
| | VAL1 | DF 1973 | Viladecans | PRECOZ | 1991,1992 |
| | VAL2 | DF 1973 | Viladecans | TARDIO | 1990,1991,1992 |
| | MIQ | DF 1873 | Viladecans | TARDIO | 1992 |
| Maresme | VIN1 | DG 5600 | Mataró | PRECOZ | 1990,1991,1992 |
| | VIN2 | DG 5600 | Mataró | TARDIO | 1990,1991,1992 |
| | MON1 | DG 5600 | Mataró | PRECOZ | 1991,1992 |
| | MON2 | DG 5600 | Mataró | TARDIO | 1991 |
| | MOR | DG 5600 | Mataró | TARDIO | 1992 |
| | CAN | DF 5197 | Cabrera | PRECOZ | 1990 |
| | CAT | DG 5801 | Llavaneres | TARDIO, | 1990 |
| | BOS | DF 4895 | Vilassar de Mar | Clavel | 199019911992 |

Tabla 2-2. Emplazamiento de los campos de seguimiento de puesta.

| TOMATE | | | | | | |
|--------|-------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------|------------------------|--|
| Año | Campo | Período de seguimiento (semanas) | Sup. parcela (m ²) | Período plantación | Variedad | Densidad ⁽¹⁾ (pl/m ²) |
| 1990 | CAS1 | 21-23 (n=17) | 510 | Precoz | 50%Carmelo+50%Royesta | 2.60 |
| | VIN1 | 19-27 (n=9) | 1400 | Precoz | Carmelo | 2.40 |
| | SAM | 21-29 (n=9) | 4300 | Precoz | 85%Carmelo+15%Cobra | 2.80 |
| | CAN | 19-27 (n=9) | 2210 | Precoz | 50%Cobra+20%Carpy+alt. | 3.10 |
| | CAS2 | 29-44 (n=16) | 1165 | Tardío | 80%Royesta+20%Mazarron | 2.55 |
| | VIN2 | 28-39 (n=12) | 2775 | Tardío | Royesta | 2.65 |
| | CAT | 28-36 (n=9) | 3850 | Tardío | 50%Rober+50%Dario | 2.70 |
| | VAL2 | 30-40 (n=10) | 1100 | Tardío | 50%Cobra+50%Dario | 2.55 |
| 1991 | CAS1 | 20-36 (n=17) | 510 | Precoz | Royesta | 2.35 |

| | | | | | | |
|---------------|------|--------------|------|--------|------------------------|-------|
| | VIN1 | 20-33 (n=14) | 1450 | Precoz | Royesta | 2.85 |
| | VAL1 | 20-33 (n=14) | 1200 | Precoz | 80%Boa+20%Carmelo | 3.00 |
| | MON1 | 20-32 (n=13) | 1840 | Precoz | Royesta | 3.00 |
| | CAS2 | 27-42 (n=16) | 930 | Tardío | Royesta | 2.35 |
| | VIN2 | 27-42 (n=16) | 1200 | Tardío | Royesta | 2.90 |
| | MON2 | 30-41 (n=12) | 1480 | Tardío | Royesta | 2.70 |
| | VAL2 | 30-42 (n=13) | 1520 | Tardío | Cobra | 2.70 |
| 1992 | CAS1 | 20-36 (n=17) | 620 | Precoz | Royesta | 2.55 |
| | VIN1 | 20-33 (n=14) | 1450 | Precoz | Royesta | 2.60 |
| | MON1 | 20-33 (n=14) | 1904 | Precoz | Royesta | 2.90 |
| | VAL1 | 20-34 (n=15) | 2440 | Precoz | Cobra | 2.20 |
| | SAM | 20-34 (n=15) | 4300 | Precoz | 33%Carm+33%Cob+33%Br | 2.10 |
| | CAS2 | 27-43 (n=17) | 1104 | Tardío | 30%Royesta+70%Leopardo | 2.52 |
| | VIN2 | 29-43 (n=15) | 2770 | Tardío | Royesta | 2.71 |
| | MOR | 28-41 (n=14) | 4752 | Tardío | Royesta | 2.57 |
| | VAL2 | 28-38 (n=11) | 570 | Tardío | Royesta | 2.38 |
| | MIQ | 32-39 (n=8) | 5900 | Tardío | Cobra | 2.25 |
| CLAVEL | | | | | | |
| 1990 | BOS | 20-46 (n=28) | 3200 | - | diversas standard | 35-50 |
| 1991 | BOS | 20-46 (n=28) | 3200 | - | diversas standard | 35-50 |
| 1992 | BOS | 20-46 (n=28) | 3200 | - | diversas standard | 35-50 |

Tabla 2-3. Período de seguimiento y características de los cultivos en los campos de seguimiento de puesta.
(1) En el cultivo de clavel la densidad se expresa en flores por M2.

Los campos de tomate eran de variedades híbridas de crecimiento indeterminado. El manejo del cultivo fue el común en la zona: se practicó una poda en un solo eje y un tutoraje con cañas. En la mayoría de los campos del Maresme, y excepcionalmente en el Delta del Llobregat, se decapitaba la planta al presentar 8 ó 9 pomos cuajados. Se presentaron dos períodos fundamentales para su trasplante: el período precoz (PRECOZ), entre finales de abril y primeros de mayo, y el período tardío (TARDÍO), que comprendía los trasplantes de mediados de junio. La selección de los campos tardíos se realizó en función de la proximidad de campos precoces. Ello permitió la comparación del comportamiento de puesta de una misma población de adultos de *H. armigera* entre tomateras con fenologías marcadamente diferentes.

Las variedades cultivadas en los campos de clavel para flor cortada fueron de tipo estándar uniflorales, con una mezcla importante de variedades de diferente color y distintas características de crecimiento. Se les sometió a 1-2 pinzamientos, siendo entutorados con malla (15x15 cm). El nivel de protección fitosanitaria fue elevado, realizándose tratamientos insecticidas bisemanales durante el período de verano.

1.3.2. Seguimiento de las densidades de huevos

En los campos de tomate al aire libre se realizaron recuentos semanales de huevos de *H. armigera* y de huevos de otros lepidópteros, principalmente plusinos. Se escogían 40 plantas, haciendo un recorrido por toda la parcela y manteniendo la aleatoriedad a pequeña escala. En los campos CAS1 y CAS2, dadas sus pequeñas dimensiones, sólo se realizó el muestreo sobre 30 plantas. Las observaciones se centraron en la hoja por debajo del último pomo con flores abiertas y en las dos hojas situadas encima de éste. Esta elección se basó en los

estudios que destacan esta zona como de puesta preferencial por parte de *Helicoverpa* (Alvarado *et al.*, 1982; Bues *et al.*, 1988; Thicoipe, 1984).

El seguimiento de los campos (Tabla 2-3) se inició al comienzo de floración, o previamente a ésta, y terminó un par de semanas después del despunte de la planta o cuando la situación sanitaria del cultivo impidió una correcta realización del muestreo. Físicamente, los muestreos se realizaron los martes, miércoles y jueves, centrándose en el día intermedio, por lo que se han definido las semanas de miércoles a miércoles.

En el campo se anotaron los huevos de *H. armigera* detectados y su localización en la planta muestreada. En ningún caso se registraron huevos eclosionados, depredados o desecados. Todos los huevos de *H. armigera*, o parecidos, se recogieron en bolsas de plástico, según la hoja de procedencia, y se llevaron al laboratorio para verificar su identificación. Cada huevo, con una parte del foliolo donde se encontró, se introdujo de forma individualizada en un recipiente de plástico transparente de 30 cc. de volumen a la espera de su eclosión. Cuando ésta tuvo lugar, se observó cada larva con lupa binocular con el fin de proceder a una primera fase de identificación (Toguebaye y Couilloud, 1982). Si no presentaba suficientes características para determinar el género al cual pertenecía se procedía a su cría mediante dieta artificial (Poitout y Bues, 1974) hasta disponer de suficientes aspectos morfológicos con connotaciones taxonómicas. Este proceso se llevó a cabo en una cámara climática a temperatura constante de 25°C y fotoperíodo de 14 horas luz: 10 horas oscuridad.

En los campos de clavel se escogieron 150 unidades muestrales haciendo un recorrido por toda la parcela y manteniendo la aleatoriedad a pequeña escala. Cada unidad muestral estaba constituida por un capullo floral (FLOR) a punto o a inicio de abertura. Los capullos y las flores son el lugar de puesta prácticamente exclusivo de *H. armigera* en clavel.

En las observaciones semanales de los campos de clavel se registraron los huevos de *H. armigera* que no estaban desecados. En estos muestreos no se recogió este material para su estudio en laboratorio dos razones: en primer lugar, por la práctica imposibilidad de confusión con huevos de otros lepidópteros, y, en segundo lugar, por la escasa viabilidad de estos huevos dada la insistente aplicación de productos insecticidas con acción ovicida en el cultivo de clavel.

1.3.3. Evolución de los campos

La realización de seguimientos de grado de presencia de plaga en cultivos comerciales tiene la ventaja de mostrar la evolución en condiciones agrícolas locales y sin artefactos experimentales. Pero, por otro lado, es una situación donde abundan los factores imprevisibles.

Las características de las campañas agrícolas, el manejo del cultivo por parte del agricultor, los sistemas de control de plagas, la incidencia de enfermedades y un largo etcétera, son factores que hacen que cada campo y cada campaña presente sus peculiaridades. Algunos de estos elementos pueden afectar de forma notable el comportamiento de puesta de *H. armigera* (1.4.1.5.). La caracterización individualizada de cada campo sería extraordinariamente tediosa, dado que se realizaron controles en 29 campos, por lo que se han recopilado los factores que se consideraron más relevantes.

Fenología:

La fenología del cultivo del tomate en el tiempo está íntimamente ligada al momento de plantación del cultivo, a sus características de crecimiento y a las condiciones ambientales (básicamente a la temperatura). Las características de la planta -altura, número de hojas, flores, frutos- se modifican notablemente a lo largo del período productivo. Durante los tres años de duración del estudio, los períodos de plantación se localizaron en la segunda quincena de abril (PRECOZ) y mediados de junio (TARDÍO). Este hecho dió lugar a la presencia de dos grupos de cultivos con fenologías muy diferentes durante el período de finales de junio-julio y mediados de agosto, cuando en el mismo entorno agrícola convivían plantaciones de tomate en una fase juvenil (TARDÍO) y tomateras en plena producción (PRECOZ). En todos los muestreos se realizaron evaluaciones del estado de desarrollo del cultivo a partir del número de pomos generados. Se analizaron las fenologías semanales, análisis de la varianza, para los dos períodos de plantación entre años para detectar posibles diferencias.

En una plantación tardía de tomate Royesta -Maresme 1991- se siguió de forma exhaustiva sobre 25 plantas distribuidas aleatoriamente la cantidad de flores y frutos (diferenciando el fruto pequeño ($\phi < 25\text{mm}$) del fruto grande ($\phi > 25\text{mm}$) por planta. Se evaluó semanalmente el desarrollo de la planta (número de pomos generados) y se contó el número de flores abiertas y de frutos en cada pomo en el momento del muestreo. Los resultados de este seguimiento se expresan como número medio de flores abiertas, de tomates pequeños y de tomates grandes por planta y semana.

Por el contrario, se puede considerar que el cultivo de clavel es un sustrato de puesta para *H. armigera* de fenología constante, ya que, desde inicio de floración, el cultivo presenta la unidad muestral definida y la planta no manifiesta variaciones ostensibles durante su vida útil.

Sistemas de control de plagas y presencia de depredadores en tomate:

Los campos utilizados en los seguimientos de puesta pertenecían a agricultores de las ADV del Maresme y Delta del Llobregat, lo que teóricamente daba mayor homogeneidad a los cultivos que eran objeto de seguimiento, al contar con una asesoría en lo relativo al control de plagas. En la práctica, el manejo de plagas difirió notablemente. Hubo campos donde se siguió de forma estricta el programa de control integrado de plagas (CIP) recomendado por el IRTA con uso de *B. thuringiensis* como único producto insecticida, y campos en los que se realizaron más de 8 tratamientos con diversos productos neurotóxicos (piretroides y organoclorados fundamentalmente).

El tipo y la intensidad de los tratamientos fitosanitarios afectó a los niveles de plaga y de organismos útiles, influyendo de forma diversa la puesta y/o su seguimiento. Por ejemplo, la aplicación de azufre en polvo, que deja la superficie foliar manchada, dificultó la observación de huevos de *H. armigera* y, quizás, su comportamiento de puesta. Por otro lado, la acción de plagas también puede afectar su atraktividad como sustrato de puesta, por ejemplo, un ataque fuerte de *Liriomyza trifolii* Burguess en VIN2/1990 provocó una parada del crecimiento general del cultivo aspecto que condicionó el comportamiento de puesta de *H. armigera*.

En campos CIP con elevada presencia de míridos (*Macrolophus caliginosus* Wagner, *Dicyphus tamaninii* Wagner) se detectó un comportamiento depredador de éstos sobre huevos de lepidópteros (Salamero *et al.*, 1987). Esta situación podía dificultar la cuantificación de la magnitud real de la puesta ya que los muestreos de campo solo registraban los huevos de *H. armigera* que no habían sido depredados -un huevo depredado es mucho más difícil de detectar-.

Incidencia de enfermedades en tomate:

El estado sanitario del cultivo afecta sensiblemente su fisiología, lo que conlleva repercusiones notables sobre su desarrollo, que a su vez afecta sus características como sustrato de puesta.

Las enfermedades que se presentaron de tipo bacteriano (*Pseudomonas syringae* pv. *tomato* (Okabe) Young *et al.*) y fúngico (*Botrytis cinerea* Pers., traqueomicosis, *Oidium* sp.) fueron controladas con mayor o menor éxito mediante sistemas químicos, siendo ligera su repercusión sobre este estudio. Pero las problemáticas derivadas de enfermedades viróticas (CMV, PVY, TSWV) son un hecho destacable en los sistemas productivos de las zonas estudiadas, y en algún caso afectaron de lleno a los ensayos. Su manifestación generó sintomatologías muy espectaculares -paradas de crecimiento, desarrollos desordenados, necrosis, etc.- que dependían de las características de cada infección.

Se anuló el seguimiento de dos campos a causa de problemas viróticos muy graves. Ciertas zonas del Maresme fueron descartadas para la realización de seguimientos por el alto riesgo de infección. Del conjunto de campos sobre los que se realizó el estudio, cabe señalar que en CAN, VAL2 y CAT en 1990, VAL2 en 1991 y VAL2 y MIQ en 1992 el cultivo de tomate registró niveles de incidencia viral importantes a final del ciclo productivo.

1.3.4. Condiciones meteorológicas

Durante el período octubre 1989-noviembre 1992 se recogió información diaria sobre temperaturas máximas (T), temperaturas mínimas (tm) y precipitaciones (P) de dos observatorios de la zona del Delta del Llobregat (Gavá-Miranda y Aeropuerto de Barcelona-El Prat) y de otros dos situados en el Maresme Sur (Cabrils-IRTA y Arenys de Mar "Can Xifré").

La evolución general de los diversos años se muestra en la [Figura 2-4](#)

En los registros de temperaturas son destacables las diferencias anuales entre los meses invernales y los de primavera; concretamente en 1990 el invierno fue muy suave y con una pluviometría baja. Asimismo, el valor de temperaturas medias de los meses primaverales (abril, mayo, junio) fue elevado respecto a los de otros años estudiados. La campaña de 1991 se caracterizó por unos meses de abril y mayo frescos, y en 1992 fueron los meses de mayo y junio los que presentaron valores térmicos bajos en comparación con los otros dos años estudiados. También es destacable la elevada pluviometría de junio de 1992.

Las medias mensuales dan una información concentrada de los elementos meteorológicos, con una evidente simplificación de la realidad. En tal sentido, es interesante comentar que en los meses invernales de 1990 se superaron los 18°C de temperatura máxima durante 1, 9 y 8 días de los meses de enero, febrero y marzo respectivamente, mientras que en 1991 este valor se presentó 0, 0 y 3 días, respectivamente, y en 1992 0, 0 y 4 días en los meses mencionados. Estas temperaturas pueden afectar notablemente la evolución de las pupas en diapausa y la velocidad de desarrollo de *H. armigera* (Bues *et al.*, 1989; Foley, 1981; Wilson *et al.*, 1979).

1.3.5. Seguimiento de entorno

Se realizó la evaluación de los cultivos que rodeaban las trampas de feromonas en la zona del Delta del Llobregat (número de trampas=8, 1991) y Maresme Sur (número de trampas=6, 1990). Se confeccionó un croquis de la superficie comprendida en un radio de 50 metros desde el punto de emplazamiento de la trampa.

Se midieron las diversas unidades superficiales y parcelarias, asignándose a cada una de estas una valoración del tipo de aprovechamiento del terreno según la siguiente clasificación:

Terreno no cultivable:

- NV (edificios, caminos, canales)
- RV (vegetación ruderal, descampados)
- BO (bosque, cubierta arbustiva)

Terreno cultivable (superficie agrícola):

- AP (apio, perejil, hinojo)
- BR1 (col)
- BR2 (coliflor, brócoli)
- CA (pimiento, berenjena)
- CH (acelga, espinacas)
- CI (alcachofa)
- CU (calabacín, melón, pepino)
- FL (flor y ornamental)
- FR (frutales)
- HR (huerto, mezcla de cultivos)
- LA (lechuga, escarola)
- LI (cebolla, ajos, puerros)
- LL (labrado)
- MH (malas hierbas)
- PH (judías)
- SO (patata)
- TO (tomate)
- VI (haba, guisante, garbanzo)
- VÑ (viña)
- ZE (maíz)

Se realizaron evaluaciones mensuales de mayo a octubre, registrando las variaciones en el aprovechamiento del terreno. Los datos de los cultivos principales se expresan como porcentaje mensual respecto a la superficie agrícola total.

1.4. Análisis de los datos

Los datos recogidos se introdujeron en un terminal informático VAX/VMS versión V5.4-2. Para su manipulación y análisis estadístico se utilizó el paquete Statistic Analysis Systems (SAS).

En la primera fase del estudio fueron analizados de forma independiente la puesta y las capturas con trampas de feromonas de *H. armigera*, definiendo su comportamiento en las distintas zonas y campañas.

Los valores de puesta observados en cultivos de tomate se estandarizaron a través de la variable OU, que se definió como el número de huevos de *H. armigera* presentes en 100 unidades muestrales (100 plantas x 3 hojas). Además de la semana (SET), se empleó como unidad de tiempo la variable MES, cuyas unidades se definieron como grupos de semanas, concretamente: abril (set. 14-17), mayo (set. 18-22), junio (set. 23-27), julio (set. 28-31), agosto (set. 32-35), septiembre (set. 36-40), octubre (set. 41-44) y noviembre (set. 45-48). Por otro lado, se señaló como observaciones de plantación precoz (PRECOZ) las que se llevaron a cabo entre las semanas 20 y 33 de campos trasplantados en abril o a principios de mayo. Las observaciones de plantación tardía (TARDÍO) se centraron en las semanas 29 a 40 en los campos trasplantados en el mes de junio. Antes de proceder a los análisis estadísticos de las densidades de huevos, y con el objetivo de normalizar los datos, se

aplicó a éstos la transformación $\sqrt{(x + 0,5)}$. Se analizaron las diferencias entre zonas, años, períodos de plantación y a lo largo de la campaña. La separación estadística de los valores medios se obtuvo aplicando la opción LSMEANS del procedimiento GLM y utilizando la significación de la t, tomando este resultado con precaución cuando el número de medias era superior a 3. Este procedimiento es más recomendable que otras técnicas de separación de medias cuando se trabaja con datos desequilibrados (SAS Institute, 1989).

En clavel, dadas las diferencias del sistema de muestreo, la variable OU se definió como el número de huevos de *H. armigera* en 100 flores. El período de seguimiento se dividió en dos partes: primavera-verano (PV, semanas 20-33) y verano-otoño (VO, semanas 34-46). Se analizaron las diferencias a lo largo de la campaña y entre los diferentes años. Excepcionalmente, se aplicó el test de amplitud múltiple de Duncan en la separación de densidades de huevos para los meses de seguimiento dado que el número de medias a comparar era de 7, y éstas eran fruto de series de datos bastante equilibrados.

Se estudió el grado de fiabilidad del muestreo de densidad de puesta sobre planta a partir del parámetro

de exactitud $E=s/\sqrt{n}$ (Soutwood, 1978) para cada muestreo.

En cuanto a la información de capturas en trampas de feromonas, se obtuvieron los valores de captura diaria en cada emplazamiento, y en base a estos datos se definió la variable de capturas semanales (CS) como la suma de las capturas diarias durante siete días. Por cuestiones de comparación y de correspondencia temporal con los muestreos de huevos, se definieron las semanas de miércoles a miércoles. El período de seguimiento se dividió en dos partes: primavera-verano (PV, semanas 15-33) y verano-otoño (VO, semanas 34-48).

Se definió la variable CGC como la media semanal de capturas de las trampas próximas a cada campo de seguimiento de puesta (Tabla 2-4); CGZ se definió como la media semanal de captura de las trampas de cada zona (Tabla 2-4).

| Agrupaciones de trampas de feromonas | | Años | | | Campos próximos |
|--------------------------------------|-----------|-------------|-----------|-----------|-----------------|
| | | 1990 | 1991 | 1992 | |
| GRUPO | MAT | MA3 MA4 | MA3 MA4 | MA3 MA4 | VIN1 VIN2 |
| CAMPO | | MA5 | MA5 | MA5 | MON1 MON2 |
| | LLA | MA1 MA11 | - | - | CAT |
| | CAB | MA7 MA10 | - | - | CAN |
| | CLA | MA8 MA9 | MA8 MA9 | MA8 MA9 | BOS |
| | BOI | DL1 DL2 DL3 | DL3 DL9 | DL2 DL3 | CAS1 CAS2 |
| | | | DL10 | DL10 | SAM |
| | VIL | DL8 DL3 DL4 | DL8 DL13 | DL4 DL8 | VAL1 VAL2 |
| | | | DL4 DL12 | DL12 | MIQ |
| GRUPO | Llobregat | DL2 DL3 DL1 | DL3 DL4 | DL2 DL3 | CAS1 CAS2 |
| ZONA | (DL) | DL4 DL5 DL6 | DL5 DL8 | DL4 DL5 | VAL1 VAL2 |
| | | DL7 DL8 | DL9 DL10 | DL8 DL10 | MIQ SAM |
| | | | DL11 DL12 | DL11 DL12 | |
| | Maresme | MA1 MA2 | MA1 MA2 | MA1 MA2 | VIN1 VIN2 |
| | (MA) | MA3 MA4 | MA3 MA4 | MA3 MA4 | MON1 MON2 |
| | | MA5 MA6 | MA5 MA6 | MA5 MA7 | CATCAN |
| | | MA7 MA8 | MA7 MA8 | MA8 MA9 | MOR |
| | | MA9 | | MA9 | |

Tabla 2-4. Agrupación de las trampas de feromonas en función de los campos de seguimiento de puesta y de las zonas geográficas.

Se estudió la variabilidad de las capturas de las trampas en las diferentes zonas geográficas. Por otro lado, se analizó el número de capturas en las dos zonas, durante los diferentes años y a lo largo de cada campaña. Antes de proceder a los análisis estadísticos de los valores de puesta, y con el objetivo de normalizar los datos,

se aplicó a éstos la transformación $\sqrt{(x + 0,5)}$. Los métodos estadísticos son los mismos que se han empleado en los análisis de las densidades de huevos.

Mediante un análisis de correlación se estudió la evolución conjunta de las capturas en las trampas individuales y de las medias de las zonas. Se determinó la homogeneidad de los coeficientes de correlación mediante la transformación a la normal - $P=0.05$ - (Steel y Torrie, 1986). Con el fin de comparar la evolución de las capturas prescindiendo de la magnitud de las mismas, los datos de captura fueron transformados en valores porcentuales de captura semanal respecto al total del período. Con este fin sólo se utilizaron las trampas que

estuvieron en funcionamiento a lo largo de toda la campaña. Este hecho afecta negativamente a la información disponible del Delta del Llobregat del año 1990, puesto que sólo 3 trampas cumplieron los requisitos establecidos. Durante los años siguientes, sólo excepcionalmente se eliminó alguna trampa.

La búsqueda de la relación entre las capturas en trampas de feromonas y la puesta de *H. armigera* constituye el objetivo primordial de este estudio. Dada la importancia del estado de desarrollo del cultivo en el comportamiento de puesta de *Heliothinae* (García *et al.*, 1980; Johnson *et al.*, 1975, Terry *et al.*, 1980; Zalom *et al.*, 1983), se ha fraccionado el ciclo de cultivo del tomate. Basándose en criterios de presencia de flores, tasa de crecimiento, fase de cosecha y senescencia del cultivo se establecieron 5 grupos fenológicos (GF) según el número de pomos florales generados:

- 1) período infantil (-1,5 pomos)
- 2) planta joven (1,5-4 pomos)
- 3) inicio de cosecha (4-6,5 pomos)
- 4) planta madura (6,5-9 pomos)
- 5) planta vieja (>9 pomos).

Esta clasificación implica una división de la campaña en períodos en los que las condiciones ambientales son más homogéneas. Los análisis de relación entre densidades de huevos y capturas a lo largo de una campaña entera presentan dificultades debido a la variación de los factores que la afectan a lo largo del tiempo (Leonard *et al.*, 1989).

Se definió la variable de relación huevos-capturas (RZ) como el valor de la fracción entre las variables OU/CGZ. Se observó su evolución a lo largo de la temporada para tomate y clavel, y se comparó su comportamiento relativo.

Previamente a la realización de los análisis estadísticos sobre las variables de densidad de huevos y de capturas se aplicó a los datos la transformación $\sqrt{(x + 0,5)}$. Para determinar la existencia de un posible desfase temporal entre el momento de puesta y las capturas, se compararon las densidades de huevos de una semana con las capturas que se produjeron la semana próxima (+) y las observadas la semana anterior (-).

Se realizó un análisis de correlación para las variables temporales (semana, SET), grupo fenológico (GF), densidad de huevos (OU) y capturas de grupo campo (CGC) y capturas según la zona geográfica (CGZ), y éstas desplazadas en el tiempo (CGC-, CGC+, CGZ-, CGZ+). Se estudió la homogeneidad de los coeficientes de correlación mediante la transformación a la normal - $P=0.05$ - (Steel y Torrie, 1986).

Igualmente se estudió el ajuste de la regresión lineal simple entre la densidad de huevos y capturas en trampas de feromonas (CGZ) para los diferentes grupos fenológicos (GF) y para cada período de plantación (PRECOZ, TARDÍO). En cada uno de los modelos se analizó la significación y la diferencia de magnitud entre pendientes mediante un procedimiento GLM, analizando la interacción entre la variable independiente de la regresión y el factor (GF) (SAS Institute, 1989). En el cultivo de clavel, dada su homogeneidad fenológica y su sistema productivo, no se definen grupos fenológicos ni se diferencian períodos de plantación. Se analizó la dispersión de los datos en las regresiones lineales simples mediante el test de homogeneidad de varianzas (contraste con F de Fisher).

Paralelamente, se buscó la regresión que estimase mejor la densidad de huevos (OU) a partir de las variables SET, GF y capturas (CGZ, CGZ-) mediante el procedimiento "stepwise". Por otro lado, se estudió la bondad de algunos modelos de regresión donde se fijan a priori las variables independientes.

2. TRAMPAS DE FEROMONAS: FACTORES INTRÍNSECOS QUE AFECTAN LAS CAPTURAS

Se realizaron 10 ensayos para establecer el comportamiento de captura y la especificidad de diversas cápsulas comerciales de feromona de *H. armigera*. Por otro lado, se estudió el efecto de la conservación de la feromona y el diseño de la trampa sobre las capturas.

De forma general, salvo en aquellos casos en que se reseñe lo contrario, las experiencias se realizaron en la zona del Delta del Ebro sobre campos de tomate para industria. El diseño experimental fue completamente aleatorio, con 4 repeticiones, realizándose una rotación de trampas cada vez que se procedía al conteo de las capturas con el fin de minimizar el efecto de posiciones concretas (Gauthier *et al.*, 1991). Las trampas se dispusieron a 50 m (Gauthier *et al.*, 1991; Hoffmann *et al.*, 1986) entre sí y respecto a los márgenes del campo, y a una altura aproximada de 1 m sobre el nivel del suelo (20-30 cm sobre el cultivo). Se consideró material estándar las cápsulas fabricadas por Agrisense y las trampas de diseño embudo tricolor (ver apartado 1.2.1) por ser éste el material utilizado en los estudios de relación capturas-densidad de huevos (apartado II.1.2). La duración de cada experiencia fue de 4 semanas aproximadamente, que es el período de vida útil recomendado para el material estándar.

2.1. Comparación de cápsulas

En todos los ensayos de este apartado se utilizó siempre la trampa estándar variando las características de las cápsulas de feromona en función del tratamiento.

2.1.1. Capacidad de captura según procedencia

Se comparó la capacidad de captura de 6 tipos de cápsulas de feromonas (Tabla 2-5) en 4 ensayos realizados en julio y agosto de 1990 y 1991.

| Trat. | Compañía Formuladora | Distribuidor nacional | Características de la cápsula y composición |
|-------|----------------------|-----------------------|---|
| AGR | Agrisense (UK) | E.I. Aragonesas | Septum blanco, 1 mg, 1:2° (97:3) |
| BIO | Bioprox INRA (F) | Protex | Septum color teja 2,18 mg, 1:2:3° (92:15) |
| IGD1 | I. G. Donegani | Inagra | Tapón caucho, 5 mg, 1:2° (96:4) |
| IGD2 | I. G. Donegani | Inagra | Vial plástico, 5 mg, 1:2°(96A) |
| TRE | Trece Inc. (USA) | Kenogard | Septum rojo° |
| URS | Inst.Prot.Cult.(Ru) | - | Tubo de caucho, 2 mg, 1:2° (90:10) |

Tabla 2-5. Características de las cápsulas de feromonas de *H. armigera* utilizadas en los ensayos de procedencia.

^a 1: (Z)-11-hexadecenal, 2: (Z)-9-hexadecenal 3: Hexadecenal

^b No se dispone de la composición de feromona de la cápsula.

2.1.2. Selectividad

Se comparó la selectividad de las cápsulas de feromonas fabricadas por Agrisense, Bioprox y Trece Inc. (Tabla 2-5) respecto a *Gortyna xanthenes* (German). Este noctuido constituye el principal contaminante de las trampas de feromonas cebadas con cápsulas de *H. armigera* en la zona del Delta del Llobregat (Izquierdo *et al.*, 1991).

Se realizaron 2 ensayos en parcelas de Viladecans (Delta del Llobregat). El primero se desarrolló en un campo de alcachofas del 4 de octubre al 12 de noviembre de 1991, y el segundo en un campo de tomates para consumo en fresco durante el período comprendido entre el 30 de septiembre y el 5 de noviembre de 1992. La época para la realización de los ensayos fue escogida por ser el período en que se produce el mayor solapamiento de vuelo entre *H. armigera* y *G. xanthenes*.

2.1.3. Antigüedad de la cápsula

En 2 experiencias se comparó la capacidad de captura de *H. armigera* en función de la antigüedad del suministro de las cápsulas. Los ensayos tuvieron dos tratamientos: cápsulas suministradas durante el año en curso (NUEVA) y cápsulas suministradas el año anterior (ANTIG) y conservadas en frigorífico convencional.

El material utilizado procedió de Agrisense. El ensayo de 1991 se realizó en el Delta del Ebro (8/JUL-6/AGO), mientras que el de 1992 se desarrolló en el Delta del Llobregat (15/JUL-11/AGO) sobre tomate para consumo en fresco. El período de ensayo coincide con un momento en la campaña en que los valores medios de captura son medio-altos, pero durante el cual existe la posibilidad de que se registren contrastes importantes en los valores de capturas diarias. Este hecho permite observar el comportamiento de los tratamientos bajo niveles de población diferentes.

2.2. Comparación de los diseños de trampas

2.2.1. Tipos de trampas

Se probaron 3 tipos de trampas disponibles comercialmente en España para su uso en seguimiento de *H. armigera*. Se realizaron dos ensayos durante julio y agosto de 1990 con tres tratamientos (Tabla 2-6).

| Tratamiento | Diseño | Cápsula | Distribuidor nacional |
|-------------|--|---------------|-----------------------|
| AGR | Tipo embudo tricolor + DVPP | Agrisense | E.I. Aragonesas |
| MON | Tipo «wing», base encolada (Montedison) | I.G. Donegani | Inagra |
| ZOE | Tipo «wing», base encolada (Zoecon) | Trece Inc. | Kenogard |

Tabla 2-6. Características de las trampas de *H. armigera* utilizadas en los ensayos de tipo de trampa.

2.3. Análisis de los datos

Se aplicó la transformación $\sqrt{(\text{capturas}+0,5)}$ (Gothilf *et al.*, 1979; Halfhill y McDonough, 1985) a los valores de capturas de machos de *H. armigera* antes de proceder a su análisis estadístico. En cada ensayo se realizaron análisis de la varianza -procedimiento GLM- y de separación de medias -test de amplitud múltiple de Duncan (SAS Institute, 1989)- del número de capturas de cada día de observación y de los valores de capturas acumuladas. El valor de capturas acumuladas en el último día de la experiencia se tomó como resumen del comportamiento de los tratamientos estudiados.

Los valores de capturas medias diarias (capturas acumuladas en el último día del ensayo/días de duración del ensayo) se utilizaron para comparar los tratamientos empleados en los diversos ensayos y/o años. En el estudio de la capacidad de captura según la procedencia de las cápsulas (II.2.1.1) no se utilizaron todos los tratamientos en cada uno de los 4 ensayos realizados. El estudio global del comportamiento de un tratamiento respecto a otros se llevó a cabo a través de análisis completos sobre el grupo de ensayos en el que todos ellos fueron empleados. Así, por ejemplo, la comparación de las cápsulas AGR y TRE se realizó sobre datos procedentes de 4 ensayos, pero BIO sólo se comparó con AGR y TRE según los datos procedentes de los 3 últimos. Esta metodología se empleó al no querer asumir la hipótesis de que las variaciones del material (lote) afectan de la misma manera a los diversos tratamientos (Hoffmann *et al.*, 1986).

3. ESTUDIO DE EMERGENCIA DE ADULTOS PROVENIENTES DE PUPAS EN DIAPAUSA

En la zona del Delta del Llobregat se realizaron estudios sobre los períodos de emergencia de pupas en diapausa de *H. armigera* y la relación de éstos con las capturas en trampas de feromonas sexuales. Este trabajo se ejecutó durante los períodos otoño 1990-primavera 1991, otoño 1991-primavera 1992 y otoño 1992-primavera 1993.

3.1. Material vivo e inducción a la diapausa

Las pupas de *H. armigera* procedían de larvas recogidas en campo durante el período septiembre-octubre, ó de cría de laboratorio. En este último caso, las larvas se extrajeron de la cría realizada en condiciones estándares (25°C, fotoperíodo 14 horas luz: 10 horas oscuridad), a lo sumo cuando éstas alcanzaban el estadio L-3. Las larvas se acabaron de criar en un insectario en contenedores transparentes individuales de 30 cc., expuestos a condiciones ambiente de temperatura y fotoperíodo. Durante este período las larvas fueron alimentadas con dieta semi-artificial (Poitout y Bues, 1987) hasta la pupación, que se realizó en el mismo recipiente de cría.

Las pupas se sexaron a partir de las características morfológicas presentes en los últimos segmentos abdominales (Phillips y Newson, 1966; Wilson *et al.*, 1979), y se desinfectaron superficialmente por inmersión en una solución de hipoclorito sódico al 0,2%.

En la campaña 1990-1991 se obtuvieron 64 pupas (23 F, 41 M). Las larvas procedían básicamente de material recogido en campo. El período de pupación se muestra en la [Tabla 2-7](#).

En la campaña 1991-1992 se obtuvieron 200 pupas (110 F, 90 M). Las larvas procedían principalmente de cría de laboratorio y, secundariamente (25%), de material recogido en campo. El período de pupación se muestra igualmente en la [Tabla 2-7](#).

| | n | mediana | pupación | | implantación en campo | | |
|-----------|-----|---------|----------|------|-----------------------|--------|-------|
| | | | inicio | fin | mediana | inicio | fin |
| 1990-1991 | 64 | 26/10 | 3/10 | 7/1 | 31/10 | 18/10 | 9/1 |
| 1991-1992 | 200 | 11/12 | 31/10 | 2/1 | 2/1 | 10/12 | 26/1 |
| 1992-1993 | 334 | 19/10 | 1/10 | 9/11 | 20/10 | 15/10 | 12/11 |

Tabla 2-7. Cantidad de pupas, fechas de obtención e implantación en campo de los ensayos de emergencia de adultos procedentes de pupas en diapausa.

En la campaña 1992-1993 se obtuvieron 334 pupas (160 F, 164 M). Las larvas procedían exclusivamente de cría de laboratorio. El período de pupación se muestra en la [Tabla 2-7](#).

3.2. Cabinas de diapausa

Las pupas sexadas se instalaron en cabinas construidas simulando las cámaras de enterramiento en el suelo que realizan las larvas antes de pupar. Este método permite el control individualizado de cada pupa y constituye una barrera para los agentes de mortalidad bióticos, básicamente los depredadores. Este factor puede tener una incidencia notable en condiciones de campo y afectar el desarrollo satisfactorio del ensayo (Bues *et al.*, 1990).

El diseño de la cabina es, con ciertas modificaciones, el utilizado por McCann *et al.* (1989) ([Figura 2-5](#)). La cabina estaba formada por un tubo de ensayo plástico opaco de 9,5 cm de longitud y 1,5 cm de diámetro al que se realizó un agujero en la base (diámetro 3mm) para permitir el intercambio ambiental con el suelo. Este orificio se cubrió por medio de una malla metálica inoxidable (18/8) de una luz de 0,34 mm e hilo de 0,21 mm para evitar la penetración de depredadores. Esta zona constituyó la cámara de la pupa. En la parte alta del tubo se encajó una porción de tubo transparente (cámara del adulto) de un diámetro ligeramente superior. Esta zona permaneció por encima del nivel del suelo y se separó de la cabina de pupación con un disco de cartulina fina fijado en un lateral.

Se practicó un agujero de aireación de 5 mm de diámetro en un lateral de este tubo transparente y se cerró por arriba con un tapón de corcho. El agujero de aireación se cubrió con una malla inoxidable idéntica a la que cubría el agujero de drenaje.

El ensamblaje final de la cabina consistió en rellenar con gravilla fina 3 cm de la cámara de la pupa, depositar la pupa previamente caracterizada (día de pupación, sexo) y colocar el tubo transparente en su parte superior. Una vez finalizada esta operación ya se instaló en el suelo, verticalmente, dejando por encima del nivel

del terreno la cámara del adulto ([Figura 2-5](#)).

Este diseño permitió que la pupa se encontrara enterrada a una profundidad conocida, en oscuridad, protegida de los depredadores, y en condiciones ambientales (temperatura y humedad relativa) bastante aproximadas a las cabinas de enterramiento natural (McCann *et al.*, 1989). Una vez emergió el adulto, éste subía por el tubo superando el disco de cartulina (que dificultaba su posterior retorno a la cabina de pupación) y se hacía visible en la cámara del adulto.

En 1990-1991 las cabinas de diapausa tenían agujeros de drenaje y aireación más pequeños, lo que provocó a ciertos problemas de obturación e intercambio gaseoso con el entorno. En la campaña siguiente el diseño se modificó según el descrito anteriormente.

3.3. Diseño de la experiencia y seguimiento

Durante los tres años la experiencia se emplazó en una pequeña parcela de terreno agrícola del municipio de El Prat de Llobregat (UTM DF 2476). La textura del suelo era franco-limosa (clas. USDA), con un pH (pasta saturada) de 7.37 y un valor de materia orgánica oxidable del 2.66% p/p.

Los períodos de instalación de las cabinas se indican en la [Tabla 2-7](#). El terreno se mantuvo libre de vegetación durante el seguimiento. Las cabinas fueron examinadas una vez a la semana durante el período invernal; el número de visitas semanales se incrementó a 3 en primavera. A principios de mayo las pupas fueron examinadas directamente para determinar el estado de los individuos del ensayo (mortalidad invernal).

Se recogió la información meteorológica diaria sobre temperaturas máximas y mínimas del aire y precipitaciones de los observatorios Aeropuerto de Barcelona-Prat y Gavà-Miranda de la zona del Delta del Llobregat. Del observatorio Fabra (situado en Barcelona, a unos 10 km de la zona de estudio) se recogieron las temperaturas máxima y mínima del aire y las temperaturas del suelo a 5 y 10 cm de profundidad a las 7 y 13 horas. Con estos datos se crearon los coeficientes R5MI y R10MI, que se definieron como el cociente de las temperaturas del suelo a las 7 horas a 5 y a 10 cm de profundidad respectivamente, partido por la temperatura mínima del aire. R5MA y R10MA se definieron como el cociente obtenido al dividir las temperaturas del suelo a las 13 horas a 5 y a 10 cm, y la temperatura máxima del aire. Estos coeficientes diarios se resumieron en una media mensual. Multiplicando los coeficientes R5MI y R10MI por la temperatura mínima de los observatorios del Delta del Llobregat se establecieron las variables temperaturas mínimas del suelo a 5 y a 10 cm de profundidad (TM5 y TM10). Aplicando los coeficientes R5MA y R10 MA sobre las temperaturas máximas se obtuvieron las variables temperaturas máximas del suelo a 5 y a 10 cm de profundidad (T5 y T10). Este sistema de cálculo es menos preciso que la obtención directa de los datos de temperaturas máximas y mínimas del suelo, por lo que los resultados que se consigan han de ser interpretados cautelosamente.

Se obtuvieron datos de capturas de trampas de feromonas de la zona del Delta del Llobregat ([Tabla 2-4](#)) en las primaveras de los años 1991, 1992 y 1993 con el fin de proceder al estudio comparativo de las capturas de machos de *H. armigera* y de la evolución de la emergencia de adultos provenientes de las pupas enterradas.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

1. RELACIÓN ENTRE LA DENSIDAD DE HUEVOS Y LOS VALORES DE CAPTURA

1.1 Densidades de huevos de *H. armigera*

1.1.1. Cultivo de tomate

En la [Figura 3-1](#) y [Figura 3-2](#) se muestra la evolución de la puesta en los campos precoces y tardíos respectivamente, durante los diversos años de seguimiento. Ambas representaciones permiten apreciar de forma rápida una variabilidad notable de la densidad de puesta entre diferentes campos y años.

Los resultados de los análisis en el tiempo (MES), y en función de la fecha de plantación (Tabla 3-1) muestran unas diferencias notables en las densidades de huevos entre diferentes años en las siembras precoces. La campaña de 1990 destaca por los elevados valores de puesta durante el cultivo precoz. Por otro lado, en ese año se registró una especial precocidad en la aparición de huevos de *H. armigera*. Previsiblemente la puesta se inició dos semanas antes de la semana 20 (fecha de inicio del muestreo), ya que en este primer control se detectaron larvas de segundo estadio sobre el cultivo.

| MES | PLANTACIÓN | | | | | |
|-----|---------------------|---------------------|--------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | PRECOZ | | | TARDIO | | |
| | 1990 | 1991 | 1992 | 1990 | 1991 | 1992 |
| MAY | 21.5±3.4a (n=10) | 0.9±0.4b (n=12) | 2.8±0.6b (n=15) | . | . | . |
| JUN | 44.7±4.0a (n=19) | 19.5±4.1b (n=20) | 6.5±1.6c (n=25) | . | . | . |
| JUL | 53.4±16.7a (n=7) | 21.9±4.7b (n=16) | 8.8±2.3b (n=20) | 115.0±28.7a (n=11) | 69.0±14.9a (n=10) | 27.0±5.1b (n=12) |
| AGO | 3.3±0.0 (n=2) | 16.4±6.2 (n=7) | 9.6±2.6 (n=10) | 35.9±10.5 (n=16) | 24.7±4.0 (n=16) | 34.3±7.1 (n=20) |
| SET | . | . | . | 26.3±7.0 (n=15) | 18.6±5.1 (n=19) | 21.7±2.9 (n=22) |

Tabla 3-1. Densidades medias semanales de huevos de *H. armigera* (OU, media huevos en 100 pl.±ET) en tomate para los diversos meses en función del período de plantación y del año. Medias de la misma fila de cada factor acompañadas por la misma letra no presentan diferencias significativas (P=0.05, Prueba de significación de t), n= número de muestreos.

Se debe señalar que en las campañas 1991 y 1992 no se detectaron densidades de huevos de cierta importancia hasta las semanas 23 y 25, respectivamente. Estas diferencias en cantidad y precocidad parecen diluirse en el período tardío, durante el cual la puesta no difirió significativamente entre los mismos meses de diferentes años (Tabla 3-1), a excepción de julio de 1992. Estos hechos parecen estar íntimamente ligados a las condiciones meteorológicas de las diversas campañas ([II.1.3.4.](#)), entre las que destacó 1990 por las altas temperaturas de final de invierno y de primavera. El desarrollo de las tomatas también se vio afectado por estas temperaturas benignas ([Figura 3-3](#)) presentándose en las plantaciones precoces de 1990 una fenología (número de pomos) significativamente superior a la de los años siguientes a partir de mayo. Estas diferencias se mantuvieron durante todo el período de cultivo. En las plantaciones tardías las fenologías medias durante los diversos años fueron muy parecidas, no pudiéndose detectar diferencias en ninguna semana del período estudiado.

La variabilidad en la puesta observada en los campos ([Figura 3-1](#) y [Figura 3-2](#)) fue fruto de diversos factores, entre ellos el nivel de población de *H. armigera*. El hecho de trabajar con campos comerciales de diferentes agricultores y zonas hizo más real el estudio pero, a la vez, introdujo numerosos factores de variación;

las técnicas culturales que afectan el vigor y sanidad del cultivo pueden condicionar la atractividad de éste como sustrato de puesta (Rosset, 1988; Ruscoe, 1977; Terry *et al.*, 1987). Por otro lado, cuando la presencia de *H. armigera* es muy baja, la exactitud de los valores de media de densidad de huevos obtenidos mediante el sistema de muestreo utilizado en este estudio también es baja (ver apartado III.1.1.3.), por lo que su interpretación ha de ser cuidadosa.

| PLANTACIÓN | AÑO | MES | | | | |
|--------------|--------------|---------------------|----------------------|-----------------------|----------------------|---------------------|
| | | MAY | JUN | JUL | AGO | SET |
| PRECOZ | 1990 | 21.5±3.4a (n=10) | 44.7±16.7a (n=19) | 53.4±16.7a (n=7) | 3.3±0.0b (n=2) | |
| | 1991 | 0.9±0.4b (n=12) | 19.5±4.1a (n=20) | 21.9±4.7a (n=16) | 16.4±6.2a (n=7) | . |
| | 1992 | 2.8±0.6b (n=15) | 6.5±1.6a (n=25) | 8.8±2.3a (n=20) | 9.6±2.6 (n=10) | . |
| | Total | 7.2±1.7b (n=37) | 21.9±3.2a (n=64) | 20.9±4.0a (n=43) | 11.4±2.7b (n=19) | . |
| TARDÍO | 1990 | . | . | 115.0±28.7a (n=11) | 35.9±10.5b (n=16) | 26.3±7.0b (n=15) |
| | 1991 | . | . | 69.0±14.4a (n=10) | 24.7±4.0b (n=16) | 18.6±5.1b (n=19) |
| | 1992 | . | . | 27.0±5.1 (n=12) | 34.3±7.1 (n=20) | 21.7±2.9 (n=22) |
| | Total | . | . | 69.1±12a (n=33) | 31.9±4.4b (n=52) | 31.9±2.8b (n=56) |
| TOTAL | Total | 7.2±1.7c (n=37) | 21.9±3.2b (n=64) | 41.8±6.4a (n=76) | 26.4±3.4b (n=71) | 21.9±2.8b (n=56) |

Tabla 3-2. Densidades medias semanales de huevos de *H. armigera* (OU, media de huevos en 100 pl.±ET) en tomate para las diversas fechas de plantación y años en función de los meses. Medias de la misma fila acompañadas por la misma letra no presentan diferencias significativas (P=0.05, prueba de significación de t). n= número de muestreos

Al estudiar el comportamiento de puesta a lo largo de la campaña (Tabla 3-2) se pusieron nuevamente de manifiesto valores importantes de densidad de huevos durante el inicio de campaña en las plantaciones precoces de 1990. Por otro lado, su distribución en los diversos meses manifiesta unas diferencias notables entre años.

Junio y julio fueron los meses de máxima puesta en plantaciones precoces. En las plantaciones tardías los valores de puesta más elevados se presentaron en julio, y disminuyeron a medida que avanzaba la campaña. Si se consideran globalmente -con las debidas precauciones- los dos períodos de plantación de la campaña del tomate exterior, se registra una densidad de huevos media máxima el mes de julio.

En el estudio de las densidades de huevos medias en función del año, la zona y el período de plantación (Tabla 3-3) cabe destacar los siguientes resultados:

1. Los cultivos tardíos mostraron densidades de huevos medias superiores a los cultivos precoces. Este hecho parece deberse al incremento de tamaño de la población de *H. armigera* en el tiempo, lo que conduce a una situación de mayor presión de plaga sobre los cultivos tardíos (Terry *et al.*, 1987). Este comportamiento fue común a las dos zonas geográficas estudiadas.

2. Globalmente, en los campos de la zona del Delta del Llobregat las densidades de huevos fueron

significativamente inferiores a las observadas en los campos de la zona del Maresme. Estas diferencias se centran básicamente en las plantaciones tardías, período durante el cual los datos relativos a la zona del Maresme destacaron netamente de los del Delta del Llobregat.

3. Mientras que los campos precoces presentaron diferencias notables entre las densidades de huevos observadas en función del año, en los campos tardíos estos valores tienden a homogeneizarse y no muestran diferencias significativas. Globalmente, la campaña 1990 destacó de las demás por sus elevados niveles de puesta. Este hecho es común en las dos zonas estudiadas.

| AÑO | PLANTACIÓN | | ZONA | |
|-------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | PRECOZ | TARDÍO | D. LLOBREGAT | MARESME |
| 1990 | 38.0±5.1a (n=38) | 53.2±10.4a (n=42) | 37.9±6.6a (n=45) | 56.4±10.6a (n=35) |
| 1991 | 15.8±2.4b (n=55) | 32.0±5.0a (n=45) | 16.7±2.8b (n=51) | 29.6±4.5a (n=49) |
| 1992 | 6.8±1.0b (n=70) | 27.5±3.1a (n=54) | 10.9±1.2b (n=72) | 22.6±3.6a (n=52) |
| TOTAL | 17.1±6.3b (n=163) | 36.6±3.8a (n=141) | 19.9±2.2b (n=168) | 33.9±3.6a (n=136) |

| PLANTACIÓN | AÑO | | | ZONA | |
|------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | 1990 | 1991 | 1992 | D. LLOBREGAT | MARESME |
| PRECOZ | 38.0±5.1a (n=38) | 15.8±2.4b (n=55) | 6.8±1.0c (n=70) | 16.0±2.4a (n=92) | 18.6±2.6a (n=71) |
| TARDÍO | 53.2±10.4a (n=42) | 32.0±5.0a (n=45) | 27.5±3.1a (n=54) | 24.6±3.8b (n=76) | 50.6±6.5a (n=65) |
| TOTAL | 46.0±6.0a (n=80) | 23.1±2.7b (n=100) | 15.8±1.7b (n=124) | 19.9±2.2b (n=168) | 33.9±3.6a (n=136) |

| ZONA | AÑO | | | PLANTACIÓN | |
|--------------|----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | 1990 | 1991 | 1992 | PRECOZ | TARDÍO |
| D. LLOBREGAT | 37.9±6.6a (n=45) | 16.7±2.8b (n=51) | 10.9±1.2b (n=72) | 16.0±2.4b (n=92) | 24.6±3.8a (n=76) |
| MARESME | 56.4±10.6a (n=35) | 29.6±4.5b (n=49) | 22.6±3.6b (n=52) | 18.6±2.6b (n=71) | 50.6±6.5a (n=65) |

Tabla 3-3. Densidad media de huevos de *H. armigera* (OU, media huevos en 100 pl.±ET) en tomate en función de los factores año, período de plantación y zona. Medias de la misma letra acompañadas por la misma letra dentro de cada factor no presentan diferencias significativas (P=0.05, prueba de significación de t). n=número de muestreos.

Fenología del cultivo y períodos de plantación

Durante el período julio-agosto se presentaron en una misma zona agrícola cultivos de tomate en plena

producción (PRECOZ) junto a plantaciones mucho menos desarrolladas fenológicamente (TARDÍO) (Figura 3-3). Los muestreos realizados durante las semanas 28 a 33 que cubren este período de convivencia entre ambos cultivos presentaron unas medias marcadamente diferentes entre los valores de puesta de los dos grupos de plantación (Figura 3-4).

En la Tabla 3-4 se presentan los valores de la densidad de puesta en los dos grupos de plantación para este período de solapamiento en función del año y de la zona.

| AÑO | PLANTACIÓN | |
|-------|---------------------|----------------------|
| | PRECOZ | TARDÍO |
| 1990 | 42.3±14.7a (n=9) | 82.3±19.8a (n=19) |
| 1991 | 20.3±3.7b (n=23) | 54.7±9.0a (n=18) |
| 1992 | 9.0±1.7b (n=30) | 31.8±5.4a (n=22) |
| TOTAL | 18.0±3.8b (n=62) | 55.1±7.6a (n=59) |

| ZONA | PLANTACIÓN | |
|--------------|----------------------|----------------------|
| | PRECOZ | TARDÍO |
| D. LLOBREGAT | 19.3±4.2b (n=39) | 35.9±8.6a (n=30) |
| MARESME | 15.8±3.7b (n=239) | 74.8±11.7a (n=29) |

Tabla 3-4. Densidad media de huevos de *H. armigera* (OU, media huevos en 100 pl.±ET) en tomate en el período de solapamiento (28<SET<33) en función de los factores año, período de plantación y zona. Medias de la misma fila acompañadas por la misma letra no presentan diferencias significativas (P=0.05, prueba de significación de t). n= número de muestreos

La densidad de huevos media global de los tres años observados en plantaciones precoces fue significativamente inferior a la de plantaciones tardías (Tabla 3-4). Los valores medios de huevos de los tres años fueron tres veces superiores en las plantas más jóvenes de los cultivos tardíos. Este comportamiento se manifiesta de forma marcada en las dos zonas geográficas estudiadas, siendo estas diferencias relativas mucho más acusadas en los campos del Maresme.

La atractividad de un vegetal respecto al comportamiento de puesta de *Helicoverpa spp.* varía de forma notable según su estado de desarrollo (Johnson *et al.*, 1975; Leonard *et al.*, 1989; Roome, 1975). Las plantas en fuerte crecimiento (García *et al.*, 1980) y en estado de floración o inicio de fructificación (Johnson *et al.*, 1975; Latheef *et al.*, 1991; Terry *et al.*, 1987; Zalom *et al.*, 1983) manifiestan una atractividad máxima como sustrato de puesta. Al envejecer el vegetal, esta atractividad suele decrecer de forma más o menos brusca según el cultivo. En las plantas de tomate estudiadas, de crecimiento indeterminado, la floración y el desarrollo continúan a lo largo de todo el cultivo siempre que no se decapite la planta. Pero es notoria la reducción tanto de la tasa de crecimiento como del número total de flores (Figura 3-5) en plantas maduras (más de 6,5 pomos). Durante el período de convivencia de tomate precoz y tardío, la fenología más atractiva de este último (Figura 3-3) determinaría que fuera preferido como sustrato de puesta por parte de *H. armigera* frente a cultivos precoces.

1.1.2. Cultivo de clavel

La evolución de las densidades de huevos observadas semanalmente es semejante en los diversos años

estudiados (Figura 3-6). Sistemáticamente, las máximas se presentaron en el mes de septiembre, coincidiendo con las semanas 39 o 40.

En el análisis estadístico de la densidad de huevos se confirma de forma consistente que septiembre es el mes que presentó el valor significativamente más alto (Tabla 3-5). Este resultado contrasta con el observado en el cultivo de tomate, en que los valores medios de puesta más elevados se presentaron en el mes de julio.

| AÑO | MES | | | | | | |
|-------|-------------------|--------------------|---------------------|---------------------|-----------------------|---------------------|-------------------|
| | MAY | JUN | JUL | AGO | SET | OCT | NOV |
| 1990 | 3.6±1.0d (n=3) | 8.3±1.8d (n=5) | 31.2±8.6bc (n=4) | 48.7±15.6b (n=4) | 97.1±17.9a (n=5) | 16.7±3.6cd (n=4) | 4.3±2.3d (n=2) |
| 1991 | 0.4±0.4c (n=3) | 2.7±1.9c (n=5) | 25.5±1.6b (n=4) | 27.8±8.9b (n=4) | 128.8±26.3a (n=5) | 31.8±10.7b (n=4) | 0.0±0.0c (n=2) |
| 1992 | 1.1±0.2d (n=3) | 1.1±0.5d (n=5) | 10.2±2.9d (n=4) | 64.3±12.3b (n=4) | 114.1±16.2a (n=5) | 35.2±15.0c (n=4) | 2.7±0.7d (n=2) |
| TOTAL | 1.7±0.6d (n=9) | 4.0±1.2d (n=15) | 22.3±3.9c (n=12) | 46.9±8.0b (n=12) | 113.3±11.6a (n=15) | 27.9±6.2c (n=12) | 2.3±1.0d (n=6) |

Tabla 3-5. Densidad media semanal de huevos de *H. armigera* en clavel (media huevos en 100 flor.±ET) durante los diversos años de seguimiento en función del mes.

Medias de la misma fila acompañadas por la misma letra no presentan diferencias significativas (P=0.05, test de amplitud múltiple de Duncan). n= número de muestreos

Estas diferencias en la situación temporal de las máximas densidades de huevos entre cultivos huéspedes de *Helicoverpa* son típicas del comportamiento de esta especie polífaga. En el proceso de selección del huésped de puesta pueden modificarse notablemente las preferencias de la especie a lo largo de la campaña agrícola en función de la presencia de diversos cultivos huéspedes, de su estado fenológico, etc. (Leonard *et al.*, 1989; Roltsh y Mayse, 1984; Slosser *et al.*, 1987). Al final del verano, el clavel se comporta como una planta más atractiva que el tomate, que en este período se encuentra en estado de desarrollo de madurez o senescencia.

Las observaciones de puesta sobre los dos cultivos estudiados indican la tendencia de puesta a lo largo de la campaña. Pero esta información no permite afirmar que durante el período de máxima puesta en el cultivo de tomate éste sufra una presión de plaga superior al clavel. Las metodologías de muestreo de huevos en los dos cultivos son sensiblemente diferentes, por lo que para realizar esta comparación entre cultivos es necesario utilizar una variable absoluta como, por ejemplo, el número de huevos de *H. armigera* por metro cuadrado. Por ejemplo, en julio, período especialmente favorable de puesta en tomate, se puede suponer una densidad de 80 huevos en 100 plantas. Puesto que la unidad de muestreo en este cultivo es sólo una de las partes de la planta donde es posible encontrar huevos, se está infravalorando la situación real. Los huevos detectados en la unidad muestral suponen un 40-60% del total de huevos presentes en la planta (datos del autor, no publicados), por lo que considerando un valor de 50% y una densidad de plantación de 2,5 plantas/m² se obtiene una densidad de 4 huevos/m².

Siguiendo con el ejemplo anterior, durante julio en el cultivo de clavel se pueden obtener densidades de 25 huevos en 100 flores. La flor es la única zona de puesta de *H. armigera*, por lo que no es necesario aplicar ningún factor corrector. El número de estructuras florales por metro cuadrado oscila entre 35 y 50, por lo que, si se toma en consideración la cifra de 40 flores/m², se obtiene una densidad de 10 huevos/m². Este resultado indica que en el período de máxima presencia de huevos de *H. armigera* en tomate la densidad de éstos (huevos/m²) es netamente inferior a la que presenta el clavel. A finales de septiembre este cultivo puede alcanzar densidades de 80 huevos/m².

Las diferencias cuantitativas que se observan entre los diferentes años en el cultivo del tomate quedan muy diluidas en el cultivo de clavel. En la Tabla 3-6 se se observa que, globalmente, no existen diferencias significativas entre años. Pero al dividir la campaña en dos fases, se observa que en el período inicial (primavera-verano, PV) sí existen diferencias, destacando la campaña 1990 por su nivel medio de densidad. En el segundo período (verano-otoño, VO) la densidad es muy superior a PV, pero no existen diferencias entre años. Este comportamiento de puesta se asemeja al observado en tomate en función de fecha de plantación.

| PERÍODO | AÑO | | |
|---------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | 1990 | 1991 | 1992 |
| PV | 16.6±4.1 a (n=14) | 10.6±3.1 b (n=14) | 9.8±4.1 b (n=14) |
| VO | 53.8±13.4 a (n=13) | 65.5±17.9 a (n=13) | 68.2±14.3 a (n=13) |
| TOTAL | 34.5±7.6 a (n=27) | 37.0±10.1 a (n=27) | 37.9±9.1 a (n=27) |

Tabla 3-6. Densidad media semanal de huevos de *H. armigera* en clavel (media huevos en 100 flor.±ET) para los periodos primavera-verano (PV) y verano-otoño (VO) en función del factor año. Medias de la misma fila acompañadas por la misma letra no presentan diferencias significativas (P=0.05, prueba de significación de t). n= número de muestreos

Estos resultados se pueden resumir del siguiente modo: durante la primera fase de la campaña se observan diferencias entre años. Estas diferencias se van diluyendo al ir avanzando el tiempo, manifestando niveles similares de magnitud en el período tardío (VO).

1.1.3. Muestreo de huevos en los cultivos huéspedes

Los muestreos pretenden caracterizar de la forma más exacta posible la situación poblacional de la plaga en el campo. Uno de los aspectos más importantes en la valoración de la metodología a emplear es el grado de fiabilidad de la información obtenida en relación a los recursos empleados (Ives y Moon, 1987; Southwood, 1978; Wilson *et al.*, 1983). En los 300 muestreos sobre tomate realizados en los que se detectó la presencia de huevos de *H. armigera*, sólo un 12% estuvo dentro del nivel de precisión E=0.25 propuesto por Southwood (1978) para estudios de numerosas plagas. Sólo en los periodos de máxima puesta se consiguen niveles de exactitud aceptables. Esta situación se debe a la baja presencia general de *H. armigera* por planta si se compara a ésta con otras plagas (por ejemplo, mosca blanca o araña roja), que conduce a valores de media pequeños y parámetros de desviación considerables.

La elevada capacidad unitaria de producción de daños de *H. armigera* hace necesaria una evaluación eficiente de densidades de huevos relativamente bajas (Roltsch y Mayse, 1984). Ello plantea un problema de difícil solución dentro de un entorno de coste de muestreo razonable. A partir de los valores de media de huevos y de varianza muestral se pudo definir la ley potencial de Taylor (Taylor, 1984; Taylor *et al.*, 1988) en las condiciones del estudio (Izquierdo y Figueras, 1993) de parámetros $a = 1.88$ y $b = 1.23$. La relación entre el número de muestras (n) teóricamente necesario y la densidad poblacional ($x = \text{huevos/planta}$), para valores fijos de exactitud (E), se evaluó a partir de la expresión presentada por Wilson y Room (1983): $n = Cax^{(b-2)}$, donde $C = (1/E)^2$. En la [Figura 3-7](#) se visualizan las magnitudes de n para E=0.15 y E=0.25. La evaluación de los datos indica, por ejemplo, la necesidad de observar más de 100 plantas (300 hojas) en periodos en que la media de huevos por planta sea de 0.20 para obtener valores de E=0.25. Analizando los costes de muestreo estos valores eran inasumibles.

La fijación del muestreo estándar en 40 plantas por campo (120 hojas) se basa en los recursos disponibles. El tiempo que implican el recuento de huevos en las hojas, los desplazamientos entre plantas y las anotaciones condujo a un coste de muestreo de 1.66±0.10 horas por persona. A éste hay que añadir los desplazamientos entre los diferentes campos y el posterior procesamiento en laboratorio del material recogido. Por otra parte, la necesidad de evitar pérdidas de calidad por agotamiento hace que un equipo de 2 personas no pueda controlar en un día más de 3 ó 4 campos próximos entre sí.

El muestreo en la zona de la planta donde es más probable que se presente el insecto puede reducir el coste del seguimiento sin disminuir la precisión (Wilson *et al.*, 1980 y 1982). Esta premisa, junto con la información de diversos autores (Alvarado *et al.*, 1982; Bues *et al.*, 1988; Thicoipe, 1984; Zalom *et al.*, 1983), fue determinante para seleccionar la unidad muestral. Izquierdo y Figueras (1993) consideran difícil mejorar el coste de muestreo mediante una modificación del tamaño de la unidad muestral utilizada.

En el cultivo del clavel la unidad de muestreo utilizada facilitó una rápida detección de la puesta, lo que permitió observar por cierta unidad de esfuerzo un número mayor de unidades muestrales que en tomate. Este hecho, conjuntamente con la homogeneidad fenológica y la estabilidad del sustrato de puesta, permitió obtener

una exactitud en los resultados superior (más del 50% de las muestras presentan valores de $E < 0.25$ a la que se consiguió en tomate).

La calidad del muestreo se ve condicionada por otros factores extrínsecos a la metodología y de índole diversa, como, por ejemplo, las condiciones meteorológicas y la situación sanitaria del cultivo. Tal y como se ha comentado, estos factores son inherentes a los estudios de campo y su incidencia puede diluirse al trabajar con un número importante de datos. En este sentido, cabe señalar que en tomate se observaron 10890, 12690 y 14700 hojas en 1990, 1991 y 1992, respectivamente, lo que hace un total de 38280 hojas muestreadas, con 3453 huevos de *H. armigera* detectados. En clavel, se observaron a lo largo de los tres años 12000 estructuras florales, y se contabilizó un total de 4321 huevos.

1.2. Capturas en trampas de feromonas

La evolución de las capturas semanales por zonas geográficas (CGZ) se presenta en la [Figura 3-8](#). En la [Figura 3-9](#) se muestra la evolución de las capturas, mediante la transformación de la variable CGZ en porcentajes respecto al total de capturas del período. Esta representación permite visualizar mejor las tendencias de captura sin el condicionamiento de su magnitud.

La [Figura 3-8](#) muestra una diferencia importante en la fase inicial de las campañas estudiadas: en 1990 se observa una especial precocidad en el inicio de las capturas (primeros de abril), con valores netamente superiores a los de 1991 y 1992 (Tabla 3-7, AÑO). En estos dos últimos años, las primeras capturas de *H. armigera* no se producen hasta mediados de abril, y no es hasta la segunda quincena de mayo que algunas trampas presentan valores superiores a 10 capturas/semana. Estos datos permiten constatar la variabilidad en la evolución inicial de las campañas. Los factores que afectan este comportamiento son complejos ([III.1.3.](#)).

| MES | ZONA | | AÑO | | |
|-----|----------------------|------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| | D. LLOBREGAT | MARESME | 1990 | 1991 | 1992 |
| ABR | 1.4±1.3b (n=37) | 4.4±0.9a (n=67) | 11.3±2.1a (n=28) | 0.6±0.2b (n=41) | 0.1±0.1b (n=35) |
| MAY | 15.7±3.0b (n=100) | 22.9±3.5a (n=117) | 47.0±6.4a (n=66) | 5.5±0.9b (n=72) | 9.4±1.3b (n=79) |
| JUN | 26.3±5.5b (n=122) | 40.9±5.2a (n=120) | 48.0±8.5a (n=85) | 43.3±5.9a (n=77) | 8.6±1.4b (n=80) |
| JUL | 64.2±9.0b (n=100) | 148.9±13.5a (n=110) | 127.5±16.0a (n=74) | 146.0±16.6a (n=72) | 44.5±6.6b (n=64) |
| AGO | 51.8±4.2b (n=100) | 119.8±9.3a (n=112) | 111.7±13.7a (n=76) | 76.4±5.3ab (n=72) | 72.1±7.3b (n=64) |
| SET | 94.5±7.0b (n=116) | 290.4±18.3a (n=140) | 219.5±24.9a (n=86) | 207.1±19.2a (n=72) | 176.4±18.0a (n=80) |
| OCT | 31.7±4.9b (n=88) | 163.8±16.7a (n=112) | 111.1±21.6b (n=64) | 134.3±18.0a (n=72) | 68.0±14.4c (n=64) |
| NOV | 1.4±0.3b (n=63) | 6.6±1.2a (n=112) | 4.4±1.3a (n=49) | 5.9±1.7a (n=70) | 3.7±0.5a (n=56) |

Tabla 3-7. Niveles medios de capturas semanales de *H. armigera* (media±ET) para las diversas zonas y años de seguimiento en función de los meses.

Medias de la misma fila para cada factor acompañadas por la misma letra no presentan diferencias significativas ($P=0.05$, prueba de significación de t)

Otro aspecto destacable común a todas las campañas estudiadas es la evolución creciente de forma

discontinua de las capturas hasta llegar a unos máximos durante el mes de septiembre, produciéndose una disminución brusca del número de capturas a principios de octubre. Durante el mes de julio, más o menos avanzado según la temporada, se registra un pico de capturas notable. Este comportamiento coincide con el observado por Gabarra (1990b) en la zona de Cabrils (Maresme) durante las campañas 1987 y 1988. Al final de la campaña, con niveles de población elevados, se observa -fundamentalmente en la zona del Maresme- una forma de M en la gráfica de capturas. En el caso de *H. zea*, diversos autores (Hartstack *et al.*, 1978; Hartstack y Witz, 1981) relacionan este comportamiento de la tendencia de capturas con un nivel máximo de población en el que la competencia por parte de las hembras salvajes afecta la eficiencia de las trampas de feromonas. Cuando se registran densidades muy altas de población resulta difícil estimar correctamente la densidad de adultos mediante la utilización de trampas de feromonas. Debido a la metodología utilizada es difícil detectar procesos migratorios a media o larga distancia. Sin embargo, se puede constatar, que aunque existen picos notables de captura, a partir de julio se presenta un nivel de capturas base de tamaño notable (60-80 MM/semana), que sólo es justificable por los solapamientos generacionales y procesos de redistribución de adultos de *H. armigera*.

A simple vista, las dos zonas geográficas presentan unas diferencias importantes en la magnitud de capturas, hecho que se confirma al analizar estadísticamente estos datos (Tabla 3-7). En todos los meses de la campaña las capturas en la zona del Maresme fueron superiores a las del Delta del Llobregat. Pero no se observan, entre ambas zonas, diferencias notables en la precocidad de las capturas -a excepción del pico de julio de 1991- ni en la tendencia de capturas a lo largo del año (Figura 3-8 y Figura 3-9). Estos resultados coinciden con los que aporta el estudio de Hoffmann *et al.* (1990) sobre el efecto de la latitud en las zonas de producción de tomate en California en el que no se detectó un efecto de la posición geográfica sobre la precocidad o ritmo de captura de *H. zea* en trampas de feromonas. Por otro lado, es importante recordar que las dos zonas en las que se ha desarrollado el estudio no distan entre sí más de 20 km. y están en una posición costera. De acuerdo con estas observaciones, se obtienen unos coeficientes de correlación entre capturas del Maresme y Delta del Llobregat altamente significativos (r fueron de 0.50 ($n=29$), 0.82 ($n=35$) y 0.80 ($n=33$) para las campañas 1990, 1991 y 1992, respectivamente. El valor más bajo de 1990 se debe a una variación en la evolución de las capturas a partir de agosto. Si se fracciona la campaña en dos períodos (PV=primavera-verano, VO=verano-otoño), se incrementan notablemente los valores de r , 0.78 ($n=15$) y 0.83 ($n=14$), lo que parece confirmar esta hipótesis. La variación de comportamiento en este año resulta de difícil interpretación.

La agrupación de las trampas en zonas (II.1.4) se basó en razones de proximidad geográfica; se tuvo en cuenta que la gran capacidad de vuelo de *H. armigera* facilita redistribuciones locales de este lepidóptero (Drake, 1991; Farrow y Daly, 1987; Joyce, 1982). En las observaciones realizadas se detectó una variabilidad notable en la magnitud de las capturas semanales entre trampas. Estas diferencias se produjeron independientemente de la distancia que las separaba, dándose en varias ocasiones relaciones de captura 1:8 entre trampas que no distaban más de 100 m. El comportamiento individualizado de cada trampa y del grupo de trampas de cada zona se analizó determinando los niveles de correlación. La correlación fue altamente significativa entre trampas de la zona, presentando coeficientes de correlación elevados y homogéneos ($r > 0.80$, $25 \leq n \leq 35$), no pudiéndose observar comportamientos particulares dentro de las zonas. Estos resultados indican que unas pocas trampas de feromonas pueden dar una visión bastante ajustada de la evolución de las capturas en la zona -como sugieren Hoffman *et al.* (1991) para *H. zea* en California- pero es más improbable que sean representativas del nivel poblacional, dada la gran diversidad en el comportamiento de las magnitudes de captura de las trampas. Esta capacidad de captura se ve afectada por el tamaño de la población de la zona, pero las condiciones locales del punto concreto de emplazamiento de la trampa fueron un factor muy importante.

En el estudio de las capturas medias en función de los factores año, zona y mes (Tabla 3-8) caben destacar los siguientes aspectos:

1) En todos los años la media de capturas de *H. armigera* es más alta en el Maresme que en el Delta del Llobregat. Esta diferencia es común en los períodos PV y VO, siendo en este último más manifiesta.

| AÑO | ZONA | | PERÍODO | |
|-------|----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|
| | D. LLOBREGAT | MARESME | PV | VO |
| 1990 | 66.6±6.3b (n=182) | 114.2±9.3a (n=364) | 70.8±5.7b (n=291) | 130.8±12.5a (n=237) |
| 1991 | 45.2±3.7b (n=293) | 127.7±9.8a (n=276) | 58.3±5.5b (n=298) | 114.8±9.4a (n=271) |
| 1992 | 19.5±1.9b (n=252) | 79.2±7.4a (n=286) | 22.6±2.4b (n=290) | 84.7±8.2a (n=248) |
| TOTAL | 41.6±2.4b (n=727) | 107.3±5.2a (n=909) | 500.7±2.8b (n=879) | 110.0±5.9a (n=756) |

| ZONA | AÑO | | | PERÍODO | |
|--------------|-----------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|
| | 1990 | 1991 | 1992 | PV | VO |
| D. Llobregat | 66.6±6.3a (n=182) | 45.2±3.7b (n=293) | 19.5±1.9c (n=252) | 34.1±3.1b (n=409) | 51.3±3.6a (n=318) |
| Maresme | 114.2±9.3a (n=364) | 127.7±9.8a (n=276) | 79.2±7.4b (n=286) | 65.1±4.4b (n=470) | 152.5±9.2a (n=438) |
| TOTAL | 97.8±6.6a (n=528) | 85.2±5.4b (n=569) | 51.2±4.2c (n=538) | 50.7±2.8b (n=879) | 110.05±5.9a (n=756) |

| PERÍODO | AÑO | | | ZONA | |
|---------|------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|-----------------------|
| | 1990 | 1991 | 1992 | D. Llobregat | Maresme |
| PV | 70.8±5.7a (n=291) | 58.3±5.5b (n=293) | 22.6±2.4c (n=290) | 34.1±3.1b (n=409) | 65.1±4.4a (n=470) |
| VO | 130.8±12.5a (n=237) | 114.8±9.4a (n=271) | 84.7±8.2b (n=248) | 51.3±3.6b (n=318) | 152.5±9.2a (n=438) |

Tabla 3-8. Niveles medios de capturas semanales de *H. armigera* (media±ET) en función de los factores año, zona y período.

PV=Primavera-verano (semanas 20-33), VO=Verano-otoño (semanas 34-48).

Medias de la misma fila para cada factor acompañadas por la misma letra no presentan diferencias significativas (P=0.05, prueba de significación de t). n= número de muestras

2) Durante la segunda parte de la campaña (VO) se registran las medias de capturas máximas. En el período primavera-verano (PV) se observa una variabilidad notable entre los datos de los diferentes años. En 1990 se presentaron los máximos valores de capturas a inicio de campaña (Tabla 3-7) y del período PV (Tabla 3-8). Asimismo, 1990 fue el año con una media de capturas máxima. En 1992 se presentaron los valores mínimos de media de capturas respecto a los años, zonas y períodos.

Otro factor que afecta la magnitud y la evolución de las capturas es el comportamiento de las cápsulas de feromonas durante su período de funcionamiento. La variación de los niveles de difusión de las cápsulas de feromonas puede modificar su potencial de atracción, afectando su capacidad de captura (Campion, 1984; Hoffman *et al.*, 1986; Wall, 1990; Wilson, 1984). Algunos autores observan un mayor potencial de captura en

los primeros días de funcionamiento de las cápsulas, ligado a un nivel más elevado de difusión de feromona (Hoffman *et al.*, 1986; Wilson, 1984). Otros autores consideran que unos valores iniciales de liberación muy elevados pueden conducir a una depresión del potencial de captura (efecto de confusión) (Gothilf *et al.*, 1979), para disminuir posteriormente su atractividad, lo que obliga a sustituir frecuentemente las cápsulas. La formulación y el soporte físico de la feromona condiciona notablemente la difusión de ésta y por tanto, sus prestaciones (Wilson, 1984).

Se ha realizado un test de signos (Steel y Torrie, 1986) para evaluar la posibilidad de que el número de capturas sea superior la semana posterior al cambio de cápsula. Si este efecto no existe, la frecuencia de este hecho rondaría el 50%. Sobre una muestra de 290 cambios de cápsulas, se observó que en 234 casos las capturas fueron más altas en la semana posterior al cambio. Al realizar el análisis de frecuencias esperadas (χ^2) se obtiene un valor altamente significativo ($P < 0.01$, $\chi^2_{\text{cal}} = 109.25$), que verifica que en las lecturas posteriores al cambio de feromona existe una probabilidad más alta de registrar capturas superiores a las que se produjeron la semana anterior. Los efectos del material constitutivo de las trampas de feromonas sobre las capturas se trata más ampliamente en el apartado relativo a factores intrínsecos que afectan las capturas ([III.2.](#)).

1.3. Relación entre densidades de huevos y capturas

En la [Figura 3-10](#) y [Figura 3-11](#) se muestra la evolución media de las capturas y de las densidades de huevos semanales en tomate y clavel, respectivamente.

La observación conjunta de estos datos refuerza diversas observaciones que se han apuntado en los apartados anteriores. En primer lugar, siempre que se localizan huevos de *H. armigera* existen capturas en las trampas de feromonas. Esta relación permite detectar situaciones de riesgo a inicio de campaña, como sucedió en 1990, cuando se detectaron capturas importantes de forma precoz -en abril-, y, paralelamente, densidades de huevos notables. Por otro lado, es de destacar que la puesta tiene lugar de forma continua a lo largo de un mínimo de 5 meses dependiendo de las condiciones meteorológicas a inicio de primavera y de la llegada de los fríos otoñales.

En el cultivo del tomate la puesta no parece corresponderse con la evolución creciente de las capturas en trampas de feromonas a lo largo de la campaña. Los valores más altos de densidad de huevos se centran en julio o agosto, dependiendo de las características del año. En este período coinciden un nivel de población relativamente alto con una fenología del cultivo atractiva. Esta coincidencia conduce a que las plantaciones tardías soporten densidades de huevos significativamente superiores a las precoces (apartado III.1.1.1). Se ha comentado la presencia de máximos de puesta durante la primera mitad de verano, pero la evolución de las densidades de huevos en tomate parece ser un indicador pobre de la evolución de la población de *H. armigera* en el entorno. A partir de estos datos difícilmente se pueden observar las diversas generaciones de la plaga que se presentan en la zona. Este comportamiento puede obedecer a la mezcla generacional debida al inicio escalonado de la campaña (apartado III.3) y a los fenómenos de redistribución de adultos (Farrow y McDonald, 1987). Otro hecho que favorece el solapamiento generacional y justifica la continuidad en la presencia de huevos es la longevidad del adulto, de 20 a 30 días en primavera y de 15 a 25 días en verano (Grichanov y Kononenko, 1989), lo que hace posible que la puesta de una hembra sea una acción que se prolongue en el tiempo.

La evolución de las densidades de huevos cuestiona la fiabilidad de las técnicas de control de *H. armigera* basadas en la búsqueda de picos de puesta que den pie a proponer la realización de tratamientos con productos de baja persistencia. El hecho de que aquellos existan, no implica que antes o después de que se registren continúen presentándose densidades notables.

En el cultivo del clavel existe una mayor concordancia entre la evolución de las capturas y las densidades de huevos observadas, coincidiendo las máximas de ambas en el mes de septiembre.

Estos resultados confirman la importancia del cultivo huésped en una especie polífaga como *H. armigera* en la interpretación de las capturas mediante trampas de feromonas.

Parece claro que a medida que avanza la campaña se incrementa el tamaño de la población de plaga para disminuir de forma dramática durante período invernal (Bues *et al.*, 1986; Fitt y Daly, 1990). La evolución a lo largo de la campaña se ve afectada por diversos factores densoindependientes y densodependientes. La meteorología de cada campaña influye sobre aspectos tan importantes para la dinámica de la población como el inicio de emergencia de adultos a partir de pupas en diapausa, la velocidad de desarrollo del insecto, la mortalidad, etc. Por otro lado, las condiciones ambientales son un factor importante a tener en cuenta en la interpretación de los datos de trampas de feromonas y de las densidades de puesta. Por ejemplo, junio de 1992 fue especialmente frío y lluvioso, lo que puede explicar los bajos valores de capturas y huevos que se registraron dicho mes. Las características de mezcla poblacional, ya comentadas, hacen que el estudio de previsión generacional mediante grados acumulados tenga un interés relativo.

Los factores de regulación biológica pueden jugar un papel importante en la dinámica de la población de *H. armigera* (Pawar *et al.*, 1986; Twine, 1989). En la zona de estudio se ha detectado una presencia notable de

enemigos naturales del cultivo de tomate. Izquierdo *et al.* (1993) observan que los géneros *Trichogramma* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) y *Telenomus* (Hymenoptera: Scelionidae) son los responsables de los frecuentes parasitismos de huevos. *Cotesia kazak* (Telenga) (Hymenoptera: Braconidae) e *Hyposoter didymator* (Thunber) (Hymenoptera: Ichneumonidae) son los principales parasitoides larvarios en la zona. Por otro lado, los mismos autores constatan el comportamiento de depredación sobre huevos de *H. armigera* por parte de míridos (*Macrolophus caliginosus* Wagner, *Dicyphus tamaninii* Wagner) en campo. Los niveles de parasitismo varían notablemente en función de la época, de la zona y de los tratamientos de control químico utilizados, pero es de destacar la variedad de enemigos naturales de *H. armigera* y los elevados niveles de presencia que manifiestan en algunos casos (Izquierdo *et al.*, 1993). Ello indica que los organismos útiles de la zona pueden desempeñar un papel importante en la regulación de las poblaciones de *H. armigera*. La verificación de esta hipótesis requiere estudios específicos en esta área, fundamentales para una mejor comprensión de la dinámica poblacional de *H. armigera* y el desarrollo de técnicas de control integrado.

1.3.1. Evolución de la relación huevos/capturas

El cociente entre densidades de huevos y capturas medias de cada zona (RZ) se interpreta como indicador de "expresividad" de las capturas en trampas de feromonas.

En apartados anteriores se ha comentado la importancia de la fecha de plantación del tomate y de su fenología en el comportamiento de puesta, por lo que se estudió el comportamiento de RZ en función de estos factores. En la [Figura 3-12](#) se presentan los resultados de este análisis.

En el estudio por grupos fenológicos se detectaron diferencias entre los dos períodos de plantación. En el cultivo precoz la relación creció hasta un máximo en el período 3 (inicio de cosecha). En los cultivos tardíos el máximo se presentó en el período 2 (planta joven) decreciendo el valor de RZ con el paso del tiempo. Por otra parte, fue común a ambos cultivos una tendencia a la disminución de los valores de RZ en los períodos de madurez y senescencia de la planta. Este comportamiento concuerda con la disminución del interés de puesta de *H. armigera* en plantas maduras (ver apartado III.1.1.1.). Por otro lado, no se puede desligar este comportamiento de factores como tamaño de población del insecto plaga y las condiciones meteorológicas que afectan tanto al cultivo huésped como al comportamiento del insecto y a la eficacia de las trampas de feromonas (Hartstack y Witz, 1981; Sparks *et al.*, 1979). Si bien las primeras fases de desarrollo de los cultivos precoces presentaron temperaturas medias de 18-19°C, los cultivos tardíos crecieron con valores medios de 23-24°C.

Al analizar la evolución de RZ durante los diversos meses ([Figura 3-13](#)) se observa que los máximos se presentaron en junio y julio para los cultivos precoces y tardíos, respectivamente. En las dos zonas estudiadas, Delta del Llobregat y Maresme, se registró la misma tendencia. Para los dos períodos de plantación los valores de la relación huevos/capturas fueron mínimos en las fases finales del cultivo. Durante el período en que los cultivos conviven en el tiempo (julio-agosto) se confirmó una significativa mayor "expresividad" de las capturas en los cultivos tardíos (ver III.1.1.1).

En clavel, la evolución de RZ siguió una tendencia marcadamente diferente a la observada en tomate ([Figura 3-13](#)). Es necesario subrallar que la definición de la variable OU en tomate y clavel hacen incompatibles las magnitudes de RZ entre cultivos. Si se representa conjuntamente el comportamiento de esta relación para clavel y para los dos períodos de plantación ([Figura 3-13](#)) se pueden establecer diversas interpretaciones.

Partiendo de la base de que el cultivo de clavel se mantiene fenológicamente constante a lo largo del período de muestreo, parece que existe una mayor preferencia relativa de puesta de *H. armigera* en tomate durante los meses de junio y julio. La atraktividad de este cultivo se ve afectada por su fenología, como ya se ha comentado, y es a finales de campaña, con el tomate maduro o senescente, que el cultivo de clavel manifiesta la mayor "expresividad" de las capturas. En el apartado III.1.1.1. se vió que el clavel soporta unas densidades de huevos por m² superiores al tomate durante todo el período de cultivo. Los valores de RZ parecen indicar una falta de atraktividad por parte del tomate a final de campaña, lo que conduce a una mayor presión de plaga en el cultivo de clavel. Para verificar esta hipótesis sería interesante estudiar la evolución de la puesta de *H. armigera* en un cultivo de tomate que se encontrase en fase juvenil en el período final de campaña (septiembre), y realizar experiencias con diseños específicos para analizar el comportamiento de puesta.

La situación del cultivo en el entorno agrícola es otro aspecto importante en los estudios de preferencia. Es sabido que la selección de huésped por parte de *Helicoverpa* varía a lo largo de la campaña en función de los tipos de huéspedes disponibles y de su importancia en la zona, y de sus características fenológicas (Pawar *et al.*, 1989; Slosser *et al.*, 1987). Se realizó un estudio de los cultivos presentes alrededor de trampas de feromonas de la zona del Delta del Llobregat y Maresme a lo largo de la campaña ([Figura 3-14](#)). Sin la pretensión de que estos valores constituyan una visión exhaustiva del entorno agrícola de las zonas estudiadas, sí que ofrecen unas pinceladas de los principales cultivos y su evolución. Los cultivos mayoritarios comunes a las dos zonas fueron: tomates, lechugas, liliáceas y patatas. La superficie de terreno agrícola sin cultivos implantados (labrado) varió a lo largo de la campaña presentando valores promedio de un 20%. Son cultivos diferenciales de la zona del Delta del Llobregat las alcachofas y las coles, mientras que la producción de clavel es característica del Maresme Sur.

Es de destacar que 5 de los cultivos principales (tomate, patata, lechuga, alcachofa y clavel) son plantas huéspedes de *H. armigera* (excepcionalmente también se observó su presencia sobre crucíferas). Los otros cultivos representan un porcentaje que varía entre el 10-22% de la superficie total, mostrando una gran diversidad de especies vegetales (frutales, judías, cucurbitáceas, ornamentales, etc.), algunas de las cuales son también posibles plantas huéspedes (Fitt, 1989). Por otro lado, este estudio confirma el notable fraccionamiento de la superficie agrícola, presentándose normalmente de 6 a 14 cultivos diferentes en las áreas de 50 metros de radio estudiadas.

Tal situación hace que las densidades de huevos registradas en tomate y clavel sólo sean parte del total de la puesta en la zona. Esto complica notablemente la interpretación del comportamiento de puesta de *H. armigera* en un cultivo individualizado de su entorno (Leonard *et al.*, 1989). Por ejemplo, en el mes de septiembre son habituales ataques importantes de *H. armigera* en cultivos de lechuga, alcachofa, judía, etc. (datos no publicados; técnicos ADV comunicación personal) y clavel, coincidiendo con la disminución del interés de puesta sobre tomate.

Estas observaciones parecen confirmar que la puesta de *H. armigera* en un momento dado se reparte entre los diversos cultivos huéspedes dependiendo de su importancia local y del grado de atractividad relativa que presenten. Por ello la información de capturas de las trampas de feromonas ha de ser interpretada en función del cultivo, de su estado fenológico y de la situación agrícola que le envuelve.

1.3.2. Correlación entre densidad de huevos y variables de captura, temporales y fenológicas

Para todos los grupos de fenología (GF), excepto GF=5 en cultivo precoz, se observa en el cultivo del tomate una correlación significativa entre la variable de densidad de huevos (OU) y las capturas en trampas de feromonas (CGC, CGZ) (Tabla 3-9).

| PLANTACIÓN | GF | Número muestras | CAPTURAS GRUPO CAMPO | | | CAPTURAS GRUPO ZONA | | |
|------------|----|--------------------|----------------------|------------------|------------------|---------------------|------------------|------------------|
| | | | CGC | CGC+ | CGC- | CGZ | CGZ+ | CGZ- |
| PRECOZ | 1 | 24 | 0.45 (0.025) | 0.75 (0.0001) | 0.52 (0.008) | 0.59 (0.002) | 0.80 (0.0001) | 0.75 (0.0001) |
| | 2 | 42 | 0.54 (0.0003) | 0.42 (0.0071) | 0.56 (0.0002) | 0.49 (0.0001) | 0.37 (0.02) | 0.57 (0.0001) |
| | 3 | 38 | 0.49 (0.001) | 0.50 (0.001) | 0.44 (0.006) | 0.50 (0.001) | 0.54 (0.0005) | 0.47 (0.002) |
| | 4 | 44 | 0.43 (0.003) | 0.54 (0.001) | 0.22 (NS) | 0.38 (0.009) | 0.49 (0.0006) | 0.17 (NS) |
| | 5 | 33 | -0.002 (NS) | 0.18 (NS) | 0.14 (NS) | 0.08 (NS) | 0.41 (0.016) | 0.14 (NS) |
| TARDÍO | 1 | 13 | 0.74 (0.0034) | 0.78 (0.0071) | 0.70 (0.0002) | 0.75 (0.0001) | 0.80 (0.02) | 0.76 (0.0001) |
| | 2 | 26 | 0.65 (0.0003) | 0.72 (0.0001) | 0.47 (0.014) | 0.60 (0.0012) | 0.60 (0.0011) | 0.47 (0.013) |
| | 3 | 33 | 0.50 (0.0025) | 0.54 (0.0011) | 0.56 (0.0006) | 0.53 (0.0013) | 0.68 (0.0001) | 0.49 (0.0037) |
| | 4 | 41 | 0.62 (0.0001) | 0.55 (0.0002) | 0.51 (0.0005) | 0.49 (0.0011) | 0.40 (0.009) | 0.40 (0.0094) |
| | 5 | 50 | 0.36 (0.0086) | 0.48 (0.0004) | 0.32 (0.02) | 0.32 (0.0021) | 0.38 (0.0054) | 0.26 (0.049) |

Tabla 3-9. Coeficiente de correlación (r) de la variable densidad de huevos (OU) en cultivo de tomate con capturas semanales para las diferentes fechas de plantación y grupo fenológico (GF). El valor entre paréntesis es la significación del coeficiente de correlación, NS=no significativo ($P>0.05$)
CGC: capturas grupo campo de la semana en curso, CGC+: de la semana siguiente, CGC-: de la semana anterior
CGZ: capturas grupo zona de la semana en curso, CGZ+: de la semana siguiente, CGZ-: de la semana anterior
GF: 1= <1,5 pomos, 2= 1,54 pomos, 3= 4-6,5 pomos, 4= 6,5-9 pomos, 5= >9 pomos

De este tipo de análisis no se manifiesta que sea más ventajoso (valores de r superiores) la utilización de los datos de capturas de las trampas próximas al campo (CGC) o la de datos procedentes de una zona más amplia (CGZ). De los 10 grupos de datos (plantación por GF), se obtienen en la mitad de los casos valores favorables a la utilización de los datos de zona, y viceversa. Cabe destacar que las diferencias de los valores de r entre estos grupos de datos de captura son de escasa magnitud, por lo que parece factible que a partir de los valores de captura de una zona se puedan encontrar relaciones tan estrechas como si se tuvieran trampas localizadas a pie de cultivo. Este hecho es un aspecto positivo, ya que las trampas de feromonas distribuidas en una zona pueden ser indicadores de tipo general en cuanto a la presencia de la plaga para los campos de ésta.

| PLANTACIÓN | ZONA | Número muestras | CAPTURAS GRUPO CAMPO | | | CAPTURAS GRUPO ZONA | | | SET | GF | |
|------------|-------------|--------------------|----------------------|----------|----------|---------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | | CGC | CGC+ | CGC- | CGZ | CGZ+ | CGZ- | | | |
| PRECOZ | D. Lobregat | 104 | 0.58 | 0.57 | 0.54 | 0.54 | 0.57 | .049 | 0.13 | 0.19 | |
| | | | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | NS | (0.0001) | |
| | | | 0.28 | 0.44 | 0.12 | 0.33 | 0.46 | 0.21 | 0.09 | 0.29 | |
| Maresme | 73 | 73 | (0.0001) | (0.0001) | (NS) | (0.0001) | (0.0001) | NS | NS | (0.0001) | |
| | | | 0.44 | 0.51 | 0.35 | 0.44 | 0.51 | 0.36 | 0.00 | 0.21 | |
| | | | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | NS | (0.0001) | |
| TARDÍO | D. Lobregat | 86 | 0.20 | 0.24 | 0.19 | 0.11 | 0.17 | 0.06 | -0.36 | -0.38 | |
| | | | (0.0001) | (0.0001) | (NS) | (NS) | (NS) | (NS) | (NS) | (0.0001) | (0.0001) |
| | | | 0.04 | 0.08 | -0.001 | -0.06 | -0.04 | -0.09 | -0.52 | -0.51 | |
| Maresme | 77 | 77 | (NS) | (NS) | (NS) | (NS) | (NS) | (NS) | (0.0001) | (0.0001) | |
| | | | 0.28 | 0.31 | 0.24 | 0.23 | 0.25 | 0.19 | -0.43 | -0.44 | |
| | | | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | |
| Total | 163 | 163 | 0.28 | 0.31 | 0.24 | 0.23 | 0.25 | 0.19 | -0.43 | -0.44 | |
| | | | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | |
| | | | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | (0.0001) | |

Tabla 3-10. Coeficiente de correlación (r) de la variable densidad de huevos (OU) en el cultivo de tomate con capturas semanales, semana (SET) y grupo fenológico (GF) para las diferentes fechas de plantación y zona.
El valor entre paréntesis es la significación del coeficiente de correlación, NS=no significativo ($P>0.05$)
CGC: capturas grupo campo de la semana en curso, CGC+: de la semana siguiente, CGC-: de la semana anterior
CGZ: capturas grupo zona de la semana en curso, CGZ+: de la semana siguiente, CGZ-: de la semana anterior

En los datos que resultan del análisis global de los períodos de plantación se observa (Tabla 3-10) -como ya se señalaba para los diversos GF-, que la variable de captura que muestra una correlación más estrecha con la densidad de huevos es la de capturas de la semana siguiente (+), por delante de las variables de capturas de la semana en curso y de capturas de la anterior(-). Estas diferencias se observan en mejores significaciones y valores de r más altos, aunque estos coeficientes no son separables mediante pruebas de homogeneidad. Este hecho, que refleja una evolución adelantada de las densidades de huevos respecto a las capturas, está ampliamente documentado en la bibliografía en *Heliethinae* (Hartstack *et al.*, 1976; Hayes *et al.*, 1988; Lingren *et al.*, 1979; Sparks *et al.*, 1982), y se atribuye a que las capturas en trampas de feromonas se incrementan cuando la competencia por parte de las hembras disminuye cuando éstas ya están cubiertas e inician la fase de puesta. Los valores de este desplazamiento que se han documentado varían entre 2 días (Latheef *et al.*, 1991), 1-4 días (Hayes, 1990; Hayes y Coleman, 1989; Hayes *et al.*, 1988) y 3-4 semanas (Newton, 1987). Estas diferencias pueden estar ligadas a las condiciones meteorológicas, básicamente a las temperaturas, que afectan notablemente la velocidad de desarrollo de los insectos. La utilización en este trabajo de valores medios semanales amortigua estas desviaciones (Leonard *et al.*, 1989), pero dificulta la localización exacta de los días de mayor actividad de los imagos.

La utilización de la variable de captura de la semana siguiente en un estudio con objetivo predictivo presenta poco interés, dado el desconocimiento en un momento concreto de una información que aún no se ha producido. Por tanto, el resto del trabajo se basa en la utilización de las variables de captura de la semana en curso o de la semana anterior.

La introducción de las variables temporales (semana, SET) y fenológicas (GF) en el análisis de correlación (Tabla 3-10) ofrece una información accesoria. En los cultivos tardíos destacan los coeficientes de correlación de signo negativo de estas variables, con una magnitud superior a la de las relaciones que unen la densidad de huevos con las variables de captura. La interpretación de estos resultados, que concuerda con la evolución de la puesta en cultivos tardíos (apartado III.1.1.1.), es la siguiente: a medida que pasa el tiempo o crece la planta, disminuye de forma absoluta el nivel de puesta en la unidad muestral. En el apartado anterior ya se ha visto que también se producía una progresiva reducción en la relación puesta/capturas. Un mejor conocimiento de la relación entre la cantidad de huevos que se depositan en la zona muestral y el total en la planta, así como su posible evolución en el tiempo, son aspectos importantes para determinar la situación exacta de puesta en la plantación.

Por el contrario, en el período precoz no se manifiesta una correlación significativa entre semanas y huevos. El grupo fenológico sí que presenta un nivel de correlación con la puesta significativo, pero, al contrario de lo que sucede en tomate tardío, es de signo positivo y con un valor de r mucho más bajo que los que se observan en las variables relacionadas con capturas. En esta situación, en el cultivo precoz la información de capturas presenta una correlación más estrecha con la densidad de huevos que con las variables temporales o de fenología. Estos datos ponen de manifiesto que la relación entre fenología y densidad de huevos es afectada por factores externos (huéspedes alternativos, tamaño de población, temperaturas, etcétera).

En función de los períodos de plantación, las dos zonas geográficas han manifestado un comportamiento similar en un estudio global. En el período precoz se obtienen correlaciones significativas entre las variables de captura y la densidad de huevos, mientras que en el período tardío éstas son muy escasas o inexistentes. En este período cabe volver a destacar el comportamiento altamente significativo de las variables semana y grupo fenológico.

En el cultivo del clavel se observan unos coeficientes de correlación altos, significativamente mejores que en tomate precoz y tardío -prueba de homogeneidad de los coeficientes de correlación-, con una elevada significación (Tabla 3-11). Los valores del coeficiente de correlación entre OU y CGZ oscilan entre el 0.73 y 0.82, con una significación de $P=0.0001$. La homogeneidad de la unidad muestral, de la finca y de la fenología del cultivo son razones que pueden justificar este resultado.

| PERÍODO | Número muestras | CAPTURAS GRUPO CAMPO | | | CAPTURAS GRUPO ZONA | | | SET |
|---------|--------------------|----------------------|------------------|------------------|---------------------|------------------|------------------|-------------------|
| | | CGC | CGC+ | CGC- | CGZ | CGZ+ | CGZ- | |
| PV | 42 | 0.80 (0.0001) | 0.77 (0.0001) | 0.81 (0.0001) | 0.73 (0.0001) | 0.67 (0.0001) | 0.77 (0.0001) | 0.78 (0.0001) |
| VO | 39 | 0.76 (0.0001) | 0.86 (0.0001) | 0.53 (0.0001) | 0.81 (0.0001) | 0.90 (0.0001) | 0.56 (0.0001) | -0.68 (0.0001) |
| TOTAL | 81 | 0.80 (0.0001) | 0.82 (0.0001) | 0.71 (0.0001) | 0.82 (0.0001) | 0.83 (0.0001) | 0.72 (0.0001) | 0.44 (0.0001) |

Tabla 3-11. Coeficientes de correlación (r) de la variable densidad de huevos (OU) en cultivo de clavel con semana (SET), capturas de grupo campo y zona en función del período.

Valor entre paréntesis es la significación del coeficiente de correlación, NS=no significativo ($P>0.05$)

CGC: capturas grupo campo de la semana en curso, CGC+: de la semana siguiente, CGC-: de la semana anterior
CGZ: capturas grupo zona de la semana en curso, CGZ+: de la semana siguiente, CGZ-: de la semana anterior

Las capturas de la semana siguiente son las que presentaron un coeficiente más elevado, como también sucedió en tomate, pero sin que las diferencias sean significativas. La variable semana está correlacionada positivamente con la densidad de huevos, con un valor de r relativamente bajo. Al desdoblar el período de seguimiento en dos subperíodos (PV y VO) se observan unos valores significativamente superiores de r para la variable semana, pero con una tendencia inversa (positiva en PV y negativa en VO) que conduce a la reducción de la correlación global al unir períodos con comportamientos diferentes.

1.3.3. Predicción de la densidad de huevos a partir de modelos de regresión

En este apartado se estudia el potencial de predicción de las densidades de huevos a partir de captura en trampas de feromonas de las zonas (CGZ, CGZ-) y de otros parámetros sencillos, como el estado de desarrollo del cultivo (GF) y el momento de la campaña (SET).

En la Tabla 3-12 se presentan los valores de regresión lineal simple con CGZ como variable independiente que se obtienen para cada uno de los diversos períodos de plantación y grupos fenológicos en tomate. En todos los casos, excepto en plantación precoz y GF=5, el modelo lineal de regresión es significativo ($P<0.05$). Estos resultados concuerdan con los de diversos autores que han hallado una relación entre las capturas en trampa de feromonas y las densidades de huevos de *Heliothinae* (Grichanov, 1986; Hayes, 1990; Johnson, 1983; Latheef *et al.*, 1991; Leonard *et al.*, 1989). Pero también concuerdan con estos estudios en que la bondad del ajuste (expresado como el coeficiente de determinación r^2) no es, en general, demasiado elevada. Esta afirmación se refleja visualmente al representar gráficamente los datos semanales mediante diagrama de dispersión como se muestra (a modo de ejemplo) en la [Figura 3-15](#). En esta representación se incluyen, además, la recta de regresión y los intervalos de confianza y predicción que se obtienen.

| PLANTACIÓN | GF | grados libertad | r^2 | a | b | Prob<F |
|------------|----|-----------------|-------|----------|----------|--------|
| PRECOZ | 1 | 23 | 0.20 | -0.28 ns | 0.60 * | 0.005 |
| | 2 | 38 | 0.29 | 1.25 ns | 0.36 ** | 0.001 |
| | 3 | 36 | 0.32 | 2.37 *** | 0.31 ** | 0.001 |
| | 4 | 43 | 0.19 | 2.09 ** | 0.25 *** | 0.009 |
| | 5 | 32 | 0.00 | 2.58 NS | 0.08 NS | 0.62 |
| TARDÍO | 1 | 12 | 0.56 | -0.07 NS | 0.79 *** | 0.009 |
| | 2 | 25 | 0.36 | 2.66 ** | 0.60 *** | 0.001 |
| | 3 | 32 | 0.28 | 0.52 NS | 0.61 *** | 0.001 |
| | 4 | 40 | 0.24 | 1.86 NS | 0.25 ** | 0.001 |
| | 5 | 49 | 0.10 | 2.05 ** | 0.10* | 0.02 |

Tabla 3-12. Parámetros de regresión lineal entre la densidad de huevos (OU) en tomate y el nivel de captura de la zona (CGZ) en función del grupo fenológico (GF) y período de plantación (PLAN). Modelo $OU=a+b(CGZ)$. * $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$; *** $P \leq 0.001$.

Las magnitudes de a y b se obtienen con los datos transformados ($\sqrt{x+0.5}$)

GF: 1= <1,5 pomos, 2= 1,5-4 pomos, 3= 4-6,5 pomos, 4= 6,5-9 pomos, 5= > 9 pomos

En vista de los modelos obtenidos y de las características de éstos, se puede afirmar que existe una relación positiva y significativa entre el nivel de capturas de la semana en curso y la densidad de huevos de *H. armigera* en los campos de tomate. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que los valores que se obtienen a partir de la aplicación de la regresión presentan una banda de predicción muy amplia. Por tanto, en la predicción de la densidad de huevos en un campo concreto se podrá obtener un valor de densidad propuesto por la aplicación del modelo de regresión y una banda de probabilidad dentro de la cual se hallará el valor real. Los valores obtenidos dan lugar a unos intervalos predictivos de magnitud excesivamente amplios para las necesidades de exactitud deseables (Roltsch y Mayse, 1984). Esta situación hace necesarios muestreos sobre planta si se desea determinar de forma precisa la densidad de huevos en campos concretos.

En vista de los modelos obtenidos y de las características de éstos, se puede afirmar que existe una relación positiva y significativa entre el nivel de capturas de la semana en curso y la densidad de huevos de *H. armigera* en los campos de tomate. Sin embargo, es necesario tener en cuenta que los valores que se obtienen a partir de la aplicación de la regresión presentan una banda de predicción muy amplia. Por tanto, en la predicción de la densidad de huevos en un campo concreto se podrá obtener un valor de densidad propuesto por la aplicación del modelo de regresión y una banda de probabilidad dentro de la cual se hallará el valor real. Los valores obtenidos dan lugar a unos intervalos predictivos de magnitud excesivamente amplios para las necesidades de exactitud deseables (Roltsch y Mayse, 1984). Esta situación hace necesarios muestreos sobre planta si se desea determinar de forma precisa la densidad de huevos en campos concretos.

El estudio de la densidad media de huevos esperada en una zona determinada se plantea en función del intervalo de confianza de la recta de regresión. Concretamente, si se establece un hipotético umbral de 15 huevos en 100 plantas para tomate precoz (total, [Figura 3-15](#)), éste se alcanza con el modelo de regresión lineal cuando las capturas en trampas de feromonas de

la zona son superiores a 55 MM/semana. Pero en la línea propuesta por Grichanov (1986), sólo se tiene la certeza, al 95% de confianza, de que la puesta esperada sobrepasa el valor umbral cuando el límite inferior de la banda de confianza supera el valor de 15 huevos en 100 plantas. En el ejemplo propuesto, ello sucede para valores de capturas de 78 MM/semana. Por otro lado, puede interesar definir períodos con mínimo riesgo de ataque, fuera de los cuales no sería necesario realizar muestreos de campo o plantear medidas de control. En esta línea se fijaría el valor umbral de capturas cuando el límite superior de la banda de confianza alcanzase el valor 15 huevos en 100 plantas. Esta situación se produce cuando se alcanzan 39 capturas/semana. Por tanto, por debajo de este valor es de esperar, con un 95% de confianza, que la densidad media de huevos no alcance los 15 huevos en 100 plantas. La definición de períodos libres de riesgo, o períodos de certeza de presencia excesiva,

es un objetivo que puede simplificar notablemente la gestión del control de la plaga de *H. armigera* en la zona. Pero para poder acceder a esta fase de desarrollo del programa de control integrado es necesario definir valores de umbral de tolerancia de huevos en planta a partir del potencial dañino de esta especie y de los factores asociados a la fijación de un umbral (factores de mortalidad bióticos y climáticos, producción potencial, precio del producto agrícola, costes de control, etcétera).

La constante del modelo lineal, α , presenta en 4 de las diez opciones un valor superior y significativamente diferente de 0 (Tabla 3-12). Este hecho resulta contradictorio con los datos de campo obtenidos, que indican que en ningún caso se ha observado puesta sin que existiesen capturas en las trampas de feromonas. Puede que este resultado se deba a la incapacidad del modelo de regresión utilizado para representar la situación real en la zona de capturas próximas a 0.

El análisis de las diferencias entre las pendientes de las regresiones de los diversos grupos fenológicos permite concluir que no se pueden diferenciar significativamente las pendientes de los diversos grupos fenológicos de la plantación precoz, mientras que, por el contrario, sí que se registran diferencias en el cultivo tardío ($P=0.01$). Concretamente, y a partir de los intervalos de confianza, se pueden diferenciar los grupos fenológicos 1, 2 y 3, con unos valores significativos de pendiente superiores a los de los grupos fenológicos 4 y 5. En todos los casos, excepto en cultivo precoz y $GF=5$, las pendientes son significativas y diferentes de 0. El estudio de la homogeneidad de la varianza de las regresiones lineales por plantación indica un mejor ajuste en el cultivo precoz que en el tardío.

Estos resultados conducen a agrupar períodos de pendiente común y a introducir variables fáciles de obtener (CGZ-, GF, SET) que puedan mejorar la exactitud predictiva de la regresión. En la Tabla 3-13 se muestran las regresiones polinómicas obtenidas mediante el procedimiento de selección de variables "stepwise", así como modelos de regresión más sencillos en cuya construcción sólo se han utilizado las variables de captura semanal y grupo fenológico. Estos modelos polinómicos no permiten ofrecer una representación gráfica de la distribución de la dispersión.

La introducción de variables temporales (SET) o fenológicas (GF) en el modelo se manifiesta como extraordinariamente importante para mejorar la bondad del ajuste en la segunda fase del tomate tardío ($GF=4-5$) o en un modelo que pretenda ajustarse a todo el período de desarrollo (Tabla 3-13). En la confección de modelos de regresión para cultivos precoces también se observa una participación de estas variables pero en menor magnitud. La integración de la dinámica del cultivo en la predicción del comportamiento de las plagas es una vía cada vez más utilizada en los modelos predictivos en búsqueda de un mejor ajuste (Legaspi *et al.*, 1989). La variable de capturas de la semana anterior (-) no aporta información que mejore el modelo predictivo ($P<0.10$), por lo que es rechazada en todos los casos por el proceso de selección automático.

| AGRUPACIÓN | CONST. | STEPWISE ⁽¹⁾ | MODELO 1 ⁽²⁾ | MODELO 2 ⁽³⁾ |
|-----------------------------|----------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| PRECOZ GF= 1, 2, 3, 4 | | $r^2=0.34$ *** (gl=138) | $r^2=0.25$ *** (gl=140) | $r^2=0.27$ *** (gl=139) |
| | <i>a</i> | 7.99 *** | 1.55 *** | 0.88 * |
| | <i>b</i> | 0.30 *** | 0.33 *** | 0.28 *** |
| | <i>c</i> | - | - | - |
| | <i>d</i> | 1.48 *** | - | 0.33 * |
| | <i>e</i> | -0.40 *** | - | - |
| TARDÍO GF= 1, 2, 3 | | $r^2=0.39$ *** (gl=70) | $r^2=0.36$ *** (gl=71) | $r^2=0.38$ *** (gl=70) |
| | <i>a</i> | 9.19 NS | 1.07 NS | 2.47 NS |
| | <i>b</i> | 0.64 *** | 0.64 *** | 0.66 *** |
| | <i>c</i> | - | - | - |
| | <i>d</i> | - | - | -0.68 NS |
| | <i>e</i> | -0.26 NS | - | - |
| TARDÍO GF= 4, 5 | | $r^2=0.24$ *** (gl=88) | $r^2=0.10$ ** (gl=89) | $r^2=0.24$ *** (gl=88) |
| | <i>a</i> | 9.38 *** | 2.30 *** | 9.38 *** |
| | <i>b</i> | 0.14 *** | 0.13 ** | 0.14 *** |
| | <i>c</i> | - | - | - |
| | <i>d</i> | -1.57 *** | - | -1.57 *** |
| | <i>e</i> | - | - | - |
| TARDÍO GF= 1, 2, 3, 4 ,5 | | $r^2=0.35$ *** (gl=159) | $r^2=0.05$ ** (gl=161) | $r^2=0.34$ *** (gl=160) |
| | <i>a</i> | 11.30 *** | 3.5 *** | 7.42 *** |
| | <i>b</i> | 0.27 *** | 0.16 ** | 0.27 *** |
| | <i>c</i> | - | - | - |
| | <i>d</i> | -0.99 *** | - | -1.43 *** |
| | <i>e</i> | -0.15 NS | - | - |

Tabla 3-13. Ajustes de regresiones polinómicas simples con selección de variables significativas (opción STEPWISE) y regresiones de variables independientes fijas en tomate.

⁽¹⁾ modelo de partida $OU=a+b(CGZ)+c(CGZ-)+d(GF)+e(SET)$

⁽²⁾ modelo 1 $OU=a+b(CGZ)$

⁽³⁾ modelo 2 $OU=a+b(CGZ)+d(GF)$

* $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$; *** $P \leq 0.001$; NS: no significativo

Las magnitudes de las constantes se obtienen con los datos transformados ($\sqrt{x+0.5}$)

La existencia de una relación entre las variables de captura en trampas de feromonas y las densidades de puesta hace posible el desarrollo de modelos predictivos para *Heliothinae* (Hartstack *et al.*, 1976; Harstack y Witz, 1982). Las capturas son utilizadas fundamentalmente para definir el momento en que se registrarán los máximos de densidad de huevos o para determinar la necesidad de realizar muestreos de campo, más que para definir exactamente la densidad de plaga sobre el cultivo (Hoffmann *et al.*, 1991; Wilson y Morton, 1989). Por ejemplo, el modelo TEXCIM (Texas Cotton-Insect Model) es capaz de facilitar predicciones ajustadas de los máximos de puesta (Thomas *et al.*, 1988; Witz *et al.*, 1990), pero no resulta capaz de definir la densidad de huevos de *H. zea* debido a la interacción de otros factores que es necesario definir, como, por ejemplo, niveles de depredadores y de parasitoides. En el presente estudio se observa un efecto de la evolución de los cultivos en la zona sobre el comportamiento de puesta de *H. armigera* en el cultivo de tomate. Sería interesante obtener alguna variable de entorno que permitiese establecer la relación entre *H. armigera* y el cultivo del tomate. Hartstack *et al.*, (1976) toman en consideración la evolución fenológica de cultivos de maíz y sorgo de la zona para interpretar la evolución de las poblaciones de *H. zea* en algodón. En el entorno agrícola del litoral barcelonés construir un modelo de estas características resulta difícil por la gran diversidad de cultivos huéspedes y por el minifundismo productivo existente (ver III.1.3.1).

El estudio de modelos de regresión es más sencillo en el cultivo del clavel dada su homogeneidad fenológica. En la Tabla 3-14 se presentan modelos de regresión obtenidos a partir del procedimiento de la selección de variables (CGZ, CGZ-, SET), así como modelos de regresión en los que se han prefijado las variables.

En la representación gráfica de los datos y del modelo de regresión lineal simple (Figura 3-16) se observa un ajuste de estas funciones mejor que en el caso del tomate -análisis de homogeneidad de la varianza-. En estos modelos de regresión cabe destacar que las pendientes son significativas y diferentes de 0, y que difieren ($P=0.05$) para los periodos estudiados (PV, primavera-verano; VO, verano-otoño). En VO se presenta la pendiente mayor coincidiendo con la etapa de máxima puesta y con los valores más elevados de la relación huevos/capturas (RZ). Por otro lado, el valor de la constante del modelo, a , presenta valores significativamente no diferentes de 0. Al analizar las varianzas se observa una dispersión significativa mayor en el período VO respecto PV.

| AGRUPACIÓN | CONST. | STEPWISE ⁽¹⁾ | MODELO1 ⁽²⁾ | MODELO ⁽³⁾ |
|---------------------------|----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|
| PRIMAVERA- VERANO (PV) | | $r^2=0.75$ *** (gl=40) | $r^2=0.$ (gl=41) | $r^2=0.$ (gl=40) |
| | <i>a</i> | -4.68 *** | 0.16 NS | -5.29 *** |
| | <i>b</i> | - | 0.34 *** | 0.18 *** |
| | <i>c</i> | 0.20 *** | - | - |
| | <i>e</i> | 0.23 *** | - | 0.25 *** |
| VERANO-OTOÑO (VO) | | $r^2=0.76$ *** (gl=37) | $r^2=0.66$ *** (gl=38) | $r^2=0.76$ *** (gl=37) |
| | <i>a</i> | 16.02 *** | 0.71 NS | 16.02 *** |
| | <i>b</i> | 0.38 *** | 0.49 *** | 0.38 *** |
| | <i>c</i> | - | - | - |
| | <i>e</i> | -0.34 *** | - | -0.34 *** |
| TOTAL | | $r^2=0.70$ *** (gl=79) | $r^2=0.67$ *** (gl=80) | $r^2=0.70$ *** (gl=79) |
| | <i>a</i> | -2.84 ** | -0.45 NS | -2.84 ** |
| | <i>b</i> | 0.48 *** | 0.52 *** | 0.48 *** |
| | <i>c</i> | - | - | - |
| | <i>e</i> | 0.08 ** | - | 0.08 ** |

Tabla 3-14. Ajustes de regresiones polinómicas simples con selección de variables significativas (opción STEPWISE) y regresiones de variables independientes fijas en clave.

⁽¹⁾ modelo de partida $OU=a+b(CGZ)+c(CGZ-)+e(SET)$

⁽²⁾ modelo 1 $OU=a+b(CGZ)$

⁽³⁾ modelo 2 $OU=a+b(CGZ)+e(SET)$

* $P \leq 0.05$; ** $P \leq 0.01$; *** $P \leq 0.001$; NS: no significativo. Las magnitudes de constantes se obtienen con los datos transformados ($\sqrt{(x+0.5)}$)

En cuanto a los modelos de regresión más complejos (Tabla 3-14) cabe destacar la participación de la variable temporal semana (SET), con una aportación notable en los dos periodos, aunque de signo distinto. La variable capturas de la semana anterior (-) ha sido seleccionada sólo en el período PV con una participación en la mejora del modelo escasa.

No se ha encontrado ninguna referencia al respecto de posibles umbrales de tolerancia de huevos de *H. armigera* en clave. Dadas las características de este cultivo -intensificación y altos beneficios brutos por superficie-, la densidad de huevos admisible es previsiblemente muy baja. Una vez definido el valor de ésta, se pueden establecer, mediante estas funciones de regresión y con la ayuda de las trampas de feromonas, periodos sin riesgo, periodos en los que es necesario llevar a cabo muestreos de campo y periodos en los que la densidad de huevos es con certeza superior a la tolerable, y durante los cuales será necesario realizar intervenciones de control.

1.4. Discusión general

La puesta de *H. armigera* se reparte entre los diversos huéspedes dependiendo de la atraktividad relativa que presenten y de su importancia local, siendo los cultivos de tomate y clave parte de este entorno general. La

diversidad de posibles huéspedes en la zona estudiada y las características biológicas de *H. armigera* favorecen la presencia continuada de la plaga en el tiempo.

En las campañas estudiadas se observaron variaciones notables en cuanto a la precocidad y magnitud de la puesta durante primavera y las primeras fases de verano, diferencias que tendieron a amortiguarse hacia finales de verano e inicios de otoño. Las variaciones de precocidad de la puesta a inicio de campaña se correspondieron con la evolución de las capturas de trampas de feromonas. Por tanto, éstas actuaron como indicadores temporales del inicio de riesgo en las primeras fases de la campaña.

También se detectó una correspondencia cuantitativa entre la evolución de las densidades de huevos y las medias de capturas en trampas de feromonas. Los datos reflejan evoluciones paralelas: por ejemplo, si en 1992 la densidad de huevos fue inferior a 1991 sucedió otro tanto con las capturas; si en la zona del Maresme todos los años se observaron niveles de puesta media en tomate superiores a los registrados en el Delta del Llobregat, ello coincidió con niveles de capturas más altos. Los valores altamente significativos de correlación confirman la existencia de esta relación.

El período de actividad de *H. armigera* en la zona del Delta del Llobregat y Maresme se puede prolongar desde abril hasta inicios de noviembre. A lo largo de este tiempo su población evoluciona bajo condiciones ambientales y de entorno agrícola cambiantes. Estas variaciones también afectan las capturas en trampas de feromonas (Dent y Pawar, 1988; Wilson y Morton, 1989). Todo ello conduce a afirmar que no parece posible establecer una relación fija entre densidades de huevos en un cultivo y capturas a lo largo de toda la campaña. El fraccionamiento del período de presencia de *H. armigera* en función del cultivo y de la fenología es una vía que intenta basarse en el comportamiento de selección de los adultos y que permite trabajar con condiciones ambientales más estables. Bajo estas condiciones ha sido posible definir modelos de regresión que constituyen herramientas interesantes en la predicción de densidades medias de huevos en la zona objeto de control.

Se confirmó la dificultad que presenta, en el caso de una especie tan polífaga y móvil como *H. armigera*, el establecimiento de una relación entre el número de adultos capturados en trampas de feromonas y la densidad de huevos observada sobre los cultivos. Ya se ha visto que esta relación existe, pero la variabilidad detectada es grande. La dispersión de los datos de campo respecto a la regresión es un hecho implícito a las características de las variables estudiadas. Los factores que influyen sobre ellas y que no son contemplados en los modelos (depredación, estado sanitario del cultivo y manejo de éste, condiciones meteorológicas y del entorno, etc.) explican este hecho. Por tanto, la exactitud de la predicción de densidades de huevos en campos concretos en un momento dado no parece suficiente.

Actualmente es necesario valorar el potencial de daño que los huevos de *H. armigera* pueden implicar en los diversos períodos de la campaña. Esto permitirá concretar las necesidades de precisión del sistema predictivo, y fijar períodos libres de riesgo o de riesgo máximo a partir de capturas en trampas de feromonas, hecho que simplificaría notablemente la gestión del control de *H. armigera* en la zona.

2. TRAMPAS DE FEROMONAS: FACTORES INTRÍNSECOS QUE AFECTAN LAS CAPTURAS

2.1. Cápsulas de feromonas

2.1.1. Capacidad de captura según procedencia

La evolución de las capturas y el análisis de los resultados de los cuatro ensayos de comparación del funcionamiento de diferentes tipos de cápsulas se muestran en la [Figura 3-17](#) y en la Tabla 3-15.

| Trat. | núm. de MM capturados/trampa y día en los períodos indicados | | | |
|-------|--|--------------|-------------|------------|
| | 25/6-27/7/90 | 27/7-21/8/90 | 11/6-8/7/91 | 8/7-8/8/91 |
| AGR | 5.69±0.69B | 8.16±0.84b | 10.37±0.57a | 6.06±0.51a |
| BIO | - | 11.71±1.03a | 10.32±1.12a | 5.93±0.68a |
| IGD1 | 0.15±0.04c | 0.08±0.04c | - | 0.42±0.06d |
| IGD2 | - | - | 2.17±0.47c | 0.33±0.08d |
| TRE | 13.98±2.45a | 10.48±1.31ab | 5.92±0.36b | 3.54±0.40b |
| URS | - | - | - | 1.98±0.52c |

Tabla 3-15. Número de machos ($X \pm ET$) de *H. armigera* capturados en trampas de feromonas cebadas con cápsulas de diferente procedencia.

Las medias de cada columna acompañadas por la misma letra no presentan diferencias significativas ($P=0,05$, test de amplitud múltiple de Duncan).

La existencia de diferencias en cuanto a la capacidad de atracción de cápsulas de distinta procedencia es un hecho lógicamente previsible (Hoffman *et al.*, 1986; Leonard *et al.*, 1990; Wilson, 1984). Por otro lado, las diferencias entre materiales pueden manifestarse de una manera más evidente al trabajar en una zona reducida y producirse fenómenos de competencia entre cápsulas (Drapek *et al.*, 1990).

A pesar de conocer estos antecedentes, es importante destacar las diferencias de capacidad de captura de *H. armigera* de las diversas cápsulas testadas (Tabla 3-15). Destacó en sentido negativo el comportamiento del material de procedencia italiana (IGD1, IGD2), que en todas las experiencias manifestó una eficiencia de captura muy baja.

Las cápsulas AGR y TRE se utilizaron en todas las experiencias, por lo que se realizó un análisis conjunto de los resultados. No se observó una diferencia significativa entre los dos tratamientos experimentados, pero sí se detectó una fuerte interacción entre tratamiento y ensayo ($P=0.001$). Este resultado confirma el cambio de tendencia que se observa entre los ensayos de 1990 y 1991: mientras que en el primer año TRE presentó unos niveles de captura superiores a AGR, en 1991 esta situación se invirtió ([Figura 3-17](#)).

El diferente potencial de captura de las cápsulas es un parámetro importante a tener en cuenta a la hora de trabajar con estos materiales, pero aún resulta más preocupante la variación de comportamiento de un mismo tipo de cápsula de un año a otro. Las modificaciones en los componentes de la feromona, diferencias en la formulación, variaciones en el sustrato de soporte, la antigüedad del lote (ver III.2.1.3.), entre otros factores, pueden justificar estas variaciones de comportamiento; estas diferencias pueden hacer muy difícil -cuando no imposible- la comparación de los valores obtenidos entre campañas. Hoffmann *et al.* (1986) se plantean muy críticamente los problemas que la falta de estabilidad en las feromonas comerciales de *Heliothinae* conllevan para el usuario.

Las cápsulas BIO se utilizaron en el ensayo de agosto de 1990 y en los dos ensayos que se realizaron en 1991. Del análisis conjunto de los resultados durante ambos períodos y al comparar su capacidad de captura respecto a los tratamientos AGR y TRE, se desprende que la cápsula BIO tiene un nivel de capturas medio significativamente superior a TRE ($P<0.05$), pero no a AGR. Por otro lado, al trabajar con sólo tres ensayos, las capturas medias de las cápsulas AGR destacan significativamente de las de TRE. Este resultado, que resulta contradictorio con el análisis comentado en el párrafo anterior, puede deberse al hecho que en este sentido no se contempla el ensayo de julio de 1990 en el que el comportamiento de TRE fue especialmente satisfactorio, mientras que los ensayos de 1991 adquieren una mayor importancia en el análisis global.

A simple vista, en las cápsulas que presentaron una mayor capacidad de captura, la evolución de las

capturas presenta un comportamiento bastante paralelo (Figura 3-17). Sin embargo, una observación más detallada permite detectar algunos comportamientos diferenciales. Por ejemplo, en la parte final de los primeros ensayos de 1991 y 1992 las cápsulas AGR presenta una tendencia a adelantar los picos de captura respecto a los otros materiales; y por otro lado, en el segundo ensayo de 1990 los máximos de capturas de AGR se producen más tarde que en los otros tipos de cápsulas. Las diferencias en las características generales de las cápsulas y el estudio de la evolución de los porcentajes de captura -tablas de contingencia- (Izquierdo *et al.*, 1992) hacen pensar en la existencia de diferencias en los niveles de difusión de la feromona que pueden afectar el comportamiento de los materiales utilizados. Alcanzar una liberación constante y estable de feromona durante el período de utilización es un objetivo fundamental en el desarrollo de estos productos (Wall, 1990). Diversos autores dan cuenta de variaciones notables del potencial de captura (Wilson, 1984), o proponen períodos de utilización concretos de las cápsulas -vida útil- diferentes en función de sus características (Grichanov y Kononenko, 1989; Gregg y Wilson, 1990; Pawar *et al.*, 1988). El diseño y los objetivos de la experiencia que aquí se exponen no permiten precisar más en este tema. Sin embargo, sería interesante definir cuál sería el período en que las mejores cápsulas presentan una liberación de feromona estable (vida útil).

Los ensayos se realizaron durante los veranos de dos años, con diferentes niveles de población. Es sabido que el comportamiento de las trampas de feromonas puede variar según las condiciones meteorológicas, el entorno y la densidad de población (Hartstack y Witz, 1981; Slosser *et al.*, 1987), por lo que los resultados obtenidos han de ser interpretados en este ámbito.

Cabe destacar las diferencias entre el material disponible comercialmente en nuestro país y el que se utiliza en países tecnológicamente más avanzados. Concretamente, la mejora de las formulaciones y de los soportes físicos (PVC, plástico laminado) está permitiendo conseguir cápsulas con niveles de difusión más estables durante períodos de tiempo mayores en *Heliothinae* (Drapek *et al.*, 1990; Gregg y Wilson, 1991). La introducción de cápsulas que ofrezcan unas prestaciones superiores, básicamente en cuanto a la estabilidad de la capacidad de captura en el tiempo de funcionamiento, es un objetivo a alcanzar.

2.1.2. Selectividad respecto *Gortyna xanthenes*

Uno de los atributos deseables en una trampa de feromonas es la especificidad de las capturas, que supone la exclusión de otros organismos que no sean objeto de control (Ramaswany y Carde, 1982). La captura de otros tipos de lepidópteros incrementa el tiempo de manipulación de las trampas, y en un uso rutinario puede conducir a interpretaciones erróneas si es notable el grado de similitud del contaminante con la especie objetivo (Rubio *et al.*, 1990; Weber y Ferro, 1991).

La evolución de capturas de *H. armigera* y *G. xanthenes* para las diversas cápsulas se muestra en la Figura 3-18. A simple vista, se observa que ninguna de las feromonas utilizadas consigue eliminar a *G. xanthenes* como contaminante. Ello se debe, básicamente, a la similitud de la composición de las feromonas de atracción sexual entre *G. xanthenes* y *H. armigera*, que cuentan con dos componentes comunes: el Z11-hexadecenal y Z9-hexadecenal (ARN *et al.*, 1986), sustancias que están presentes en las tres cápsulas utilizadas en estos ensayos. En los dos años las capturas de *H. armigera* tendieron a disminuir a medida que avanzaba el ensayo. Este hecho coincidió con el final del ciclo de vuelo de esta especie ligado a la disminución de temperaturas y a la inducción de diapausa en las pupas. Por el contrario, *G. xanthenes* se capturó durante todo el mes de octubre de una forma significativa; este mes presentó los máximos de captura en la zona (Izquierdo *et al.*, 1991).

En el análisis de los datos (Tabla 3-16) se observa que en los dos años se mantiene el orden de las diferentes cápsulas en cuanto a la capacidad de captura de *H. armigera* y *G. xanthenes*, pero sin coincidir para las dos especies estudiadas.

| Trat. | núm. de MM capturados/trampa y día en los períodos indicados | | | |
|-------|--|---------------------|--------------------|---------------------|
| | 04/10-12/11/91 | | 30/09-05/11/92 | |
| | <i>H. armigera</i> | <i>G. xanthenes</i> | <i>H. armigera</i> | <i>G. xanthenes</i> |
| AGR | 4.06±1.09a | 5.09±2.00a | 8.29±2.23a | 7.99±1.32a |
| BIO | 7.19±1.70a | 4.73±1.09a | 10.33±0.34a | 7.73±1.38a |
| TRE | 3.91±0.88a | 3.36±0.94a | 3.57±0.15b | 4.51±1.42a |

Tabla 3-16. Número de machos ($X \pm ET$) de *H. armigera* y *G. xanthenes* capturados en trampas de feromonas cebadas con diferentes cápsulas (ensayos de selectividad).

Las medias de cada columna acompañadas por la misma letra no presentan diferencias significativas ($P < 0.05$, test de amplitud múltiple de Duncan).

El material de Bioprox es el que alcanza los niveles más altos de captura de *H. armigera*. Al analizar conjuntamente los datos de los dos ensayos, se observa en la separación de medias que la media de captura de BIO es significativamente superior (PG. *xanthenes* fue AGR, aunque en ningún caso se registraron diferencias significativas en relación a los otros tipos de cápsulas experimentadas. En el análisis conjunto de los dos ensayos se observa un mayor nivel de captura (PG. *xanthenes* en 1992, y que no existió interacción entre tratamiento y año.

El porcentaje de contaminación por *G. xanthenes* se incrementó a medida que avanzaba el ensayo, ya que disminuía la presencia de *H. armigera* mientras que las capturas de *G. xanthenes* se mantenían o crecían. Normalmente, a partir de mediados de octubre los porcentajes de contaminación alcanzaban valores de 50-80%, llegando a valores superiores al 90% a finales de dicho mes. El hecho de que las cápsulas BIO muestren una mayor capacidad de captura de *H. armigera* y una tendencia atraer en menor grado a *G. xanthenes* que las de AGR hace que el porcentaje de contaminación de las primeras sea ligeramente inferior al de las segundas.

2.1.3. Antigüedad de la cápsula

Los resultados obtenidos en los dos ensayos realizados fueron significativos en cuanto la diferente capacidad de captura de trampas cebadas con cápsulas nuevas en relación a cápsulas conservadas durante un año en frigorífico (Tabla 3-17). Los dos componentes activos utilizados en las cápsulas de *H. armigera*, (Z)-9-hexadecenal y (Z)-11-hexadecenal, tienen un grupo aldehído que resulta mucho más inestable que otro tipo de estructuras (acetatos, alcoholes) asociadas a feromonas sexuales de insectos (López *et al.*, 1990). Este hecho lleva a cuestionar la interpretación de valores de captura en una campaña cuando en ella se han utilizado cápsulas de diferentes lotes y antigüedades. Esta pérdida de capacidad de atracción en función del tipo de conservación del material y del tiempo transcurrido desde el momento de formulación y el uso de las cápsulas, podría explicar el comportamiento variable de ciertas cápsulas en los diversos años en el ensayo de procedencia.

| Tratamiento | núm. de MM capturados/ trampa y día en los periodos indicados | |
|---------------------|---|--------------|
| | 8/7-6/8/91 | 15/7-11-8-92 |
| año en curso: NUEVA | 8.79±1.40a | 12.80±1.61a |
| año anterior: ANTIG | 2.87±0.44b | 1.17±0.15b |

Tabla 3-17. Número de machos ($X \pm ET$) de *H. armigera* capturados en función de la antigüedad de la cápsula. Las medias de cada columna acompañadas por la misma letra no presentan diferencias significativas ($P < 0.05$, test de amplitud múltiple de Duncan).

En el análisis conjunto de los dos ensayos se confirma estadísticamente ($P < 0.001$) la diferencia entre los dos tratamientos. Por otro lado, no existen diferencias entre el nivel de capturas de los dos ensayos, pero sí se observa una interacción entre tratamiento y ensayo ($P < 0.007$). Ello se explica por el diferente comportamiento en los dos ensayos, observándose en 1992 unas diferencias, observándose en 1992 unas diferencias mucho más acusadas (Figura 3-19) que hacen que la evolución de las capturas de las cápsulas ANTIG no siga la tendencia de las NUEVA. El desconocimiento de la edad real de las cápsulas (no existe fecha de envasado), del lote o de su historial hasta su utilización puede justificar estas diferencias de comportamiento.

En las cápsulas comerciales, entre las que se encuentra el material utilizado como estándar en este trabajo, no consta la fecha de envasado. Ello impide que el usuario sepa con certeza cuál es la antigüedad del material con el que trabaja. Las diferencias de las capturas observadas en este ensayo hacen pensar que la antigüedad del material es un hecho fundamental a tener en cuenta al utilizar trampas para el seguimiento de *H. armigera*. El desarrollo o la extensión de sistemas que permitan una mejor conservación de las cualidades del producto -por ejemplo, su congelación (A. Guerrero comunicación personal; Gregg y Wilson, 1991)- puede paliar en parte la problemática detectada.

2.2. Comparación de los diseños de las trampas

2.2.1. Tipo

La trampa de tipo embudo (AGR) mostró mayor capacidad de captura de machos de *H. armigera* que los modelos con base encolada (Tabla 3-18). Los resultados de los dos ensayos se confirman mediante el análisis global, no observándose diferencias significativas entre ensayos ni interacción entre tratamiento y ensayo. Las

trampas de base encolada presentaron problemas de saturación con otros insectos que no eran objeto de estudio y de capacidad de retención de adultos de *H. armigera*. Estos problemas han sido detectados por diversos investigadores (Hoffman *et al.*, 1986; Wilson, 1984), que han destacado el hecho de que el nivel de captura se ve condicionado por el tiempo de exposición al medio de la base encolada y por la intensidad de la degradación de ésta. En la [Figura 3-20](#) se puede observar una pérdida de capacidad de captura a medida que transcurre el tiempo, lo que conlleva la incapacidad de indicar de forma clara las variaciones del nivel poblacional de *H. armigera*.

| tratamiento | núm. de MM capturados por trampa/día en los períodos indicados | |
|-------------|--|--------------|
| | 25/6-27/7-90 | 27/7-21/8/90 |
| AGR | 5.15±0.45a | 4.15±0.42a |
| MON | 0.11±0.04c | 0.21±0.07c |
| ZOE | 0.55±0.13b | 0.54±0.10b |

Tabla 3-18. Número de machos ($X \pm ET$) de *H. armigera* capturados en diferentes trampas comerciales (ensayo tipo de trampa). Las medias de cada columna acompañadas por la misma letra no presentan diferencias significativas ($P < 0.05$, test de amplitud múltiple de Duncan).

En los ensayos realizados, la trampa contenía la cápsula suministrada por la compañía comercializadora, por lo que no se trata de una comparación pura de las estructuras externas de la trampa, al existir una interacción entre el atrayente y el diseño de la trampa (Sparks *et al.*, 1979). A pesar de las diferencias entre los modelos de base encolada y de que es posible mejorar su eficacia (Grichanov y Kononenco, 1989; Gross y Carpenter, 1989), el diseño de las trampas de tipo embudo resultó, en estas condiciones, el más satisfactorio a causa de su capacidad de captura, robustez y facilidad de manejo.

A pesar de las ventajas que ofrece este tipo de material, en experiencias realizadas en Australia y Estados Unidos (en este último país sobre *H. zea* y *H. virescens*) el comportamiento de esta trampa es mediocre respecto a trampas de tipo cono invertido, llegando en algunos casos a relaciones de captura 1:15 entre ambos tipos de trampas (Gauthire *et al.*, 1990; Lopez *et al.*, 1990). Aunque al aumentar el número de capturas se incrementa el tiempo destinado a su manipulación este aumento de coste de gestión es asumible (0.45-2.5 minutos) y es recompensado por una información con magnitudes más contrastadas. Una mayor capacidad de captura permite discernir de forma más eficaz entre niveles de presencia de *H. armigera*, por lo que si se pretende aprovechar la información cuantitativa de estas herramientas es importante desarrollar diseños más efectivos de trampas en combinación con las cápsulas más adecuadas (Gauthire *et al.*, 1991; Gregg y Wilson, 1991).

2.3. Discusión general

Dentro de la prudencia que requiere la formulación de conclusiones a partir de una serie de ensayos puntuales, parece evidente que el material utilizado en las trampas de feromonas para *H. armigera* tiene una gran importancia en cuanto a la magnitud y evolución de las capturas.

Las características tipificadas del material que compone las trampas de feromonas y el comportamiento local de éstas deberían ser tenidas en cuenta previamente a su utilización por parte de los técnicos y/o usuarios, pero prácticamente nunca se dispone de información fiable relativa a estos aspectos. En el caso de *H. armigera*, y a partir de los resultados obtenidos en el presente estudio, se puede ofrecer cierta información en cuanto al uso de este material. Por su importancia destacaría la elección de las cápsulas, la pérdida de potencial de captura debido a la conservación de las feromonas, los problemas de contaminación con *G. xanthenes* y el efecto del diseño de la trampa.

Evidentemente, el tipo de material utilizado y su manejo afectan a las posibles relaciones entre capturas y densidad de huevos de *H. armigera*, siendo esta afirmación una reflexión sobre la relatividad de las magnitudes obtenidas en el apartado III.1.3.. Una variación en la formulación o en el diseño de la trampa hace que pierdan parte de su validez los estudios de tipo cuantitativo sobre la relación entre huevos y capturas. Sería deseable que el material utilizado en trampas de feromonas comerciales ya estuviera lo suficientemente desarrollado para que mantuviese una estabilidad de sus características durante un tiempo razonablemente largo. La falta de desarrollo técnico local y las variaciones en los materiales de que se componen las trampas de feromonas son un freno en su utilización en toma de decisiones en programas de control integrado de plagas.

3. INICIO DE CAMPAÑA. EMERGENCIA DE ADULTOS PROVENIENTES DE PUPAS EN DIAPAUSA Y CAPTURAS EN TRAMPAS DE FEROMONAS

3.1. Emergencia de adultos provenientes de pupas confinadas

En la Tabla 3-19 se muestran los resultados del seguimiento de la emergencia de adultos provenientes de pupas en diapausa confinadas en cabinas de enterramiento individuales.

| AÑO | SEXO | n ¹ | Supervivencia (%) | emergencia ² | | | |
|------|-------|----------------|-------------------|-------------------------|------------|--------------|------------|
| | | | | inicio | final | media | mediana |
| 1991 | F | 6 | 30 | 29/MAY/149 | 18/JUN/169 | 5/JUN/155.9 | 5/JUN/156 |
| | M | 3 | 13.1 | 13/JUN/164 | 26/JUN/177 | 18/JUN/168.3 | 13/JUN/164 |
| | TOTAL | 9 | 20.9 | 29/MAY/149 | 26/JUN/177 | 9/JUN/160.0 | 5/JUN/156 |
| 1992 | F | 26 | 23.6 | 19/MAY/139 | 20/JUN/171 | 9/JUN/159.2 | 4/JUN/155 |
| | M | 28 | 31.1 | 31/MAY/151 | 23/JUN/174 | 18/JUN/168.2 | 20/JUN/171 |
| | TOTAL | 54 | 27.1 | 19/MAY/139 | 23/JUN/174 | 13/JUN/163.9 | 19/JUN/170 |
| 1993 | F | 19 | 16.5 | 17/MAY/137 | 14/JUN/165 | 27/MAY/146.7 | 24/MAY/144 |
| | M | 18 | 14.9 | 21/MAY/141 | 17/JUN/168 | 5/JUN/154.2 | 4/JUN/155 |
| | TOTAL | 37 | 15.8 | 17/MAY/137 | 17/JUN/168 | 30/MAY/150.5 | 29/MAY/149 |

Tabla 3-19. Fechas de emergencia de adultos provenientes de pupas en diapausa confinadas en cabinas individuales.

¹ n= número de individuos emergidos

² Las fechas se expresan según el formato día mes/ día juliano

A lo largo de los tres años estudiados, los adultos emergieron desde inicios de la segunda quincena de mayo hasta finales de junio. La media de emergencia se localizó entre los últimos días de mayo y mediados de junio. Las diferencias de precocidad entre medias de emergencia no fue superior a 15 días. El período de emergencia de *H. armigera* observado se ajusta al descrito por García *et al.* (1980) en Badajoz, y es ligeramente más precoz que el registrado por Bues *et al.* (1990) en el Sur de Francia.

Se detectó un comportamiento de emergencia más precoz en hembras de *H. armigera* que en machos, con diferencias de 7 a 13 días entre las medias de emergencia. Este resultado concuerda con todos los obtenidos por los autores que han tenido en cuenta la diferencia de sexos en el estudio de la emergencia primaveral. Este comportamiento es común en *Heliothinae*, habiéndose detectado tanto en *H. armigera* (Fitt y Daly, 1990) como en *H. zea* y *H. virescens* (López y Hartstack, 1983; McCann *et al.*, 1989). En un trabajo sobre *H. zea*, López (1986) explica este comportamiento en base al hecho de que la rotura de la diapausa en hembras requiere umbrales térmicos más bajos que en el caso de los machos.

López y Hartstack (1983) consideran que el período invernal actúa como homogeneizador del estado fisiológico de las pupas, por lo que el momento de inicio del estado de pupa no tiene porqué predisponer el momento de la emergencia. Estas afirmaciones no parecen contemplar aspectos como el tipo de inducción que según Bues *et al.* (1989; 1990) puede afectar las características de la diapausa, lo que explicaría en parte, el escalonamiento de la emergencia primaveral. En los ensayos realizados, el enterramiento de las pupas fue en lotes, a medida que se generaban, por lo que en algún experimento se dispuso de material que variaba en más de un mes y medio en el momento de pupar (II.3.1, Tabla 2-7). A pesar de esta variabilidad, no se observaron comportamientos de emergencia diferentes en función del momento en que se producía la pupa. Sin embargo, ni el número de individuos supervivientes ni las características del ensayo permiten realizar afirmaciones taxativas al respecto.

En los ensayos de 1990 y 1992, a finales de octubre y noviembre se detectó emergencias de adultos de los primeros lotes de enterramiento, en los cuales, previsiblemente, no se había inducido diapausa, por lo que los

valores de supervivencia se obtuvieron sobre el material diapausado. La supervivencia media de las pupas en los ensayos osciló entre el 15.8 y 27.1 %. Estos valores confirman que a pesar de limitar el efecto de factores de depredación, la mortalidad de las pupas durante el período invernal es elevada (Bues *et al.*, 1990; Eger *et al.*, 1983; Fitt y Daly, 1990; Rummel y Neece, 1989). El sistema de confinamiento no impidió que algún factor biótico afectase su viabilidad. Concretamente, se detectó la presencia de nemátodos entomopatógenos y podredumbres fúngicas. La influencia de estos elementos no fue analizada de forma sistemática, pero pone de manifiesto la incidencia de otros factores bióticos, además de la depredación, en la mortalidad de pupas en el suelo (Fitt y Daly, 1990).

Los períodos de emergencia se prolongaron durante 0.8-1.2 meses, siendo estos valores más cortos que los observados por otros autores (Bues *et al.*, 1990; García *et al.*, 1980). Una posible explicación de este resultado podría residir en la homogeneidad de la profundidad de enterramiento de las pupas.

3.2. Capturas en trampas de feromonas

En la Tabla 3-20 se muestra la evolución de las capturas en trampas de feromonas en la zona del Delta del Llobregat, expresada como medias de capturas semanales y como porcentaje semanal respecto el total de capturas de los meses abril-junio. Este período de tiempo se delimitó en función de las observaciones locales de inicio de vuelo y de la información bibliográfica sobre períodos de emergencia en áreas próximas (Bues *et al.* 1990; Gabarra, 1990a; García *et al.*, 1980).

La evolución de las capturas durante las diversas campañas estudiadas fue variable. El inicio de las capturas fue precoz en 1993, siendo capturados los primeros individuos durante la primera quincena de abril; este año también destacó por un valor de captura media acumulada máximo. Si se define el inicio de vuelo como la primera semana en que todas las trampas empiezan a capturar de forma ininterrumpida, se observa que la campaña 1993 sigue presentando la mayor precocidad en cuanto a capturas, seguida respectivamente de las campañas 1992 y 1991. El inicio de vuelo osciló entre las semanas 19 y 22 (inicios y finales de mayo), definiendo unas diferencias extremas de 3 semanas. Si se incluye en este análisis la campaña de 1990, en la que el inicio de vuelo se produjo durante la semana 16, este intervalo se amplía a 6 semanas. Todos estos datos ponen de manifiesto que las diferencias en la fase inicial de vuelo de *H. armigera* en la zona pueden llegar a ser notables.

La evolución de las capturas alcanza un pico muy evidente a finales de mayo de 1992 -semana 22-. En 1993 se observa un pequeño pico en la semana 20, pero los máximos de captura se sitúan en las últimas semanas del período estudiado -semanas 26 y 27-. En 1991, a partir del momento que se observa el inicio de vuelo, las capturas mantienen valores bastante constantes (Tabla 3-20).

| MES | SEMANA | Día JULIAN O | 1991 | | 1992 | | 1993 | |
|-----|--------|--------------|-----------------------|----------------|----------|------|----------|------|
| | | | CAPTURAS ¹ | % ² | CAPTURAS | % | CAPTURAS | % |
| ABR | 15 | 98-104 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.88 | 0.3 |
| | 16 | 105-11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0.86 | 0.3 |
| | 17 | 112-118 | 0.32 | 0.28 | 0.12 | 0.10 | 1.27 | 0.4 |
| MAY | 18 | 119-125 | 0.16 | 0.14 | 0.26 | 0.20 | 2.71 | 0.9 |
| | 19 | 126-132 | 0.02 | 0.01 | 2.54 | 2.6 | 5.14* | 1.8 |
| | 20 | 133-139 | 0.45 | 0.39 | 3.44* | 4.0 | 11.57 | 4.0 |
| | 21 | 140-146 | 1.14 | 1.0 | 15.93 | 18.8 | 6.86 | 2.4 |
| | 22 | 147-153 | 14.07* | 12.3 | 24.54 | 28.9 | 7.59 | 2.6 |
| JUN | 23 | 154-160 | 18.82 | 16.5 | 18.16 | 21.4 | 10.59 | 3.7 |
| | 24 | 161-167 | 15.56 | 13.6 | 5.70 | 6.7 | 31.35 | 11.0 |
| | 25 | 168-174 | 20.87 | 18.3 | 3.91 | 4.6 | 35.75 | 12.6 |
| | 26 | 175-181 | 20.28 | 17.8 | 3.20 | 3.7 | 67.12 | 23.8 |
| | 27 | 182-188 | 22.22 | 19.4 | 7.35 | 8.6 | 101.16 | 35.7 |
| | Σ | | 113.3 | | 75.1 | | 274.4 | |

Tabla 3-20. Fechas de emergencia de adultos provenientes de pupas en diapausa confinadas en cabinas individuales.

¹ media de capturas semanales

² %= porcentaje de las capturas semanales respecto al total del período abril-junio

*= primera semana en que todas las trampas capturaron adultos de *H. armigera*

3.3. Condiciones meteorológicas

La temperatura es el factor fundamental en el proceso de rotura de diapausa, y condiciona la velocidad de desarrollo de la pupa en *Heliothinae* (Foley, 1981; López, 1986). Este hecho explica el interés que presenta el seguimiento de esta variable como herramienta para predecir la emergencia primaveral de estos insectos.

En condiciones naturales, las pupas se encuentran en cámaras de enterramiento en el suelo. Este medio, por sus características físico-químicas, presenta una temperatura que puede diferir notablemente de la temperatura del aire. Las características de color, composición, humedad (Murray y Zalucki, 1990b), cobertura vegetal, etc., modifican los valores de temperatura del suelo y su evolución a lo largo del día (inercia térmica). Por otro lado, esta variable difiere en función de la posición en el perfil del suelo. La profundidad de enterramiento de *H. armigera* varía entre 1,5 y 12 cm La clase textural (Logan *et al.*, 1990), estructura y humedad del suelo (Murray y Zalucki, 1990a) afectan estas magnitudes condicionando su desarrollo (Eger *et al.*, 1983).

En la [Figura 3-21](#) se representa la evolución de los cocientes de temperatura suelo/temperatura aire entre los meses de febrero y junio. Cabe destacar el hecho de que para los cocientes de temperaturas mínimas (7 h.) apenas hay diferencias entre 5 y 10 cm de profundidad. Por el contrario, con temperaturas máximas (13 h.), las temperaturas del suelo superficial (5 cm) son claramente superiores a las que se registraron a 10 cm de profundidad. Los cocientes crecieron hasta abril, mes a partir del cual tienden a estabilizarse sobre valores que oscilan entre 1,1 y 1,38.

La utilización de la temperatura del suelo es reconocida como un elemento clave para estudios predictivos de emergencia de *Heliothinae* (Logan *et al.*, 1979), pero el acceso a esta información es difícil ya que la mayoría de las estaciones meteorológicas no contemplan la obtención de estos registros.

Las temperaturas más altas en el suelo, sobre todo en superficie, permitieron una acumulación térmica

(grados acumulados) durante los meses de abril, mayo y junio muy superior a la que se presentó a partir de las temperaturas del aire. Wilson *et al.* (1979) indican que son necesarias temperaturas superiores a 17°C para que se rompa la diapausa de las pupas y se inicie el desarrollo normal de los individuos. Bues *et al.* (1990) proponen valores entre 18 y 21°C para se produzca esta activación. La evolución de las temperaturas en el suelo permitió que se alcanzasen estas temperaturas umbral de una forma más rápida y frecuente que en condiciones de temperatura del aire. Por ejemplo, en 1991, si se toman estos últimos valores, se observa que sólo 7 y 8 días en marzo y abril superaron los 18°C de máxima, mientras que en temperaturas de suelo a 5 cm de profundidad, los 18°C se registraron 14 y 24 días de marzo y abril, respectivamente.

Los valores de temperaturas y precipitaciones diarias del período final de invierno-primavera se muestran en la [Figura 3-22](#). Cabe destacar las diferencias de precipitaciones entre campañas y su relación con disminuciones de temperatura. Por ejemplo, la primera quincena de junio de 1992 fue especialmente lluviosa, con temperaturas inferiores a las normales de este período.

Los datos que se muestran son la media de los registros de dos observatorios de la zona del Delta del Llobregat (Aeroport y Gavà-Miranda). Las diferencias entre las medias de temperaturas registradas por ambos observatorios en un mismo día pueden alcanzar hasta 3-4 grados; en Gavà-Miranda siempre se presentan los valores más altos. Suponiendo la estandarización de los métodos de registro de temperaturas, este comportamiento confirmaría una variabilidad climática de la zona estudiada (Roses, 1989a).

3.4. Relación entre la emergencia de adultos, las capturas y las condiciones meteorológicas

Las temperaturas, sobre todo las nocturnas, afectan tanto el comportamiento de los adultos de *Heliotinae* como la eficiencia de las trampas de feromonas -difusión, radio de actividad, etc- (Hartstack *et al.*, 1978). Los datos meteorológicos disponibles permiten interpretar ciertos aspectos de la evolución de las capturas en trampas de feromonas que podrían pasar inadvertidos. Por ejemplo, en el apartado 3.2. se ha comentado la presencia de un pico de capturas a finales de mayo de 1992 produciéndose una depresión de las capturas en semanas posteriores. Este hecho puede interpretarse en base a las condiciones ambientales de este período - descenso de las temperaturas, lluvia- que afectaron negativamente las emergencias y la actividad de los adultos, y la capacidad de atracción de las trampas de feromonas.

En la [Figura 3-23](#) se puede apreciar que el inicio del vuelo (primera semana en la que se registran capturas en todas las trampas de feromonas) se produce aproximadamente una semana antes del inicio de la emergencia de los adultos confinados. Las primeras emergencias en los ensayos de pupas confinadas siempre correspondieron a hembras, mientras que en las trampas de feromonas se capturan machos. En los ensayos la emergencia de machos fue entre 7 y 13 días más tardía que la de hembras; por lo que el tiempo que media entre el inicio de vuelo y la emergencia de machos procedentes de las pupas estudiadas oscila entre 2 y 3 semanas. En la mayoría de estudios de emergencia de adultos no se realiza la separación de sexos, a diferencia de este trabajo, por lo que resulta difícil comparar estos datos con los obtenidos por otros autores.

El desplazamiento observado puede explicarse a partir de movimientos migratorios de *H. armigera* (Cabello y Salmerón, 1989; Poitout y Bues, 1979) o por el diseño experimental. Los resultados obtenidos no confirman ni descartan taxativamente ninguna de las dos hipótesis planteadas, pero la segunda posibilidad parece más pausable. La metodología de confinamiento de la pupa dentro de tubos plásticos puede modificar el intercambio térmico con el suelo. Diversos autores comentan el efecto de retraso en la emergencia de pupas respecto al inicio de las capturas en trampas de feromonas que se produce al introducir artefactos que hacen posible el control de adultos (Fitt y Daly, 1990; Rummel *et al.*, 1986). Es importante señalar que las pupas se situaron a aproximadamente 6 cm de profundidad en el suelo, cuando de observaciones posteriores (datos propios no publicados) y de los trabajos de diversos autores (Fitt y Daly, 1989; Murray y Zalucki, 1990a) se desprende que, mayoritariamente, las pupas se encuentran a 1,5-3,5 mm de profundidad. La constancia, entre años, del lapso de tiempo entre inicio de capturas y emergencias no parece un comportamiento típico debido a migraciones entre regiones, ya que éstas suelen estar ligadas a condiciones meteorológicas (Drake, 1984; Drake y Farrow, 1985) que se presentan de una forma menos sistemática. Por último, cabe observar que la zona donde se instalaron las cabinas de enterramiento está situada en municipio del Prat, próximo al río Llobregat y al observatorio meteorológico "Aeroport", donde se observa un microclima con temperaturas relativamente más bajas que en otras zonas del Delta ([III.3.4](#)). Por el contrario, los valores de capturas en trampas de feromonas procedieron de toda la zona del Delta.

Los aspectos naturales de variabilidad del entorno (microclima generado por la orientación del terreno, cobertura vegetal, exposición a vientos, etc.) y de los insectos en diapausa en una campaña concreta (características de la diapausa, profundidad de enterramiento, etc.) hacen difícil obtener una visión nítida del comportamiento de emergencia de *H. armigera* en la zona a partir de un ensayo puntual.

Los grados acumulados son un método utilizado por diversos autores en *Heliothinae* en la construcción de modelos predictivos de la emergencia de adultos en primavera. McCann *et al.* (1989) proponen un modelo de emergencia de *H. zea* que se fundamenta en una primera fase de acumulación térmica con una base de temperatura alta hasta que se rompe la diapausa, tras lo que el proceso de desarrollo de la pupa sigue con unos valores de límite inferior de desarrollo normal. En la zona estudiada en el presente trabajo sólo se podrán establecer modelos semejantes que gocen de un mínimo de fiabilidad, cuando se disponga de mayor conocimiento del comportamiento de diapausa de las poblaciones locales de *H. armigera* y una información meteorológica más exhaustiva.

IV. CONCLUSIONES

Sobre la evolución de la puesta de *H. armigera* en cultivos huéspedes.

1. Se observó la presencia de huevos de *H. armigera* de una forma ininterrumpida desde mayo hasta inicios de octubre en cultivos de tomate exterior para consumo en fresco. En clavel, la presencia de huevos de *H. armigera* se prolongó hasta las primeras semanas de noviembre.

2. En el cultivo de tomate se presentaron las densidades medias de huevos más elevadas de la campaña en el mes de julio. La puesta en los cultivos tardíos fue superior a la que se registró en las plantaciones precoces. En clavel, por el contrario, los máximos de presencia de huevos se detectaron durante el mes de septiembre.

3. El estado fenológico del cultivo del tomate tiene una gran importancia en el comportamiento de puesta de *H. armigera*. A mediados de verano, período en el que conviven plantaciones precoces y tardías, las densidades de huevos detectadas fueron superiores en este último grupo.

Sobre la relación entre densidad de huevos y capturas en trampas de feromonas.

4. Siempre que se localizaron huevos de *H. armigera*, las trampas de feromonas capturaron adultos.

5. La tendencia de las capturas a lo largo de la campaña mostró mayor relación con la evolución de las densidades de huevos en el caso del clavel que en el del tomate. En este último cultivo, durante el mes de septiembre, en el cual se presentan los máximos de capturas en trampas de feromonas, no se observó una densidad de huevos notable.

6. Los huéspedes preferenciales de puesta de *H. armigera* variaron a lo largo de la campaña. Por tanto, si se desean utilizar los valores de captura en trampas de feromonas como indicadores de riesgo de ataque sobre un cultivo concreto, éstos deberán interpretarse en función de la situación fenológica de éste y del entorno agrícola.

7. En cultivo del tomate se obtuvieron correlaciones positivas y altamente significativas entre las densidades de huevos y los niveles de capturas en trampas de feromonas para la mayoría de los intervalos fenológicos propuestos. Se establecieron modelos de regresión lineal significativos de la variable densidad de huevos respecto capturas ($r^2 = 0.05-0.36$). Las funciones generadas presentan intervalos amplios, pero permiten estimar de una forma bastante ajustada los valores esperados de densidad de huevos para la zona.

8. En cultivo de clavel los valores de coeficiente de correlación huevos/capturas ($r = 0.73-0.83$) fueron significativamente más altos que los observados en tomate. La homogeneidad fenológica y la estabilidad de la unidad muestral favorecieron esta correlación más estrecha.

9. A partir de las variables de captura, fenología y temporales es posible tanto realizar predicciones de densidad de huevos esperados de *H. armigera* sobre tomate y clavel como plantear períodos de riesgo en la zona estudiada. Pero a nivel de campo concreto la exactitud del modelo no parece suficiente.

Sobre el efecto de las características intrínsecas de las trampas de feromonas en su capacidad de captura.

10. Las capturas de machos de *H. armigera* en trampas de feromonas están muy vinculadas a sus características constitutivas. La procedencia de la cápsula y su antigüedad, así como el diseño de la trampa fueron factores importantes que incidieron en el potencial de captura de las trampas de feromonas.

11. Las variaciones en los elementos constitutivos de las trampas o en su manejo pueden condicionar la utilidad de las relaciones cuantitativas entre la densidad de huevos y las capturas.

Sobre la emergencia de adultos y capturas en trampas de feromonas al inicio de campaña.

12. La emergencia de adultos provenientes de pupas en diapausa se produjo entre la segunda quincena de mayo y el mes de junio. Los valores medios de emergencia se situaron entre el 30 de mayo y el 13 de junio.

13. Las hembras de *H. armigera* emergieron más precozmente que los machos, con diferencias de 7-13 días entre medias.

14. Las capturas en trampas de feromonas se produjeron de forma previa a la emergencia de los adultos provenientes de las pupas en diapausa estudiadas. El lapso de tiempo entre el inicio de las capturas y la emergencia de machos de *H. armigera* fue de 2-3 semanas en función de la campaña. Este resultado parece obedecer más a cuestiones de diseño experimental que a posibles migraciones de adultos procedentes de otras zonas.

V. BIBLIOGRAFÍA

ALBAJES, R.; GABARRA, R.; CASTAÑE, C.; BORDAS, E.; ALOMAR, O.; CARNERO, A. (1985) Pest problems in field tomato crops in Spain. En: *Progress on pest management in field vegetables*, pp. 197-207. Proc. of the CEC/IOBC Expert's Group Meeting. Rennes.

ALOMAR, O.; CASTAÑE, C.; GABARRA, R.; ARNO, J.; ARIÑO, J.; ALBAJES, R. (1991) Conservation of native mirid bugs for biological control in protected and outdoor tomato crops. En: *Integrated control in protected crops under mediterranean climate*, Meeting Alassio (I) pp. 33-47. IOBC/WPRS Bulletin XIV/5.

ALVARADO-RODRIGUEZ, B.; LEIGH, T.F.; LANGE, W.H. (1982) Oviposition site preference by the tomato fruitworm (Lepidoptera: Noctuidae) on tomato, with notes on plant phenology. *J. Econ. Entomol.*, **75**, 895-898.

ARN, H.; TOTH, M.; PRIESNER, E. (1986) *List of sex pheromones of Lepidoptera and related attractants*. IOBC-WPRS.

AVRDC (1986) Pheromones studies with tomato fruitworm. *Tomato entomology. AVRDC Progress report*, 266-273.

BARREIRO-GARCIA, J.M.; ORTIZ-GARCIA, P. (1990) Phenology of *Heliothis armigera*, *Agrotis segetum* and *Agrotis ipsilon* in the Badajoz area (Spain) years 1897 and 1988. En: *Prognosis and integrated control against migrant noctuids. Meeting Prilep.Yu.*, pp. 1-5. IOBC/WPRS Bulletin XIII/3.

BIURRUN, R.; ESPARZA, M. (1991) El taladro del tomate y pimiento. *Navarra agraria*, **64**, 13-19.

BUES, R.; HMIMINA, M.; POITOUT, S.; GABARRA, R. (1989) Différents états de diapause nymphale et stratégie d'hivernation de *Heliothis armigera* Hübn. (Lep.: Noctuidae). *J.Appl.Entomol.*, **107**, 376-386.

BUES, R.; POITOUT, H.S.; TOUBON, J.F. (1985) Utilisation dans le cadre d'une lutte raisonnée des phéromones sexuelles de quatre espèces de lépidoptères noctuidae (*Mamestar brassicae* L., *Scotia segetum* Schiff., *Scotia ipsilon* Hfn., *Heliothis armigera* Hbn.). *Les colloques de l'INRA*, **46**, 139-156.

BUES, R.; TOUBON, J.F.; POITOUT, H.S.; BOUDINHON, L. (1988) Dynamique des populations et lutte microbiologique contra la noctuelle de la tomate (*H. armigera*) sous serre dans le sud de la France. *P.H.M.-Revue Horticole*, **285**, 43-48.

BUES, R.; TOUBON, J.F.; POITOUT, S.; VILLEVIELLE, M. (1990) Les émergences printanières de *Heliothis armigera* Hb. dans le sud de la France en relation avec les différents états de diapause nymphale et la migration. En: *Prognosis and integrated control against migrant noctuids. Meeting Prilep.Yu.*, pp. 82-87. IOBC/WPRS Bulletin XIII/3

CABELLO, T.; SALMERON, 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.

CALLAHAN, P.S.; SPARKS, A.N.; SNOW, J.W.; COPELAND, W.W. (1972) Corn earworm moth: Vertical distribution in nocturnal flight. *Environ.Entomol.*, **1**, 467-503.

CAMPION, D.G. (1984) Survey of pheromone uses in pest control. En: *Techniques in pheromone research*, (Eds M.E. Hummel y J.A. Miller), pp. 405-449. Springer-Verlag, N.Y.

CARDE, R.T.; WEBSTER, R.P. (1980) Endogenous and exogenous factors controlling insect sex pheromone production and responsiveness, particularly among Lepidoptera. En: *Regulation of insect development and behaviour*, pp.977-991. Inst.Organ.Phys.Chem.Wroclaw Tech.Univ.Sci.Pap.

CASTAÑE, C.; BORDAS, E.; GABARRA, R.; ALOMAR, O.; ADILLON, J.; ALBAJES, R. (1988) Situación actual del control integrado en tomate temprano en El Maresme. *Horticultura*, **38**, 7-17.

CAYROL, R.A. (1972) Famille des Noctuidae. En: *Entomologie appliquée à l'Agriculture*. (Eds.Balachowsky, A.S.) pp. 1255-1471. Masson et Cie. Paris.

COMMON, I.F.B. (1953) The Australian species of *Heliothis* (Lepidoptera: Noctuidae) and their pest status. *Aust.J.Zool.*, **1**, 319-344.

COOP, L.B.; DRAPEK, R.J.; CROFT, B.A.; FISHER, G.C. (1992) Relationship of corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) pheromone catch and silking to infestation levels in Oregon sweet corn. *J.Econ.Entomol.*, **85**, 240-245.

CHOWDHURY, M.A.; CHALFANT, R.B.; YOUNG, J.R. (1987) Comparison of sugarline sampling and pheromone trapping for monitoring adult populations of corn earworm and fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) in sweet corn. *Environ.Entomol.*, **16**, 1241-1243.

D.A.R.P. (1986) *L'agricultura a les comarques de Catalunya. Superfície i produccions, 1984*, DARP, Generalitat de Catalunya..

DENT, D.R.; PAWAR, C.S. (1988) The influence of moonlight and weather on catches of *Helicoverpa armigera* (Hübner)(Lepidoptera:Noctuidae) in light and pheromone traps. *Bull.Ent.Res.*, **78**, 365-377.

DRAPEK, R.J.; COOP, L.B.; CROFT, B.A.; FISHER, G.C. (1990) *Heliothis zea* pheromone trapping:

- studies of trap and lure combinations and field placement in sweet corn. *Southwest Entomol.*, **15**, 63-69.
- DRAKE, V.A. (1984) The vertical distribution of macro-insects migrating in the nocturnal boundary layer: A radar study. *Boundary-Layer Meteorol.*, **28**, 353-374.
- DRAKE, V.A. (1991) Methods for studying adult movement in *Heliothis*. En: *Heliothis: Research methods and prospects*, (Ed. M.P. Zalucki), pp. 109-121. Springer-Verlag. N.Y.
- DRAKE, V.A.; FARROW, R.A. (1985) A radar and aerial-trapping study of an early spring migration of moths (Lepidoptera) in inland New South Wales. *Aust.J.Ecol.*, **10**, 223-235.
- DUNKELBLUM, E.; GOTHILF, S.; KEHAT, M. (1980) Identification of the sex pheromone of the cotton bollworm *Heliothis armigera*, in Israel. *Phytoparasitica.*, **8**, 209-211.
- EGER, J.E.; STERLING, W.L.; HARTSTACK, A.W. (1983) Winter survival of *Heliothis virescens* and *Heliothis zea* (Lepidoptera: Noctuidae) in College Station, Texas. *Environ.Entomol.*, **12**, 970-975.
- EHRLIC, P.R.; RAVEN, P.H. (1964) Butterflies and plants: a study in coevolution. *Evolution*, **18**, 568-608.
- FARROW, R.A.; DALY, J.A. (1987) Long-range movements as an adaptive strategy in the genus *Heliothis* (Lepidoptera: Noctuidae): a review of its occurrence and detection in four pest species. *Aust.J.Zool.*, **35**, 1-24.
- FARROW, R.A.; MCDONALD, G. (1987) Migration strategies and outbreaks of noctuids pests in Australia. *Insect Sci.Its Applic.*, **8**, 531-542.
- FIREMPONG, S.; ZALUCKI, M.P. (1991) Host plant selection by *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae): the role of some herbivore attributes. *Aust.J.Zool.*, **39**, 343-350.
- FITT, G. (1989) The ecology of *Heliothis* species in relation to agrosystems. *Annu.Rev.Entomol.*, **54**, 17-52.
- FITT, G.P. (1991) Host selection in the *Heliothinae*. En: *Reproductive behaviour in insects-Individuals and populations.*, (Eds. J. Ridsdill-Smith y W. Bailey). Chapman and Hall, London.
- FITT, G.P.; DALY, J.C. (1988) The overwintering foe: Winter populations of *Heliothis* in cottongrowing areas and the importance of stubble cultivation. En: *Proc. Australian Cotton Conference. Agosto, 17-18, Surfers Paradise, Qld.*, pp. 13-24.
- FITT, G.P.; DALY, J.C. (1990) Abundance of overwintering pupae and the spring generation of *Helicoverpa* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) in northern New South Wales, Australia: Implications for pest management. *J.Econ.Entomol.*, **83**.
- FOLEY, D.H. (1981) Pupal development rate of *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae) under constant and fluctuating temperatures. *J.Aust.Entomol.Soc.*, **20**, 13-20.
- GABARRA, R. (1990a) Evaluation of the methods for the prognosis of *Heliothis armigera* populations. En: *Prognosis and integrated control against migrant noctuids. Meeting Prilep.Yu.*, pp. 93-99. IOBC/WPRS Bulletin XIII/3.
- GABARRA, R. (1990b) Report on the catches of *Heliothis armigera*, *Agrotis ipsilon* and *Agrotis segetum* in pheromone traps in Catalonia (Spain) within the framework of the OILB network. En: *Prognosis and integrated control against migrant noctuids. Meeting Prilep.Yu.*, pp. 22-23. IOBC/WPRS Bulletin XIII/3.
- GARCIA, F.; ALVEZ, C.; ARIAS, A. (1980) Observaciones biológicas sobre *Heliothis (Heliothis armigera Hb.)* en cultivo de tomate. Badajoz 1975, 1976, 1977 y 1978. *Comunicaciones del Servicio de Defensa contra Plagas.Serie: Estudios y Experiencias*, **22**.
- GAUTHIER, N.L.; LOGAN, P.A.; TEWKSBURY, L.A.; HOLLINGSWORTH, C.F.; WEBER, D.C.; ADAMS, R.G. (1991) Field bioassay of pheromone lures and trap designs in monitoring adult corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) in sweet corn in Southern New England. *J.Econ.Entomol.*, **84**, 1833-1836.
- GIRET, M.; COUILLOUD, R. (1982) Effet de la température sur le stade nymphal d'*Heliothis armigera* Hübn.(Lep.Noctuidae): Technique de conservation par l'arrêt de développement. *Coton Fibres trop.*, **37**, 271-276.
- GOODENOUGH, J.L.; WITZ, J.A.; LOPEZ, J.D.; HARTSTACK, A.W. (1988) Patterns of occurrence of *Heliothis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae), 1983-1985. *J.Econ.Entomol.* **81**, 1624-1630.
- GOTHILF, S.; KEHAT, M.; DUNKELBLUM, E. (1981) Sex pheromones for monitoring populations of *Heliothis armigera*. *Phytoparasitica*, **9**, 78-79.
- GOTHILF, S.; KEHAT, M.; DUNKELBLUM, E.; JACOBSON, M. (1979) Efficacy of (Z)-11-hexadecenal and (Z)-11-tetradecenal as sex attractants for *Heliothis armigera* on two different dispensers. *J. Econ. Entomol.*, **72**, 718-720.
- GREENSTONE, M.H.; STUART, M.K.; HAUNERLAND, N.H. (1991) Using monoclonal antibodies for phylogenetic analysis: an example from the *Heliothinae* (Lepidoptera: Noctuidae). *Annu.Entomol.Soc.Am.*, **84**, 457-464.
- GREGG, P.C.; WILSON, A.G.L. (1991) Trapping methods for adults. En: *Heliothis: Research methods and prospects*, (Ed. M.P. Zalucki), pp. 30-48. Springer-Verlag. N.Y.
- GRICHANOV, I.Y. (1986) Evaluation of numbers of the cotton bollworm using pheromones. *Zashchita rasteniy (Ru)*, **12**, 42-43.

GRICHANOV, I.Y.; KONONENKO, A.P. (1989) Elaboración de métodos prácticos de utilización de trampas de feromonas para el gusano del algodón (Ru). *Noticias de la Academia de Ciencias de la Rep. del Tadjikistan*, 1-14.

GROSS, H.R.JR.; CARPENTER, J.E. (1989) Comparative performance of standard and modified pheromone-baited wing traps for capturing *Heliothis zea* (Boddie)(*Lepidoptera: Noctuidae*). *J.Entomol.Sci.*, **24**, 482-488.

GROSS, H.R.JR.; CARPENTER, J.E.; SPARKS, A.N. (1983) Visual acuity of *Heliothis zea* (*Lepidoptera: Noctuidae*) males as a factor influencing the efficiency of pheromone traps. *Environ.Entomol.*, **12**, 844-847.

HAGGIS, M.J. (1982) Distribution of *Heliothis armigera* eggs on cotton in the Sudan Gezira: Spatial and temporal changes and their possible relation to weather. En: *Proc.Int.Workshop on Heliothis Management. Nov.1981. Patancheru, India*, (eds W.Reed y V.Kumble), pp. 87-99. ICRISAT.

HALFHILL, J.E.; MCDONOUGH, L.M. (1985) *Heliothis zea* (Boddie): formulation parameters for its sex pheromone in rubber septa. *Southwest.Entomol.*, **10**, 176-180.

HAMILTON, J.T.; MACDONALD, J.A. (1990) Egg-based spray thresholds for the control of *Helicoverpa* spp. on processing tomatoes. *Plant Protection Quarterly*, **5**, 28-30.

HARTSTACK, A.W.; HOLLINGSWORTH, J.P.; WITZ, J.A.; BUCH, D.R.; LOPEZ, J.D.; HENDRICKS, D.E. (1978) Relation of tobacco budworm catches in pheromone baited traps to field populations. *Southwest. Entomol.*, **3**, 43-51.

HARTSTACK, A.W.; LOPEZ, J.D.; MULLER, R.A.; STERLING, W.L.; KING, E.G.; WITZ, J.A.; EVERSULL, A.C. (1982) Evidence of long-range migration of *Heliothis zea* (Boddie) into Texas and Arkansas. *Southwest.Entomol.*, **7**, 188-201.

HARTSTACK, A.W.; WITZ, J.A. (1981) Estimated field populations of tobacco budworm moths from pheromone trap catches. *Environ. Entomol.*, **10**, 908-914.

HARTSTACK, A.W.; WITZ, J.A. (1982) Models for cotton insect pest management. En: *Cotton insect management with special reference to the boll weevil*, (Eds. Ridgway, T.L. y Lloyd, E.P.; Cross, W.H.) pp. 359-381. USDA Agric. Handbook 587.

HARTSTACK, J.R.; WITZ, J.A.; HOLLINGSWORTH, J.P.; BULL, D.L. (1976) SPERM: A sex pheromone emission and response model. *Trans. ASAE*, **19**, 1170-1174.

HARTSTACK, A.W.; WITZ, J.A.; BUCK, D.R. (1979) Moth traps for the tobacco budworm. *J.Econ.Entomol.*, **72**, 519-522.

HAYES, J.L. (1990) Relating *Heliothis* spp. pheromone trap captures to egg counts in cotton: third year data from the Delta of Mississippi. En: *Proc. of the Beltwide Cotton Production Research Conference. Enero, 1990. Las Vegas, Nev.*, (Ed. J.M. Brown), pp. 198-203.

HAYES, J.L. (1991) Dynamics of nocturnal activity of moths in the *Heliothis* complex (*Lepidoptera: Noctuidae*) in cotton. *J.Econ.Entomol.*, **84**, 855-865.

HAYES, J.L.; COLEMAN, R.J. (1989) Relating *Heliothis* spp. pheromone trap captures to egg counts in cotton: II. Second year data from the Mississippi Delta. En: *Proc. of the Beltwide Cotton Production Research Conference. Enero, 1989*, pp. 313-316.

HAYES, J.L.; COLEMAN, R.J.; KING, E.G. (1988) Relating *Heliothis* spp. pheromone trap captures to egg counts in cotton: data from the Delta of Mississippi. En: *Proc.of the Beltwide Cotton Production Research Conference. Enero, 1988.New Orleans.*, (ed. J.M. Brown), pp. 265-268.

HENDRICKS, D.E. (1991) Mortality of tobacco budworm and bollworm pupae caused by inundation of delta region alluvial soils. *Southwest.Entomol.*, **16**, 179-184.

HENDRICKS, D.E.; PEREZ, C.T.; GUERRA, R.J. (1980) Effects of nocturnal wind on pheromone performance of two sex pheromone traps for noctuid moths. *Environ.Entomol.*, **9**, 483-485.

HENDRICKS, D.E.; WOLLINGSWORTH, J.P.; HARTSTACK, A.W. (1972) Catch of tobacco budworm moths influenced by color of sexlure traps. *Environ.Entomol.*, **1**, 48-51.

HENNEBERRY, T.J.; CLAYTON, T.E. (1984) Time of emergence, mating, sperm movement and transfer of ejaculatory duct secretory fluid by *Heliothis virescens* (F.) (*Lepidoptera: Noctuidae*) under reversed light-dark cycle laboratory conditions. *Ann.Entomol.Soc.Am.*, **77**, 301-305.

HENNEBERRY, T.J.; CLAYTON, T.E. (1991) Tobacco budworm (*Lepidoptera: Noctuidae*): temperature effects on mating, oviposition, egg viability, and longevity. *J.Econ.Entomol.*, **84**, 1242-1246.

HMIMINA, M. (1979) Cycle et importance économique de *Heliothis armigera* Hb. sur tomate sur la côte atlantique marocaine *Al-Awamja*, **57**, 1-20.

HMIMINA, M. (1988) Potentiel biotique de *Heliothis armigera* Hbn. (*Lepidoptera: Noctuidae*): influence du substrat alimentaire et incidence sur l'occupation des cultures. *J.Appl.Entomol.*, **106**, 241-251.

HOFFMAN, M.; WILSON, L.T.; ZALOM, F.G. (1991) Area-wide pheromone trapping of *Helicoverpa zea* and *Heliothis phloxiphaga* (*Lepidoptera: Noctuidae*) in the Sacramento and San Joaquin Valleys of California.

J.Econ.Entomol., **84**, 902-011.

HOFFMAN, M.P.; WILSON, F.G.; ZALOM, F.G.; COVIELLO, R.; MURRAY, M.; GOODELL, P.B.; ROUGH, D. (1990) Trapping tomato fruitworm in the Central Valley. *California agriculture*, **44**, 33-35.

HOFFMANN, M.P.; WILSON, L.T.; ZALOM, F.G.; MCDONOUGH, L. (1986) Lures and traps for monitoring tomato fruitworm. *California agriculture*, **40**, 17-18.

HOLINGSWORT, J.P.; HARTSTACK, A.W.; BUCK, D.R.; HENDRICKS, D.E. (1978) Electric and nonelectric moth trap baited with the synthetic sex pheromone of the tobacco budworm. *USDA, ARS-S-173*, 1-13.

HOLLOWAY, J.D. (1977) *The Lepidoptera of Norfolk Island: Their Biogeography and Ecology*, The Hague. Junk.

HUGHES, R.D. (1979) Movement in population dynamics. En: *Movement of highly mobile insects: Concept and methodology in research.*, (Eds. R.L. Rabb y G.G. Kennedy), pp. 14-34. University Graphics, Raleigh, North Carolina.

IVES, P.M.; MOON, R.D. (1987) Sampling theory and protocol for insects. En: *Crop loss assessment and pest management*, (ed P.S. Teng), pp.49-75. A.P.S., New York

IZQUIERDO, J. (1992) *Possibilitat de caracterització dels nivells d'atac d'Heliothis armigera* (Hübner) en tomàquet exterior per al consum en fresc a partir de trampes de feromona sexual., Ajuts a la recerca. Fundació "Caixa Barcelona".

IZQUIERDO, J.; FIGUERAS, M. (1993) Niveles de distribución de la puesta de *Helicoverpa armigera* (Hbn.) en cultivo de tomate exterior para consumo en fresco. *Investigación Agraria*. **8**, (en prensa).

IZQUIERDO, J.; BELLAVISTA, J.; SORRIBAS, X. (1991) Nivel de especificidad de trampas cebadas con feromona sexual de *Heliothis* (= *Helicoverpa*) *armigera* (Hübner)(Lepidoptera:Noctuidae) en el litoral barcelonés. *Bol.San.Veg.Plagas*, **17**, 555-561.

IZQUIERDO, J.; SAMPOL, K.; SORRIBAS, X. (1992) Comparación de cápsulas de feromona atrayente sexual de *Heliothis* (*Helicoverpa*) *armigera* (Hübner)(Lepidoptera:Noctuidae). *Bol.San.Veg.Plagas*, **18**, 427-434.

IZQUIERDO, J.; SOLANS, P.; VITALLE, J. (1993) Parasitoides y depredadores de *Helicoverpa armigera* (Hübner) en cultivos de tomate para consumo en fresco. En: *Resum. IV Jorn. Soc.Esp. Entomol. Apl.* Tenerife, p 99.

JACKSON, D.M.; SEVERSON, R.F.; JOHNSON, A.W.; HERZOG, G.A. (1986) Effects of cuticular duvane diterpenes from green tobacco leaves on tobacco budworm (Lepidoptera:Noctuidae) oviposition. *J.Chem.Ecol.*, **12**, 1349-1359.

JACKSON, M. (1990) Plant-insect behavioral studies: Examples with *Heliothis* and *Manduca* species. *Fla.Entomol.*, **73**, 379-391.

JOHNSON, D.R. (1983) Relationship between tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae) catches when using pheromone traps and egg counts in cotton. *J.Econ.Entomol.*, **76**, 182-183.

JOHNSON, M.W.; STINNER, R.E.; RABB, R.L. (1975) Ovipositional response of *Heliothis zea* (Boddie) to its major host in North Carolina. *Environ.Entomol.*, **4**, 291-297.

JOYCE, R.J.V. (1982a) The control of migrant pests. En: *Animal Migration*, (ed. D.J.Aidley), pp. 209-229. Cambridge University Press

JOYCE, R.J.V. (1982b) A critical review of the role of chemical pesticides in *Heliothis* management. En: *Proc.Int.Workshop on Heliothis Management. Nov.1981. Patancheru, India.*, (eds. W.Reed y V.Kumble), pp.173-188. ICRISAT

KARANDINOS, M.G. (1976) Optimum sample size and comments on some published formulae. En: *Texas threshold recommendation in cotton: sample size and accuracy for Heliothis spp.*, (eds M.L. Watters, O.C. Jenkins, J.K. Walker) pp. 346-357. Southwest.Entomol. **15** (3).

KAY, I.R. (1982) The incidence and duration of pupal diapause in *Heliothis armigera* (Lepidoptera:Noctuidae) in southeast Queensland. *J.Aust.Entomol.Soc.*, **20**, 263-266.

KEHAT, M.; GREENBERG, S. (1978) Efficiency of the synthetic sex attractant and the effect of trap size on captures of *Spodoptera littoralis* males in water traps and dry funnel traps. *Phytoparasitica*, **6**, 79-83.

KEHAT, M.; GOTHILF, E.; DUNKELBLUM, E.; GREENBERG, S. (1982) Sex pheromones traps as a means of improving control programs for the cotton bollworm, *Heliothis armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *Environ.Entomol.*, **11**, 727-729.

KEHAT, M.S.; GOTHILF, E.; DUNKELBLUM, E.; GREENBERG, S. (1980) Field evaluations of female sex pheromone components of the cotton bollworm, *Heliothis armigera*. *Entomol.Exp.Appl.*, **27**, 188-193.

KONONENKO, A.P.; GRICHANOV, I.Y.; KIROV, Y.I.; MAIOROV, V.I. (1986) Correlación entre la captura de mariposas del gusano del algodón en trampas y la población de estadios preimaginales.(Ru). *Boletín de la Academia de Ciencias de Tadjikistan*, **3**, 51-55.

- KOU, R.; CHOW, Y.S. (1987) Emergence time and mating-related behavior of the cotton bollworm, *Heliothis armigera*, (Lepidoptera:Noctuidae) in reversed photoperiod. *Bull.Inst.Academia Sinica*, **26**, 179-186.
- LACASA, A. (1990) Las plagas en el cultivo del tomate. *Agrícola Vergel*, **108**, 1001-1007.
- LAM, J.J.; BAUMHOVER, A.H. (1982) Nocturnal response of *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) to artificial light and sex pheromones. *Environ.Entomol.*, **11**, 1032-1035.
- LASTER, M.L.; KITTEN, W.F.; KNIPLING, E.F.; MARTIN, D.F.; SCHNEIDER, J.C.; SMITH, J.W. (1987) Estimates of overwintered population density and adult survival rates for *Heliothis virescens* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Mississippi delta. *Environ.Entomol.*, **16**, 1076-1081.
- LATHEEF, M.A.; LOPEZ, J.R.; WITZ, J.A. (1991) Reproductive condition of female corn earworm (Lepidoptera: Noctuidae) moths from sweep net and blacklight trap collections in corn. *Environ.Entomol.*, **20**, 736-741.
- LEGASPI, B.A.C.JR.; STERLING, W.L.; HARTSTACK, A.W.; DEAN, D.A. (1989) Testing the interactions of pest-predator-plant components of the TEXCIM model. *Environ. Entomol.*, **18**, 157-163.
- LEONARD, B.R.; GRAVES, J.B.; BURRIS, E.; PAVLOFF, A.M.; CHURCH, G. (1989) *Heliothis spp.* (Lepidoptera: Noctuidae) captures in pheromone traps: species composition and relationship to oviposition in cotton. *J.Econ.Entomol.*, **82**, 574-579.
- LEONHARDT, B.A.; CUNNINGHAM, R.T.; DICKERSON, W.A.; MASTRO, V.C.; RIDGWAY, R.L.; SCHWALBE, C.P. (1990) Dispenser design and performance criteria for insect attractants. En: *Behaviour modifying chemicals for insect management*, (eds R.L. Ridway i R.M. Silverstein), pp. 113-130. Marcel Dekker Inc. N.Y.
- LINGREN, P.D.; RAULSTON, J.R.; SPARKS, A.N.; PROSHOLD, F.L. (1979) Tobacco budworm: Nocturnal behaviour of laboratory reared irradiated and native adults in the field. *USDA-ARSW-5*, 1-17.
- LINGREN, P.D.; SPARKS, A.N.; RAULSON, J.R.; WOLF, W.N. (1978) Applications for nocturnal studies of insects. *Bull Entomol. Soc.Am.*, **24**, 206-212.
- LINGREN, P.D.; WOLF, W. (1982) Nocturnal activity of the tobacco budworm and other insects.En: *Biometeorology in integrated pest management.*, Hatfield, J.L.; Thomason, I.J., 211-228. Academic press, New York.
- LOGAN, J.A.; STINNER, R.E.; RABB, R.L.; BACHELER, J.S. (1979) A descriptive model for predicting spring emergence of *Heliothis zea* populations in North Carolina. *Environ.Entomol.*, **8**, 141-146.
- LOPEZ, J.D. (1986) Thermal requirements for diapause termination in laboratory cultures of *Heliothis zea* and *H. virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). *Environ.Entomol.*, **15**, 919-923.
- LOPEZ, J.D.; HARTSTACK, A.W. (1983) Tobacco budworm (Lepidoptera:Noctuidae): emergence from overwintering, with notes on predation by vertebrates. *J.Econ.Entomol.*, **76**, 278-282.
- LOPEZ, J.D.; HARTSTACK, A.W. (1985) Comparison of diapause development in *Heliothis zea* and *H. virescens* (Lepidoptera: Noctuidae). *Ann.Entomol.Soc.Am.*, **78**, 415-422.
- LOPEZ, J.D.; GOODENOUGH, J.L.; HENDRIKS, D.E. (1988a) Evaluation of two pheromone dispensers in combination with plastic and wire cone traps for tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae). *J.Econ.Entomol.*, **81**, 1750-1753.
- LOPEZ, J.D.; WITZ, J.A.; LATHEEF, R.S.; EYSTER, R.S; GOODENOUGH, J.L.; SHAVER, T.N. (1988b) Relationship between captures of *Heliothis spp.* in pheromone traps and field populations in the Brazos River Valley of Texas. En: *Proc. Beltwide Cotton Prod. Res. Conf. New Orleans*, pp 326-329.
- LOPEZ, J.D.; SHAVER, T.N.; DICKERSON, W.A. (1990) Population monitoring of *Heliothis spp.* using pheromones. En: *Behaviour modifying chemicals for insect management*, (eds R.L. Ridway i R.M. Silverstein), pp. 473-496. Marcel Dekker Inc. N.Y.
- LORENZ, N.; LANGERBRUCH, G.A (1989) Applicability of pheromone-baited traps for monitoring the european corn borer (*Ostrinia nubilialis* Hbn. *Lepidoptera:Pyralidae*) in South Hesse (Federal Republic of Germany). En: *Current status of insect monitoring with attractants*, pp. 52-53. IOBC/WPRS Butlletin XII/2
- MALAUSSA, J.C. (1989) Lutte intégrée sous serre: Les punaises prédatrices Mirides dans les cultures solanacées de sud-est de la France. *Revue Horticole*, **298**, 39-43.
- MBATA, G.N.; RAMASWAMY, S.B. (1990) Rhythmicity of sex pheromone content in female *Heliothis virescens*: impact of mating. *Physiol.Entomol.*, **15**, 423-432.
- MBATA, G.N.; RAMASWAMY, S.B. (1991) Relationship between pheromone titer and mating in *Heliothis virescens* (F.)(Lep.,Noctuidae). *J.Appl.Entomol.*, **111**, 237-242.
- MCCANN, I.R.; LOPEZ, J.D.; WITZ,J.A. (1989) Emergence model for field populations of overwintering *Heliothis zea* and *H.virescens* (Lepidoptera:Noctuidae). *Environ.Entomol.*, **18**, 618-624.
- MEIERROSE, C.; ARAUJO, J. (1990) Evaluation critique des pièges lumineux et à phéromone pour *Heliothis armigera* in Alentejo, Portugal. En: *Prognosis and Integrated control against migrant noctuids. Meeting Prilep. Yu.*, pp. 30-39. IOBC/WPRS Butlletin XIII/3.

- MITCHELL, E.R.; AGEE, H.R.; HEATH, R.R. (1989) Influence of pheromone trap color and design on capture of male velvetbean caterpillar and fall armyworm moths (*Leidoptera: Noctuidae*). *J.Chem.Ecol.*, **15**, 1775-1784.
- MORTON, R.; TUART, L.D.; WARHOUGH, K.G. (1981) The analysis and standardization of light-trap catches of *Heliothis armigera* (Hübner) and *H. punctigera* (Wallengren)(*Lepidoptera: Noctuidae*). *Bull.Ent.Res.*, **71**, 207-225.
- MUELLER, T.F.; HARRIS, V.E.; PHILLIPS, J.R. (1984) Theory of *Heliothis* (Lepidoptera:Noctuidae) management through Reduction of the first spring generation: A critique. *Environ.Entomol.*, **13**, 625-634.
- MURRAY, D.A.H.; WILSON, A.G.L. (1991) Methods for studying diapause. En: *Heliothis: Research methods and prospects*, (ed M.P. Zalucki), pp. 30-48. Springer-Verlag. N.Y.
- MURRAY, D.A.H.; ZALUCKI, M.P. (1990a) Survival of *Helicoverpa punctigera* (Wallengren) and *H. armigera* (Hübner) (Lepidoptera:Noctuidae) pupae submerged in water. *J.Aust.Entomol.Soc.*, **29**, 191-192.
- MURRAY, D.A.H.; ZALUCKI, M.P. (1990b) Effect of soil moisture and simulated rainfall on pupal survival and moth emergence of *Helicoverpa punctigera* (Wallengren) and *H. armigera* (Hübner) (Lepidoptera:Noctuidae). *J.Aust.Entomol.Soc.*, **29**, 193-197.
- NESBITT, B.F.; BEEVOR, P.S.; HALL, D.R.; LESTER, R. (1979) Females sex pheromones components of the cotton bollworm, *Heliothis armigera*. *J.Insect.Physiol.*, **25**, 535-541.
- NESBITT, B.F.; BEEVOR, P.S.; HALL, D.R.; LESTER, R. (1980) (Z)-9-hexadecenal: A minor component of the female sex pheromone of *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Entomol.Exp. Appl.*, **27**, 306-308.
- NEWTON, P.J. (1987) The potential of sintetic sex pheromone traps for monitoring out-breaks of *Heliothis armigera* (Hübner)(Lepidoptera: Noctuidae) on citrus. *Citrus J.*, **2**, 7-10.
- NILAKHE, S.S.; CHALFANT, R.B. (1981) Distribution of insect pest eggs on processing tomato plants. *J.Ga.Entomol.Soc.*, **16**, 445-451.
- PAWAR, C.S.; BHATNAGAR, V.S.; JADHAV, D.R. (1986) *Heliothis* species and their natural enemies, with their potential for biological control. *Proc Indian Acad.Sci.*, **95**, 695-703.
- PAWAR, C.S.; BHATNAGAR, V.S.; JADHAV, D.R. (1989) *Helicoverpa* on *Sorghum*. *Indian J.Entomol.*, **51**, 416-421.
- PAWAR, C.S.; SITHANANTHAM, S.; BHATNAGAR, V.S.; SRIVASTAVA, C.P.; REED, W. (1988) The development of sex feromone trapping of *Heliothis armigera* at ICRISAT, India. *Trop.Pest Manage.*, **34**, 39-43.
- PEDGLEY, D.E. (1985) Windborne migration of *Heliothis armigera* to the British isles. *Entomol.Gaz.*, **36**, 15-20.
- PERKINS, B.D.; MERCADIER, G. (1989) Comparative effectiveness of three pheromone traps. En: *Current status of insect monitoring with attractants*, pp. 98-99. IOBC/WPRS Butletin XII/2
- PHILLIPS, J.R.; NEWSON, L.D. (1966) Diapause in *Heliothis zea* and *H. virescens* (Lep. Noctuidae). *Ann.entomol.Soc.Am.*, **59**, 154-159.
- PICCARDI, P.; CAPIZZI, A.; CASSANI, G.; SPINELLI, P.; ARSURA, E.; MASSARDO, P. (1977) A sex pheromone component of the Old Wold bollworm, *Heliothis armigera*. *J.Insect.Physiol.*, **23**, 1443-1445.
- POITOUT, H.S.; BUES, R. (1974) Elevage de chenilles de vingt-huit espèces de lépidoptères *Noctuidae* et deux espèces d'*Arctiidae* sur milieu artificiel simple. Particularités de l'elevage selon les espèces. *Ann.Zool.Ecol.Anim.*, **6**, 431-441.
- POITOUT, H.S.; BUES, R. (1979) La noctuelle de la tomate. *Heliothis* ou *Helicoverpa armigera*. Son cycle évolutif dans le Sud de la France. *La Défense des Végétaux*, **195**, 12-27.
- POOLE, R.W. (1989) A general synopsis of the systematics of *Heliothis* and *Helicoverpa*. En: *Proc. Workshops of biological control of Heliothis*, New Delhi, 1985, (eds. King, E.G.; Jackson, R.D.) pp.161-171. USDA
- PROSHOLD, F.I. (1991) Mating status of tobacco budworm (*Lepidoptera: Noctuidae*) males captured in pheromone traps compared with males and females collected at night by hand. *J.Econ.Entomol.*, **84**, 1492-1498.
- PROSHOLD, F.I.; LASTER, M.L.; MARTIN, D.F.; KING, E.G. (1982) The potencial for hybrid sterility in *Heliothis* management. En: *Proc.Int.Workshop on Heliothis Management. Nov.1981. Patancheru, India.*, (eds. W.Reed y V.Kumble), pp.329-339. ICRISAT
- RAINA, A.K.; DAVIS, J.C.; STADELBACHER, E.A. (1991) Sex pheromone production and calling in *Helicoverpa zea* (Lepidoptera:Noctuidae): Effect of temperature and light. *Environ.Entomol.*, **20**, 1451-1456.
- RAMASWAMY, S.B. (1988) Host finding by moths: Sensory modalities and behaviours. *J.Insect.Physiol.*, **34**, 235-249.
- RAMASWAMY, S.B.; CARDE, R.T. (1982) Non saturating traps and long-life attractant lures for monitoring sprunce budworm males. *J.Econ.Entomol.*, **75**, 126-129.

- RAULSTON, J.R.; WOLF, W.W.; LINGREN, P.D.; SPARKS, A.N. (1982) Migration as a factor in *Heliothis* management. En: *Proc.Int.Workshop on Heliothis Management. Nov.1981. Patancheru, India.*, (eds. W.Reed y V.Kumble), pp. 61-73. ICRISAT
- REED, W. (1965) *Heliothis armigera* Hb. (Noctuidae) in western Tanganyika.I. Biology with special reference to the pupal stage. *Bull.Entomol.Res.*, **56**, 117-125.
- REED, W.; PAWAR, C.S. (1982) *Heliothis*: A global problem. En: *Proc.Int.Workshop on Heliothis management. Nov.1981. Patancheru, India.*, (eds W.Reed y V.Kumble) pp. 9-14. ICRISAT
- ROACH, S.H. (1975) *Heliothis zea* and *Heliothis virescens* moth activity as measured by blacklight and pheromone traps. *J.Econ.Entomol.*, **68**, 17-21.
- ROACH, S.H.; CAMPBELL, R.B. (1983) Effects of soil compaction on bollworm (lepidoptera:Noctuidae) moth emergence. *Environ.Entomol.*, **12**, 1882-1885.
- ROBINSON, S.H.; WOLFENBARGER, D.A.; DILDAY, R.H. (1980) Antixenosis on smooth leaf cotton to the ovopositional response of tobacco budworm. *Crop Sci.*, **20**, 646-649.
- ROEDER, K.D. (1965) Moths and ultrasound. *Sci.Am.*, **212**, 94-102.
- ROLTSCHE, W.J.; MAYSE, M.A. (1984) Population studies of *Heliothis* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) on tomato and corn in southeast Arkansas. *Environ.Entomol.*, **13**, 292-299.
- ROOME, R.E. (1975) Activity of adult *H. armigera* (Hb.)(*Lepidoptera: Noctuidae*) with reference to the flowering of sorghum and maize in Botswana. *Bull.Entomol.Res.*, **65**, 523-530.
- ROOME, R.E. (1979) Activity of adult *Heliothis armigera* Hb. (Lep. Noctuidae) in Botswana: its regulation to the pupal stage. *Bull.Entomol. Res.*, **69**, 149-160.
- ROSES, J. (1989a) *L'economia del Baix Llobregat. Creixement i desequilibris*, Col.leció Catalunya Comarcal. Caixa d'Estalvis de Catalunya. Barcelona.
- ROSES, J. (1989b) *El Maresme. Diversificació econòmica i aprofitament intensiu del territori*, Col.leció Catalunya Comarcal. Caixa d'Estalvis de Catalunya. Barcelona.
- ROSSET, P.M. (1988) El manejo de insectos en tomate: algunas consideraciones sobre la experiencia en Centroamérica. *Manejo Integrado de Plagas (CATIE)*, **7**, 1-12.
- ROTHSCHILD, G.H.L.; WILSON, A.G.L.; MALAFANT, K. (1982) Preliminary studies on the female sex pheromones of *Heliothis* species and their possible use in control programs in Australia. En: *Proc.Int.Workshop on Heliothis management. Nov.1981. Patancheru, India.*, (eds W. Reed y V.Kumble), pp. 319-327. ICRISAT
- ROUSH, R.T.; SCHNEIDER, J.C. (1985) Thermoperiod and photoperiod as temporal cues for adult eclosion of *Heliothis virescens* (Lepidoptera:Noctuidae). *Ann.Entomol.Soc.Am.*, **78**, 514-517.
- RUBIO, M.; ESTEBAN, J.; LLAMAS, S. (1990) Tratamiento, diferenciación y control de las capturas realizadas en trampas cebadas con feromonas sexuales sintéticas de lepidópteros potencialmente nocivos a las plantas cultivadas. *Bol.San.Veg.Plagas*, **16**, 371-379.
- RUMMEL, D.R.; NEECE, K.C. (1989) Winter survival of *Heliothis zea* (Boddie) in cultivated and noncultivated soil in the Southern Texas high plains. *Southwestern Entomologist*, **14**, 117-125.
- RUSCOE, C.N.E. (1977) The new NRDC pyrethroids as agricultural insecticides. *Pestic.Sci.*, **8** 236-242.
- SALAMERO, A.; GABARRA, R.; ALBAJES, R. (1987) Observations on the predatory and phytophagous habits of *Dicyphus tamaninii* Wagner (*Heteroptera: Mirirae*). *IOBC/WPRS Bulletin*, X/2, 165-168.
- SAS INSTITUTE INC. (1985) *SAS User's guide: Statistics*, 5 edn. SAS Institute Inc. Cary. N.C..
- SINGH, A.K.; REMBOLD, H. (1989) Ovoposition behaviour of *Heliothis armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in relation to the day-night cycle. *Insect Sci.Its Applica.*, **10**, 393-400.
- SLOSSER, J.E.; WITZ, J.A.; PUTENKA, G.J.; PRICE, J.R.; HARTSTACK, A.W. (1987) Seasonal changes in bollworm (Lepidoptera: Noctuidae) moth catches in pheromone traps in a large area. *Environ.Entomol.*, **16**, 1296-1301.
- SOUTHWOOD, T.R.E. (1978) *Ecological methods, with particular reference to the study of insects populations*, 2nd edn. Chapman & Hall, London.
- SPARKS, A.N.; CARPENTER. J.E.; KLUN, J.A.; MULLINIX, B.G. (1979) Field responses of male *Heliothis zea* (Boddie) to pheromonal stimuli and trap design. *J. Georgia Entomol. Soc.*, **14**, 318-325.
- SPARKS, A.N.; RAULSTON, J.R.; CARPENTER, J.E.; LINGREN, P.D (1982) The present status and potential for novel uses of pheromone to control *Heliothis*. En: *Proc.Int.Workshop on Heliothis management. Nov.1981. Patancheru, India.*, (eds W.Reed y V.Kumble), pp. 291-308. ICRISAT
- STADELBACHER, E.A.; MARTIN, D.F. (1980) Fall diapause, winter mortality, and spring emergence of the tobacco budworm in the Delta of Mississippi. *Environ.Entomol.*, **9**, 553-556.
- STADELBACHER, E.A.; PFRIMMER, T.R. (1972) Winter survival of the bollworm at Stoneville, Mississippi. *J.Econ.Entomol.*, **65**, 1030-1034.
- STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. (1986) *Bioestadística. Principios y procedimientos*, 2nd edn. Mc Graw-Hill.
- STERLING, W.L. (1987) Developing sampling technologies for I.P.M. implementation in cotton. En:

- Integrated Pest Management on major agricultural systems. Washington D.C. 8-10 oct. 1985*, (eds R.E. Frisbie i P.L. Adkinson), pp 199-212. Texas Agricultural Experiment Station MP-1616.TX
- STERLING, W.L.; PETERS, E.P. (1979) Sequential decision sampling. En: *Economic thresholds and sampling of Heliothis species on cotton, corn, soybeans and other host plants*,. Coop. Ser. Bull. 231. Texas. USA.
- TAYLOR, L.R. (1974) Insect migration, flight periodicity and the boundary layer. *J.Anim.Ecod.*, **43**, 225-38.
- TAYLOR, L.R. (1984) Assessing and interpreting the spatial distribuitons of insect populations. *Annu.Rev.Entomol.*, **29**, 321-357.
- TAYLOR, L.R.; PERRY, J.N.; WOIWOD, I.P.; TAYLOR, R.A.J. (1988) Specificity of the spatial power-law exponent in ecology and agriculture. *Nature*, **332**, 721-722.
- TERRY, L.I.; BRADLEY, J.R.JR.; VAN BUYN, J.W. (1987) Population dynamics of *Heliothis zea* as influenced by selected soybean cultural practices. *Environ.Entomol.*, **16**, 237-245.
- THOMAS, W.M.; ROOF, M.E.; JONES, R.G. (1988) Predictong *Heliothis spp.* oviposition peaks using TEXTCIM. *J.Agric.Entomol.*, **5**, 253-256.
- THICOIPE, J.P. (1984) Eléments préliminaires pour la lutte biologique contre la noctuelle de la tomate *Heliothis (Chloridea, Helicoverpa) armigera* Hbn. par l'emploi de la bacterie *B. thuringiensis*. P.H.M.-Rev.Horticole, **248**, 23-25.
- TINGEY, W.M.; SINGH, S.R. (1980) Environmental factors influencing the magnitude and expression of resistance. En: *Breeding Plants Resistant to Insects*, (eds. F.G.Maxwell y P.R.Jennings), pp. 87-113. Wiley, New York.
- TOGUEBAYE, S.; COUILLOUD, R. (1982) Etude descriptive de l'oeuf et des estades larvaires d'*Heliothis armigera* en microscopie électronique à balayage. *Coton Fibres Trop.*, **37**, 196-205.
- TOPPER, C.P. (1978) The incidence of *Heliothis armigera* larvae and adults on ground nuts and sorghum and the prediction of ovoposition on cotton. En: *Proc. 3rd Seminar for Cotton Pest Control in the Sudan*,. Ciba-Geigy, CH
- TOPPER, C.P. (1987a) The dynamics of the adult population of *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera:Noctuidae) within the Sudan Gezira in relation to cropping pattern and pest control on cotton. *Bull.Entomol.Res.*, **77**, 525-539.
- TOPPER, C.P. (1987b) Nocturnal behaviour of adults of the *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera:Noctuidae) in the Sudan Gezira and pest control implications. *Bull.Entomol.Res.*, **77**, 541-554.
- TWINE, P.H. (1978) Effect of temperature on the development of larvae and pupae of the corn earworm, *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera:Noctuidae). *Qld.J.Agric.Anim.Sci.*, **35**, 23-28.
- TWINE, P.H. (1989) Distribution and economic importance of *Heliothis* (Lep.: Noctuidae) and of their natural enemies and host plants in Australia. En: *Proc. workshop Biological Control of Heliothis: increasing the effectiveness of natural enemies*. Nov. 1985, New Delhi, (Eds. King, E.G.; Jackson, R.D.) pp. 177-184. FERRO, USDA, New Delhi, India.
- WALKER, P.T. (1987) Measurement of insect pest populations and injury. En: *Crop loss assessment and pest management*,. (eds. P.S.Teng), pp.19-29. A.P.S.
- WALL, C. (1990) Principles of monitoring. En: *Behaviour modifying chemicals for insect managment*, (eds R.L. Ridway i R.M. Silverstein), pp. 9-23. Marcel Dekker Inc. N.Y.
- WEBER, D.C.; FERRO, D.N. (1991) Nontarget noctuids complicate integrated pest management monitoring of sweet corn with pheromone traps in massachusetts. *J.Econ.Entomol.*, **84**, 1364-1369.
- WILSON, A.G.L. (1984) Evaluation of pheromone trap design and dispensers for monitoring *Heliothis* abundance. *Proc. 4th Aust. Appl. Entomol. Res. Conf. Govt. Printer. Adelaida 1984*, 74-81.
- WILSON, A.G.L.; BAUER, L. (1986) Light and pheromone traps: their place in monitoring *Heliothis* abundance. *Proc. Aust. Cott. Surfers Paradise.*, 239-245.
- WILSON, A.G.L.; LEWIS, T.; CUNNINGHAM, R.B. (1979) Overwintering and spring emergence of *Heliothis armigera* (Hübner) (Lepidoptera:Noctuidae) in the Namoi Valley, New South Wales. *Bull.Entomol.Res.*, **69**, 97-109.
- WILSON, A.G.L.; MORTON, R. (1989) Some factors affecting the reliability of pheromone traps for measurement of the relative abundance of *Helicoverpa punctigera* (Wallengren) and *H. armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidae). *Bull.Entomol.Res.*, **79**, 265-273.
- WILSON, L.T.; GUTIERREZ, A.P.; HOGG, D.B. (1982) Within-plant distribution of cabbage looper, *Trichoplusia ni* Hübner, on cotton: Development of a sampling plant for eggs. *Environ.Entomol.*, **11**, 251-254.
- WILSON, L.T.; GUTIERREZ, A.P.; LEIGH, T.F. (1980) Within-plant distribution of the immatures of *Heliothis zea* (Boddie) on cotton. *Hilgardia*, **48**, 12-23.
- WILSON, L.T.; ROOM, P.M. (1983) Clumping patterns of fruit and arthropods in cotton, with implications for binomial sampling. *Environ.Entomol.*, **12**, 50-54.

WILSON, L.T.; ZALOM, F.G.; SMITH, R.; HOFFMANN, M.P. (1983) Monitoring for fruit damage in processing tomatoes: Uses of a dynamic sequential sampling plan. *Environ.Entomol.*, **12**, 835-839.

WITZ, J.A.; HAYES, L.; LATHEEF, M.A.; LOPEZ, J.D.; PROSHOLD, F.I. (1990) Comparison of pheromone traps and the TEXCIM model predicting *Heliothis spp.* timing in cotton. *Southwest.Entomol.*, **15**, 217-229.

ZALOM, F.G.; WEAKLEY, C.V.; HOFFMANN, M.P.; WILSON, L.T.; GRIESHOP, J.I.; MIYAO, G. (1990) Monitoring tomato fruitworm eggs in processing tomatoes. *Calif.Agriculture*, **44**, 12-15.

ZALOM, F.G.; WILSON, L.T.; SMITH, R. (1983) Oviposition pattern by several lepidopterous pest on processing tomatoes in California. *Environ.Entomol.*, **12**, 1133-1137.